

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**Федеральное агентство по образованию**

# **ВЕСТНИК**

**КОСТРОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Рецензируемый периодический научный журнал*

**№ 11**

**Кострома  
2005**

Реферируемое издание ВИНТИ Российской академии наук

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

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

проф. В.В.Благовещенский, проф. А.Б. Брут-Бруляко, проф. С.И.Галанин,  
к.т.н. А.А. Гурусова, проф. В.А. Гусев, к.т.н. И.В. Землякова,  
проф. Ж.Ю. Койтова, проф. Г.К. Кузнецов, проф. М.Г. Левин,  
проф. С.Е.Проталинский, проф. В.С.Петровский, проф. В.С. Сажин,  
проф. В.Б. Симонов, к.т.н. Н.К. Сорокин, проф. А.П. Соркин,  
проф. Н.А. Смирнова, к.т.н. А.А. Титунин, проф. Ю.Б. Федоров  
О.В. Тройченко, А.В. Анохова

## Развитие научно-учебно-производственного центра КГТУ

В 90-х годах двадцатого века многие вузы России в связи со спадом производства в значительной степени потеряли связь с промышленными предприятиями, что привело к многим негативным последствиям: снижению результативности научной деятельности, эффективности учебного процесса и пр. Для КГТУ, как бывшего отраслевого вуза, особенно болезненен был разрыв связей с предприятиями текстильного и машиностроительного профиля.

В соответствии с Концепцией развития КГТУ с целью интеграции фундаментальной науки, высшего профессионального образования и производства в 2001 г. был создан научно-учебно-производственный центр (НУПЦ), в который, кроме КГТУ, вошли Костромской научно-исследовательский институт льняной промышленности (КНИИЛП), Костромское специализированное конструкторское бюро текстильных машин (ОАО «СКБТМ»), игольно-планочный завод (АООТ «Красная маевка»), Всероссийский научно-исследовательский институт лубяных культур (ВНИИЛК).

НУПЦ был создан как совместное структурное подразделение всех партнеров для реализации общих проектов, в том числе:

- проведение фундаментальных и прикладных научных исследований в области текстильных технологий и оборудования;
- изготовление стендов, опытных и серийных образцов текстильных машин;
- целевая подготовка инженеров по специальностям:
- подготовка кандидатов и докторов наук;
- маркетинговые исследования и маркетинговая деятельность;
- обеспечение экологической безопасности производств;
- внедрение в производство современных технологий;
- внедрение в производство современных средств автоматизации технологических процессов;
- внедрение современных методов проектирования.

В процессе реализации совместных проектов участники НУПЦ решают важные задачи своей деятельности:

- обеспечение системного подхода при создании новых технологий и оборудования;
- сохранение и развитие существующих научных школ;

- рациональное использование имеющихся ресурсов при реализации совместных проектов;

- обеспечение защиты совместно созданной интеллектуальной собственности;

- привлечение ведущих научных работников и специалистов к учебному процессу подготовки инженеров;

- совместное руководство НИР студентов, аспирантов, докторантов, дипломным проектированием и подготовкой диссертационных работ;

- взаимное повышение квалификации преподавателей и сотрудников.

В состав НУПЦ вошли от КГТУ кафедры: ТММ и ПТМ, ТМ и СМ, прядения, ТПЛВ, промышленной экологии и безопасности, ДМ и ПТУ, иностранных языков и др.

При необходимости к реализации задач НУПЦ могут привлекаться другие организации и структурные подразделения КГТУ.

Координацию совместной деятельности осуществляет совет НУПЦ, в который входят ведущие ученые и специалисты.

Организации-партнеры по НУПЦ взяли на себя следующие обязательства:

КГТУ: осуществляет функцию научного обеспечения совместных проектов; защиту созданной совместно с партнерами интеллектуальной собственности; подготовку в аспирантуре, докторантуре, проводит стажировку и другие формы повышения квалификации работников партнеров по НУПЦ, участвующих в совместных проектах;

ОАО «КНИИЛП»: участвует в научном обеспечении совместных проектов; осуществляет взаимодействие с текстильными предприятиями;

ОАО «Костромское СКБТМ»: является головным изготовителем оборудования, созданного в результате совместной деятельности партнеров по НУПЦ; АООТ «Красная маевка»: является соисполнителем на этапе изготовления технологического оборудования.

Для выполнения совместных проектов все партнеры по НУПЦ предоставляют помещения и возможность использования оборудования, а также необходимой информации, если она не обладает признаками «ноу-хау»; предоставляют возможность выполнения научных и квалификационных работ студентам, магистрам, аспирантам и докторантам, обеспечивая индивидуальное руководство практикой; принимают на стажировку и другие формы по-

вышения квалификации преподавателей и сотрудников КГТУ.

В настоящее время с использованием механизма НУПЦ реализуются три совместных проекта:

1. Совместно с КНИИЛП и «Костроматекстильмаш» проводится работа по созданию новой технологии и оборудования для формирования тонкой бескруточной ровницы новой структуры и пряжи из нее, отличающихся высоким качеством. Со стороны КГТУ в ней принимают участие д.т.н., профессор А.П.Соркин, д.т.н., профессор П.Н.Рудовский и др.

2. В кооперации с СКБТМ разрабатывается новая технология и оборудование для формирования композитных нитей новой структуры, включающих эластомер. Со стороны КГТУ в ней принимают участие д.т.н., профессор А.А.Телицын, к.т.н. И.А.Делекторская и др.

3. Проводится разработка совместно с АОТ «Красная маевка» (изготовлен стенд) и «Костроматекстильмаш» технологии и комплекса малогабаритных энергосберегающих машин для первичной обработки лубяных волокон, а именно, для обеспечения увеличения выхода наиболее ценного продукта – длинного волокна льна. Со стороны КГТУ в ней принимают участие д.т.н., профессор Р.В.Корабельников, д.т.н., профессор Е.Л.Пашин (ВНИИЛК) и др.

Совместно с работниками предприятий-участников НУПЦ опубликованы статьи, получены совместные патенты. Двое работников предприятий-участников НУПЦ защитили кандидатские диссертации в КГТУ. Время показало эффективность взаимодействия в рамках НУПЦ.

Вместе с тем в процессе совместной работы были выявлены некоторые вопросы, требующие дополнительного внимания, например, недостаточная юридическая проработанность распределения прав на совместно созданные объекты интеллектуальной собственности. Все возникающие проблемы решаются совместно с учетом интересов сторон.

Для улучшения взаимодействия в рамках НУПЦ и учитывая происходящую реформу высшего образования, необходимо решить следующие задачи:

- повысить качество и количество разработок КГТУ, соответствующих мировому уровню;
- привлечь дополнительные ресурсы для обеспечения высокого уровня научных разработок;
- увеличить количество участников НУПЦ за счет представителей промышленных предприятий таких как ОАО «Костроматекстильмаш», ФГУП «ЦНИИМашдеталь», Ногинский завод резинотехнических изделий, Московский экспериментальный завод №1 (МЭЗ-1) и др.

В современных условиях реформирования образования повышение эффективности работы НУПЦ является актуальной задачей. Следует активизировать работу как КГТУ, так и других участников центра в этом направлении.

Проректор по научной работе КГТУ  
д.т.н., профессор *Р.В. Корабельников*

Начальник НИЧ д.т.н., профессор *Г.К. Букалов*



УДК 548.4+539.37

## ПРЕОДОЛЕНИЕ ДИСЛОКАЦИЕЙ СИСТЕМЫ СТОПОРОВ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

*В.В.Благовещенский, И.Г.Панин, Н.А.Цветков*

Моделирование процесса преодоления дислокацией системы стопоров в плоскости скольжения строится на основе модели развития единичной дислокации, закрепленной на двух фиксированных точках (источник Франка — Рида) [1,2]. Точками закрепления, или стопорами, как правило, являются точечные дефекты структуры кристалла различного происхождения, приципитаты, дислокации других систем скольжения и т.д. В своем развитии дислокационный сегмент может достигать двух критических положений. Первое положение сегмент может преодолеть только при наличии достаточно большого сдвигового напряжения. Это положение приблизительно соответствует дуге половине окружности с радиусом равным половине длины дислокационного сегмента. Преодолев первое критическое положение, сегмент развивается до момента самопересечения, что является так называемым эффектом Франка — Рида. При достижении этого положения сегмент теряет устойчивость и делится на две кривые:

- замкнутая дислокационная петля, которая развивается до выхода на поверхность заданного участка;
- оставшаяся часть, закрепленная на исходных стопорах. Она через несколько шагов занимает исходное положение и затем начинает повторять весь вышеприведенный цикл развития дислокации.

Если же на некоторой площадке задана система неподвижных стопоров, то в процессе своего развития дислокационный сегмент может быть подвергнутым воздействию со стороны других стопоров, других дислокационных сегментов, границ заданной площадки. Эти взаимодействия существенно изменяют процесс развития дислокаций.

В настоящей работе приводятся положения, которые позволяют построить модель распространения дислокаций в поле заданных случайным образом неподвижных стопоров на определенной площадке.

### *Основные принципы построения модели.*

- Стопоры в плоскости скольжения дислокации расположены случайно, в соответствии с равномерным законом распределения;
- расстояние между двумя соседними стопорами не меньше некоторого расстояния (определяется характеристиками материала);

- стопоры в плоскости скольжения неподвижны;
- размер стопора значительно меньше расстояния взаимодействия стопора с дислокацией;
- среда между стопорами считается однородной и изотропной;
- расстояние, на котором заметно взаимодействие дислокации со стопором, значительно меньше расстояния между стопорами;
- геометрическая форма дислокационного сегмента в любой момент времени определяется согласно модели, описанной в [1, 2];
- силы инерции не учитываются.

*Начальная конфигурация расположения дислокационных сегментов.*

В начальный момент времени строится фронт дислокаций, который состоит из нескольких сегментов, по следующему алгоритму.

1. Находится стопор с минимальной ординатой.
2. Справа от последнего найденного стопора строится определенный угол с горизонтальной нижней стороной (рис.1), и из всех стопоров в этом секторе выбирается стопор с минимальной ординатой. На найденных двух стопорах располагается дислокационный сегмент.

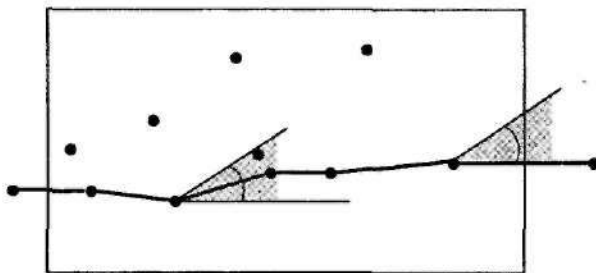


Рис. 1. Построение начальной конфигурации

3. Повторяется п.2 до тех пор, пока в построенном угловом секторе не окажется ни одного стопора. В этом случае строится дополнительный, временный стопор за пределами исследуемой площадки. Его ордината равна ординате последнего выделенного стопора, а расстояние от края площадки до этого стопора равно расстоянию от последнего выделенного стопора до границы площадки.

4. Повторяем пп.2, 3 для поиска начальных стопоров с правой стороны от точки, найденной в п.1.

В результате получим начальную конфигурацию расположения дислокационных сегментов в виде ломаной линии.

*Взаимодействие дислокационных сегментов.*

Существует два типа взаимодействия: взаимодействие дислокационного сегмента с другим дислокационным сегментом и взаимодействие дислокационного сегмента со стопором, причём взаимодействие со стопором можно разделить на два случая: «наезд на стопор» и «срыв со стопора». Взаимодействие сегмента с самим собой (потеря устойчивости, эффект Франка-Рида) не рассматривается, т.к. для поля стопоров это событие маловероятно.

Взаимодействие дислокация-дислокация показано на рисунке 2. В момент соприкосновения происходит разрыв и реконфигурация сегментов, таким образом, дислокации меняются стопорами, а точки элементов дуг сегмента продолжают двигаться по тем же законам.

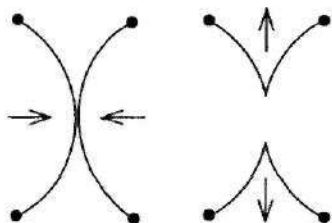


Рис. 2. Взаимодействие двух дислокаций

Взаимодействие дислокационного сегмента со стопором показано на рисунках 3, 4. «Наезд» на стопор сопровождается разделением сегмента на два самостоятельных сегмента. «Срыв» со стопора сопровождается объединением двух сегментов в один. «Срыв» происходит в тот момент, когда достигается критический угол между линиями соседних сегментов, висящих на одном стопоре. Критический угол является характеристикой материала.

После совершения события («срыв» или «наезд») вновь образованные сегменты приводятся в

нормальное состояние путём уменьшения или увеличения количества точек разбиения сегмента (например до 20, как рекомендуется в [2]).

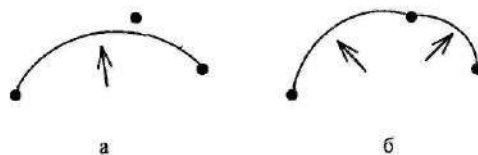


Рис. 3. «Наезд» дислокации на стопор

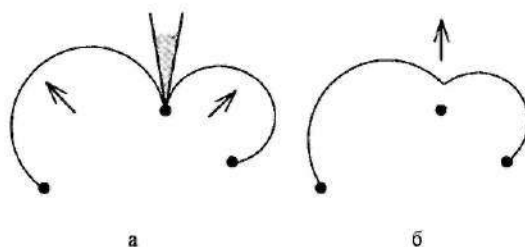


Рис. 4. «Срыв» дислокации со стопора

*Граничные условия.*

При развитии дислокации на ограниченной площадке возникает проблема учёта граничных условий. Нами используются для решения данной задачи периодические граничные условия. Они строятся аналогично построению начальной конфигурации расположения дислокационных сегментов (см. выше).

**Выводы**

Построение данной модели позволит выявить закономерности развития упругой и пластической деформации в кристаллических материалах.

Существенное отличие данной модели преодоления дислокацией дефектов реального кристалла от работ, начатых Форн и Нейкиным и продолженных рядом других исследователей [4], состоит в том, что данное решение задачи в динамическом режиме. В то время как в [4] задача решается квазистатически. Этот подход позволяет определить кроме статических макрохарактеристик кристаллических материалов их динамические характеристики, такие, например, как скорость пластической деформации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Благовещенский В. В. Эволюция дислокационной структуры под действием ультразвука и неупругость кристаллов : дис. ... д-ра физ.-мат. наук. — Кострома, 2001. — 237 с.
2. Благовещенский В. В. Математическое моделирование движения дислокационного сегмента / В. В. Благовещенский, И. Г. Панин // Международная научно-практическая конференция «Математические методы в технике и технологиях» (ММТТ-17) : сб. трудов : в 10 т. — Кострома, 2004. — Т. 5. — С. 96.
3. Хирт Дж. Теория дислокаций / Дж. Хирт, И. Лоте. — М. : Атомиздат, 1972. — 595 с.
4. Дубнова Г. Н. О прогибании дислокационного сегмента и источника Франка-Рида / Г. Н. Дубнова, В. Л. Инденбом, А. А. Штольберг // ФТТ. — 1968. — С. 1760—1768.

V.V.Blagoveshensky, I.G.Panin, N.A.Tzvetkov  
CROSSING OF LOCK SYSTEM DISLOCATION IN DYNAMICS MODE

УДК 677.11.620.1

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ СХОДА СВОБОДНОГО УЧАСТКА ПРЯДИ С ОПОРЫ В ТЫЛЬНОЙ ЗОНЕ БИЛА ПРИ ТРЕПАНИИ

С.В. Бойко, А.Б. Латшин,

Е.Л. Пашин (Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур)

В настоящее время является актуальной проблема повышения эффективности процесса получения трёпаного льняного волокна на основе модернизации существующей трёпальной машины, а именно, конструкции трёпальных барабанов. Модернизированная конструкция барабанов должна обеспечить более глубокую дифференциацию воздействий на обрабатываемые пряжи, причём не только по силе их натяжения, но и по давлению, а также по характеру распределения динамических параметров по длине прядей в поле трепания.

С учётом этого было предложено техническое решение [1], заключающееся в установке в тыльной зоне бил трёпального барабана дополнительных опор с изменяющимся расстоянием по длине барабанов от тыльной плоскости била (рис.1).

Предполагается, что применение дополнительной опоры будет способствовать улучшению

условий обработки льна с повышенной длиной стеблей, снижению процента «недоработки» и увеличению выхода длинного волокна за счёт изменения условий взаимодействия свободных участков пряжи с билами. Однако для уточнения возникающих эффектов обработки необходимо исследование особенностей поведения указанных участков прядей и динамики процесса при взаимодействии с билами и упомянутыми дополнительными опорами.

Для проведения анализа будем исходить из того, что после окончания взаимодействия пряжи с рабочей кромкой била пряжа некоторое время продолжает соприкасаться с тыльной опорой.

Рассмотрим связанную с опорой подвижную систему координат  $Oxuz$  и движение участка пряжи  $OA$  длины  $l$  по отношению к этой системе (рис.1).

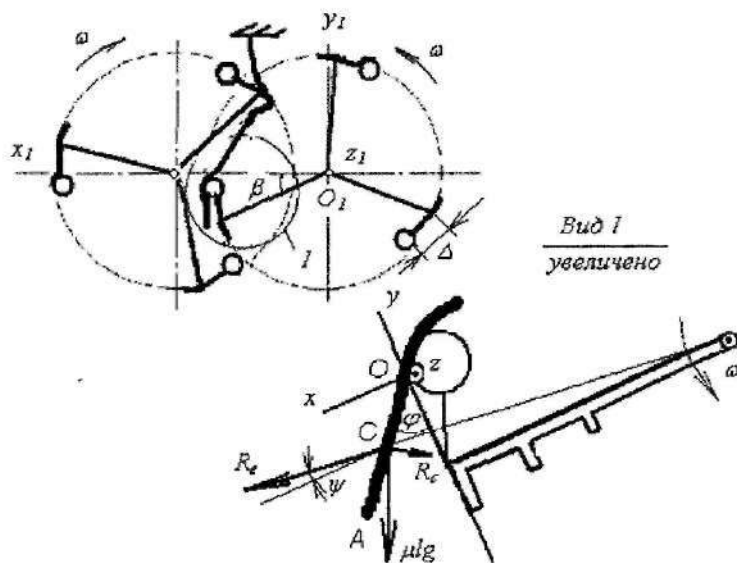


Рис.1. Схема установки дополнительной опоры в тыльной зоне била и нагружения свободного участка пряжи

Уравнение движения составим при следующих допущениях: рассматриваемый участок однороден и прямолинеен, силу сопротивления воз-

душных потоков не учитываем. Система отсчёта  $Oxuz$  не является инерциальной, так как она вращается относительно неподвижной  $O_1x_1y_1z_1$  с угловой

скоростью  $\omega$  ( $\omega$  — угловая скорость вращения трёхпальных барабанов). Поэтому для составления уравнений движения кроме активных сил (силы тяжести  $\vec{G}_k = m_k \vec{g}$ ) приложим к каждой точке участка переносную и кориолисову силы инерции, которые соответственно равны:  $\vec{F}_{ke}^{(u)} = -m_k \vec{a}_{ke}$ ,  $\vec{F}_{kc}^{(u)} = -m_k \vec{a}_{kc}$  (здесь  $k$  — номер точки,  $m_k$  — масса участка, соответствующего точке с номером  $k$ ). Главный вектор переносной силы инерции можно определить по формуле:  $\vec{R}_e = -\mu \vec{a}_e$ , где  $\mu$  — масса рассматриваемого участка,  $l$  — его длина,  $\mu$  — линейная плотность;  $m_k = \mu \partial l$ ,  $\partial l$  — длина элементарного участка,  $\vec{a}_e$  — переносное ускорение его центра масс,  $a_e = \omega^2 r$ ,  $r = OC$  — расстояние от оси вращения барабана до точки  $C$ . При этом

$$r = \sqrt{\left(R + \frac{2}{3} l \sin \varphi \cos \varphi\right)^2 + \frac{4}{9} l^2 (\sin \varphi \sin \psi + \cos \varphi)^2},$$

$$\psi = \arctg \frac{\Delta}{2R},$$

где  $R$  — радиус барабана.

Итак, сила инерции  $R_e = -\mu l \omega^2 r$  направлена радиально от центра вращения барабана. Главный вектор кориолисовой силы инерции равен  $\vec{R}_c = -\mu l \vec{a}_c$ , где  $a_c$  — ускорение Кориолиса центра масс рассматриваемого участка. Его значение можно определить следующим образом:  $a_c = 2[\vec{\omega} \times \vec{v}_r]$ , где  $\vec{v}_r$  — скорость центра масс участка пряжи длины  $l$  относительно подвижной системы отсчёта. Разложим скорость центра масс на две составляющие:  $\vec{v}_{rt}$  — относительную скорость центра масс участка пряжи, возникающую из-за изменения его длины,  $\vec{v}_{r\varphi}$  — относительную скорость центра масс участка пряжи, возникающую из-за вращения участка вокруг оси  $z$ . Запишем теорему об изменении кинетического момента системы в относительном движении по отношению к неинерциальной системе отсчёта:

$$\frac{\partial \vec{K}_o}{\partial t} = \sum \vec{M}_o^e + \sum \vec{m}_o (\vec{F}_{ke}^{(u)}) + \sum \vec{m}_o (\vec{F}_{kc}^{(u)}),$$

где  $\sum \vec{M}_o^e$  — сумма моментов внешних сил;

$\sum \vec{m} (\vec{F}_{ke}^{(u)})$  — сумма переносных сил инерции;

$\sum \vec{m} (\vec{F}_{kc}^{(u)})$  — сумма кориолисовых сил инерции.

Приведём уравнение к стандартному виду и запишем в проекции на ось  $z$  с учётом

$$\frac{\partial K_z}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\mu \varphi l^3}{3} \right) = \mu \left( \frac{\dot{\varphi} l^3}{3} + \omega l l^2 \right);$$

$$\dot{\varphi} + \frac{3l\dot{\varphi}}{l} - \frac{3g \sin(\varphi - \beta)}{2l} - \frac{2\omega^2 r \cos(\varphi + \alpha)}{l} + \frac{3\omega l}{l} = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } \alpha = \arctg \frac{2l \cos \varphi - \Delta}{2R \cos \psi};$$

$\beta$  — угол между  $R$  и осью  $x_1$ ;

$\varphi(t)$  — функция угла поворота пряжи относительно козырька;

$\dot{l}$  — скорость изменения длины рассматриваемого участка. Функция  $\dot{l}(t)$  определяется в соответствии с [2].

Решая уравнение (1) при начальных условиях ( $t=0$ ):  $\varphi_0 = 0$ ,  $\dot{\varphi}_0 = \dot{l}/\Delta$ ,  $l_0 = \Delta$  и известной  $\dot{l}_0$ , определённой в соответствии с [2], найдём функцию угла поворота пряжи относительно дополнительной опоры  $\varphi(t)$ . Расчёты проведём для следующих исходных данных: радиус трёхпального барабана  $R=0,37$ м, межосевое расстояние барабанов  $S=0,55$ м, длина обрабатываемой пряжи  $0,6$ м, расстояние от тыльной кромки била до опоры  $\Delta=0,2$ м. Результаты расчёта представлены в виде графиков функции  $\varphi(t)$  на рис.2. Кривые 1, 2, 3, 4 соответствуют частоте вращения барабанов 200, 250, 300 и 350 об/мин.

На рисунке 3 представлены графики зависимости угла поворота пряжи относительно опоры в тыльной зоне била от времени схода с опоры при частоте вращения барабанов 250 об/мин и различном расстоянии  $\Delta$  до точки опоры в тыльной зоне. Кривые 1, 2, 3, 4 соответствуют длинам сходящего свободного участка  $l_0$ : 0,1; 0,15; 0,2; 0,25м, которые формируются в зависимости от величины вылета дополнительной тыльной кромки  $\Delta$ .

Из полученных графических зависимостей видно следующее. В начальный момент времени, когда конец пряжи теряет точку соприкосновения с тыльной кромкой била, волокно под действием переносной силы инерции стремится отойти от поверхности опоры (на графике (рис. 2) — положительные значения угла  $\varphi(t)$ ). Однако в дальнейшем под воздействием сил инерции Кориолиса свободный участок пряжи начинает захлёстываться за опору.

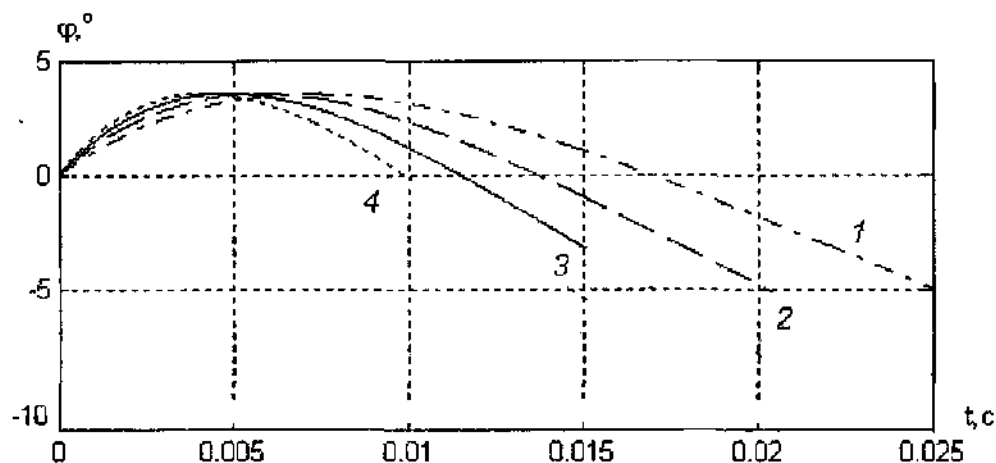


Рис.2. Зависимости угла поворота пряжи относительно опоры в тыльной зоне била от времени схода с опоры для разных частот вращения барабанов

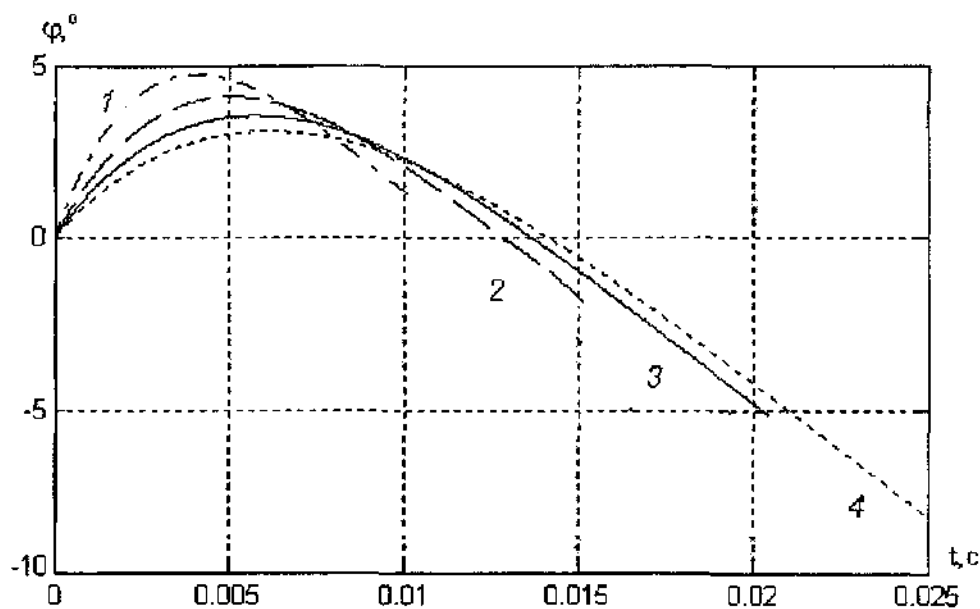


Рис.3. Зависимости угла поворота пряжи относительно опоры в тыльной зоне била от времени схода с опоры для разного расстояния от кромки била до точки опоры в тыльной зоне

При исследовании характера изменения угла поворота пряжи  $\varphi$  при разной установке опоры  $\Delta \neq \text{const}$  сделан следующий вывод: для реализации условий захода участка пряжи за опору в тыльной зоне била необходимо её закрепление осуществлять при определённой величине  $\Delta_{\text{пред}}$ . Эта величина зависит от совокупности режимно-конструктивных параметров трепальной машины. Для рассмотренного случая  $\Delta_{\text{пред}} = 0,15 \text{ м}$ .

Необходимо заметить, что сложность аналитического учёта влияния аэродинамических потоков в трепальной машине не позволяет получить строгой зависимости угла поворота от всех действующих на волокно сил. Однако вследствие определённой направленности аэродинамических сил в рассматриваемой зоне обработки можно ожидать, что они будут способствовать более интенсивному захлёстыванию пряжи за опору.



**Выводы**

1. В результате моделирования условий схода свободного участка пряжи с опоры, закрепленной в тыльной зоне била, установлено, что после схода пряжи с тыльной кромки била будет иметь место поворот волокнистого участка за опору в тыльной зоне била в направлении к центру вращения барабана.

2. Одним из параметров, влияющим на характер перемещения свободного участка относительно опоры и его длину после схода с неё, является расстояние от поверхности опоры до тыльной кромки била. Изменяя этот параметр, можно влиять на величину натяжения пряжи и, как следствие, на эффективность её обескостривания.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Секция трепальной машины для обработки лубяных культур / Е. Л. Пашин, С. В. Бойко // 2 250 940 Россия, МПК D 01 B 1 / 16, 1 / 26. — Оpubл. 27.04.05., бюл. №12.
2. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса трепания льна : монография / А. Б. Лапшин, Е. Л. Пашин. — Кострома : КГТУ, 2004. — 204 с.

S.V.Boyko, A.B.Lapshin, E.L.Pashin

**ANALYSIS OF FREE SPARE LOCK TAILING FROM SUPPORT AT BEATER REAR EDGE DURING SCUTCHING**

УДК 677.051.256.004.

**РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ В ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ РЕМНЯХ ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

*Н.И.Коваленко, В.А.Музалевский, Е.А.Руссу*

Основной показатель работы трепальной машины — выход длинного волокна зависит от многих факторов, одним из которых является надежный зажим слоя обрабатываемого материала в транспортирующих ремнях трепальной машины, исключаящий его выдергивание от действия бил трепальных барабанов. Кроме того, снижение выхода длинного волокна связано с тем, что при подаче слоя сырца в трепальную машину многие отдельные волокна не попадают в зажим ремней либо попадают частично. В связи с этим при частичном захвате слоя обрабатываемого материала силы зажима оказываются недостаточно для его удержания в зажиме ремней, и ценное длинное волокно попадает в отходы.

Целью данной работы является исследование напряженного состояния транспортирующих ремней, что позволит в дальнейшем создать более рациональную форму сечения ремней, подобрать достаточную силу прижима верхнего ремня к нижнему, способную обеспечить зажим волокна даже в случае неполного захвата слоя транспортирующими ремнями.

Исследование напряженного состояния транспортирующих ремней трепальной машины для обработки лубяного волокна агрегата МТА-2Л проводилось методом фотоупругости на прозрачных моделях, просвечиваемых поляризованным светом. Результатами проведенного эксперимента являются значения разностей главных напряжений  $\sigma_1 - \sigma_2$  и параметры изоклин, позволяющие найти направления главных напряжений в поле исследуемой модели ремней [1].

Для определения каждого в отдельности из главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  провели их разделение. Для этой цели использовали метод разности касательных напряжений, который основан на численном

решении дифференциальных уравнений равновесия в прямоугольной системе координат. Определение численного значения напряжений в любой точке модели транспортирующих ремней проводилось по известной методике [2].

Так как линия сопряжения транспортирующих ремней была условно разделена на пять участков [3], следовательно, разделив каждый из них на несколько основных сечений, а именно, горизонтальный на 6 сечений, параллельных вертикальной оси Y, вертикальный — на 6 сечений, параллельных горизонтальной оси X, радиальный — на 3 сечения, направленных под углом 30, 45, 60° к горизонтальной оси X, можно найти значения напряжений в указанных точках пересечения этих сечений с линией сопряжения ремней. Параллельно каждому основному сечению по разные стороны проводили два вспомогательных на равном расстоянии от основного.

Вдоль этих сечений определяли значения касательных напряжений  $\tau_{xy}$ , а также разности этих напряжений  $\Delta\tau_{xy}$  между вспомогательными сечениями, разбив их на интервалы интегрирования. Интервал интегрирования равнялся 1 мм как по оси X, так и по оси Y. В результате сечение ремней было покрыто сеткой с шагом 1×1 мм для удобства дальнейших расчетов и обеспечения необходимой точности.

Напряжения в исследуемых точках определялись по формулам:

$$\sigma_{x1} = \sigma_{x0} - \sum_{i=1}^n (\Delta\tau_{xy})_i \cdot \frac{\Delta x_i}{\Delta y};$$

$$\sigma_{y,k} = \sigma_{y0} - \sum_{r=1}^k (\Delta \tau_{xy})_r \cdot \frac{\Delta y_r}{\Delta x},$$

где  $n$  и  $k$  — число замеренных точек соответственно вдоль осей  $x$  и  $y$ ;

$\sigma_{x0}$  и  $\sigma_{y0}$  — известные значения  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  в начальной точке интегрирования;

$\Delta x_i$ ,  $\Delta y_r$  — интервалы по осям соответственно  $x$  и  $y$ , через которые производились замеры.

Ввиду большого количества экспериментальных данных, с целью автоматизации процесса расчета напряжений была разработана специальная программа на языке Pascal в среде Delphi 7.0. Программа позволяет:

- производить выбор осей координат, наносить в автоматическом режиме сетку сечений как основных, так и вспомогательных для расчета напряжений;
- вести расчет значений номеров полос интерференционной картины в любой точке всего поля модели

- ремней, которая предварительно заносится в память компьютера в виде черно-белой фотографии;
- производить по определенному алгоритму расчет нормальных и касательных напряжений в выбранных точках линии сопряжения ремней;
- вычерчивать эпюры нормальных напряжений в сечении транспортирующих ремней, возникающих при различных условиях нагружения.

На рис.1 показаны результаты расчетов напряженного состояния ремней в зависимости от различных факторов.

#### Выводы

1. Разработан алгоритм для расчета напряжений по линии сопряжения транспортирующих ремней.
2. Получены значения нормальных и касательных напряжений для любой точки линии сопряжения транспортирующих ремней.
3. Метод позволяет определить необходимый для расчета сил зажима слоя лубяного материала закон изменения сил нормального давления на радиальном участке ремня.

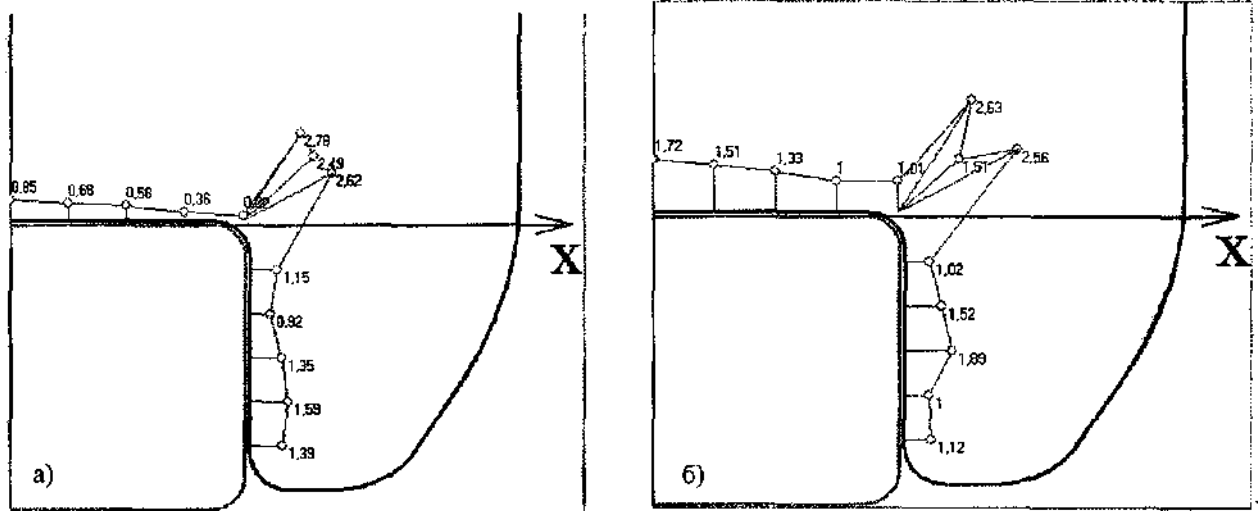


Рис.1. Эпюры нормальных напряжений:

а) при нагрузке на верхний ремень в 1 атм и толщине слоя 1 мм; б) при нагрузке на верхний ремень в 2 атм и толщине слоя 2 мм

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коваленко Н.И. Расчет силы зажима слоя лубяного волокна в зажиме транспортирующих ремней трепальной машины // Сборник научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома : КГТУ, 2003. — Вып.4. — С. 194.
2. Хаимова-Малькова Р.И. Методика исследования напряжений поляризованно-оптическим методом. — М. : Наука, 1970.
3. Коваленко Н.И. Экспериментальное исследование напряженного состояния транспортирующего ремня трепальной машины методом фотоупругости // Сборник научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома : КГТУ, 2004. — Вып.5. — С. 27.

N.I.Kovalenko, V.A.Muzalevsky, E.A.Russu

STRESS CALCULATION IN SCUTCHING MACHINE CONVEY BELTS

УДК 677.021

## АНАЛИЗ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПРЯДЬ В ПРОЦЕССЕ ТРЕПАНИЯ, ПРИ СИЛАХ ИНЕРЦИИ, СОИЗМЕРИМЫХ С СИЛАМИ НАТЯЖЕНИЯ ПРЯДИ

В.А.Дьячков

В статье представлена методика расчета сил натяжения пряди и ее нормального давления на кромку бильных планок трепальных барабанов, для случая, когда силы инерции соизмеримы с силами натяжения, прижимающими прядь к кромке била. Установлено, что при этом можно принять натяжение в сбегающей ветви пряди равным натяжению в ее набегающей ветви.

В работе [1] получены выражения, описывающие силы натяжения  $T$  пряди и ее нормального давления  $N$  на кромку бильной планки ((3) и (4) [1]) для случая, когда биссектриса  $\theta$  угла охвата  $\varphi$  (рис.1) расположена под углом  $\xi_k$  к радиусу барабана, проведенному к центру кривизны кромки бильной планки, и прядь плотно прижата к кромке ( $\rho=r$ ). Эти уравнения будут справедливы при  $N>0$  или при

$$V_r < \sqrt{\frac{T_0}{\mu} + \frac{rQ_2}{\kappa} (1 - e^{-\kappa\varphi})}, \quad (1)$$

$$T_0 > \mu V_r^2 + \frac{\mu \cdot rQ_2}{\kappa} (1 - e^{-\kappa\varphi}). \quad (2)$$

Иначе  $T < T_0$ ,  $N < 0$ , т. е. задача становится не решаемой.

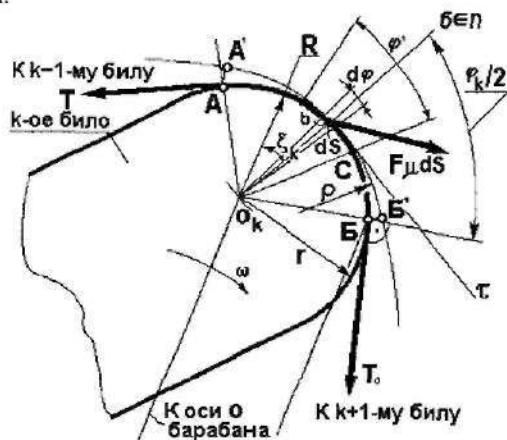


Рис.1. Прядь на кромке бильной планки трепального барабана

Рассмотрим закономерности взаимодействия пряди с кромкой бильной планки в случае, когда не выполняется условие (1).

Примем формальное допущение, что изменения величин центробежных ускорений в относительном движении и кривизны пряди на участке  $\Delta L$  вблизи точек А и Б (рис. 1) начала/конца ее контакта с кромкой не

могут быть равны бесконечности  $-\frac{\Delta W_{отн}^n}{\Delta L} \neq \infty$ ,

$\frac{\Delta \rho}{\Delta L} \neq \infty$ , а должны плавно изменяться: радиус кривизны кромки  $\rightarrow \infty \rightarrow r \rightarrow \infty$ ; ускорений  $\rightarrow 0 \rightarrow W_{отн}^n \rightarrow 0$ .

Предположим, что набегающая и сбегающая ветви пряди будут отводиться от кромки, начиная с точек А и Б. В этих точках, как показано в [2], возникают сосредоточенные реакции, которые "... не могут входить в дифференциальное уравнение, их существование вытекает из условия стыковки участков нити на поверхности и вне ее". При этом угол контакта пряди с кромкой  $\varphi'$  будет меньше угла охвата  $\varphi_k$  определенного геометрией взаимодействия бил парных барабанов с прядью. Допустим, при угле  $\varphi_0$  к набегающей на кромку ветви пряди приложена сила натяжения  $T_0$ , а кривизна пряди в точке приложения силы  $T_0$  характеризуется величиной  $\rho_0 > r$ . Учитывая, что прядь отводится от кромки, остается таким же по направлению и по величине, как и при плотном контакте этого элемента с кромкой.

Запишем уравнения движения элементарного участка пряди  $dS$  на отрезке пряди, отошедшем от кромки в проекциях на естественные оси  $\tau$  и  $n$ . На прядь будут действовать те же силы, что и при выводе выражений (3) и (4) в [1], кроме сил трения и нормального давления. То есть:

$$\frac{1}{\mu} \frac{dT}{dS} = \frac{dV_r}{dt} - W_n^e \sin \xi_k, \quad (3)$$

$$\frac{1}{\mu \rho} T = \frac{V_r^2}{\rho} + W_n^e \cos \xi_k - W^k. \quad (4)$$

Определим изменение кривизны пряди по дуге  $\varphi$  —  $\rho=f(\varphi)$ . В этом случае все остальные величины, входящие в выражения (3) и (4), примем постоянными. Из (4), обозначив через

$$Q_3 = W_n^e \cos \xi_k - W^k,$$

выразим силу натяжения пряди:

$$T = \mu V_r^2 + \mu \rho Q_3. \quad (5)$$

Выражение (5) подставим в (3), обозначив

$$Q_2 = \frac{dV_r}{dt} - W_n^e \sin \xi_k.$$



Преобразовав, получим

$$\int \frac{Q_3}{\rho} d\rho = \int Q_2 d\varphi.$$

После интегрирования

$$Q_3 \ln(\rho) + C = Q_2 \varphi.$$

Константу  $C$  определим из следующего условия: при значении угла охвата  $\varphi = \varphi_k$  сила натяжения в набегающей ветви пряди  $T = T_0$ . Следовательно,

$$C = Q_2 \varphi_k - Q_3 [\ln(\rho_0)],$$

$$\ln(\rho) = \frac{Q_2(\varphi - \varphi_k)}{Q_3} + \ln(\rho_0).$$

Отсюда выразим кривизну пряди на дуге Б'С

$$\rho = \rho_0 e^{\left(\frac{Q_2(\varphi - \varphi_k)}{Q_3}\right)}. \quad (6)$$

Из (3) выразим  $\rho_0$

$$\rho_0 = \frac{T_0 \cdot \mu \cdot V_r^2}{\mu Q_3}. \quad (7)$$

Тогда окончательно

$$\rho = \frac{T_0 \cdot \mu \cdot V_r^2}{\mu Q_3} e^{\left(\frac{Q_2(\varphi - \varphi_k)}{Q_3}\right)}. \quad (8)$$

Равенство (8) описывает кривизну пряди на участке Б'С и будет справедливо при  $\rho > r$ , т. е. при

$$\frac{T_0 \cdot \mu \cdot V_r^2}{\mu Q_3} e^{\left(\frac{Q_2(\varphi - \varphi_k)}{Q_3}\right)} > r, \quad (9)$$

иначе прядь будет прижата к поверхности кромки, и ее движение будет описываться уравнениями (3) и (4) из [1].

Из (6) выразим величину угла контакта пряди с кромкой:

$$\varphi' = \varphi_k + \frac{Q_3}{Q_2} \ln \frac{r}{\rho_0}. \quad (10)$$

Из (5) выразим силу натяжения пряди в точке контакта пряди с кромкой (точке С):

$$T_0' = \mu V_r^2 + \mu r Q_3. \quad (11)$$

Выражение (10) характеризует контакт пряди на дуге  $\varphi_k > \varphi' > 0$  и означает, при  $\varphi' = 0$ , контакт пряди

в точке при  $\rho_0 = r e^{\left(\frac{Q_2 \varphi_k}{Q_3}\right)}$ .

На рис.2 показана зависимость, построенная по выражению (8).



Рис.2. Радиус кривизны пряди в зависимости от угла охвата ею кромки бильной планки.  
 $\mu = 0,18 \text{ кг/м}$ ;  $\omega = 32 \text{ рад/с}$ ;  $\zeta_0 = 45^\circ$ ;  $r = 0,0015 \text{ м}$ ;  $R = 0,37 \text{ м}$ ;  $\varphi_k = 180^\circ$ ;  
 $T_0 = 25 \text{ Н/м}$ ;  $\frac{dV_r}{dt} = 200 \text{ м/с}^2$ .

Как видно из графика, прядь при  $\varphi = \varphi_k$  имеет больший радиус кривизны  $\rho_0$ , чем кромка, т. е. отводится от кромки в точку Б' (см. рис.1). Изгиб пряди обеспечивает увеличение силы натяжения, и при возрастании этой силы до величины  $T'$ , при  $\varphi = \varphi'$ , прядь вступит в контакт с кромкой в точке С ( $\rho = r$ ). На рис.2 такая ситуация наступит при  $\varphi' \approx 40^\circ$ . Сила натяжения в сбегавшей ветви определится в этом случае из (3) [1], сила давления на кромку из (4) [1].

Ситуация, когда угол контакта пряди с кромкой изменяется от  $\varphi_k$  до 0, определяется малым диапазоном параметров  $V$  или  $T_0$ , а отличие сил натяжения  $T$  и  $T_0$  при этом невелико —

$$T - T_0' = \mu r \left[ \frac{Q_2}{\kappa} \left( e^{\kappa \varphi'} - 1 \right) - Q_3 \right].$$

Поэтому с достаточной степенью точности можно принять при угле  $\varphi' < \varphi_k$   $T = T_0'$ ;  $N \approx 0$ .

Из сказанного следует, что алгоритм вычисления сил, действующих на прядь, должен иметь следующую последовательность: проверяется условие (9). В случае его невыполнения сила натяжения в сбегавшей пряди вычисляется из (3) [1], нормальная реакция кромки из (4) [1]. Счет заканчивается. В противном случае, из (10) определяется угол  $\varphi'$ , из (11) сила  $T_0'$  и

принимается за натяжение в набегающей на кромку ветви пряжи. Далее определяются силы из (3) и (4) [1].

#### Выводы

Разработана методика расчета сил натяжения пряжи и ее нормального давления на кромку бильных планок трепальных барабанов для случая, когда

силы инерции соизмеримы с силами натяжения, прижимающими прядь к кромке била. Установлено, что при этом можно принять натяжение в сбегающей ветви пряжи равным натяжению в ее набегающей ветви.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьячков В. А. К вопросу о силах, действующих на прядь в процессе трепания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2002. — № 4—5. — С.30—33.
2. Каган В. М., Уточнения и дополнения к решению задачи о равновесии упругой нити на цилиндре / В. М. Каган, В. П. Щербаков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2003. — №2. — С.86—91.

V.A.Dyachkov

#### ANALYSIS OF STRENGTH ACTING ON LOCK DURING SCUTCHING

УДК 677.024

#### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ СЛОИСТО-КАРКАСНЫХ ТКАНЕЙ

*В.Ю. Селиверстов, Е.В.Иванюк*

В работе даны характеристика и особенности строения слоисто-каркасных тканей, занимающих особую группу среди объемных профильных тканей. Данные ткани являются одним из самых необычных и мало исследуемых видов текстильных изделий, которые нашли свое применение в качестве армирующего наполнителя композиционных материалов. Их получение возможно на обычном ткацком оборудовании с небольшой его модернизацией. В работе на основе разреза трехмерной ткани выведены формулы для расчета основных показателей данного вида изделий, а также формулы для расчета коэффициента уработки заполнительной основы, что позволяет оперативно решать вопросы расчета потребности основной пряжи.

В связи с бурным развитием многих отраслей возникла острая потребность в конструкционных материалах, обладающих высокими физико-механическими показателями (прочность, пластичность, термостойкость и др.) в сочетании с невысоким удельным весом. Металлы, применяемые в качестве таких материалов, не могут полностью удовлетворить требованиям потребителей. В этой связи следует выделить композиционные материалы, занимающие в настоящее время лидирующее положение среди конструкционных материалов.

Свойства композиционных материалов в большей степени зависят от свойств армирующего материала. В его качестве применяются однослойные и многослойные (трехмерные) ткани, выработанные как из известного текстильного сырья, так и из искусственных нитей, например, углеродных, базальтовых, арамидных волокон и стеклонитей.

В первоначальной стадии развития производства объемных материалов в качестве основы применялась однослойная ткань, выработанная из различных нитей. Ткань разрезали, складывали до получения пакета определенной толщины, а затем укладывали в формы для пропитки смолой. Все это проводилось вручную, было очень трудоемким процессом, занимавшим много времени, и не обеспечивало точности размеров. Кроме того, такие изделия имеют ряд существенных недостатков, и в первую

очередь, низкую стойкость к расслаивающим нагрузкам.

Вторым этапом создания трехмерных тканей было использование многослойных материалов в качестве армирующего материала. Это позволило получить материал, обладающий высокой устойчивостью к расслаивающим нагрузкам. Однако использование многослойных тканей не позволяет получить композиты необходимой толщины без процесса сложения их друг с другом, что также ведет к расслаиванию в процессе эксплуатации.

Пространственные ткани производились в основном методом многоосновного ткачества и с давних времен использовались для получения двух-, трех- и более слойных переплетений тканых лент, ковров, покрытий. Однако число слоев в таких текстильных изделиях не превышало 12, и толщина была незначительной.

Управляя соответствующим образом нитями основы, можно добиться того, что проходящие по толщине ткани нити располагаются не перпендикулярно, а под некоторым углом к плоскости ткани. Это позволяет несколько расширить ассортимент данного вида текстильных изделий. Единственное ограничение метода многоосновного ткачества — сложность укладки нитей под углом к машинному направлению. Попытки получить ткани большей

толщины известными видами переплетений не дали положительных результатов.

В нашей стране под руководством профессора В. А. Гордеева были разработаны структуры слоисто-каркасных тканей, дающие возможность вырабатывать на плоском ткацком станке ткани, значительно превышающие по толщине обычные многослойные ткани, получать трехмерные ткани сложной пространственной конфигурации из различного рода волокон и нитей.

Простейший вид слоисто-каркасной ткани состоит из горизонтально расположенных каркасных слоев и расположенных вертикально заполнительных слоев, выполненных в виде тканей обычных переплетений (как правило, полотняного переплетения) и соединенных между собой путем взаимного переплетения основных нитей данных слоев за счет общей уточной нити.

На рис.1 изображен продольный разрез простейшего вида слоисто-каркасной ткани.

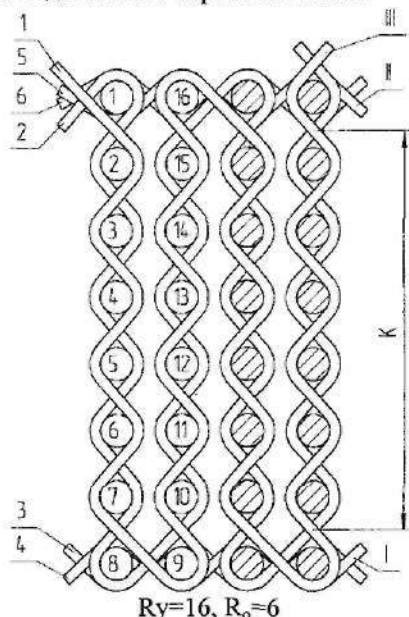


Рис. 1. Одноярусная слоисто-каркасная ткань

Ярусностью слоисто-каркасной ткани  $K$  называется участок, расположенный между соседними каркасными слоями. Этот участок обычно характеризуется числом уточных нитей в звене заполнительного слоя.

В нашем случае заполнительный слой (звено), как видно из рисунка, сформирован 6-ю уточными нитями. Поэтому данное переплетение будет характеризоваться следующим образом: одноярусная слоисто-каркасная ткань с 6-ю уточными нитями в звене заполнительного слоя.

Для получения данной ткани необходимо три системы основных нитей: одна система заполнительных нитей 1, 2, две системы каркасных нитей

3,4 и 5, 6. Для удобства в дальнейшем будем обозначать нижний каркасный слой, образуемый нитями 3 и 4, цифрой I, верхний каркасный слой, образуемый нитями 5 и 6, — II и заполнительный слой, образуемый нитями 1 и 2, — III. Уточные нити в раппорте переплетения пронумерованы в порядке последовательного введения в зев. Следует подчеркнуть, что формирование заполнительного слоя может начинаться, как и у многослойных переплетений, с нижнего положения, так и с верхнего (как в нашем случае). Отличие в этом случае будет лишь в порядке нумерации уточных нитей.

Уточная нить 1 переплетается как с нитями заполнительной основы III, так и с нитями верхнего каркасного слоя II. Далее формируется звено заполнительного слоя за счет последовательного введения уточных нитей 2+7. Оно состоит из 6 уточных нитей, которые переплетаются только с нитями заполнительной основы III. При этом основные нити каркасных слоев выступают в верхнем или нижнем положении и участия в переплетении не принимают.

После наработки звена заполнительного слоя следует присоединение его к каркасному слою I. Для этого одновременно происходит зевобразование заполнительной основы III и каркасной I. В образовавшийся зев вносятся уточные нити 8 и 9, образующие элементы нижнего каркасного слоя I. Далее осуществляется последовательная наработка следующего звена заполнительного слоя III уточными нитями 10+15 только за счет их переплетения с основой III. После наработки данного звена следует его присоединение к верхнему каркасному слою II за счет одновременного зевобразования заполнительной основы III и каркасной основы II. В образовавшийся зев вносится уточная нить 16, которая и завершает формирование раппорта слоисто-каркасной ткани. Далее процесс образования слоисто-каркасной ткани повторяется.

Исходя из требований и назначения слоисто-каркасные ткани имеют следующие основные показатели:

- ширина ткани;
- толщина ткани;
- плотность ткани по основе и утку в тканом изделии;
- удельная плотность ткани;
- уработка основных нитей заполнительного и каркасного слоёв;
- уработка нитей утка.

Одним из требований, предъявляемых к слоисто-каркасной ткани как армирующему материалу композиционных материалов, является достижение максимальной толщины, так как этот показатель во многом определяет технологические и эксплуатационные свойства пластиков. Толщину трехмерных

тканей возможно определять на приборе марки ТЭМ, возможно использование и других измерительных средств. Для слоисто-каркасных тканей с повышением ярусности ткани, числа уточных нитей в заполнительном слое и линейной плотности нитей толщина ткани увеличивается и обычно колеблется от 10—60 мм.

Ширина ткани является важнейшим показателем и устанавливается в зависимости от ширины изделия конструкционного материала. Как и для обычной ткани, на данный показатель влияет ширина заправки ткани по берду и уработка ее по утку.

Определение плотности по основе и утку осуществляется известными методами на основе эксперимента. Следует отметить, что эти показатели для каркасного и заполнительного слоев имеют различные значения.

Максимальное значение плотности по утку каркасного и заполнительного слоя, как следует из геометрического разреза, представленного на рис. 2, без учета деформации нитей основы и утка можно определить:

$$P_{ку} = \frac{100}{d_{ко} + d_y}, \quad (1)$$

где  $d_{ко}$  — диаметр нити каркасной основы, мм;  
 $d_y$  — диаметр уточной нити, мм;  
 для заполнительного слоя:

$$P_{зу} = \frac{100}{d_{зо} + d_y}, \quad (2)$$

где  $d_{зо}$  — диаметр нити заполнительной основы, мм.

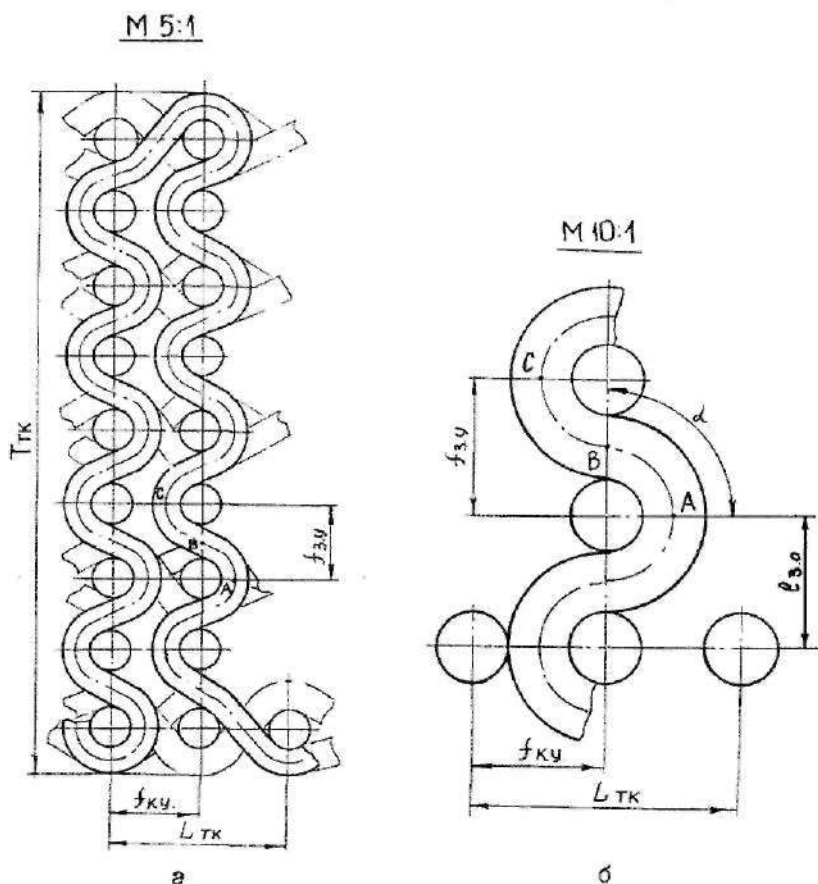


Рис. 2. Геометрическое строение слоисто-каркасной ткани

Геометрическая плотность (полотняное переплетение):

$$f_{ку} = \frac{100}{P_{ку}}, \quad (3)$$

$$L_{тк} = 2f_{ку} = \frac{2 \cdot 100}{P_{ку}}. \quad (4)$$

Геометрическую длину заполнительной основы в элементе ткани, представленном на рис. 2, б, можно выразить:

$$\ell_{30} = \cup AB + \cup BC,$$

$$\cup AB \approx \cup BC = \pi(d_{30} + d_y) \cdot \frac{\alpha}{360}. \quad (5)$$

Тогда  $\ell_{30} = 2\pi(d_{30} + d_y) \frac{\alpha}{360}$ .

Экстремальное значение  $\ell_{30}$  следует рассматривать

при  $\alpha = 90^\circ$ .

Следовательно,

$$\ell_{30} = \frac{\pi}{2}(d_{30} + d_y). \quad (6)$$

Длина заполнительной основы в одном раппорте слоисто-каркасной ткани по утку, длина которого  $L_{mk}$  (рис.2):

$$\begin{aligned} L_{30} &= \frac{\pi}{2}(d_{30} + d_y)(R_y - 2) + \pi(d_{30} + d_y) = \\ &= \pi(d_{30} + d_y) \left( \frac{R_y - 2}{2} + 1 \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Из продольных разрезов слоисто-каркасных тканей видно, что уработка нитей заполнительной и каркасной основы различна, причем для нитей заполнительной основы она имеет максимальное значение и в несколько раз превышает аналогичный параметр для каркасной основы. Чтобы рассчитать правильно длину нити на паковке, необходимо заранее определить данный показатель.

Так как ткань трехмерная, то следует пользоваться не просто уработкой, а коэффициентом уработки заполнительной основы:

$$K_{30} = \frac{L_{30}}{L_{mk}}, \quad (8)$$

где  $L_{mk}$  — длина ткани, соответствующая одному раппорту ткани по утку,

$L_{30}$  — длина заполнительной основы в одном раппорте ткани по утку.

Из геометрического разреза слоисто-каркасной ткани, представленного на рис. 2, будем иметь при условии максимальной плотности:

$$K_{30} = \frac{\pi(d_{30} + d_y) \cdot \left( \frac{R_y - 2}{2} + 1 \right) \cdot P_{ky}}{200}, \quad (9)$$

где  $R_y$  — раппорт по утку слоисто-каркасной ткани;

$P_{ky}$  — плотность каркасного слоя по утку, н/10 см;

$d_{30}$  и  $d_y$  — соответственно диаметры нитей заполнительной основы и уточной нити, мм.

Как показывают расчеты, обычно  $K_{30}$  лежит в пределах 10÷15, т.е. на единицу длины образца требовалось основы от 10 до 15 раз больше, что необходимо учитывать при формировании ткацких паковок.

Поверхностную плотность слоисто-каркасной ткани можно определить по следующей формуле:

$$q = \frac{M \cdot 10^3}{\ell \cdot \sigma}, \quad (10)$$

где  $M$  — масса образца, кг;

$\ell$  — длина образца, м;

$\sigma$  — ширина образца, м.

Удельная плотность слоисто-каркасной ткани является одним из основных показателей для определения веса всего композиционного материала на основе этих тканей. Этот показатель определяется расчетным путем по формуле:

$$\gamma = \frac{q}{10^4 \cdot T_{mk}}, \quad (11)$$

где  $\gamma$  — удельная плотность ткани, г/см<sup>3</sup>;

$q$  — поверхностная плотность ткани, г;

$T_{mk}$  — толщина ткани, см.

Оптимальным значением для трехмерной слоисто-каркасной ткани является удельная плотность  $\gamma = 0,5 \div 0,6$  г/см<sup>3</sup>.

На рис.3 приведен общий вид заправки станка для выработки профильных тканей сложной пространственной конфигурации на базе слоисто-каркасных тканей. Внешний вид выработанных профильных слоисто-каркасных тканей представлен на рис. 4 и 5.

#### Выводы

1. Даны характеристика и особенности строения нового вида ткани — слоисто-каркасной.
2. Получены выражения для определения коэффициента уработки заполнительной основы слоисто-каркасной ткани, который учитывается при расчете потребности основы на выработку заданной структуры трехмерной ткани.
3. Приведены формулы для расчета поверхностной и удельной плотности трехмерной ткани, необходимые для определения веса композиционного материала.

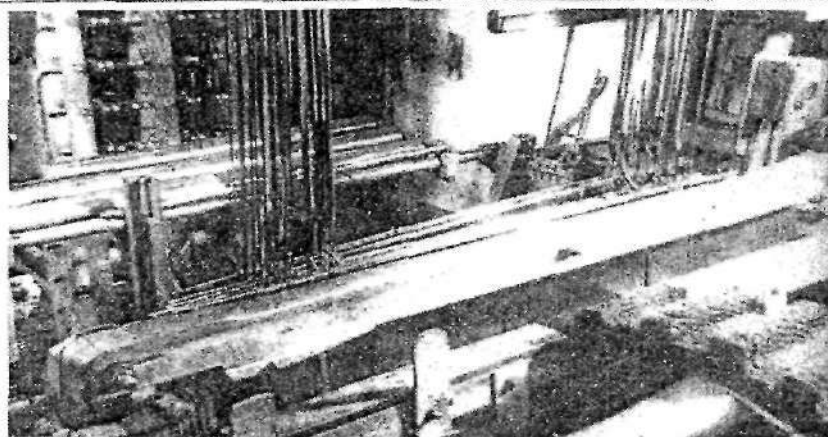


Рис.3. Выработка опытного образца профильной слоисто-каркасной ткани

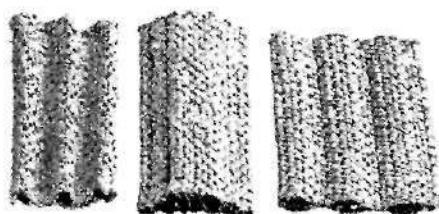


Рис.4. Различные виды профильных слоисто-каркасных тканей

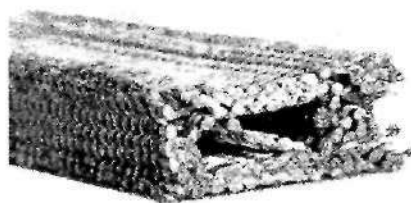


Рис.5. Слоисто-каркасная ткань с каналами

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиверстов В. Ю. Разработка технологии выработки многослойных слоисто-каркасных тканей : дис. ... канд. техн. наук / ЛИТЛП им. С.М.Кирова. — Ленинград, 1986.

V.Yu.Seliverstov, E.V.Ivanyuk

#### TECHNOLOGY PECULIARITIES OF THREE-DIMENSIONAL LAYER-FRAMED FABRIC PRODUCTION

УДК 677.024

#### СНИЖЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ УТОЧНОЙ НИТИ НА СТАНКЕ СТБ

А.Б. Брут-Бруляко

Исследованию процесса питания утком станков СТБ посвящено большое количество работ [1,2,3], в которых отмечается, что основными параметрами, характеризующими процесс питания утком станков СТБ, являются натяжение уточной нити и режимы работы механизмов, участвующих в прокладывании утка. В работе [1] отмечается, что среднее натяжение хлопчатобумажной уточной нити на станках СТБ в период свободного полета прокладчика составляет 25 % от разрывной нагрузки нити.

Проведенные исследования [5,6] по использованию льняной уточной пряжи липейной плотности 56 текс показывают определенную разницу в натяжении уточины при прокладывании ее в зеве станка СТБ-175 без накопителя и с накопителем.

Для сравнения с ранее полученными результатами нами были проведены исследования в произ-

водственных условиях льнообъединения им. И.Д.Зворыкина при переработке льняной пряжи линейных плотностей 33,5 и 50 текс на ткацких станках СТБ-175. Скоростной режим ткацкого станка составляет 220 мин<sup>-1</sup>. Скорость прокладывания утка на станках составляет 23 м/с.

Проведенные исследования в производственных условиях на станках СТБ показали, что максимальный уровень натяжения льняной пряжи 33,5 текс составляет 8,2 % от разрывной нагрузки, а для льняной пряжи 50 текс максимальное натяжение составляет 12,8 % от разрывной нагрузки [4].

Известно, что одним из путей снижения натяжения уточной нити на ткацких станках является использование накопителей утка. Снижение уровня натяжения льняной уточной нити позволяет увеличить качество выпускаемого льняного ассортимента



тканей и снизить обрывность уточной пряжи. Прокладывание утка на ткацких станках СТБ с использованием накопителя имеет свои особенности [3,6].

Рассмотрим технологическую схему прокладывания уточной нити на станке СТБ в случае использования накопителя утка. Технологическая схема движения уточной нити с использованием накопителя приведена на рис. 1.

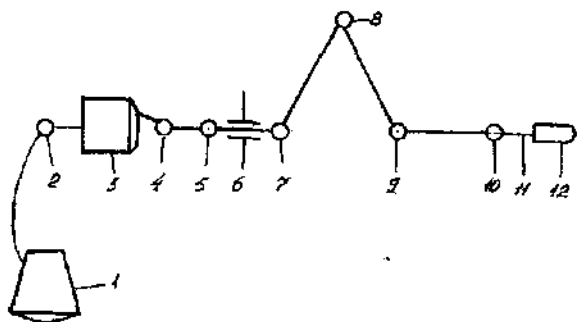


Рис. 1. Схема движения уточной нити на ткацком станке СТБ с накопителем утка

При использовании накопителя утка на ткацком станке процесс прокладывания разделяется на два этапа. На первом этапе накопитель утка самостоятельно сматывает нить с бобины 1 и наматывает ее на скелетный барабан, который образует запас уточной нити. На втором этапе уточная нить 11 сматывается с накопителя 3, где получает начальное натяжение. Положительная особенность использования накопителя в том, что нить сматывается с постоянно диаметра скелетного барабана и получает постоянное натяжение за счет щеточного тормоза.

После накопителя уточная нить проходит направляющие фарфоровые глазки 4 и 5 и затем поступает под лапку тормоза 6. Далее нить утка проходит направляющий глазок 7 и направляется в глазок компенсатора 8. После глазка компенсатора уточная нить проходит через направляющие глазки 9 и 10 двухцветного механизма и зажимается губками прокладчика утка 12, который пробрасывает уточину в зев.

Первоначальное натяжение уточной нити при введении ее в зев достигается натяжением нити при сходе ее с пластин скелетного барабана накопителя и усилием торможения нити, создаваемого кольцевой щеткой.

Начальное натяжение нити перед глазком 4 можно найти из выражения [3]:

$$F_0 = T \exp(\varphi \cdot f_1) + T_k, \quad (1)$$

где  $T$  — натяжение нити при сходе с пластин скелетного барабана, сН;

$\varphi$  — угол обхвата нитью поверхности барабана, рад;

$f_1$  — коэффициент трения нити о барабан;

$T_k$  — усилие торможения нити, создаваемое кольцевой щеткой.

После прохождения глазка 4 натяжение нити становится

$$F_1 = F_0 \cdot e^{f\alpha}, \quad (2)$$

где  $f$  — коэффициент трения нити о фарфоровый глазок;

$\alpha$  — угол обхвата нитью поверхности глазка, рад.

Далее нить проходит через глазок 5, и натяжение будет:

$$F_2 = F_1 \cdot e^{f\beta}, \quad (3)$$

где  $\beta$  — угол обхвата нитью поверхности глазка 5, рад.

Натяжение после тормозного устройства составит:

$$F_3 = F_2 + N(f + f_1), \quad (4)$$

где  $N$  — усилие, с которым действует лапка тормоза на нить, сН;

$f$  — коэффициент трения нити при взаимодействии с фарфоровой поверхностью лапки тормоза;

$f_1$  — коэффициент трения нити о плоскую стальную пластину.

Затем нить проходит глазок 7, и натяжение будет

$$F_4 = F_3 \cdot e^{f\gamma}, \quad (5)$$

где  $\gamma$  — угол обхвата нитью поверхности глазка, рад.

Затем нить поступает в глазок компенсатора 8, и натяжение увеличивается до

$$F_5 = F_4 \cdot e^{f\varphi}, \quad (6)$$

где  $\varphi$  — угол обхвата нитью поверхности глазка, рад.

После компенсатора нить направляется в глазок 9, и натяжение будет

$$F_6 = F_5 e^{f\delta_1}, \quad (7)$$

где  $\delta_1$  — угол обхвата нитью глазка, рад.

Натяжение уточной нити после прохождения глазка 10 составляет:

$$F_7 = F_6 \cdot e^{f\delta_2}, \quad (8)$$

где  $\delta_2$  — угол обхвата нитью поверхности глазка, рад.

После подстановки в последнее выражение (8) всех предшествующих уравнений получим натяжение уточной нити в зеве в развернутой форме:

$$F = F_0 \exp[f(\alpha + \beta + \gamma + \varphi + \delta_1 + \delta_2)] + N(f + f_1) \cdot \exp[f(\gamma + \varphi + \delta_1 + \delta_2)]. \quad (9)$$

По формуле (9) проведем расчет натяжения льняной уточной пряжи 50 текс в зеве при 250° поворота главного вала, используя исходные данные из работ [1, 3]:

$T_y = 50$  текс;  $F_0 = 18$  сН;  $N = 15$  сН;  $f = 0,2$ ;  $f_1 = 0,22$ ;  $\alpha = 70^\circ$ ;  $\beta = 10^\circ$ ;  $\gamma = 40^\circ$ ;  $\varphi = 70^\circ$ ;  $\delta_1 = 40^\circ$ ;  $\delta_2 = 10^\circ$ . Расчетная величина натяжения уточной нити в зеве с использованием накопителя составит 52,5 сН, или 5,34 % от разрывной нагрузки.

Натяжение уточной нити при использовании накопителя снижается в 2 раза и происходит в основном за счет снижения натяжения после накопителя.

Для расчета натяжения любой другой уточной нити в зеве по приведенным формулам необходимо провести соответствующие эксперименты для получения исходных данных, которые входят в состав формул.

Для сопоставления величины натяжения с расчетной, полученной по формуле (9), нами были проведены эксперименты в производственных условиях по определению натяжения льняной уточной пряжи 33,5 текс и 50 текс при использовании накопителя утка «Iго-пова». Эксперименты проводились на тех же станках, на которых определялось натяжение уточной пряжи без накопителя. В результате исследований было установлено, что уровень натяжения при переработке льняной уточной пряжи 33,5 текс составил 6,65 % от разрывной нагрузки. Снижение

среднего значения натяжения от применения накопителя утка на ткацком станке составляет 19,2 %.

Уровень натяжения при переработке льняной уточной пряжи 50 текс с использованием накопителя составил 5,4 % от разрывной нагрузки. Снижение натяжения от использования накопителя утка при переработке уточной пряжи 50 текс составляет 57,8 %.

Для оценки влияния снижения натяжения уточной нити от использования накопителя утка были проведены наблюдения за обрывностью утка на одних и тех же ткацких станках. Объем наблюдений для каждого режима заправки ткацких станков составил по 200 метров выработанной ткани.

Результаты исследований показали, что применение уточных накопителей модели «Iго-пова» позволяет снизить обрывность уточной льняной пряжи 33,5 текс на 57,5 %, а при переработке льняной уточной пряжи 50 текс снижение обрывности составляет 32 %.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Получено уравнение натяжения уточной нити при прокладывании ее на ткацком станке при использовании накопителя «Iго-пова».
2. При работе ткацкого станка СТБ с накопителем утка «Iго-пова» натяжение льняной уточной пряжи 33,5 текс снижается до уровня 6,65 % от разрывной нагрузки, а натяжение льняной уточной пряжи 50 текс составляет 5,4 % от  $P_p$ .
3. В результате проверки обрывности в производственных условиях установлено, что при переработке льняной пряжи 33,5 текс обеспечивается снижение обрывности на 57,5 %, а при переработке льняной пряжи 50 текс снижение составляет 32 % на один погонный метр ткани.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богза А.Д. Исследование надежности процесса прокладывания утка на станках СТБ / А. Д. Богза, В. А. Орнатская. — М.: Легкая индустрия, 1978.
2. Орнатская В.А. Автоматическое питание ткацких машин основной и утком / В. А. Орнатская, М. А. Гендельман, А. А. Туваева и др. — М.: Легкая индустрия, 1975.
3. Губерман М.С. Совершенствование процессов прокладывания уточной нити на ткацких станках АТПР и СТБ. — Иваново: ИГТА, 1999.
4. Брут-Бруляко А.Б. Натяжение уточной нити в зеве на станке СТБ / А. Б. Брут-Бруляко, Л. В. Чернышева // Сборник трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома, 2005.
5. Дружинина Р.Д. Льюткачество / Р. Д. Дружинина и др. — М.: Легпромбытиздат, 1985.
6. Каган В.М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

**А.В.Брут-Бруляко**

**FLAX WEFT TENSION REDUCTION AT STB-WEAVING MACHINE**



УДК 677.024.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ПРЯЖИ ПРИ ПЕРЕМАТЫВАНИИ И СНОВАНИИ

*М.С. Богатырева, М.Н. Ерохова*

В статье анализируются процессы перематывания и снования пряжи с точки зрения проявления в них вязкоупругих свойств пряжи.

Оптимизация и нормализация технологического процесса невозможны без установления взаимосвязи свойств перерабатываемого продукта и технологии его изготовления или переработки. Для этого необходим анализ условий протекания технологического процесса с точки зрения возможности проявления физико-механических свойств перерабатываемого продукта. В расчетах механических систем с движущимися нитями необходим учет вязкоупругой деформации, так как для пряжи вязкоупругая деформация характерна и от нее зависят технологические свойства пряжи [1].

Рассмотрим на предмет проявления вязкоупругих свойств пряжи технологические процессы перематывания и снования. Процессы перематывания и снования характеризуются, прежде всего, большими скоростями прохождения пряжи через технологическую зону. Длина заправки нити в технологической зоне машины составляет при перематывании на машине типа МЛМ-2 — 1 м, а при сновании на партионной сновальной машине типа СП-180 от 2 до 15 м, в зависимости от расположения бобины в шпулярике. За время нахождения пряжи под нагрузкой будем считать время, равное времени «смены заправочной длины», т.е. время, за которое через технологическую зону пройдет длина нити, равная заправочной длине. Другими словами, это время, за которое на бобину или сновальный вал произойдет наматывание длины пряжи, равной длине заправки в технологической зоне машины. Например, для лавсановискозной пряжи перематывание проводят при скорости 600—800 м/мин, а снование — при 500—600 м/мин. Тогда время нахождения элемента пряжи под нагрузкой составит на мотальной машине 0,17—0,08 с, а на сновальной машине — 1,8—1,3 с (при длине заправки 15 м).

Проведем анализ степени проявления вязкоупругих свойств пряжи в процессах перематывания и снования. Известно, что вязкоупругие свойства полимеров, в том числе и пряжи, определяются их структурой. При напряженном состоянии макромолекулы полимера переходят в более распрямленное состояние. По внутреннему механизму этот процесс в пряже будет протекать одинаково как в режиме одноосного растяжения в лабораторных условиях, так и в условиях технологического процесса, в котором натяжение является основным деформирующим фактором, например, при перематывании и сновании

пряжи. (Данное подобие справедливо при одинаковых температурно-влажностных условиях в лаборатории и производстве). Поэтому для определения степени проявления вязкоупругих свойств пряжи при перематывании и сновании воспользуемся кривой релаксации напряжения в режиме одноосного растяжения пряжи, представленной на рис. 1.

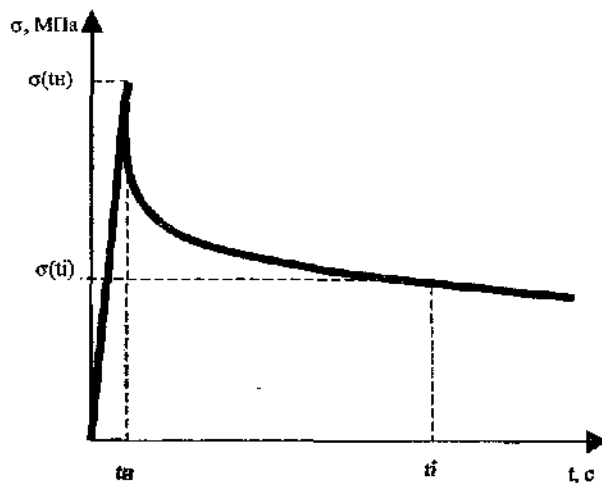


Рис. 1. Кривая релаксации напряжения

Испытания на релаксацию напряжений при относительной деформации образца 1% провели для пряж: лавсановискозной 14,5×2 Текс, льняной белой пряжи 33,3 Текс (Б 33,3 СрЛ) и льняной оческовой вареной пряжи 105 Текс (В 105 ОО).

Из механики полимеров известно, что скорость релаксационного процесса в первоначальный момент времени максимальна и стремится к бесконечности, а затем постепенно уменьшается. Проанализируем изменение напряжения относительно первоначального его значения по формуле:

$$\Delta\sigma(t_i) = \frac{\sigma(t_n) - \sigma(t_i)}{\sigma(t_n)} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $\sigma(t_i)$  — значение напряжения в момент времени  $t_i$ ;

$\sigma(t_n)$  — начальное значение напряжения в момент времени  $t_n$ ;

$t_n$  — время нагружения образца,  $t_n = 0,01$  с.

Кроме того, рассчитаем скорость релаксационного процесса по формуле:

$$V_p(t_i) = \frac{\sigma(t_n) - \sigma(t_i)}{\sigma(t_n) \cdot t_i} \cdot 100\% \quad (2)$$

Результаты расчетов по (1) и (2) представлены в таблице 1.

По полученным результатам можно сделать вывод, что к первой секунде процесс релаксации успевает реализоваться на величину, почти равную той, которая проявится за 60 последующих секунд процесса. Скорость релаксационного процесса у лавсановискозной пряжи в 3 раза превышает скорость релаксации у льняной пряжи. Скорости процесса релаксации у льняной и оческовой пряжи находятся на одном уровне.

Рассчитаем деформацию пряжи в процессе перематывания и снования. Считаем, что скорость деформации в технологическом процессе аналогична скорости релаксационного процесса при одноосном растяжении пряжи. Исходные данные для расчета деформации и результаты расчета представлены соответственно для процесса перематывания в таблице 2, а для снования — в таблице 3. При расчете процесса снования за 1 вариант принимается минимальная заправочная длина пряжи 2 м, а за 2 вариант — максимальная заправочная длина пряжи 15 м.

Анализ полученных данных показывает, что максимальное удлинение при перематывании и сновании получает лавсановискозная пряжа, которая имеет самую высокую скорость релаксации. Льня-

ная пряжа при перематывании деформируется примерно в 3 раза больше, чем при сновании, что объясняется в основном уровнем натяжения, которое при сновании в 3 раза меньше, чем при перематывании. Однако уровень натяжения при сновании существенно зависит от скоростного режима работы машины. При одинаковых скоростях перематывания и снования, как видно на примере лавсановискозной пряжи (см. табл. 2 и табл.3), деформация при сновании будет больше деформации при перематывании в среднем на 10 %.

Полученные результаты моделирования вязкоупругой деформации пряжи согласуются с известными данными изменения механических свойств при перематывании и сновании. В [2, 3] показано, что в большей степени среди физико-механических свойств льняной пряжи при перематывании изменяется разрывное удлинение, в среднем уменьшение этого показателя составляет 10 %. Разрывное удлинение льняной пряжи при сновании уменьшается в пределах 3 % и считается незначительным [3]. То есть при перематывании вязкоупругие свойства реализуются в 3 раза интенсивнее, чем при сновании, что и вызывает соответствующее изменение разрывного удлинения пряжи как показателя изменения ее структуры.

#### Вывод

Анализ процессов перематывания и снования пряжи показал, что проявление в них вязкоупругих свойств пряжи существенно и зависит от уровня напряжений в пряже и от технологической скорости.

Таблица 1

Результаты расчета изменения напряжения в процессе релаксации

Время замера $t_i$ , с	Изменение напряжения $\Delta\sigma$ , %			Скорость уменьшения напряжения $V_p(t_i)$ , %·с <sup>-1</sup>		
	л/в 14,5×2	Б 33,3 СрЛ	В 105 ОО	л/в 14,5×2	Б 33,3 СрЛ	В 105 ОО
0,125	10,25	3,12	3,56	82	25	28,5
0,25	18	9,25	6,62	72	18,5	26,5
0,5	20,5	6	7,75	41	12	15,5
0,75	26,25	6,75	9	35	9	12
1	24	7,5	9,6	24	7,5	9,6
2	27	10	10,8	13,5	5	5,4
60	40,8	15	17,4	0,68	0,25	0,29

Таблица 2

Расчет деформации пряжи в процессе перематывания

Вид пряжи	Перематывание			
	Скорость, м/мин	Напряжение, МПа	Время нагружения $t$ , с	Деформация, %
л/в 14,5×2 текс	600	91	0,1	1,1025
Б33.3СрЛ	600	108	0,1	1,01031
В 105 ОО	600	86	0,1	1,01035

Расчет деформации пряжи в процессе снования

Вид пряжи	Снование					
	Скорость, м/мин	Напряжение, МПа	Время нагружения 1 вариант, t, с	Деформация 1 вариант, %	Время нагружения 2 вариант, t, с	Деформация 2 вариант, %
л/в 14,5×2	600	73	0,2	1,18	1,5	1,256
Б33,3СрЛ	300	36	0,4	0,39	3	0,45
В 105 00	270	28	0,4	0,41	3	0,45

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. — М. : Легкая индустрия, 1980.
2. Лустгартен Н.В. Льготкачество. Теория и технология процесса перематывания нитей : учебное пособие / Н. В. Лустгартен, Е. А. Борисова. — Кострома : Изд-во КГТУ, 1998.
3. Брут-Бруляко А.Б. Современная техника и технология льготкацкого производства / А. Б. Брут-Бруляко, В. В. Живетян. — М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984.

M.S.Bogatyreva, M.N.Erokhova

## PECULIARITIES OF THREAD VISCOELASTIC PROPERTY SYMPTOMS DURING REWINDING AND WARPING

УДК 677.486.017.442

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОЛОЧКИ КОМБИНИРОВАННОЙ НИТИ С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ СЕРДЕЧНИКОМ

В.Н.Попов

В работе рассмотрен вопрос деформации волокнистого амортизирующего покрытия световода.

Среди комбинированных нитей специального назначения, выполненных по прядильно-крутильному способу производства, существует особый класс — волоконные световоды с защитно-упрочняющим покрытием из текстильных волокон [1].

Структура такой комбинированной нити представлена на рис. 1.

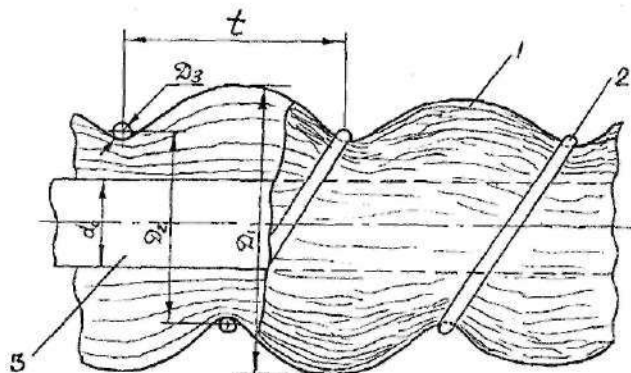


Рис. 1. Структура комбинированной нити с оптоволоконным сердечником

Волокнистое покрытие 1 (например вискозное), скрепленное обкручивающей нитью 2, образу-

ет для световода 3 в защитной полимерной оболочке внутреннюю опорную поверхность в виде цилиндра, а внешнюю в виде винтообразной выпуклой поверхности с шагом  $t$ .

Волоконно-оптический кабель [2], в котором используются световоды с оболочкой из текстильных волокон по способу [1], представляет собой осесимметричную конструкцию, состоит из центрального упрочняющего элемента, расположенного строго по оси кабеля и выполненного из синтетических волокон со сверхвысоким модулем упругости на растяжение (жгут из нитей СВМ), световодящих жил в защитной оболочке из текстильных волокон, уложенных вокруг центрального упрочняющего элемента по винтовой линии и внешней полимерной оболочки в виде трубки.

На рис. 2 представлена схема деформации волокнистого амортизирующего покрытия световода в оптическом кабеле в радиальном направлении (показана половина сечения).

При наличии внешней осевой растягивающей нагрузки на кабель (при монтаже или в условиях эксплуатации) световодящие жилы, расположенные по винтовой линии с большим шагом, стремятся переместиться в направлении оси кабеля вследствие растяжения центрального упрочняющего элемента.

При этом амортизирующее покрытие деформируется на некоторую величину, а световедущая жила получает некоторое растягивающее усилие. Любые механические напряжения в кварцевом стекле световода могут вызвать дополнительные потери светового сигнала, поэтому внешние механические воздействия должны быть сведены к минимуму.

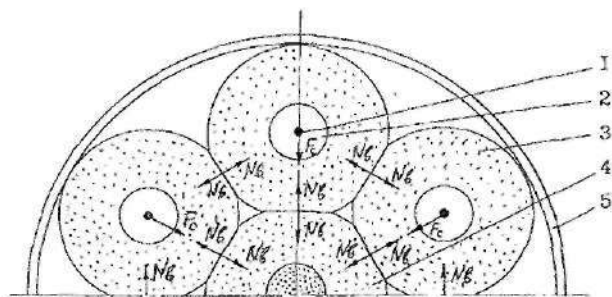


Рис. 2. Схема деформации волоконистого амортизирующего покрытия световода в оптическом кабеле в радиальном направлении.

1 — кварцевый световод; 2 — защитная полимерная оболочка световода; 3 — волоконистое амортизирующее покрытие; 4 — центральный упрочняющий элемент кабеля; 5 — внешняя полимерная оболочка кабеля;  $F_c$  — сила, вызванная осевой растягивающей нагрузкой кабеля;  $N_n$  — сила реакции опоры волоконистой поверхности покрытия

Для расчета параметров защитно-упрочняющих элементов кабеля с целью сохранения пропускной способности световедущих жил необходимо знать деформационные характеристики волоконистого амортизирующего покрытия. Схема деформации волоконистого покрытия в кабеле достаточно сложна. Для предварительной оценки деформационных свойств волокон покрытия было решено воспользоваться измерительной установкой, описанной в [3].

С целью оценки амортизирующих свойств волоконистого покрытия в радиальном направлении используем характеристику удельной жесткости образца, зажатого между двумя параллельными сжимающими плоскостями (при фиксированной длине образца):

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ получения армированной нити : а.с. №1194920 СССР, МКИ G 02 3/38 БИ №44, 1985 / В. Н. Попов, Ю. Б. Федоров.
2. Волоконно-оптический кабель : а.с. № 1283689 А1 СССР, МКИ G 02 В 6/44 / Г. В. Артемьев, Д. В. Новик, И. В. Пешков, В. Н. Попов, Ю. Б. Федоров, В. В. Шитов.
3. Попов В.Н. Разработка способа нанесения на волоконные световоды амортизирующих покрытий из текстильных волокон : дис. ... канд. техн. наук. — Кострома, 1986. — 230 с.

V. N. Popov

#### RESEARCH OF DEFORMATION CHARACTERISTICS OF COMBINED THREAD CASING WITH FIBRE-OPTIC CORE

$$\Delta h = f(P_{сж} / L),$$

где  $\Delta h$  — деформация образца, мм;

$P_{сж}$  — сила сжатия, Н;

$L$  — длина образца, мм.

Измерительная установка представляет собой две плоскости, между которыми уложены вплотную друг другу ряд образцов, образуя деформируемую поверхность. Перемещение подвижной плоскости под действием тяжести калиброванных грузов контролировалось с помощью индикатора часового типа с точностью до 0,01 мм.

При изготовлении образцов для испытаний использовалась вискоза линейной плотности 256 текс, обкручивающая нить — капроновая комплексная нить линейной плотности 29 текс. Величина крутки обкручивающей нити составляла 400 кр/м.

Результаты исследований после статистического анализа представлены в виде графика на рис. 3.



Рис. 3. График зависимости  $\Delta h = f(P_{сж} / L)$

#### Вывод

Полученная экспериментальным путем характеристика удельной жесткости волоконистого амортизирующего покрытия световода может быть использована для расчета элементов конструкции оптического кабеля, и с ее учетом можно сформулировать рекомендации по оптимизации технологического процесса его изготовления.



УДК 677.017

## АНАЛИЗ НАТЯЖЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ ПРИ СМАТЫВАНИИ С КАТУШКИ

А.П.Соркин, Е.С.Кириллова

В статье приведены результаты экспериментов по определению зависимости натяжения ровницы от положения точки сматывания, от диаметра намотки и от способа установки катушки в питающей рамке.

Полученная при формировании мокрым способом [1] ровница из льна не имеет крутки. Такая ровница имеет меньшую прочность по сравнению с ровницей, получаемой на рогулечных ровничных машинах. В связи с этим повышается вероятность обрыва или появления скрытой вытяжки ровницы при ее сматывании с катушки.

Для оценки вероятности обрыва ровницы при ее переработке необходимо знать прочность ровницы и натяжение сматывания ее с катушки. Целью настоящей работы явилось экспериментальное определение влияния ряда факторов на натяжение льняной ровницы при ее сматывании с катушки. Для исследования процесса разматывания был разработан стенд. На стенде моделируется часть питающей рамки прядильной машины, включающая в себя опоры для установки катушек и направляющий ролик. Использовались два типа опор для катушек с ровницей — нижняя опора (грибок), которая используется в прядильных машинах ПМ-88-Л15 и ПМ-88-Л18, а также верхняя опора (подвеска) катушки, которой оснащаются серийные прядильные машины ПМ-88-Л10 и модернизированные машины ПМ-88-Л18 [2].

Схема стенда представлена на рис. 1. Он состоит из основания 1, на котором размещается стойка 2 с поперечинами, с закрепленными на них подвеской 3 и опорой в виде грибка 4 для установки катушек 5. На основании крепится также вытяжной прибор 6 с приводом (на схеме не показан). Так как в работе исследуется только процесс сматывания ровницы, то нажимной валик снят с переднего цилиндра. В процессе эксперимента работает только питающая пара 7 вытяжного прибора. К основанию 1 крепится также стойка 8, предназначенная для установки направляющего ролика 9, тензометрического датчика натяжения 10 и отметчика 11 положения ровницы, представляющего собой оптопару, состоящую из осветителя и фотоприемника. Стенд также включает в себя программно-аппаратный комплекс (ПАК), который предназначен для снятия первичной информации с датчиков, ее оцифровки и передачи в ЭВМ.

Стенд работает следующим образом: от привода, не показанного на схеме, приводится в движение питающая пара 7 вытяжного прибора. Мокрая ровница 12, сматываясь с катушки 5, огибает ролик 9 и проходит через датчик натяжения 10. Сигнал от датчика, пропорциональный натяжению ровницы, передается в ПАК. В момент достижения ровницей,

сходящей с катушки, крайнего нижнего положения она перекрывает световой поток, идущий от осветителя к фотоприемнику отметчика 11, в результате чего вырабатывается сигнал, поступающий в ПАК. Для смены держателя катушки (грибок или подвеска) стойка 2 поворачивается на 180° вокруг своей оси. Расположение опор катушки выбрано таким образом, чтобы положение катушки относительно ролика 9 при смене опоры катушки не изменялось.

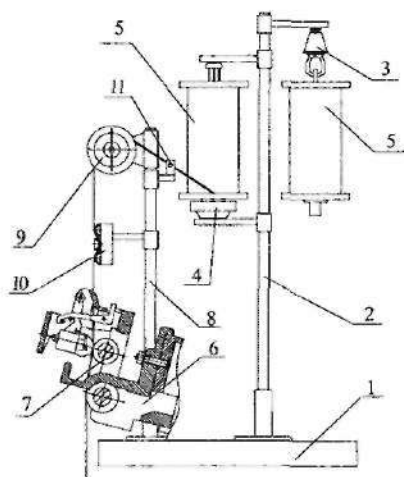


Рис. 1. Схема стенда для измерения натяжения ровницы при сматывании

В процессе проведения эксперимента производилась размотка ровницы с одновременным замером ее натяжения. За одну повторность в эксперименте принимались результаты измерения натяжения, полученные за один полный ход ровницы вверх и вниз. Датчики опрашивались с частотой 50 Гц, в результате чего за одну повторность было получено 12000 значений натяжения. Момент начала и окончания измерений определялся сигналом от оптопары отметчика 11. Так как раскладчик при наматывании ровницы движется равномерно и опрос датчика натяжения происходит с постоянной частотой, то можно установить однозначное соответствие между номером замера натяжения в данной повторности и координатой точки сматывания по высоте катушки. Измерения проводились сериями по пять повторностей на шести диаметрах намотки для каждого из двух вариантов установки катушки в питающей рамке — грибка и подвески. Таким образом, факторами эксперимента явились:

- координата точки сматывания (рассчитывалась в зависимости от порядкового номера замера).

- диаметр катушки, который контролировался каждый раз перед началом проведения измерений натяжения ровницы.

Для определения зависимости натяжения ровницы от координаты точки сматывания по высоте катушки данные каждой повторности разбивали на интервалы равной длины. На каждом интервале рассчитывали средние значения натяжения. Анализ полученных результатов показал, что закономерное изменение натяжения ровницы от положения точки сматывания по высоте паковки, которое имеется при сматывании хлопковой ровницы, в данном случае не наблюдается. Это можно объяснить тем, что в паковке льняной ровницы наблюдается склеивание слоев катушки за счет пектинов, входящих в состав льняного волокна. Натяжение, требуемое для отделения витка ровницы от поверхности катушки, нестабильно. Изменение натяжения при сматывании хлопковой ровницы вызвано изменением угла отгибания направляющего прутка. При сматывании льняной ровницы вместо прутка установлен ролик 9. Момент трения в оси ролика практически не зависит от угла отгибания его ровницей и не приводит к изменению натяжения ровницы при движении точки сматывания по высоте катушки.

Важным параметром, характеризующим процесс сматывания ровницы является стабильность натяжения, которая определяется коэффициентом вариации. Зависимость коэффициента вариации от диаметра наматывания при разматывании катушки, установленной на грибок и на подвеске, приведена на рис.2.

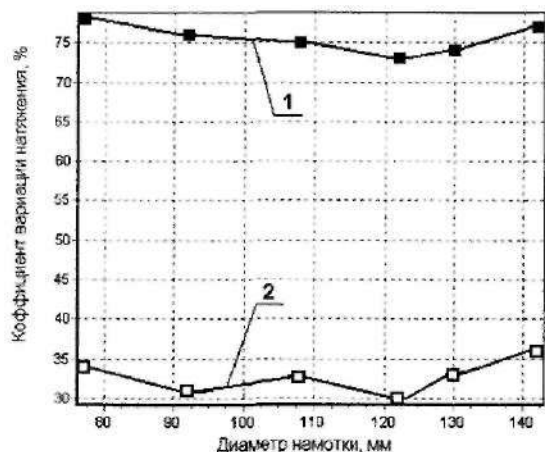


Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации натяжения от диаметра наматывания:  
1 — установка катушки на грибок,  
2 — установка катушки на подвеске

Из приведенного графика видно, что сматывание катушки, установленной на подвеске, происходит при более стабильном натяжении.

Для выявления зависимости натяжения ровницы от диаметра сматывания рассчитали средние значения натяжения по пяти повторностям, относящимся к одному диаметру, для каждого из которых отобрали по 10 максимальных значений. На основе найденных максимальных значений строили графики зависимости натяжения ровницы от диаметра катушки (рис. 3).

Из графиков видно, что при уменьшении диаметра катушки по мере сматывания натяжение ровницы снижается. Это объясняется уменьшением момента трения в опорах держателя катушки, вызванного снижением веса катушки с ровницей. На графике также отражена зависимость натяжения ровницы от способа установки катушки.

Результаты показали, что натяжение ровницы при сматывании ее с катушки, установленной на подвеске, в 3,6 раза меньше натяжения при установке катушки на грибок. Это подтверждает целесообразность модернизации установленных на предприятиях машин мокрого прядения льна, заключающейся в замене грибков на подвески. Сравнение данных, полученных о натяжении ровницы, с ее прочностью позволит оценить вероятность обрыва при сматывании и предложить устройства, обеспечивающие рациональный режим сматывания.

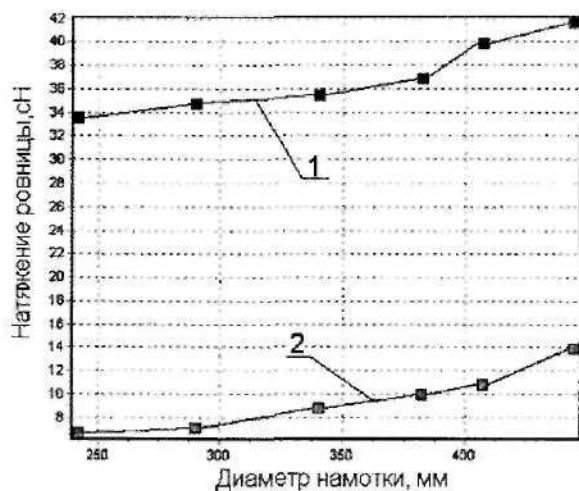


Рис. 3. Зависимость натяжения ровницы от диаметра катушки:  
1 — установка катушки на грибок;  
2 — установка катушки на подвеске

## Выводы

1. Отсутствует закономерное изменение натяжения ровницы при сматывании в зависимости от высоты точки схода ровницы.

2. Натяжение ровницы при сматывании ее с катушки, установленной на подвеске, в среднем в 3,6 раза меньше натяжения при установке катушки на грибок.

3. Установлено, что вес катушки с ровницей существенно влияет на натяжение ровницы при сматывании, поэтому натяжение ровницы снижается по мере срабатывания катушки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ формирования ровницы и устройство для его осуществления : патент РФ №2208070, опубл. 10.07.2003, №19 / А. П. Соркин, П. Н. Рудовский, Э. Г. Красильщик, А. Б. Гаврилова, А. Н. Филиппок, А. Г. Гоголинский.
2. Прядение льна / Г. И. Пиковский, С. И. Сальман. — М. : Легкая индустрия, 1968.

A.P.Sorkin, E.E.Kirillova

## ANALYSIS OF FLAX ROVING TENSION DURING REELING OUT BOBBIN

УДК 677.023

## МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ

П.Н.Рудовский, Л.Ю.Кирпина, М.Н.Нуриев

В статье предлагаются критерии оценки параметров структуры намотки и методика их определения по кинематической схеме механизма.

Под структурой намотки обычно понимают взаимное расположение нитей. Параметрами структуры намотки в этом случае будут выступать такие величины, как угол подъема  $\beta$ , центральный угол  $\varphi$  между точками разворота витков и расстояние между витками нити  $\Delta$ , измеренное в направлении, перпендикулярном витку, или в окружном направлении  $\Delta_\theta$ .

В [1] приводятся удобные критерии, позволяющие классифицировать структуру намотки. Так, жгутовой называется намотка, при которой расстояние между витками нити меньше её диаметра  $d_n$ , т.е.

$$\Delta \leq d_n. \quad (1)$$

Ленточной же называется такая намотка, при которой расстояние между витками нити меньше трех диаметров нити,

$$\Delta \leq 3d_n. \quad (2)$$

Для общности рассуждений будем считать, что дефектные структуры намотки образуются тогда, когда

$$\Delta = kd_n, \quad (3)$$

где  $k$  — число (0...3), характеризующее строгость требований, предъявляемых к структуре намотки. При  $0 < k < 1$  будет наблюдаться жгутовая намотка, а при  $1 < k < 3$  ленточная.

Рассмотрим процесс образования дефектов структуры намотки, как он представлен в [2]. На

рис.1 показана развертка поверхности бобины. Виток на поверхность бобины укладывается в виде периодической кривой, длину волны которой обозначим  $L$ . За начало отсчета длины окружности пачки примем точку разворота витка на одном из торцов. Если окажется, что какая-либо из точек разворота витка  $A_1, A_2 \dots A_n$  точно совпадает с одной из точек  $B_1, B_2 \dots B_n$ , отстоящих на расстояние, кратное длине окружности бобины, то это будет означать, что виток уложен на то же самое место и происходит формирование жгутовой намотки. Это будет происходить в любом случае, если

$$mL = \pi Dn, \quad (4)$$

где  $m$  и  $n$  — целые числа.

Если условие (4) не соблюдается, то расстояние  $\Delta_\theta$  между витками, как это следует из рис.1, можно рассчитать по формуле:

$$mL - \pi Dn = \Delta_\theta. \quad (5)$$

Число  $m$ , равное количеству двойных ходов, через которое виток будет уложен на прежнее место, назовем циклом раскладки.

Поскольку при определении дефекта структуры фигурирует величина  $\Delta_\theta$ , можно записать

$$(mL - \pi Dn) \sin \beta = \Delta_\theta \quad (6)$$

или с учетом (3)

$$|(mL - \pi Dn) \sin \beta| \leq kd_n. \quad (7)$$

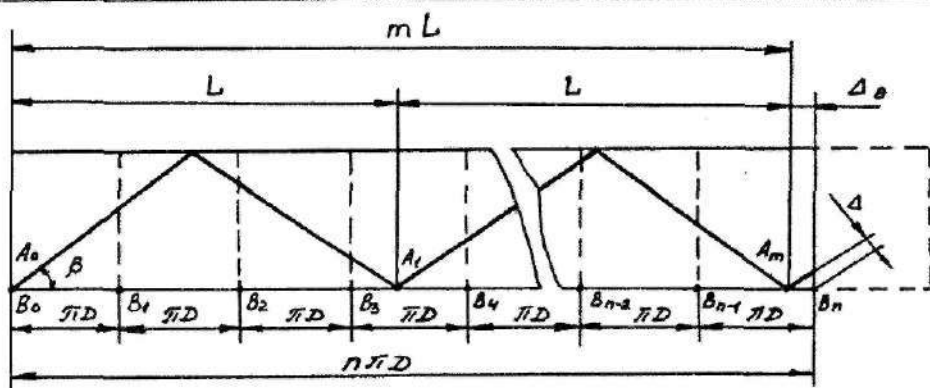


Рис. 1. К расчету сдвига витков при формировании крестовой намотки

Выражение (4) можно переписать в виде:

$$\frac{L}{\pi D} = \frac{m}{n} \quad (8)$$

Выражение (8) позволяет схематически представить расположение нитей на поверхности паковки при формировании дефектов структуры (рис. 2). По приведенным схемам видно, что числа  $m$  и  $n$  имеют определенный геометрический смысл. Если через бобину провести секущую плоскость, перпендикулярную её оси, то число пар пересечений этой плоскости с линией витка равно  $m$ . На развертке поверхности бобины эта плоскость изображена в виде прямой линии  $a-a$ . Число  $n$  равно количеству точек пересечения линий витка с образующей бобины за полный цикл раскладки.

Для оценки вредного воздействия жгутовой намотки необходима методика анализа структуры намотки, позволяющая определить, на каких диаметрах возможно жгутообразование, какова интенсивность этих образований или какую толщину они будут иметь. Кроме того, желательно, чтобы такая методика позволяла сравнивать структуры намотки, полученные с помощью разных мотальных механизмов или на одном и том же мотальном механизме при различных режимах его работы.

Для решения поставленной задачи вычислим неравенство (7) относительно  $D$

$$\frac{m}{\pi n} L - \frac{k d_h}{\pi n \sin \beta} \leq D \leq \frac{m}{\pi n} L + \frac{k d_h}{\pi n \sin \beta} \quad (9)$$

Если при его решении потребовать точного совпадения положения последующего и предыдущего витков, т.е.  $k=0$ , получим значения жгутовых диаметров

$$D = \frac{m}{\pi n} L \quad (10)$$

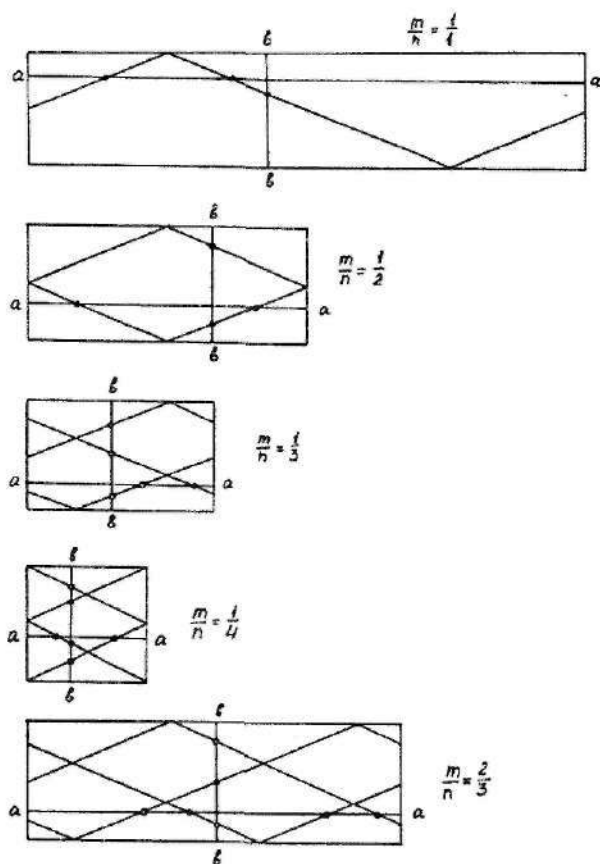


Рис. 2. Схема расположения нитей на поверхности намотки при формировании дефектов структуры

Вычитая неравенства (9) одно из другого, после преобразований можно получить диапазон диаметров, в котором они соблюдаются,

$$\Delta D = \frac{2k d_h}{\pi n \sin \beta} \quad (11)$$

Согласно (4) дефекты структуры возникают тогда, когда отношение длины витка  $L$  к длине ок-



ружности бобины  $\pi D$  является несократимой дробью.

При постоянном угле подъема витка  $\beta$  это отношение зависит только от диаметра намотки  $D$ . В координатной системе  $L-\pi D$  каждому отношению  $L/\pi D$  будет соответствовать луч, проходящий через начало координат.

Количество дефектов структуры можно определить по числу несократимых комбинаций  $m/n$ , заключенных внутри угла между лучами  $L/\pi D_{min}$  и  $L/\pi D_{max}$ . На рис. 3 линия 1 иллюстрирует формирование намотки с помощью прорезного барабанчика диаметром 90 мм (2 витка) на диаметре намотки 56 мм, а линия 6 — на диаметре намотки 200 мм, что соответствует намотке на машинах ПСК-225 и ПР-200. Все несократимые комбинации  $m/n$ , заключенные между прямыми 1 и 6, соответствуют дефектам структуры намотки.

По диаграмме можно также оценить интенсивность дефекта. Для этого обратимся к выражению (8), откуда следует, что интенсивность снижается пропорционально числу  $n$ . Таким образом, из рис. 3 видно, что наиболее мощный жгут  $m/n=1$  при указанных условиях формируется на диаметре, близком к максимальному диаметру паковки. Толщина образований, возникающих при  $n=2$  и  $n=3$ , т.е.  $m/n=1/2$ ,  $m/n=1/3$  и  $m/n=2/3$  соответственно в 2 и 3 раза меньше. Дефекты, формируемые при больших значениях  $n$ , имеют меньшую толщину. Наблюдениями установлено, что дефекты, формируемые при  $n>6$ , не влияют на качество намотки, а при  $n>10$  не обнаруживаются визуально.

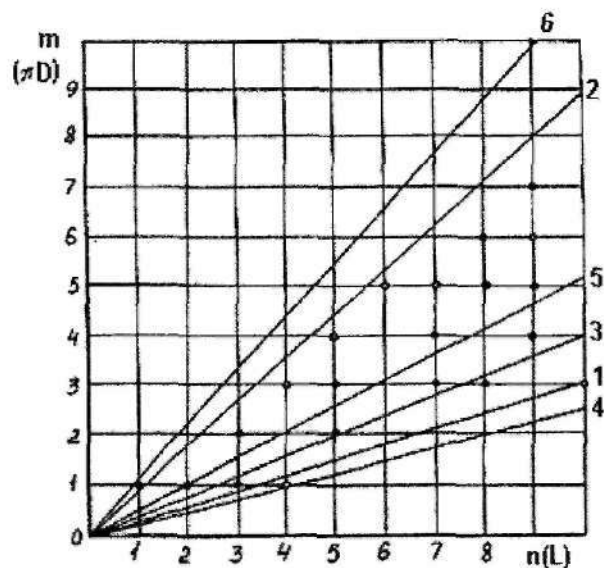


Рис. 3

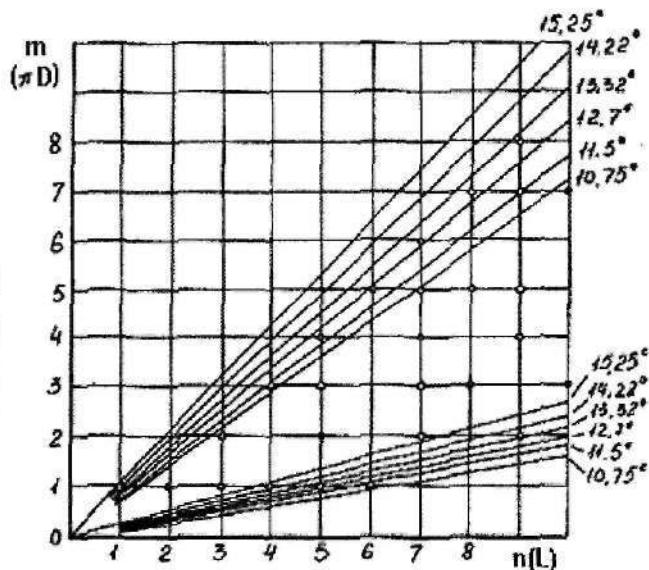


Рис. 4

Поскольку диаграмму  $L-\pi D$  можно строить в безразмерных величинах  $m-n$ , по ней можно сравнивать структуру намотки паковок, сформированных на разных машинах или на одной машине при разной наладке мотального механизма. На рис. 6 линией 3 показана намотка на прорезном барабанчике диаметром 90 мм (2,5 витка) на патрон диаметром 90 мм, что соответствует намотке на машине ММ-150-2. Конечный диаметр намотки на этой машине равен 200 мм. Ему соответствует линия 2. Из диаграммы видно, что увеличение диаметра патрона позволило исключить дефект, формируемый при  $m/n=1/3$ , а также еще семь менее значимых. При уменьшении толщины слоя намотки уменьшается количество дефектов (например, на машине ММ-150-Л2 линии 4 и 5).

На рис. 4 приведены диаграммы для машины ПК-100М3 при различных значениях угла подъема витка  $\beta$ . Диаграмма показывает, что выбором угла подъема витка можно несколько улучшить структуру намотки. Так, при намотке с углом  $\beta=14,22^\circ$  отсутствует самый мощный дефект при  $m/n=1/1$ , но появляется при  $m/n$ , равном  $1/4$  и  $1/5$ . Таким образом, структура намотки при  $\beta=14,22^\circ$  более благоприятна для последующей переработки, чем при  $\beta=15,25^\circ$ .

#### Выводы

1. Предложена методика оценки по кинематической схеме мотального механизма числа жгутов в заданном диапазоне диаметров намотки.
2. Показано, что путем выбора начального диаметра намотки можно избежать формирования наиболее опасных жгутов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Островский А.В. Критерии для определения вида намотки // Текстильная промышленность. — 1969. — №8. — С.39—40.
2. Petersen E. Bewegungsvorgänge beim Kreuzspulen mit konstanter Fadenliefergeschwindigkeit und Bildstörung : dis. / Hanover TU. — 1977.

P.N.Rudovsky, L.Yu.Kiprina

## QUANTITY ESTIMATION METHODOLOGY OF REELING UP STRUCTURE PARAMETERS

УДК 677.024

АНАЛИЗ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ГРУЗОВОГО ОСНОВНОГО ТОРМОЗА<sup>1</sup>

Н.В. Великанова, Ю.Б. Федоров, В.А. Тягунов, Л.В. Сухова

Весьма актуальным всегда был вопрос о стабилизации натяжения основных нитей в процессе тканеформирования. Одним из решений этой задачи является совершенствование механизмов отпуска и натяжения основы на ткацком станке. На кафедре МТММ был разработан автоматический грузовой «тормоз». В данной статье приведены результаты анализа работы этого механизма, полученные с помощью измерительного комплекса «Тумаг-А».

Принцип действия автоматического грузового основного тормоза (АГТ) ткацкого станка и некоторые механические характеристики его рассмотрены в статье [1]. Дальнейшие исследования работы АГТ с помощью многоканальной системы «Тумаг-А» [2] позволили получить комплексные характеристики работы этого механизма (рис.1):

- циклическое изменение натяжения нитей основы (тензограмма «А»);
- характер перемещения ткацкого навоя (циклограмма «Б»);
- фиксацию положения главного вала ткацкого станка в момент заступа (отметки «С»).

Исследования натяжения нитей основы проводились в лаборатории кафедры ткачества КГТУ на ткацком станке СТБ2-175 при выработке полульняной ткани арт. 052116. АГТ был установлен с одной стороны ткацкого навоя аналогично серийному основному регулятору.

Параметрами наладки АГТ являлись: масса груза на рычаге  $G=42,1$  кг; плечо груза на грузовом рычаге  $R=0,4$  м; угол наклона рычага к горизонтали  $\alpha=7^\circ$  [1].

Контроль натяжения нитей основы осуществлялся с помощью системы «Тумаг-А» на группе из 30 нитей. В качестве чувствительного элемента использовалась тензометрическая балочка, которая устанавливалась по середине заправки. Длительность одной записи натяжения составляла 5 с, интервал времени между отдельными замерами 1 мс. Обработка результатов экспериментов проводилась на ЭВМ с помощью программы ADCWorks.

Датчик положения главного вала устанавливался на главном валу станка (рис.2, а). В качестве датчика использовался бесконтактный выключатель типа

БК-А. Вхождение флажка в прорезь бесконтактного выключателя вызывает всплеск напряжения на выходе датчика, что отражено отметками С, определяющими продолжительность цикла  $T_n$  на рис.1.

Датчик перемещения навоя закреплялся на раме ткацкого станка, при этом измерительный ролик контактировал с фланцем ткацкого навоя и был соединен с переменным сопротивлением (рис.2, б). «Игра» навоя вызывает увеличение и уменьшение этого сопротивления, что отражено на циклограмме Б (рис.1).

На тензограмме натяжения нитей основы  $K=f(t)$  четко зафиксированы характерные точки (рис.1):

I — моменты заступа (заправочное натяжение);

II — приборные пики натяжения;

III — зоны, соответствующие раскрытому зеву.

Настройка чистого и разнонатянутого зева обуславливает более высокий уровень натяжения в задних ремизах (№2). При обработке экспериментальных данных было получено, что в передних ремизах (№1) среднее натяжение в цикле на 4,73% ниже (рис.1).

Анализ тензограммы А показал, что натяжение нитей основы при четных и нечетных оборотах главного вала различно, что хорошо согласуется с исследованиями В. А. Гордеева [3], и примерно одинаковое в соответствующих по четности оборотах (рис.1). Для решения этой задачи была доказана стационарность процесса ткачества по важнейшему параметру — натяжению основных нитей в цикле, т.е. подтверждена гипотеза о независимости случайных значений. Исследование стационарности по непараметрическому критерию длины и числа серий, формируемых по медиане, позволило получить следующие результаты:  $v_R = 26 > v_T = 12$  и  $\lambda_R = 2 < \lambda_T = 8$  [4]. Таким образом, рассматриваемые случайные величины независимы, и процесс ткачества — стационарный. Заправочное

<sup>1</sup> Работа выполнена при участии А.Н. Ступникова, К.Б. Левина

(минимальное) натяжение I в среднем было постоянно во всех исследованных циклах. Воспользовавшись тем же критерием, было

подтверждение как независимости измеряемых величин, так и стационарности процесса формирования ткани ( $v_R = 14 > v_T = 12$  и  $\lambda_R = 1 < \lambda_T = 8$ ).

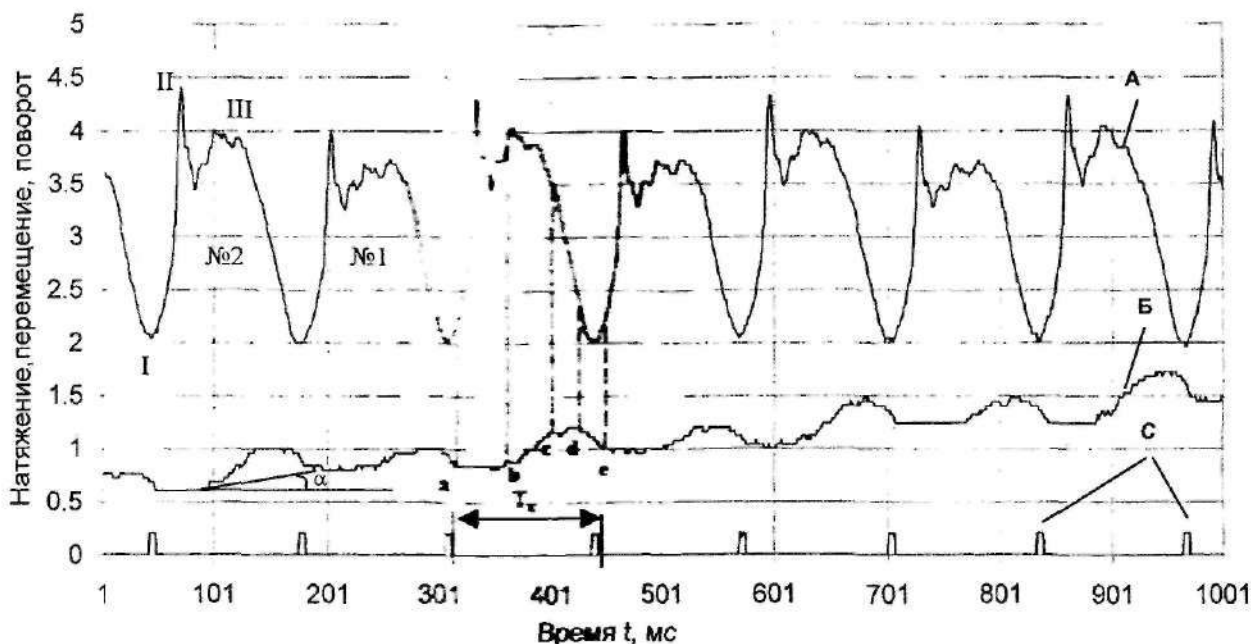


Рис.1. Комплексные характеристики работы АГТ

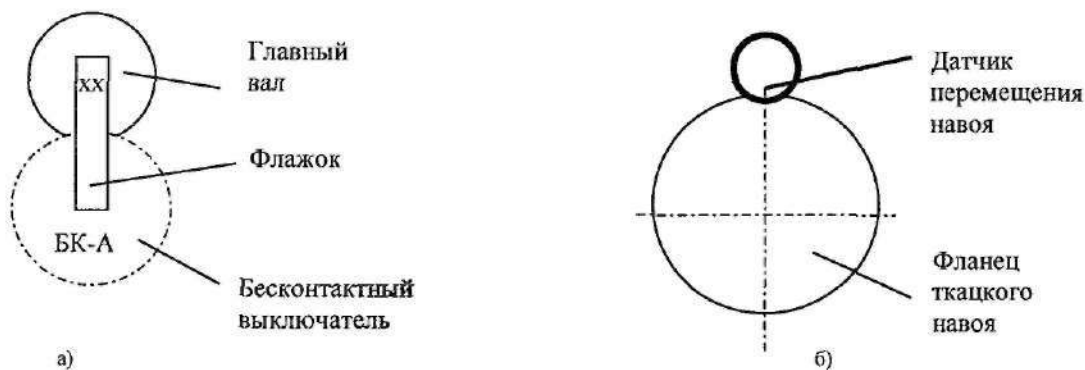


Рис.2. Датчики, установленные на станке: а) датчик положения главного вала; б) датчик перемещения ткацкого навоя

Анализируя циклограмму Б движения ткацкого навоя выделяем следующие участки (рис.1):

- ab — высотой навоя в так называемом «заднем» положении. Несмотря на то, что в этот период осуществляется прибор уточины к опушке ткани (на тензограмме А этому соответствуют приборные пики II), навой остается неподвижным. Это объясняется кратковременностью процесса прибор и деформацией нитей основы. Моменты инерции покоя навоя и груза АГТ позволяют осуществлять жесткий прибор и формировать

ткани с повышенным заполнением по утку. Навой находится в состоянии «заднего» статического равновесия;

- bc — поворот навоя вперед, т.е. подача нитей основы в рабочую зону ткацкого станка. По сравнению с прибором увеличение натяжения нитей основы при зевобразовании происходит более длительный период ( $\approx 50^\circ$  поворота главного вала станка), при этом успевает осуществиться деформация нитей основы и передача через них импульса движения на навой;

- $cd$  — выстой навоя в так называемом «переднем» положении в состоянии «переднего» статического равновесия;
- $de$  — поворот навоя назад, зев закрывается, натяжение основы снижается, и АГТ выбирает слабику нитей до положения «заднего» статического равновесия;
- $bc—de$  — поворот навоя за цикл работы станка, необходимый для подачи основы при формировании элемента ткани. Величина подачи основы при этом в основном будет зависеть от равномерности линейной плотности уточной пряжи.

Из названных нами участков наибольший интерес представляют те, которые обуславливают «игру» навоя, т.е. его движение «вперед» и «назад» и непосредственно связаны с автоматическим регулированием натяжения нитей основы. При анализе полученных данных была установлена взаимосвязь между средней величиной натяжения нитей основы в цикле  $K_{cp}$  и длиной соответствующего участка  $bc$  (коэффициент корреляции  $r = 0,955$ ;  $t = 7,24 > t(99\%; 5) = 4,03$ ) [5].

Длина участка  $de$  зависит от величины натяжения в данном цикле и от толщины прокладываемой

мой в этом цикле уточины. Поэтому разница между величинами  $bc$  и  $de$  (при  $T_y = const$ ) должна быть постоянна во времени и отражать постоянство расхода нитей основы в циклах работы станка.

Разница длины отрезков  $bc$  и  $de$  от цикла к циклу работы станка накапливается (суммируется), что отражается подъемом циклограммы Б относительно горизонтальной оси (рис. 1). При этом угол  $\alpha$  подъема циклограммы Б для заданного цикла пропорционален углу поворота навоя в этом цикле и зависит от диаметра намотки в данный момент.

#### Выводы

1. Проведенные исследования подтвердили наличие «игры» навоя при работе станка, что является положительным моментом для данного механизма.
2. Особенностью АГТ является то, что отпуск основы в цикле осуществляется в соответствии с изменением натяжения основы в этом же цикле (а в серийном регуляторе по уточине, проложенной в предыдущем цикле), что подтверждает корреляционная взаимосвязь.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левин К. Б. Автоматический грузовой основной «тормоз» / К. Б. Левин, Ю. Б. Федоров, А. Н. Ступников // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2003. — №6. — 140 с.
2. Великанова Н. В. Исследование возможности использования среднего значения натяжения нитей основы в период контроля при тканеформировании / Н. В. Великанова, В. А. Тягунов, Ю. Б. Федоров // Сборник научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома : КГТУ, 2005. — Вып. 6. В 2 ч. Ч. 1. — С. 26.
3. Гордеев В. А. Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. — М. : Легкая индустрия, 1965. — 228 с.
4. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследований механико-технологических процессов текстильной промышленности. — М. : Легкая индустрия, 1980. — 392 с.
5. Климм Л. Математические методы статического контроля в текстильной промышленности / Л. Климм, Г. И. Риль, Х. Зигель, В. Тролль; пер. с нем. — Лейпциг, 1968; М. : Легкая индустрия, 1971. — 360с.

#### N.V.Velikanova, Yu.B.Fedorov, V.A.Tyagunov, L.V.Sukhova OPERATION ANALYSIS OF AUTOMATIC WEIGHT BASIS BRADE

УДК 677.072.49

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМОТА ЭЛАСТОМЕРА НА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ ПСК-225-ЛО

*И.А.Делекторская, А.А.Телицын,  
С.В.Любимова (ООО «Костромское СКБ ТМ»)*

В статье выполнен анализ работы устройства для осевого размота эластомера на машинах стендового участка ООО «Костромское СКБ ТМ».

В ряде ранее опубликованных статей [1, 2] была показана принципиальная возможность формирования самокрученной структуры из предварительно вытянутого эластомера и двух «обкручивающих» его компонентов в виде пряжи из нату-

ральных волокон. Для проведения эксперимента в промышленных объемах на площадях ООО «Костромское СКБ ТМ» был создан стендовый участок.

В качестве объектов модернизации были выбраны три имеющиеся в укомплектованном виде

прядильные самокруточные машины марки ПСК-225-ЛО 1992 года выпуска. Примерный перечень узлов, подвергающихся модернизации, был определен нами в серии предварительных экспериментов, проведенных на стенде малогабаритной прядильной машины УПМ:

1. Головная передача.
2. Аэродинамическое крутильное устройство.
3. Вытяжной прибор.
4. Тянульный механизм.
5. Узел размота пряжи.
6. Узел размота эластомера.

Из этого перечня узел размота эластомера явился для разработчиков принципиально новым, поскольку никто из них не обладал хоть каким-либо опытом работы с высокоэластичными нитями.

Для максимального упрощения конструкции специалистами СКБ ТМ было решено применить осевой размот эластомера, уже опробованный на этапе предварительных экспериментов. На рис.1 представлена технологическая линия модернизированной машины.

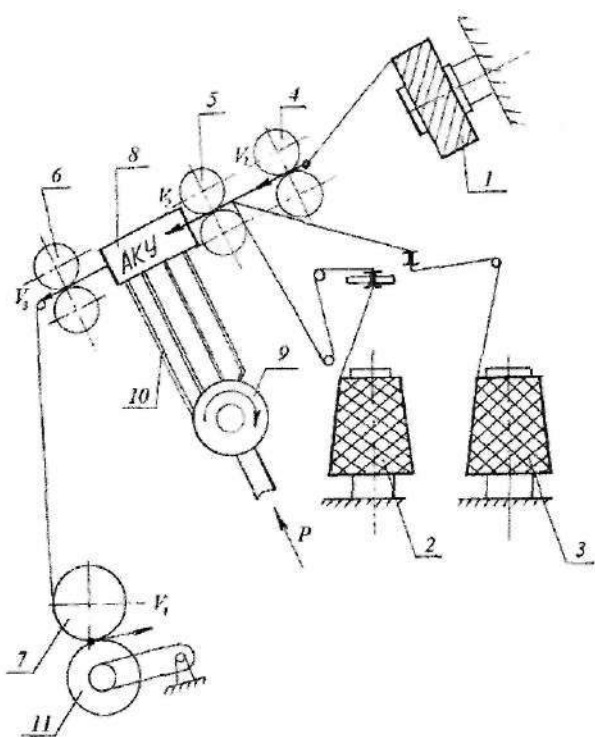


Рис. 1. Технологическая линия модернизированной машины ПСК-225-ЛОЭ

Исходными компонентами являются высокоупругая эластомерная нить (Spandex, Lycra, Dorlastan и пр.) на бобине 1, а также пряжа из натуральных волокон, сматываемая в осевом направлении с патронов 2 и 3. Предварительно вытянутый между питающей 4 и выпускной парами 5 эластомер поступает вместе с компонентами 2 и 3 в аэродинамическое крутильное устройство 8, где под воздействием импульсов сжатого воздуха формируется самокрученная структура. Управляющим элементом является пневмораспределитель 9, подающий посредством пневмомагистралей 10 импульсы сжатого воздуха по заданному закону в сопловые каналы АКУ.

Далее сформированный высокоупругий продукт посредством тянульной пары 6 отводится в зону намотки, где при помощи мотального барабаника 7 формируется в цилиндрическую паковку 11.

Наработка опытной партии комбинированной высокоупругой нити показала, что процесс происходит стабильно при скорости выпуска около 150 м/мин. При этом, как правило, единственной причиной нарушения технологического процесса является сход исходных компонентов 1, 2 или 3.

По этой схеме по заказу ЗАО «Гаврилов-Ямский льнокомбинат» была наработана опытная партия комбинированной нити следующего состава:

- эластомер: высокоупругая нить «Спандекс» фирмы «ESPA» (Япония) линейной плотности в свободном состоянии 7,8 текс;

- две «обкруточные» нити в виде пряжи, содержащей модифицированное льняное волокно (котовин) линейной плотностью 36 текс производства компании «ЛАЙН-ТЕКСТИЛЬ» (г. Иваново).

Сформированные комбинированные нити использовались в качестве уточных при производстве на станках СТБ четырех образцов высокоупругой ткани с расчетной поверхностной плотностью в суровье 175 г/м<sup>2</sup>. При этом заправочные параметры модернизированной машины ПСК-225-ЛО были подобраны таким образом, чтобы в готовой ткани получить упругое удлинение в направлении уточной нити порядка 14—18 % процентов. Полученные образцы ткани были подвергнуты отделке на линии фирмы «Вакаяма» (Япония). Результаты лабораторных испытаний ткани приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ куса ткани	Количество уточных нитей на 10 см	Ширина ткани до отделки, см	Ширина ткани после отделки, см	Усадка после стирки, %
1	128	161	130	5,1
2	127	164	131	4,3
3	127	152	130	6,7
4	126	151	129	6,5



Анализ данных таблицы показывает:

1. Несмотря на то, что все 4 образца ткани были получены в одинаковых условиях, их ширина после ткачества различается на 13 см (от 164 до 151 см);

2. После ширения ткани в игольном поле под термическим воздействием разница в ширине ткани снижается до 2 см (от 129 до 131 см);

3. Образцы ткани с меньшей шириной до отделки имеют в готовом виде большую потребительскую усадку после стирки.

Столь значительную разницу в ширине суровой ткани нельзя признать нормальным явлением. Было сделано предположение, что причиной этого являются колебания натяжения эластомера, возникающие при его осевом смоте с бобины 1 в процессе формирования комбинированной нити.

Для этого в зоне между питающей и выпускной парами при снятом нажимном валике 4 были проведены сравнительные замеры натяжения эластомера при его осевом смоте с полной бобины диаметром 150 мм и с практически пустой диаметром 84 мм. Измерения проводились при помощи ручного тензометра с ценой деления 1 г. В результа-

те эксперимента было установлено, что максимальное натяжение эластомера при его осевом сходе с полной бобины составляет 14 г, а при сходе с пустой — 3 г. С учетом известных деформационных характеристик эластомера это означает, что его упругое удлинение в зоне питания может изменяться от 250 (полная бобина) до 120 % (пустая бобина). Вероятно, именно этим и можно объяснить установленный выше факт нестабильности ширины образцов ткани после ткачества, приводящей к тому же и большей величине потребительской усадки.

На основании проведенных исследований специалистам ООО «Костромское СКБ ТМ» было рекомендовано:

1. Применить на машинах стандового участка принудительный размот эластомера в тангенциальном направлении путем установки дополнительного вала.

2. Провести повторную наработку образцов комбинированных нитей и ткани с целью определения стабильности показателя «ширина ткани до отделки».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Делекторская И.А. Использование КСК-способа для формирования эластичной пряжи / И. А. Делекторская, А. А. Телицын. // Вестник КГТУ. — Кострома : КГТУ, 2002. — №5. — С. 22.
2. Телицын А.А. Высокораствжимые льняные и полульняные ткаии // Высокие технологии, инновации, инвестиции : материалы Первого регионального форума. — Кострома : КГТУ, 2004. — С. 70.

I.A.Delektorskaya, A.A.Telitzin, S.V.Lyubimova  
**PROCESS RESEARCH OF ELASTOMETER UNREEL  
 ON MODERNIZED SPINNING MACHINE PSK-225LO**

УДК 677.025

#### ВЫЧИСЛЕНИЕ УГЛОВ ОХВАТА НИТЬЮ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Л.А.Крутикова, В.Р.Крутикова, Н.В.Банакова*

В работе рассмотрены различные варианты положения нити на направляющих поверхностях, встречающиеся на текстильном оборудовании. Получены формулы для определения углов охвата нитью направляющих на основе метода дополнительного угла. Предложен справочный материал для определения углов охвата.

При проведении инженерных расчетов, в частности, при описании поведения текстильной нити на технологическом оборудовании часто требуется определение углов охвата нитью направляющих поверхностей. Существуют различные варианты расположения направляющих относительно друг друга, и некоторым из них соответствуют одинаковые формулы для определения угла охвата. Как правило, для вывода формул необходимо введение дополнительных параметров, что загружает расчетную схему, а сам вывод требует громоздких вычислений. В этом случае удобно иметь единую методи-

ку, позволяющую по определенным критериям выбирать необходимую формулу для расчета.

Рассмотрим положение нити на двух направляющих (рис.1) и воспользуемся методом дополнительного угла.

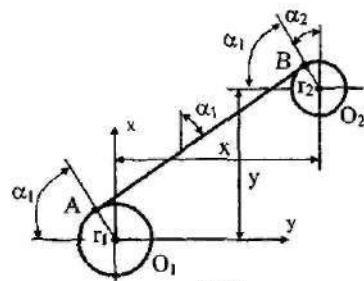


Рис.1.

Для ломаной  $O_1ABO_2$  составим систему сумм проекций на оси координат, расположив центр в точке  $O_1$ .

$$\begin{cases} -r_1 \cdot \cos \alpha_1 + |AB| \cdot \sin \alpha_1 + r_2 \cdot \cos \alpha_1 - x = 0, \\ r_1 \cdot \sin \alpha_1 + |AB| \cdot \cos \alpha_1 - r_2 \cdot \sin \alpha_1 - y = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Умножим первое уравнение на  $\cos \alpha_1$ , второе — на  $-\sin \alpha_1$ :

$$\begin{cases} -r_1 \cdot \cos^2 \alpha_1 + |AB| \cdot \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 + r_2 \cdot \cos^2 \alpha_1 - x \cdot \cos \alpha_1 = 0, \\ -r_1 \cdot \sin^2 \alpha_1 - |AB| \cdot \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + r_2 \cdot \sin^2 \alpha_1 - y \cdot \sin \alpha_1 = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Сложив почленно уравнения системы, получим

$$-r_1 (\cos^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1) + r_2 (\cos^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1) - x \cdot \cos \alpha_1 + y \cdot \sin \alpha_1 = 0. \quad (3)$$

Из тригонометрии известно, что  $\cos^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 = 1$ .

Перенесем в уравнении (3) последние два слагаемых в правую часть и перепишем

$$-r_1 + r_2 = x \cdot \cos \alpha_1 - y \cdot \sin \alpha_1. \quad (4)$$

Обозначим

$$\mu = \sqrt{x^2 + y^2}. \quad (5)$$

Разделим уравнение (4) на (5):

$$\frac{-r_1 + r_2}{\mu} = \frac{x}{\mu} \cdot \cos \alpha_1 - \frac{y}{\mu} \cdot \sin \alpha_1. \quad (6)$$

Обозначим

$$x/\mu = \sin \alpha'_1, \quad y/\mu = \cos \alpha'_1. \quad (7)$$

Перепишем (6) с учетом (7):

$$\frac{-r_1 + r_2}{\mu} = \sin \alpha'_1 \cdot \cos \alpha_1 - \cos \alpha'_1 \cdot \sin \alpha_1. \quad (8)$$

Правую часть уравнения (8) можно преобразовать, используя теорему сложения для разности аргументов тригонометрических функций:

$$\frac{-r_1 + r_2}{\mu} = \sin(\alpha'_1 - \alpha_1). \quad (9)$$

Откуда

$$-\alpha_1 = \arcsin \frac{-r_1 + r_2}{\mu} - \arcsin \frac{x}{\mu}. \quad (10)$$

Вынесем «-» из под знака первой функции и умножим почленно на -1. Окончательно угол охвата нитью первой направляющей поверхности

$$-\alpha_1 = \arcsin \frac{r_1 - r_2}{\mu} + \arcsin \frac{x}{\mu}. \quad (11)$$

Угол охвата второй направляющей поверхности

$$\alpha_2 = \pi/2 - \alpha_1. \quad (12)$$

Рассмотрим варианты положения нити на направляющих поверхностях (рис. 2, 3), объединив схемы по позициям а-п. Условимся располагать первую направляющую справа по отношению ко второй и начало координат — в центре первой направляющей, тогда координата  $x$  будет всегда положительной. В соответствии с декартовой системой координат разделим окружности каждой направляющей поверхности на квадранты и будем называть их четвертями окружностей. Все многообразие положений нитей на направляющих, встречающееся на текстильном оборудовании, можно представить 120-ю вариантами схем с различными соотношениями расстояний между центрами окружностей и их радиусами. Результаты анализа позволили выделить 20 повторяющихся схем (рис. 2, 3). Формулы для расчета углов охвата представлены в табл. 1, где указаны номер схемы положения нити на направляющих, положение точек схода нити в четвертях окружности, координаты второй направляющей, углы охвата нитью первой и второй направляющей. В табл. 2 представлены группы позиций схем (рис. 2, 3) и соответствующие им условия соотношения координат и радиусов направляющих. Следует отметить, что предложенная методика позволяет рассчитывать теоретические углы охвата нитью направляющих. При определении действительного угла охвата необходимо учитывать физико-механические характеристики нити, а также кинематические и динамические параметры движения нити.

Вернемся к положению нити, показанному на рис. 1. Точки схода нити находятся во II-й четверти окружности, координаты второй направляющей ( $x, y$ ), что соответствует 6-й схеме на позициях а-в, е, з-л, и, п (рис. 2, 3). Несмотря на различные условия положения направляющих поверхностей все они соответствуют одинаковым формулам для определения углов охвата (табл. 1, схема 6).

Рассмотрим другой пример. На схемах 12, 14 и 18 (табл. 1) точки схода нити находятся так же во II-й четверти окружности, координаты второй направляющей ( $x, -y$ ). Эти схемы дают разные формулы для расчета углов охвата. В этом случае необходимо воспользоваться табл. 2 и уточнить условия соотношения координат и радиусов направляющих.

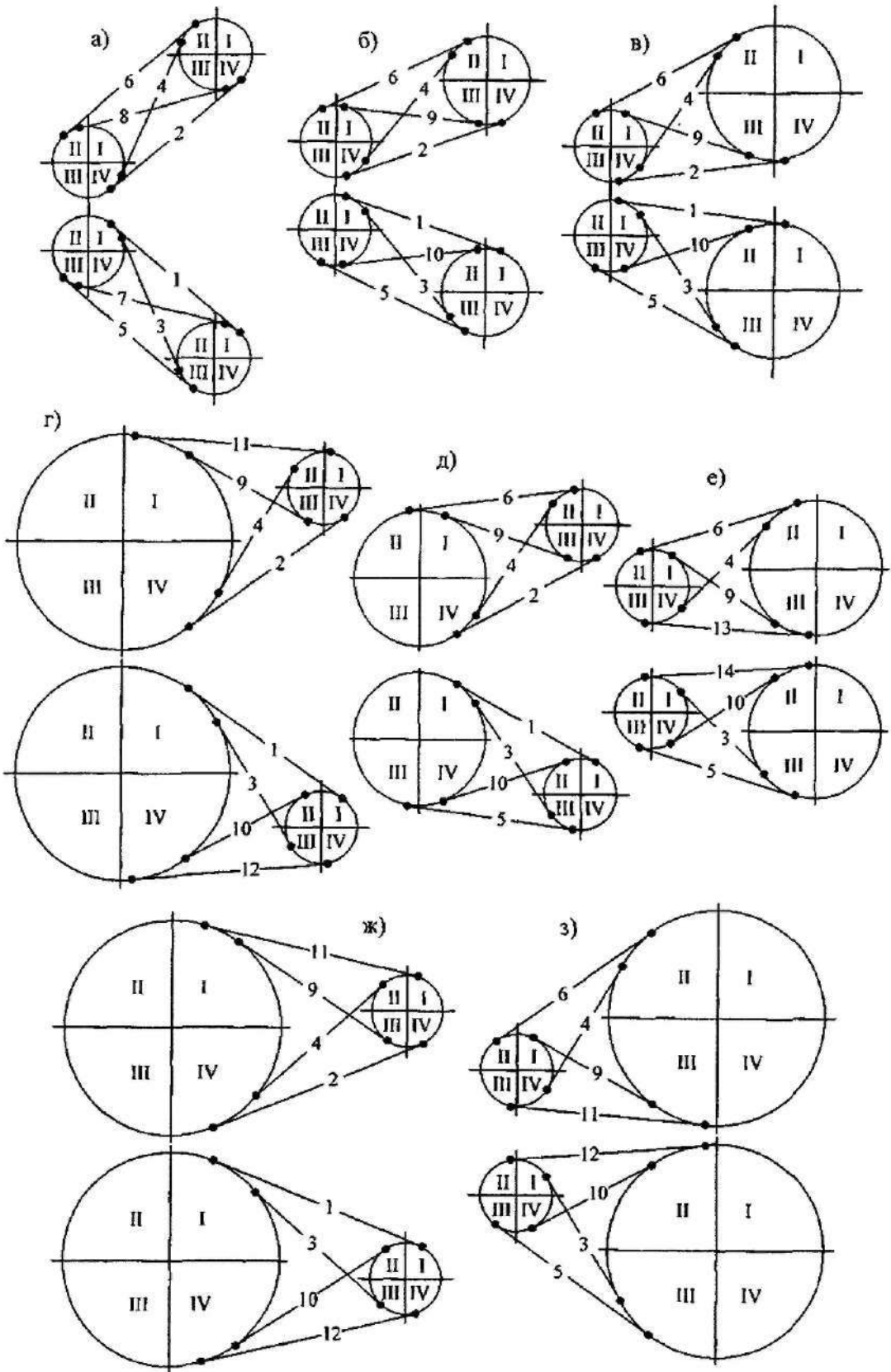


Рис. 2



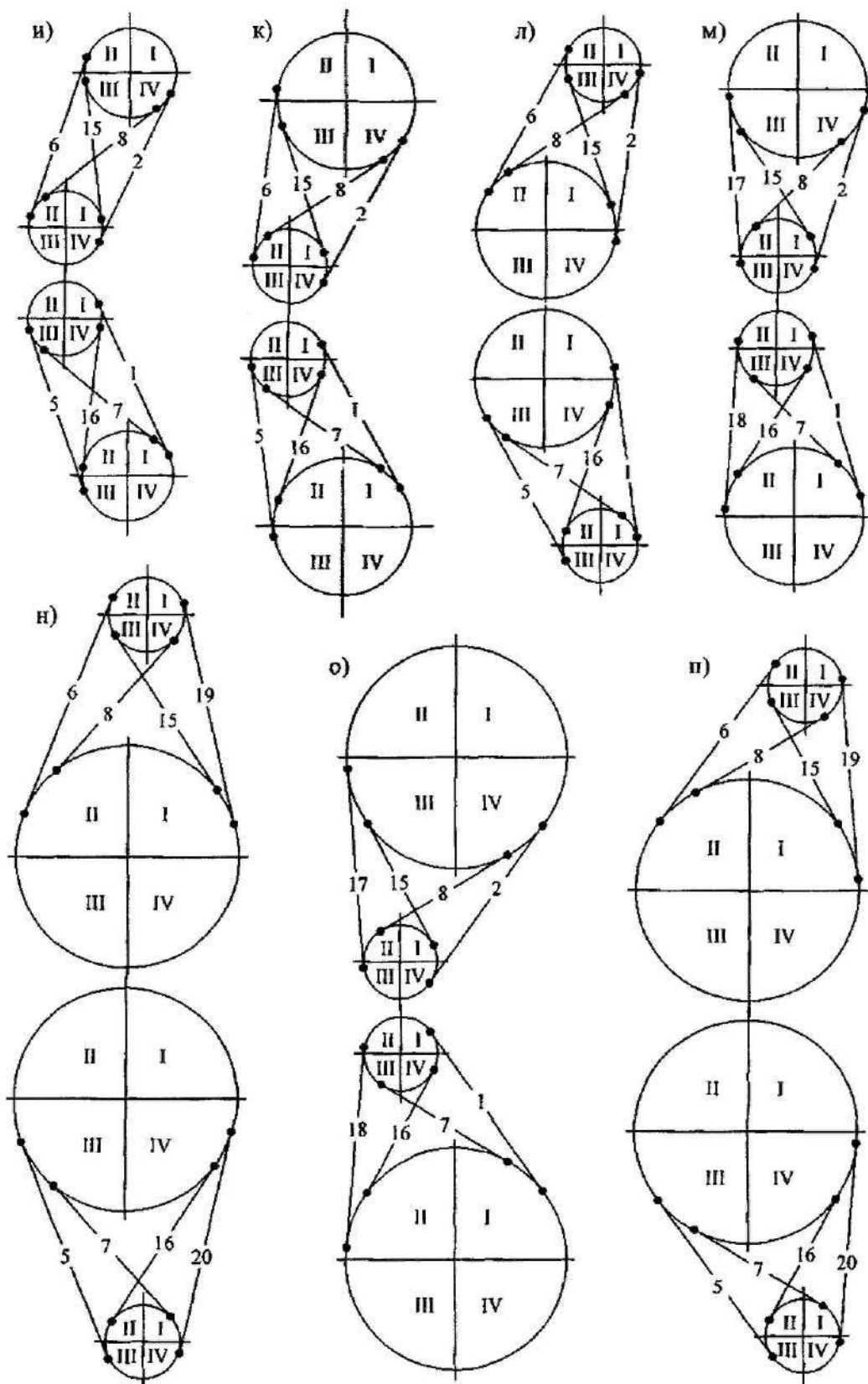


Рис. 3

Таблица 1

Схема	Четверти окружностей	Координаты	Углы охвата	
			$\alpha_1$	$\alpha_2$
1	I-I	x, -y	$\arcsin \frac{r_1 - r_2}{\mu} + \arcsin \frac{y}{\mu}$	$\frac{\pi}{2} - \alpha_1$
2	IV-IV	x, y		
3	I-III	x, -y	$\arcsin \frac{r_1 + r_2}{\mu} + \arcsin \frac{y}{\mu}$	$\alpha_1$
4	IV-II	x, y		
5	III-III	x, -y	$\arcsin \frac{r_1 - r_2}{\mu} + \arcsin \frac{x}{\mu}$	$\frac{\pi}{2} - \alpha_1$
6	II-II	x, y		
7	III-I	x, -y	$\arcsin \frac{r_1 + r_2}{\mu} + \arcsin \frac{x}{\mu}$	$\alpha_1$
8	II-IV	x, y		
9	I-III	x, y	$\arcsin \frac{r_1 + r_2}{\mu} - \arcsin \frac{y}{\mu}$	$\alpha_1$
10	IV-II	x, -y		
И	I-I	x, y	$\arcsin \frac{r_1 - r_2}{\mu} - \arcsin \frac{y}{\mu}$	$\alpha_1$
12	II-II	x, -y		
13	III-III	x, y	$\arcsin \frac{r_2 - r_1}{\mu} - \arcsin \frac{x}{\mu}$	$\frac{\pi}{2} - \alpha_1$
14	II-II	x, -y		
15	I-III	x, y	$\arcsin \frac{r_1 + r_2}{\mu} - \arcsin \frac{x}{\mu}$	$\alpha_1$
16	II-IV	x, -y		
17	III-III	x, y	$\arcsin \frac{r_2 - r_1}{\mu} - \arcsin \frac{y}{\mu}$	$\frac{\pi}{2} - \alpha_1$
18	II-II	x, -y		
19	I-I	x, y	$\arcsin \frac{r_1 - r_2}{\mu} - \arcsin \frac{x}{\mu}$	$\frac{\pi}{2} - \alpha_1$
20	IV-IV	x, -y		

Таблица 2

Схемы	Поз.	Условия							
		$r_1$	$r_2$	x	$x+r_1$	$x+r_2$	y	$y+r_1$	$y+r_2$
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	а	<x, <y	<x, <y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10	б	<x, <y	<x, <y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
	в	<x, <y	<x, >y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
	д	<x, <y	<x, <y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12	з	<x, <y	<x, >y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	< r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
	г	<x, >y	<x, <y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	< r <sub>1</sub>
9, 10, 11, 12	ж	<x, >y	<x, >y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	< r <sub>1</sub>
	е	<x, >y	<x, >y	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	< r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
5, 6, 7, 8, 15, 16, 19, 20	н	>x, <y	>x, <y	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	< r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
	п	>x, <y	<x, <y	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	< r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
1, 2, 5, 6, 7, 8, 15, 16	л	>x, <y	<x, <y	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
	и	<x, <y	<x, <y	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
	к	<x, <y	>x, <y	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
1, 2, 7, 8, 15, 16, 17, 18	м	>x, <y	>x, <y	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	< r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>
	о	<x, <y	>x, <y	< r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	< r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>	> r <sub>1</sub> +r <sub>2</sub>	> r <sub>2</sub>	> r <sub>1</sub>

Таким образом, табл. 1, 2 и рис.2, 3 удобно использовать при вычислении углов охвата нитью направляющих поверхностей как при инженерных расчетах, так и при автоматизации проектирования технологических операций с помощью программных продуктов.

### Выводы

1. Предложена методика определения углов охвата нитью направляющих поверхностей текстильного оборудования на основе метода дополнительного угла.
2. Разработан справочный материал для определения углов охвата нитью направляющих поверхностей.

V.A.Krutikova, L.A.Krutikova, N.V.Banakova

### CALCULATIONS OF WRAPPING ANGLES BY THREAD GUIDE SURFACES

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 677.017.442:620.174

### УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГИБЕ

Н.А.Смирнова, Д.А.Козловский, В.В.Латишин

В статье приводится теоретическое обоснование изменения формы и способа крепления пробы в стандартном методе определения жесткости и упругости, что дает возможность уменьшить погрешность измерений и проводить испытания текстильных волокон не только большой, но средней и малой жесткости по единой методике.

Большинство методов определения жесткости при изгибе текстильных материалов основано на экспериментальном определении некоторых параметров материала при изгибе, а рассчитываемые значения жесткости имеют условный характер. Приборы, используемые для определения жесткости материалов при изгибе, разделяются на два типа: приборы, на которых материал изгибается под действием распределенной нагрузки (собственной массой), — консольный метод [1]; приборы, на которых материал изгибается под действием сосредоточенной нагрузки  $P$ , — метод кольца [2].

Стандартные методы различаются по характеру воздействия и параметрам испытаний для материалов, используемых в одном пакете одежды и находящихся в одинаковых условиях в процессе изготовления швейных изделий и их эксплуатации. Для оценки жесткости основных материалов для верхней одежды, например, драпа, используется метод кольца [2], а для подкладочных тканей — метод консоли [1]. Это обуславливает несопоставимость показателей жесткости и затрудняет конфекционирование материалов для швейных изделий.

С целью исключения ограничений в использовании стандартного метода [2] определения жесткости, в котором материал изгибается под действием сосредоточенной нагрузки, проведена модернизация по двум направлениям: совершенствование конструкции измерительного устройства [3] и способа крепления пробы.

Крепление крестообразной пробы [4] на площадке с торцевыми прижимными пластинами заставляет пробу принять в сечении форму полукольца (рис. 1). Такую форму принимают даже материалы с малой жесткостью, так как здесь значительная доля сил продольной упругости, которые больше сил поперечной упругости. Процесс деформации такой пробы по сравнению со стандартным стабильный, но сопровождается усложнением контура

(до 4 точек перегиба), вследствие чего увеличивается число участков растяжения и сжатия. Основным недостатком такого способа крепления является то, что упругость пробы близка к 100% и мало меняется с течением времени под действием собственной массы.

Перечисленных недостатков лишена проба с сечением в форме дуги эллипса (рис. 2).

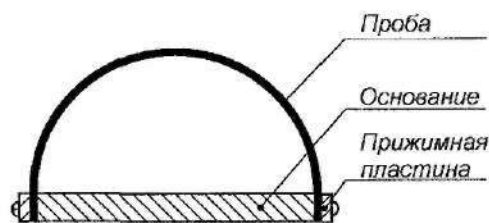


Рис. 1. Крепление крестообразной пробы с сечением в форме полукольца

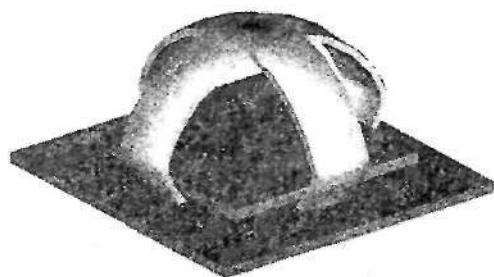


Рис. 2. Крепление крестообразной пробы с сечением в форме дуги эллипса

Такой способ крепления позволяет проводить испытания для материалов любой жесткости, а не только для материалов со стрелой прогиба менее 10 мм. В одежде контуры изгиба материалов описываются линиями Безье (3-го и более порядков), вырожденной формой которых является форма эллипса. Поэтому такая форма закрепленной пробы приближена к условиям формообразования ткани в

одежде (рукав, юбка и др.). Расстояние между точками крепления способствует стабильной деформации. При креплении контролируемым параметром является высота закрепленной пробы.

Размеры проб соответствуют стандартным: длина  $95 \pm 1$  мм, ширина  $20 \pm 1$  мм. Высота закрепленной пробы  $h$  принимается равной 22 мм (одно из стандартных значений).

Для создания выбранной формы и размеров закрепленной пробы были рассчитаны размеры крепежной площадки (см. рис. 3).

$h = 22$  мм — высота закрепленной пробы;

$L = 95 - 10 = 85$  мм — рабочая длина пробы (10 мм на зажим);

$S_0 = \frac{1}{3}h$ ,  $S_0 = 7,3$  мм — прогиб закрепленной пробы.

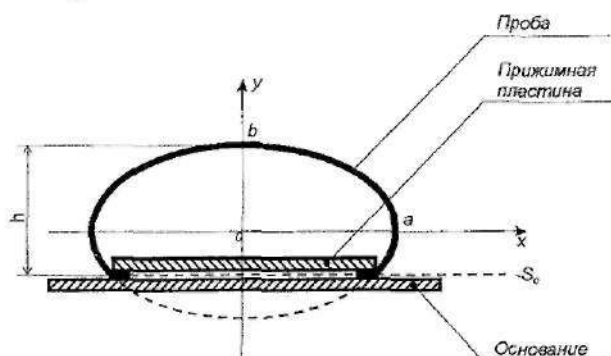


Рис. 3. Сечение закрепленной пробы крестообразной формы

В основу сечения пробы закладываем эллипс с большой  $2a$  и малой осью  $2b$ .

Принимаем  $\frac{1}{2} \cdot b = S_0$ ,  $b = 14,7$  мм — малая полуось эллипса.

Из параметрического уравнения эллипса находим значения параметров при пересечении с прямой  $y = -S_0$ :

$$b \cdot \sin t = -S_0,$$

$$t_0 = -0,52 \text{ и } t_1 = 3,67.$$

Находим большую полуось, зная малую полуось и длину дуги эллипса:

$$\int_{t_0}^{t_1} \sqrt{a^2 \cdot \sin^2 t + b^2 \cdot \cos^2 t} dt = L,$$

$a = 27,67$  мм — большая полуось эллипса<sup>2</sup>.

Размер крепежной площадки определяем из параметрического уравнения эллипса  $x = a \cdot \cos t$ :

$$L_{nn} = x(t_0) - x(t_1),$$

$L_{nn} = 48$  мм — длина прижимной пластины.

Длина основания крепежной площадки  $L_{осн}$  выбирается из условия  $L_{осн} \gg L_{пл}$  так, чтобы проба свободно распределялась по основанию в процессе изгиба. Так как два главных взаимоперпендикулярных сечения закрепленной крестообразной пробы должны быть одинаковыми, поэтому прижимная пластина и основание должны быть квадратными.

В соответствии с установленными размерами изготовлена съемная площадка ( $L_{пл} = 48 \times 48$  мм,  $L_{осн} = 80 \times 80$  мм) для стандартного прибора ИЖУ-12М, позволяющая реализовать усовершенствованный метод определения жесткости материалов при изгибе.

По окончании изгиба высота пробы меньше на  $1/3$  ее первоначальной величины:

$$h_1 = h - S_0,$$

$$h_1 = 15 \text{ мм},$$

где  $h_1$  — высота пробы после изгиба.

При идеализации материала, подвергнутого изгибу, сечение закрепленной пробы в деформированном состоянии так же является дугой эллипса (рис. 4), параметры которого можно получить, решив систему уравнений:

$$\begin{cases} a \cdot (\cos t_0 - \cos t_1) = L_{nn} \\ \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{a^2 \cdot \sin^2 t + b^2 \cdot \cos^2 t} dt = L, \\ b \cdot \sin t = -(h_1 - b) \end{cases}$$

$a = 30,5$  мм — большая полуось эллипса,

$b = 9,1$  мм — малая полуось эллипса.

$y = -(h_1 - b)$ ;  $y = 5,6$  мм — уравнение секущей линии эллипса.

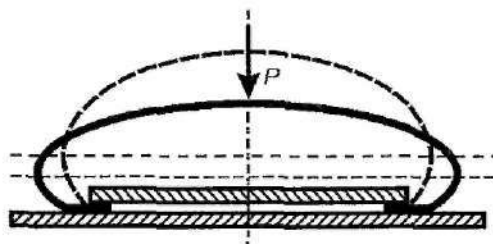


Рис. 4. Деформация закрепленной пробы

<sup>2</sup> Все расчеты выполнены с помощью MathCad 2000 Professional

Расчетные параметры закрепленной пробы в деформированном состоянии соответствуют экспериментальным.

Испытания показали, что коэффициент вариации жесткости при испытании на пробах эллипсоидной формы меньше кольцеобразной и проб объемной формы, что свидетельствует об уменьшении случайной составляющей определения погрешности

жесткости вследствие уменьшения неустойчивости пробы.

Использование крестообразных проб и квадратной крепежной площадки при оценке жесткости текстильных полотен стандартным методом кольца позволяет испытывать ткани со стрелой прогиба 10—30 мм, уменьшает вариацию результатов испытаний, обусловленную несовершенством метода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10550-93. Материалы для одежды. Методы определения жесткости при изгибе. — Взамен ГОСТ 10550-63; введ. 01.01.77. — М.: Изд-во стандартов, 1976.
2. ГОСТ 8977-74. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения жесткости и упругости. — М.: Издательство стандартов, 1974.
3. Лапшин В.В. Автоматизированное устройство для определения жесткости и упругости материалов и пакетов материалов / В. В. Лапшин, Н. А. Смирнова, Д. А. Козловский // Вестник КГТУ. — Кострома: КГТУ, 2004. — № 9. — С. 32.
4. Козловский Д.А. Усовершенствование методики оценки жесткости материалов и пакетов материалов при изгибе / Д. А. Козловский, Н. А. Смирнова // "Лен-2004": материалы международной научно-технической конференции. — Кострома: КГТУ, 2004.

N.A.Smirnova, D.A.Kozlovsky, V.V.Lapshin

#### IMPROVED METHOD OF MATERIAL STIFFNESS DEFINITION UNDER BENDING

УДК 677.021

### ВЗАИМОСВЯЗЬ ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ ПОРЦИИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА ПРИ СЖАТИИ И СНЯТИИ НАГРУЗКИ

Н.С.Кузнецова

Проведено исследование деформационных свойств волокнистого материала в массе при сжатии и снятии нагрузки. Выявлен рост деформации при уменьшении нагрузки

Волокнистый материал в массе существует всегда в определенной форме -например, при прохождении через бункерный питатель принимает его форму. В шахте бункерного питателя волокно в массе находится в напряженном состоянии, вследствие постоянно действующей нагрузки на волокнистый материал от веса вышележащей массы волокна и действия стенок бункера. Если рассматривать проходящий через бункер волокнистый материал как множество элементарных порций, то, сжимаясь в продольном направлении, в поперечном направлении они должны увеличивать свой размер, но возникает препятствие в виде стенок бункера, что также создает напряженное состояние. В нижней части вертикального бункера может существовать особая зона, где волокнистый материал дополнительно испытывает на себе влияние выводного устройства — выводных валиков, транспортеров и т.п. Следовательно, данный волокнистый материал, проходя через бункер, не только сжимается, но также восстанавливает свои размеры и даже растягивается, то есть находится в напряженном состоянии.

Исследовать деформацию в продольном направлении порции волокнистого материала можно при помощи эксперимента. Порции волокнистого материала придается форма в виде вертикального цилиндра. Определяется высота порции без нагрузки. К верхней поверхности испытуемого образца прикладывается нарастающая сила сжатия за счет грузов. Производятся пошаговые измерения высоты нагруженной порции, затем образец разгружается, постепенным снятием грузов, при этом также измеряются значения высоты. После снятия нагрузки порция волокнистого материала вновь подвергается сжатию с соответствующими измерениями. Экспериментальные испытания проведены на льняном очесе №6 различной влажности (W).

После первичной обработки результатов измерений получается информация о порции волокнистого материала (ВМ) в процессе сжатия и снятия нагрузки:

- массы грузов  $m_i$  (г), создающих силу сжатия  $F_i$ ;
- текущее значение высоты порции ВМ  $h_i$  (мм).

Определив напряжение (I), возникающее в процессе сжатия и снятия нагрузки, а также относи-



тельную деформацию испытуемого образца (2), построены графики зависимостей величины напряже-

ния от относительной полной деформации — диаграммы напряжений (рис. 1, а, б, в).

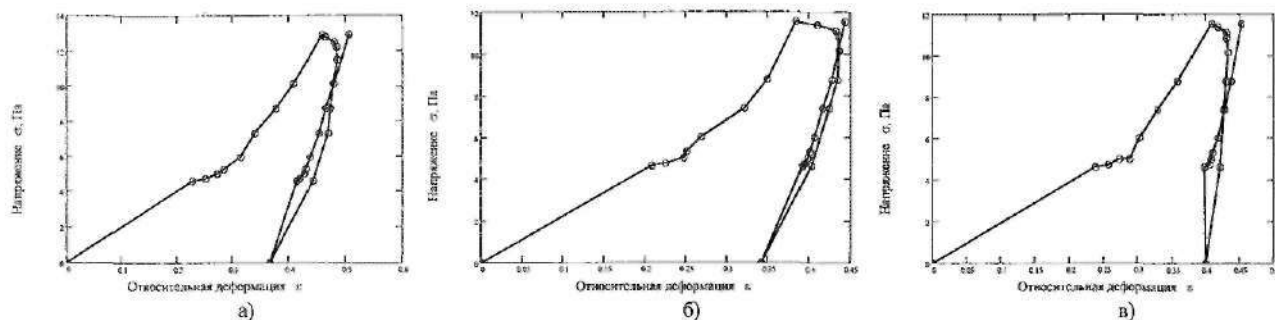


Рис. 1. Диаграммы напряжений:  
а)  $W=3,5\%$ ; б)  $W=8\%$ ; в)  $W=16\%$

$$\sigma = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

где  $S$  — площадь сечения порции;

$F$  — сила, возникающая от массы груза, действующего на порцию ВМ.

$$\epsilon_i = \frac{H_0 - h_i}{H_0}, \quad (2)$$

где  $H_0$  — начальная высота испытуемого образца;

$h_i$  — текущее значение высоты порции волокнистого материала.

Математическая обработка результатов экспериментов произведена в универсальной математической системе Mathcad 2000.

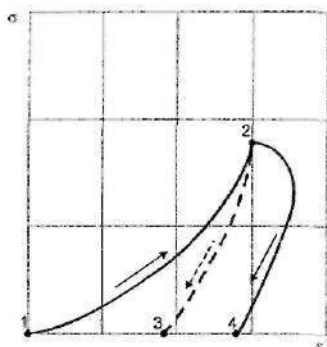


Рис. 2. Гипотетическая диаграмма напряжений при сжатии и снятии нагрузки

На рис.2 представлена идеализированная кривая диаграммы напряжений при сжатии и снятии нагрузки. Процесс 1-2 — сжатие порции волокнистого материала; процесс 2-4 (реальный) — снятие нагрузки; процесс 2-3 — предполагаемая кривая при снятии нагрузки. Сравнивая процессы 2-3 и 2-4, видно, что реальный процесс снятия нагрузки, в отличие от предполагаемого, сопровождается увеличением деформации. Почему, снимая нагрузку, порция продолжает уменьшаться в размерах? Ведь если рассуждать логически: уменьшая силу сжатия на испытуемый образец, высота должна увеличиваться, но при проведении эксперимента выяснилось, что это не так. Можно выдвинуть предположение, что это происходит вследствие релаксационных процессов, происходящих в порции волокнистого материала. Возникает задача об определении механических свойств волокнистого материала с учетом релаксации, и в данном направлении уже проводятся эксперименты.

#### Выводы

1. Разработана методика проведения эксперимента по определению деформационных характеристик волокна при сжатии порции волокнистого материала и снятии нагрузки. Проведены испытания.
2. Построены и проанализированы диаграммы напряжений волокнистых материалов при сжатии и восстановлении размеров порции волокнистого материала.
3. При анализе кривой диаграммы напряжений выявлен рост деформации порции волокнистого материала после снятия нагрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков В.И. Развитие теории и технологии бункерного питания волокном текстильных машин льняной промышленности : дис. ... д.т.н. — Кострома : КГТУ, 2001. — 254с.
2. Кузнецова Н.С. Растяжение волокнистых материалов в массе / Н.С. Кузнецова, В.И. Жуков // Сборник научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома : КГТУ, 2003. — Вып. 4. — С. 76.
3. Кукин Г.Н. и др. Текстильное материаловедение (волокна и нити) : учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Легпромбытиздат, 1989. — 352с.

N.S.Kuznetzova

INTERRELATION OF DEFORMATION AND TENSION UNDER SUPERVISION FIBRE MATERIAL POTION IN LOAD COMPRESSION



УДК-677.021

## ОЦЕНКА ГИБКОСТИ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН

В.И. Жуков, В.В. Иваницкий

Используемая в настоящее время оценка гибкости льняных волокон в виде характеристики «гибкость», соответствующей стреле прогиба в миллиметрах образца стандартных размеров, не может служить параметром для выполнения расчетов напряженного состояния волокон при их взаимодействии с различными рабочими органами и друг с другом. В статье представлен материал по определению такой важнейшей для этих целей характеристики, как модуль упругости льняного волокна. Представлены данные, полученные как экспериментально, так и путем расчетов с применением известных характеристик льняных волокон.

В процессе переработки на технологических машинах льняные волокна взаимодействуют с различными рабочими органами: иглами гарнитуры чесальных машин, зажимными устройствами, цилиндрами и нажимными валиками, друг с другом и т.п. Если каждое волокно рассматривать как физическое тело, подчиняющееся законам упругости, то для математического описания его напряженного состояния необходима общепринятая для таких расчетов величина как модуль упругости. В настоящее время согласно действующим стандартам при оценке качества льняных волокон используется оценка упругих свойств в виде параметра «гибкость». Гибкость, согласно [1, с.293], определяют по стреле прогиба концов пряжки волокон, закрепленной посередине, на специальном приборе. Этот показатель имеет конкретный физический смысл — стрела прогиба испытываемого образца волокон определенной массы длиной 27 см, но он неприемлем для выполнения расчетов характеристик волокон, испытывающих внешние механические воздействия.

Поскольку целью расчетов напряженного состояния волокон является определение усилий и деформаций, то естественно предположить, что одиночное льняное техническое волокно следует рассматривать в виде конструктивного элемента — балки. При этом делаются следующие допущения:

1. Волокно имеет на некоторой длине неизменную форму поперечного сечения в виде прямоугольника с постоянными геометрическими размерами (рис.1), если размеры оказываются изменяющимися, то всегда можно представить волокно в виде нескольких элементов — балок, соединенных друг с другом последовательно.

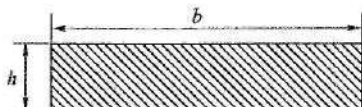


Рис.1. Расчетный вид поперечного сечения волокна в заделке

2. Плотность вещества, из которого состоит волокно, является величиной постоянной. По данным [2, с.517] для льна эта величина составляет 1,43—1,5 г/см<sup>3</sup>.

3. Поскольку многие технологические процессы протекают во времени довольно быстро, то в первом приближении при описании механических свойств льняных волокон достаточным может являться учет лишь свойств упругости, без учета релаксации. Релаксация при необходимости может быть учтена на последующих этапах расчета в форме уточнения.

Для оценки свойства упругости общепринято использование модуля упругости  $E$ , связывающего нормальное напряжение  $\sigma$  и относительное удлинение (при растяжении)  $\varepsilon$ .

При выполнении расчетов напряженного состояния каждое волокно можно рассматривать как балку с распределенной нагрузкой (рис.2). При этом величина распределенной нагрузки прямопропорциональна линейной плотности волокна  $T$ , т.к. линейной плотностью является масса единицы длины волокна,

$$q = T \cdot g \cdot 10^6, \quad (1)$$

где  $q$  — распределенная нагрузка на балку, Н/м;  
 $T$  — линейная плотность технического льняного волокна, текс или мз/м;  
 $g$  — ускорение свободного падения (9,81 м/с<sup>2</sup>).

Для определения величины модуля упругости льняного волокна длиной  $\ell$  проведены измерения величины прогиба его конца  $\Delta \ell$ , по схеме балки с зашпеленным концом, согласно рис.2.

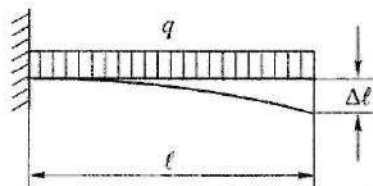


Рис.2. Закрепление волокна по принципу балки с заделанным концом

Величина прогиба балки для данного случая может быть рассчитана по формуле [3, с.281],

$$\Delta l = \frac{q \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot J}, \quad (2)$$

где  $J$  — момент инерции сечения балки в заделке.

Технические льняные волокна обладают определенной спецификой строения — поскольку они получены из лубяного слоя стебля льна, то имеют форму ленты, а их сечения близки к форме прямоугольника с неравными сторонами  $b$  и  $h$ . Поскольку хорошо известно, что изгиб ленты происходит в сторону наименьшего сопротивления, момент инерции следует рассчитывать по формуле:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}. \quad (3)$$

Из формулы (2) с учетом (1) и (3) можно получить выражение для модуля упругости  $E$  льняного волокна

$$E = \frac{3 \cdot T \cdot g \cdot l^4 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot \Delta l \cdot b \cdot h^3}. \quad (4)$$

При проведении эксперимента наиболее важным и трудным оказалось определение геометрических

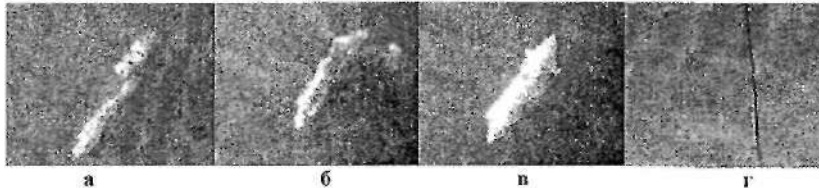


Рис. 3. Вид сечений волокон (а, б, в) и эталонного элемента — проволоки  $\varnothing 0,025$  мм (г)

Искомый показатель — модуль упругости при растяжении можно также получить расчетным путем, используя известную информацию о результатах испытаний волокон на разрыв, изложенную, например, Кукиным Г.Н., Соловьевым А.Н. [3, с.169]. Так, для льняных волокон напряжение при разрыве составляет  $\sigma_{\text{разр}} = 60$  кгс/мм<sup>2</sup> (что соответствует в СИ  $\sigma = 60 \cdot 9,8 \cdot 10^6 = 5,88 \cdot 10^8$  Па), относительное удлинение  $\varepsilon_{\text{разр}} = 3\%$  (что соответствует относительному удлинению  $\varepsilon = 0,03$ ). Модуль упругости при параметрах разрыва волокон можно рассчитать

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{5,88 \cdot 10^8}{0,03} = 1,96 \cdot 10^{10} \text{ Па.}$$

Анализируя полученные значения можно отметить, что значения модуля упругости льняных волокон, полученные различными методами, имеют один порядок, что подтверждает справедливость выполненного экспериментального исследования и

размеров поперечного сечения волокна в заделке (рис. 3, а...в). Для этого при проведении эксперимента сразу же после измерения прогиба волокон  $\Delta l$  при средней длине волокон  $l = 124,25$  мм свисающая часть была отрезана, и её торец помещен в поле зрения микроскопа. Определение линейных размеров поперечных сечений волокон производилось путем сравнения их изображений с объектом известных размеров, в качестве которого использовалась калиброванная металлическая проволока  $\varnothing = 0,025$  мм (рис. 3, г).

По результатам выполненных экспериментов и расчетов получены значения модуля упругости для 56 технических волокон трепаного льна номер 10, при влажности  $W = 12\%$ . Среднее значение модуля упругости составило  $E = 1,979 \cdot 10^{10}$  Па, коэффициент вариации  $CV\{E\} = 0,596$  (среднее значение величины прогиба концов волокон составило  $\Delta l = 78,9$  мм при коэффициенте вариации  $CV\{\Delta l\} = 0,296$ ).

сделанных предположений. Весьма близкие значения модуля упругости, полученные экспериментально и расчетным путем ( $1,979 \cdot 10^{10}$  и  $1,96 \cdot 10^{10}$  Па), скорее всего, следует признать проявлением случайности, поскольку абсолютные величины, полученные экспериментально, имеют достаточно большой разброс (коэффициент вариации  $CV\{E\} = 0,596$ ). Большие колебания величины модуля упругости для различных волокон можно объяснить высокой природной неровностью свойств льняных волокон и погрешностями измерений.

#### Выводы

1. Отдельное льняное волокно при расчетах его напряженного состояния при растяжении и изгибе можно рассматривать как балку с распределенной нагрузкой.
2. Модуль упругости льняного волокна, полученный в результате описанного эксперимента, достоверно описывает свойства упругости льняных волокон.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по прядению льна / Б. Н. Фридман, С. Е. Лазарева, Л. Н. Гинзбург и др. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 376с.
2. Прядение льна и химических волокон: справочник / под ред. Л. Б. Карякина и Л. Н. Гинзбурга. — М.: Легпромбытиздат, 1991. — 544с.
3. Текстильное материаловедение / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев. — М.: Легкая индустрия, 1964. — 376с.

V.I.Zhukov, V.V.Ivanitsky  
FLAX FIBRE FLAXIBILITY ESTIMATION

УДК 677.017

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУРОВОЙ ТКАНИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ПОСЛЕ МОКРОЙ ОБРАБОТКИ<sup>3</sup>

Л.В. Чернышева, И.В. Мининкова, М.Н. Лаучинскас

Работа посвящена исследованию изменений линейных размеров тканей льняного ассортимента с целью прогнозирования усадочных свойств за счет рационального подбора параметров структуры ткани для управления процессом на стадии проектирования. Исследование изменения линейных размеров тканей после мокрых обработок выполнено по стандартной методике.

Полученные модели изменения линейных размеров суровой ткани от ее структурных параметров (плотности суровой ткани по утку и количеству пересечек в раппорте переплетения) адекватно описывают явления, протекающие в ткани после мокрой обработки.

Способность тканей впитывать влагу тесно связана с изменением их линейных размеров после мокрых обработок, что приводит к искажению формы швейных изделий.

Возможность управления процессом усадки ткани на стадии проектирования за счет рационального подбора параметров ее структуры позволит прогнозировать изменения линейных размеров ткани после мокрой обработки.

Принципы прогнозирования изменения линейных размеров тканей льняного ассортимента изучены недостаточно.

В задачу данного исследования входит получение модели усадки суровой ткани в зависимости от ее структурных характеристик (плотности ткани по утку и количества пересечек в раппорте переплетения).

Объектами исследования являются образцы суровых тканей (число повторов в опытах равно 9) с комбинацией из трех плотностей по утку (120, 140, 160 н/10см) и тремя видами переплетений (полотняное, мелкоузорчатое, саржевое). Ткани выработаны на ткацком станке СТБ2-180 в лаборатории кафедры качества Костромского государственного технологического университета. В качестве основы использована льняная пряжа линейной плотности 33 текс, в качестве утка — льняная пряжа 56 текс и оческовая льняная пряжа 50 текс (китайского производства).

Исследование изменений линейных размеров тканей после мокрых обработок выполнено по стандартному методу [1] (число повторных стирок — 4).

Обработка экспериментальных данных выполнена с помощью электронных таблиц Excel.

Расстояния между нанесенными метками с отсканированных элементарных проб после каждой стирки измерены с помощью системы «Компас-3D V6 Plus» (погрешность измерения составляет 0,0001 мм/м). Результатом измерений являются файлы с расширением txt, обработка которых возможна в любом программном пакете. Величина усадки определена по следующей зависимости:

$$\lambda = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $\lambda$  — изменение размеров после мокрой обработки, %;

$L_1$  — расстояние между метками после обработки, мм;

$L_0$  — расстояние между метками до обработки, мм.

Во всех экспериментах относительная гарантийная ошибка среднего арифметического значения усадки не превышала 10%, что говорит об удовлетворительном качестве опытов.

Проверка гипотезы от однородности дисперсий в опытах матрицы проведена с помощью критерия Фишера. Расчетное значение критерия Фишера по основе —  $F_p = 2,18$ , по утку  $F_p = 3,25$  [2]. Табличное значение критерия Фишера при доверительной вероятности  $P_D = 0,95$  и числе степеней свободы  $f_1 = m - 1$ ,  $f_2 = m - 1$  ( $m$  — число повторностей в опытах) равно  $F_{табл} = 3,44$ .  $F_p < F_{табл}$ , следовательно, гипотеза об однородности дисперсий не отвергается.

По результатам четырех стирок была определена полная усадка ткани в направлениях основных и уточных нитей по зависимости [3, 4]:

$$y_{o(y)} = \frac{x}{a_o(y) + b_o(y) \cdot x}, \quad (2)$$

где  $y_{o(y)}$  — общая усадка от совместного действия  $x$  стирок, %;

$x$  — число стирок;

$a, b$  — постоянные величины, зависящие от вида ткани.

При  $x \rightarrow \infty$

$$y_{o(y)} = y_{\max o(y)} = \frac{1}{b_o(y)}. \quad (3)$$

С помощью статистической программы «DataFit 8.0.32» были получены уравнения изменения полной усадки ткани по основе и утку от ее структурных параметров (плотности суровой ткани по утку и количеству пересечек в раппорте переплетения):

$$\lambda_o(t_o, P_y) = a_o + b_o \cdot \frac{1}{t_o} + c_o \cdot P_y + d_o \cdot \frac{1}{t_o^2} + e_o \cdot P_y^2 + f_o \cdot P_y \cdot \frac{1}{t_o}, \quad (4)$$

<sup>3</sup> Научный руководитель проф. А.Б. Брут-Бруляко

$$\hat{\lambda}_y(t_y, P_y) = a_y + b_y \cdot t_y + c_y \cdot \frac{1}{P_y} + d_y \cdot t_y^2 + e_y \cdot \frac{1}{P_y^2} + f_y \cdot t_y \cdot \frac{1}{P_y}, \quad (5)$$

где  $t_o, t_y$  — количество пересечек по основе и утку в раппорте переплетения;  
 $P_y$  — плотность ткани по утку, н/10 см;

$a_o(y), b_o(y), c_o(y), d_o(y), e_o(y), f_o(y)$  — коэффициенты, зависящие от вида ткани (табл. 1).

На рис. 1 представлена теоретическая (построенная по уравнениям (4) и (5)) и экспериментальная кривая полной усадки ткани полотняного переплетения в зависимости от плотности суровой ткани по утку.

Таблица 1

Значения коэффициентов уравнений (4) и (5)

Коэффициент	Суровая ткань (в утке — льняная пряжа 56 текс)		Суровая ткань (в утке — оческовая льняная пряжа 50 текс)	
	Суровая ткань (в утке — льняная пряжа 56 текс)	Суровая ткань (в утке — оческовая льняная пряжа 50 текс)	Суровая ткань (в утке — льняная пряжа 56 текс)	Суровая ткань (в утке — оческовая льняная пряжа 50 текс)
$a_o$	-15,13	77,74	$a_y$	10,2
$b_o$	-15,27	-51,3	$b_y$	13,2
$c_o$	0,39	-0,9	$c_y$	-6981,8
$d_o$	116	48	$d_y$	-1
$e_o$	-0,001	0,003	$e_y$	694400
$f_o$	-0,51	0,19	$f_y$	-1021,62



Рис. 1. Теоретическая и экспериментальная кривые полной усадки суровой льняной ткани полотняного переплетения в зависимости от плотности по утку

Ошибка аппроксимации для полученных зависимостей (4) и (5) не превышает 10%. Проверка моделей (4) и (5) на адекватность выполнена с помощью критерия Фишера. Расчетное значение критерия Фишера для зависимости (4)  $F_p = 7,52$ , для зависимости (5) —  $F_p = 1,42$ . Табличное значение критерия Фишера  $F_{табл} = 8,58$  [2], при доверительной вероятности  $P_D = 0,95$  и числе степеней свободы дисперсии воспроизводимости опытов  $f = n - k$ , числе степеней свободы дисперсии адекватности

$f = n \cdot (m - 1)$  ( $n$  — число пар ( $n=9$ ),  $k$  — число коэффициентов уравнения ( $k=6$ ),  $m$  — число повторностей в опытах).  $F_p < F_{табл}$ , следовательно, гипотеза об адекватности полученных моделей не отвергается.

#### Выводы

Установлено, что полученные модели изменения линейных размеров суровой ткани от ее структурных параметров адекватно описывают явления, протекающие в ткани при мокрой обработке, а параметры модели устойчивы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 30157.0-95 Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. — М.: Изд-во стандартов, 1995.
- Севастьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. — М.: Легкая индустрия, 1980.
- Соловьев А.Н. Определение полной усадки тканей // Текстильная промышленность, 1956. — №2.
- Текстильное материаловедение / под ред. Г. Н. Кукина. — М.: Легкая индустрия, 1967. — Ч. 3.

L.V.Chernysheva, I.V.Mininkova, M.N.Lauchinskas

INTERRELATION MODEL DEVELOPMENT OF TEXTILE MATERIAL PROPERTIES WITH LINEAR DIMENSION CHANGES AFTER WET-HEAT TREATMENT

УДК 675.074.5

## ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОРСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.В.Костина, Ж.Ю.Койтова, В.Н.Ломазин

Одним из перспективных направлений развития материаловедения волокнистых материалов является разработка неразрушающих методов оценки свойств материалов и приборов для их обеспечения. Немаловажным является также, чтобы новые методы и устройства позволяли определить одновременно несколько характеристик материала и давали возможность оценить показатели свойств различных по структуре материалов.

В работе предложен способ и устройство для неразрушающей оценки геометрических характеристик ворсовых материалов с наклонным и прямым ворсом. Материалы с выраженным ворсом включают в себя искусственный и натуральный мех, ковровые покрытия, все они различаются по способу производства, назначению и требованиям к ним, но сходны по основным структурным и геометрическим показателям. Поэтому возможность неразрушающей экспресс-оценки геометрических и структурных характеристик с использованием одного устройства представляется перспективной задачей.

Стандартные методы оценки ворсовых материалов [1] предполагают разрушающий способ изучения геометрических характеристик. Стандартная количественная оценка геометрических характеристик натурального меха не проводится, хотя сведения о геометрии волосяного покрова натурального меха важны при сортировке и раскрое готовых изделий. Известны устройства для изучения подобных характеристик, но они имеют ряд недостатков. В первую очередь каждый прибор, как правило, предназначен для оценки узкого ассортимента материалов, дает оценку единичных показателей. Большинство приборов не учитывают различий в измерении геометрических характеристик прямого и наклонного ворса, так как измерения проводятся при давлении. Устройство неразрушающей оценки [2] создано для исследования ковровых покрытий, предназначено для определения показателей при давлении, не учитывающем отличий в жесткости и упругости ворса различных материалов. Испытания на приборе достаточно длительны и требуют дополнительной оценки полученной информации. Толщиномер Гандова [3] предназначен лишь для оценки толщины слоя волосяного покрова натурального меха и позволяет оценить неразрушающим способом эту характеристику при определенном давлении на волосяной покров. Приборы, определяющие показатели сминаемости и упругости ворсовых материалов [4-5], дают оценку изменения высоты ворса при давлении, однако, при этом измеряется толщина всего материала, и получить достоверные значения толщины отдельных структурных элементов не удается.

Геометрические свойства ворсовых материалов в предлагаемом методе оцениваются следующими показателями: толщина грунта, толщина слоя ворса, длина ворса, угол наклона ворса относительно грунта. Геометрия прямостоячего ворса определяется длиной ворса ( $L_n$ ) и его извитостью ( $I$ ), понятия толщина слоя ворса и длина ворса для таких материалов совпадают. Различают естественную длину ворса (с учетом извитости)  $L_n$  и истинную (в распрямленном состоянии)  $L_{n0}$ , отношение которых составляет коэффициент извитости. Для наклонного ворса вводятся дополнительные характеристики — угол наклона  $\alpha$  относительно плоскости грунта и пышность, рассчитываемая по формуле [6]:

$$П = L_{n0} \cdot \sin \alpha \cdot I.$$

Предложенное устройство [7] позволяет измерять основные геометрические показатели ворсовых материалов в естественном недеформированном состоянии неразрушающим образом. Устройство для измерения геометрических характеристик ворсовых материалов и натурального меха 1 (рис.1, 2) содержит металлический предметный столик 2, соединенный с выносной опорой 3 с помощью винта 4, подвижную платформу 5, перемещающуюся по двум направляющим 6 с помощью зубчатого ремня 7, перекинутого через шкивы 8 и 9. Шкив 9 вращается от приводного двигателя 10. Цилиндрическая пружина 11 прикреплена одним концом к корпусу прибора 12, другим к подвижной платформе. По краям подвижной платформы расположены четыре подпружиненные стойки 13, подпружиненный шуп 14, воздействующий на датчик перемещений 15, игла 16, связанная с силоизмерителем 17. С подвижной платформой связан источник света 18 и диафрагма 19, луч от источника света, проходя через диафрагму, попадает на экран 20. На корпусе прибора расположен блок измерения 21 и панель индикации 22, на валу приводного двигателя датчик импульсов 23 (рис.1). Предметный столик выполнен из токопроводящего материала для обеспечения электрического контакта с иглой при проколе грунта. Размеры его выбраны с учетом возможности измерения геометрических характеристик как полотна, так и шкурок натурального меха различного способа съема и длины волосяного покрова. Возможность поворота столика за счет винта обеспечивает измерение длины ворса, а определенная толщина столика обеспечивает "раскол" ворса, и, в то же время, позволяет добиться устойчивого положения шупа и иглы во время таких измерений (рис.2, б). Длина выносной опоры не менее 0,5 м, что позволяет про-



водить измерение характеристик в различных точках по ширине полотна, а также надевание шкурки от огузка до загривка при испытаниях натурального меха «трубкой» или «чулком». Прижимные стойки, обеспечивающие фиксацию образца материала на предметном столике, выполнены в виде полых трубок и расположены симметрично по краям платформы таким образом, чтобы расстояние между

двумя стойками было не меньше максимальной длины волоса (120 мм) во избежание попадания волос под обе стойки одновременно. Используется игла для швейных машин, обеспечивается ее замена в случае поломки. Щуп представляет собой металлический стержень с закругленным кончиком диаметром не более 2 мм во избежание прокола грунта во время работы.

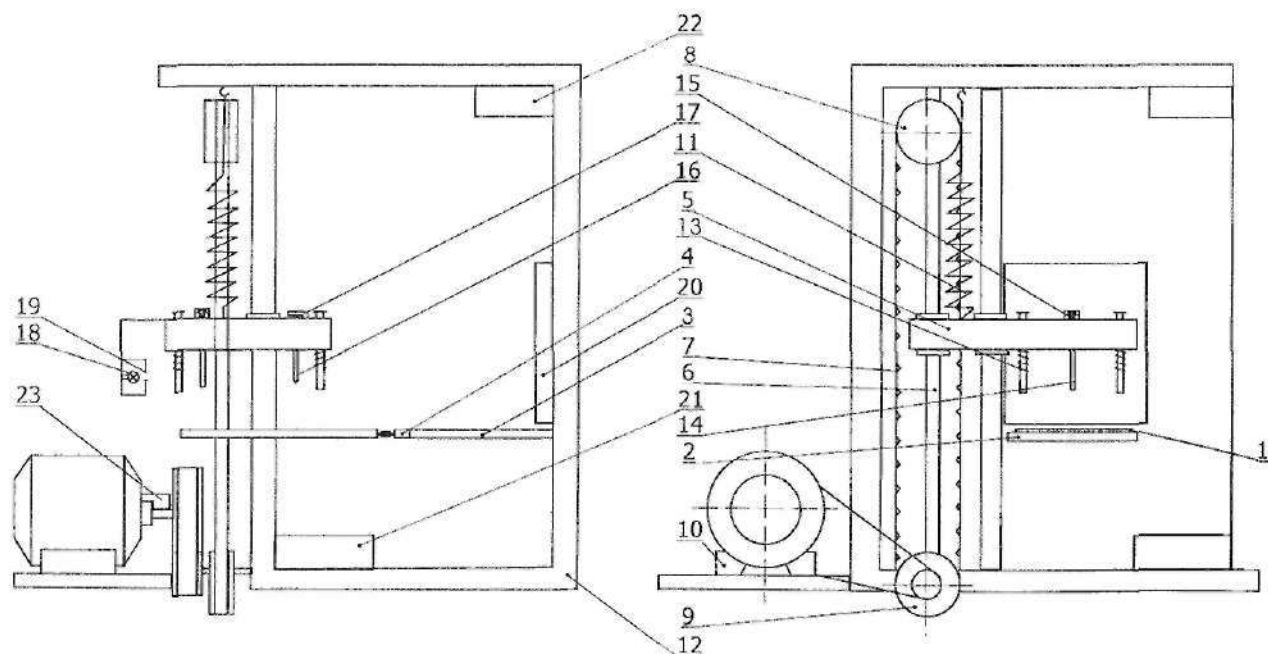


Рис.1. Устройство для определения геометрических характеристик ворсовых материалов

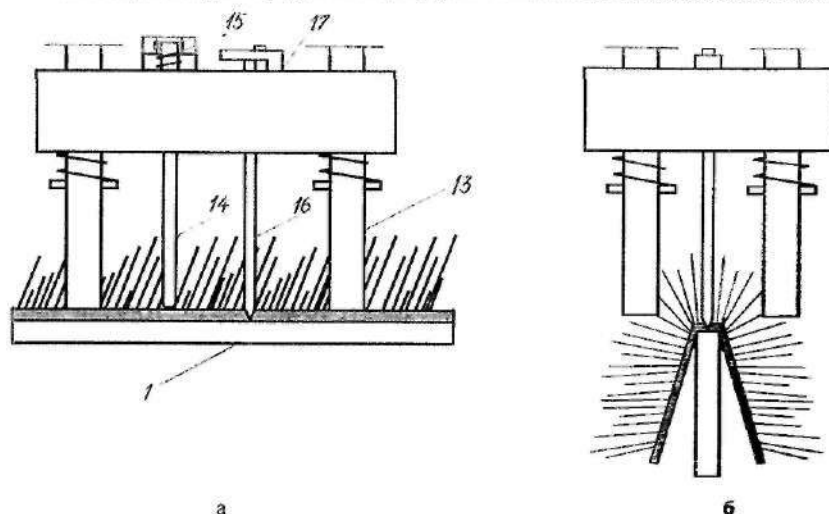


Рис.2. Рабочая зона устройства для неразрушающей оценки ворсовых материалов  
а — определение толщины слоя ворса (волосяного покрова) и грунта (волосяной основы)  
б — определение длины ворса (высоты волосяного покрова)

Работа на приборе (см. рис. 1, 2) начинается с подготовки проб, заключающейся в трехкратном встряхивании ворсового материала 1 и размещении

его на предметном столике 2. Минералы расправляют до исчезновения складок и выпрямляют и закрепляют подпружиненными стойками 13 на предметной платформе 1.



формы 5. В подготовительном режиме с помощью приводного двигателя 10 подвижная платформа с источником света 18 с щелевой диафрагмой 19, с шупом 14 и иглой 16 перемещается до совмещения на белом экране 20 тени кончиков шупа и иглы с началом тени ворса материала. После совмещения кончиков иглы и шупа с ворсом устройство запускается в режиме измерения — платформа опускается по направляющим 6. Блок измерения 21 постоянно фиксирует перемещение платформы, стержня и иглы с помощью установленного на валу приводного двигателя датчика импульсов 23. В момент касания шупом грунта (рис.2, а) происходит его смещение, что фиксируется датчиком малых перемещений 15. Блок измерения 21 подсчитывает количество импульсов, поступивших с датчика импульсов 23, установленного на валу приводного двигателя 10, с момента пуска приводного двигателя в режиме измерения до момента срабатывания датчика малых перемещений 15 при касании шупом 14 грунта и преобразует это количество импульсов в значение высоты ворса. Значение толщины слоя ворса высвечивается на панели индикации.

Дальнейшее перемещение платформы приводит к прокалыванию грунта иглой 16, при этом игла воздействует на датчик измерения усилия 17, закрепленный на подвижной платформе. Усилие прокола фиксируется вторым каналом блока измерения 21 и высвечивается на панели индикации 22. В момент прокола грунта игла 16 касается металлического предметного столика 2, что приводит к замыканию электрической цепи, останову приводного двигателя 10, фиксации значений перемещения подвижной платформы датчиком импульсов 23. Блок измерения 21 подсчитывает количество импульсов с датчика 23

с момента срабатывания датчика малых перемещений при касании шупа грунта до момента прокалывания грунта иглой и возникновения электрического сигнала при замыкании электрической цепи между иглой и предметным столиком. Значение толщины грунта высвечивается на панели индикации. После этого происходит автоматический возврат подвижной платформы в верхнее крайнее исходное положение с помощью пружины 11 (см. рис.1).

Для измерения длины волоса и угла наклона волоса предметный столик 2 поворачивают на  $90^\circ$  с помощью винта 4, и материал размещают на предметном столике, добиваясь вертикального расположения волоса (см. рис 2, а). Далее измерения проводят аналогичным образом. Определяют длину ворса естественную  $L_{в.е}$ . Для материалов с наклонным ворсом для оценки угла наклона волос измерения толщины ворса проводят дважды: первый раз обычным образом, второй раз с поворотом площадки на  $90^\circ$ , что обеспечивает раскол ворса и измерение его в прямостоячем состоянии (см. рис. 2, б.). Первая снимаемая характеристика является проекцией волоса на вертикальную ось и оценивает пышность, вторая — естественной длиной волоса  $L_{в.е}$ . Для определения истинной длины волоса проводят замеры ворса в растянутом состоянии на устройстве. Рассчитывают угол наклона волоса. На разработанном устройстве определены показатели геометрических характеристик искусственного меха с наклонным и прямостоячим ворсом, натурального меха, представленные в таблице 1. Ошибка при десятикратных измерениях геометрических характеристик в одной точке на данном приборе не превышает 6 %, что свидетельствует о достаточной точности проводимых измерений.

Таблица 1

Результаты измерений геометрических характеристик ворсовых материалов

Вид материала, артикул, страна	$M_{в.е}$ , г/м <sup>2</sup>	Волокнистый состав		Ориентация ворса	Вид грунта	Геометрические характеристики		
		ворса	грунта			ворса		грунта
						$L_{в.е}$ , мм	$\alpha$ , град	
<u>Искусственный мех</u> Арт.1001 (Германия)	724	ВНитр ВК	Пр ж/б и ВК	Наклонный	Трикотаж	13,8	38	0,74
Арт.Мариотта Юни (Италия)	819	ВНитр	ВК	Прямостоячий	Трикотаж	23,8	90	0,62
Арт.3339 (Англия)	743	ВНитр	ВК	Прямостоячий	Трикотаж	11,2	90	0,84
Арт. 1687 (Италия)	704	ВНитр и ВК	ВК	Наклонный	Трикотаж	18	22	1,24
<u>Натуральный мех</u> Лисица ребристо-черная								
Хребет		Кератипо- вые волокна	Коллаген	Наклонный	Кожевая ткань	44	51	0,72
Бок						31,4	58	0,54

Таким образом, создано устройство и разработана методика оценки геометрических характеристик ворсовых материалов, позволяющие нераз-

рушающим образом проводить испытания различных по способу производства ворсовых материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2666.1-85. Мех искусственный трикотажный. Метод определения длины ворса. — М. : Изд-во стандартов, 1985.
2. Устройство для измерения толщины ворса ковров / J.Larrage, J.Bedford, D.Crook. The Wronz carpet pile thickness gauge // J.Text.Inst. — 1984. — №3. — P.229—234.
3. Ганцов Ш.К. К оценке толщины волосяного покрова меха // Кожевенно-обувная промышленность. — 1975. — № 7. — С. 30—31.
4. ГОСТ 1066-81. Материалы ворсовые. Метод определения несминаемости ворса. — Взамен ГОСТ 10406-63. М. : Изд-во стандартов, 1981.
5. Беседин А.Н. Новый прибор для определения сминаемости волосяного покрова меха / А. Н. Беседин, Ш. К. Ганцов, Е. В. Игнатов, Г. Г. Лосев // Кожевенно-обувная промышленность. — 1978. — № 3. — С.55—57.
6. Рассадина С.П. Разработка методов оценки и исследование геометрических и оптических свойств волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов : автореферат дис. ... к.т.н. — Кострома : КГТУ, 2002. —17 с.
7. Устройство неразрушающей оценки геометрических характеристик ворсовых материалов, преимущественно натурального меха, и определения усилия прокола иглой : патент на изобретение № 2182707 от 05.06.2001 / Ж. Ю. Койтова, Е. В. Костина, В. Н. Ломагин, С. П. Рассадина.

E.V.Kostina, Zh.N.Koytova, V.N.Lomagin  
**GEOMETRY CHARACTERISTIC ESTIMATION OF NAP MATERIALS**

*Подпишитесь!*

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@periodicals.ru](mailto:info@periodicals.ru)

Подписной

**10543**

индекс

## ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ

УДК 677.054.7

### ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТОРМОЗА ПРОКЛАДЧИКОВ УТКА СТАНКА СТБ

Д.В.Лабок, С.Е.Проталинский

Рассмотрены условия торможения прокладчиков в приемной коробке ткацкого станка СТБ. Разработана динамическая модель тормозного устройства прокладчика утка. Проведен динамический анализ реакции тормозного устройства на влет прокладчика в приемную коробку.

Анализ работы бесчелночных ткацких станков типа СТБ показал, что одним из наименее надежных механизмов станка является тормозное устройство прокладчиков утка. Наиболее слабым элементом в конструкции тормозного устройства является его оснастка, то есть текстолитовые тормозные пластинки. Для совершенствования конструкции и выбора материала пластинок необходимо учитывать не только износостойкость и фрикционные свойства, но и влияние их на динамику всего механизма.

Тормозное устройство прокладчиков утка станка СТБ состоит из переднего и заднего клапанов, расположенных на входе прокладчика в приемную коробку. В клапанах закреплены две верхние тормозные пластинки и на корпусе коробки одна нижняя пластина. Процесс торможения прокладчика в клапанах идентичен, поэтому считаем, что их динамические модели имеют одинаковую структуру.

Для конкретизации построим динамическую модель одного из клапанов тормоза прокладчиков утка серийного станка СТБ (рис. 1). Кинематическое возмущение динамическая система получает от прокладчика 3 массой  $m_n$  влетающего между тормозными пластинами 1 и 2, массы которых приведем к массе прокладчика.

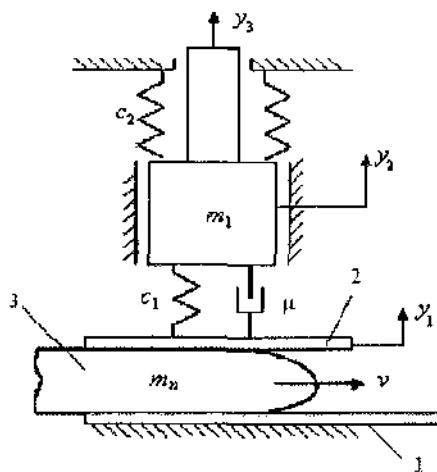


Рис. 1

Нижнюю текстолитовую пластину считаем жестким элементом, верхнюю резиновую прокладку моделируем упруго-вязким элементом с коэффициентом жесткости  $c_1$  и коэффициентом рассеяния  $\mu$ . Приведенная масса  $m_1$  определяется массами корпуса, головки и регулировочного болта. Резьба регулировочного болта по отношению к плите корпуса имеет жесткость с коэффициентом  $c_2$ .

Предполагая, что прокладчик, являясь входным звеном, влетает со скоростью  $v$  в тормозное устройство, и принимая в качестве обобщенной координаты перемещение  $y_2$ , запишем дифференциальное уравнение в следующем виде:

$$m_1 \ddot{y}_2 + \mu \dot{y}_2 + (c_1 + c_2) y_2 = c_1 y_1 + \mu \dot{y}_1. \quad (1)$$

Сила тяжести исключена из уравнения, так как отсчет обобщенной координаты производится от положения статического равновесия.

Кинематическое возбуждение механизма обусловлено смещением верхней тормозной пластины  $y_1$  при влете прокладчика. Примем это возбуждение в виде ступенчатой функции с величиной смещения верхней прокладки  $y_1 = 0,9 \cdot 10^{-3}$  м [1], которое система получает от прокладчика в момент времени  $t=0$ . Решение уравнения (1) определим полным выражением для интеграла Дюамеля [2]

$$y_2 = \frac{e^{-nt}}{p_D} \int_0^t e^{nt'} (q_1 + q_2) \sin p_D (t - t') dt', \quad (2)$$

где  $p_D = \sqrt{p^2 - n^2}$ ;  $p^2 = \frac{c_1 + c_2}{m_1}$ ;  $2n = \frac{\mu}{m_1}$  — коэф-

фициенты приведения уравнения (1) к нормальному виду;

$q_1 = p^2 y_1 = f(t')$  — перемещение  $y_1$  верхней пластины, отнесенное к единице массы  $m$ , эквивалентной силе упругости  $c_1$  и  $c_2$ ;

$q_2 = (\dot{q}_1) \cdot 2n / p^2$ , в случае ступенчатой функции возмущения принимаем равным нулю.

Для решения уравнения (2) численными методами введем фиктивное время  $\tau$  и приведем к интегральному уравнению Фредгольма

$$y_2 = \frac{e^{-nt}}{p_d} \int_0^t e^{n\tau} q_1 \sin p_d(t-\tau) d\tau. \quad (3)$$

Входные значения для решения уравнения определены экспериментальными методами для приемной коробки станка СТБ-180 и составляют:  $c_1=64 \cdot 10^4$  Н/м;  $c_2=12,8 \cdot 10^5$  Н/м;  $\mu=280$  Н·с/м;  $m_1=0,32$  кг.

Расчет динамической модели тормоза прокладчиков выполнен в среде MathCad. Перемещения  $y_1$  массы  $m_1$  показаны на рис 2.

Реакция массы регулировочного винта на кинематическое возбуждение системы в виде ступенчатой функции величиной 0,9 мм составляет в установившемся состоянии 0,3 мм, остальную деформацию воспринимает резиновая прокладка.

Динамическая модель и методика расчета позволяют рационально подходить к проектированию

тормозных пластин и устройств для контроля наладки тормоза прокладчиков.

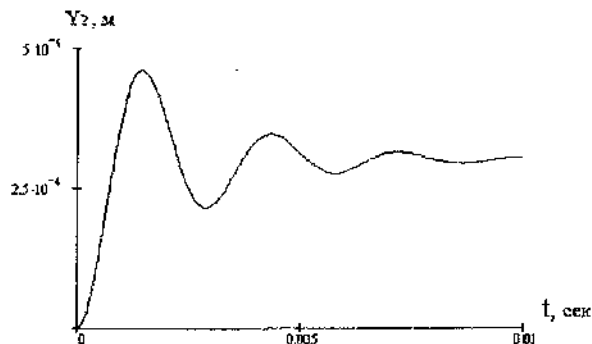


Рис. 2

### Выводы

1. Динамическая модель позволяет анализировать реакцию тормозного устройства на процесс торможения прокладчика.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джолдасбеков У.А., Уалиев Г.У. Совершенствование механизмов прокладывания утка на многоцветных ткацких станках СТБ. — М.: Легпромбытиздат, 1986.
2. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. — М.: Машиностроение, 1985.

D.V.Labok, S.E.Protalinsky

### DYNAMIC MODEL OF MACHINE STB WEFT LAYER BRAKE

УДК 621.83.3

### НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ С ВЫПУКЛО-ВОГНУТЫМИ ПРОФИЛЯМИ ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТНОЙ СМАЗКИ В ЗАЦЕПЛЕНИИ

Н.И.Филатова, С.К.Миндовский, Г.М.Горячкин, А.В.Кайдан

В работе делается попытка исследовать возможность применения в приводе высокоскоростного вытяжного прибора червячных передач с выпукло-вогнутыми профилями в режиме жидкостной смазки в зацеплении.

Кафедра ДМ и ПТУ КГТУ в течение десяти лет проводит работы под руководством д.т.н. А.А.Телицына по проектированию и испытанию универсальных самокруточных прядильных машин СМ-125Р 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 колес, а малогабаритными червячными передачами. Для увеличения долговечности червячных колес эвольвентная червячная передача заменяется червячной передачей типа ZT.

В сравнении с эвольвентными червячными передачами в червячных передачах с вогнутыми профилями витков червяка типа ZT создаются бла-

гоприятные условия для чисто жидкостной гидродинамической смазки. При работе передачи витки червяка скользят вдоль зубьев колеса по небольшим площадкам контакта, обеспечивая в зацеплении идеальный клиновидный зазор (рис.1).

По данным испытаний этих передач после обкатки червячного зацепления пятно контакта по высоте зуба  $b \approx (0,7 \dots 0,75) \cdot h_{\text{зуб}}$ ,  $l \approx (2 \dots 4) \cdot m$  [1]. В данной статье сделана попытка оценить возможность работы червячных передач с зацеплением типа ZT для привода рифлированных вытяжного прибора самокруточного прядильного модуля, в режиме чисто жидкостной смазки, на конструкцию привода получен патент [2]. Это позволило бы значительно улучшить КПД передачи, повысить ее нагру-

зочную способность и уменьшить износ червячных колес.

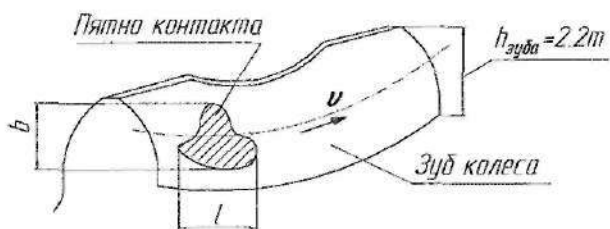


Рис.1

За основу расчета нагрузочной способности использована теория жидкостной смазки клиновых подпятников скольжения [1]. Пятно контакта на зубе червячного колеса по размеру близко площадке контакта отдельных клиновых сегментов подпятников скольжения. Принимаем следующие допущения: постоянство нагрузки и скорости скольжения по центру контакта, ламинарность потока смазки в пятне контакта, осреднение вязкости смазки, движение смазки вдоль зуба колеса, утечка смазки из пятна контакта по высоте зуба отсутствуют. На рис.2 показано пятно контакта в зацеплении витков червяка с зубом колеса в сечении вдоль зуба по делительному диаметру.

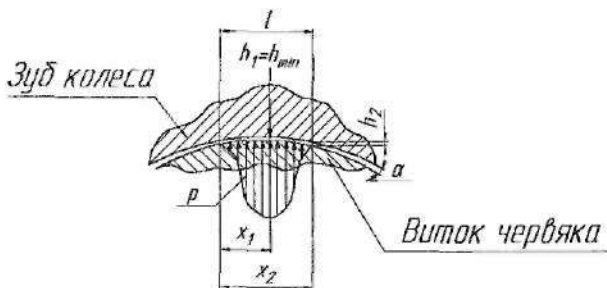


Рис.2

Преобразуя уравнение Рейнольдса, найдем нагрузочную способность показанной площадки контакта [1]

$$F = \int_{x_1}^{x_2} p_x dx = \frac{6\mu v}{\alpha^2} \int_{x_1}^{x_2} \left[ \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{x_1} \right) - \frac{x_1 x_2}{x_1 + x_2} \left( \frac{1}{x^2} - \frac{1}{x_1^2} \right) \right] dx = \frac{6\mu v}{\alpha^2} \left[ \ln \frac{x_2}{x_1} - 2 \left( \frac{x_2 - x_1}{x_2 + x_1} \right) \right], \quad (1)$$

где  $\mu$  — динамическая вязкость смазки в точке контакта, Па·с;  
 $v$  — скорость скольжения, м/с;  
 $\alpha$  — угол в клиновом зазоре контакта.

После подстановки площадки контакта  $l$  и угла контакта  $\alpha$  преобразуем выражение (1):

$$F = \frac{\mu v}{h_1^2} (x_2 - x_1)^2 \left[ \frac{6x_1^2}{(x_2 - x_1)^2} \ln \frac{x_2}{x_1} - \frac{12x_1^2}{x_2^2 - x_1^2} \right] = \frac{\mu v l^2}{h_1^2} \xi, \quad (2)$$

$$\xi' = \frac{6x_1^2}{(x_2 - x_1)^2} \ln \frac{x_2}{x_1} - \frac{12x_1^2}{x_2^2 - x_1^2}, \quad (3)$$

где  $\xi'$  — коэффициент нагруженности площадки контакта без учета потока смазки по высоте зуба.

При оптимальных значениях  $\alpha$  и  $x_2/x_1$   $\xi' = 0,15$  [1].

Для учета истечения смазки по высоте зуба Р.Шибель предложил вводить поправку к величине  $\xi'$  и принимать коэффициент нагруженности

$$\xi' = 0,125 / (1 + l^2 / b^2). \quad (4)$$

Тогда нагрузочная способность площадки контакта

$$F = 0,123 \frac{\mu v b l^2}{h_1^2 \left[ 1 + \left( \frac{l}{b} \right)^2 \right]}, \quad (5)$$

где  $b$  — высота пятна контакта, мм;  
 $l$  — длина пятна контакта, мм (см. рис.1);  
 $h_1$  — минимальный зазор в зацеплении, мм, принимаемый равным удвоенной сумме высоты микронеровностей поверхности зуба колеса и витков червяка. Принимаем  $h_1 = 0,02 \dots 0,05$  мм.

Параметры исследуемой червячной передачи:

1. Модуль зацепления  $m = 2,5$  мм.
2. Передаточное отношение  $u = 5 \dots 10$ .
3. Межосевое расстояние  $a_w = 45$  мм.
4. Делительный диаметр колеса  $d_2 = m z_2 = 2,5 \cdot 20 = 50$  мм.
5. Делительный диаметр червяка  $d_1 = m z_1 = 2,5 \cdot 16 = 40$  мм.
6. Число витков червяка  $z_1 = 2 \dots 4$ .

В расчетах принимаем два варианта размеров пятна контакта по высоте зуба  $b$  и по длине зуба  $l$ .

1 вариант:  $b = 0,7 h_{зуба} = 0,7 \cdot 2,2 \cdot m = 3,85$  мм,

$$l \cong 2m = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ мм.}$$

2 вариант:  $b = 0,7 h_{зуба} = 3,85$  мм;

$$l = 3m = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ мм.}$$

Для оценки скорости скольжения в пятне контакта рассмотрим кинематическую схему привода вытяжного прибора самокруточного прядильного модуля на четыре выпуска (рис.3).

Геометрические параметры червячных редукторов:

1. Частота червяка у редуктора с  $u_2 = 5$ , вал вытяжного рифцилиндра  $n_2 = n_{\text{выт.риф.}} = 1592 \text{ мин}^{-1}$ .
2. Частота вращения 3 и 4 валов при  $u_3 = 1$ :  
 $n_3 = n_4 = n_2/u_2 = 318,4 \text{ мин}^{-1}$ .
3. Скорость скольжения в червячном зацеплении:

редуктор с  $u_2 = 5$ ,

$$v = \frac{\pi d_1 n_2}{1000 \cdot 60 \cdot \cos \gamma} = \frac{1592 \cdot \pi \cdot 40}{1000 \cdot 60 \cdot 0,95} = 3,508 \text{ м/с.}$$

редукторы с  $u_4 = 10$  и  $u_5 = 5$ ,

$$v = \frac{\pi d_1 n_4}{1000 \cdot 60 \cdot \cos \gamma} = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 318,4}{1000 \cdot 60 \cdot 0,95} = 0,702 \text{ м/с.}$$

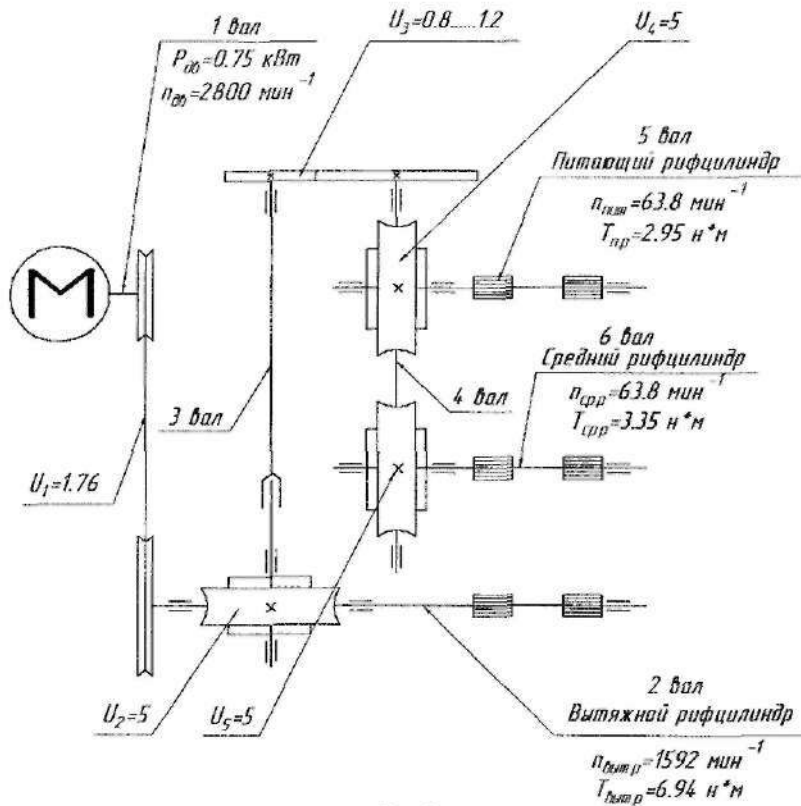


Рис.3

Данные измерений крутящих моментов на рифцилиндрах вытяжного прибора машины ПСК-225-ЛЮ, выполненные в Костромском СКБТМ, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Измерения	Вращающий момент $T$ , Н·м	Окружная сила $F_t = 2T/d_2$ , Н
на питающем рифцилиндре	2,95	118
на среднем рифцилиндре	3,35	134
на валу выпускного цилиндра	6,94	277

Примечание:

Скорость выпуска мычки из вытяжного прибора самокруточных прядильных машин типа ПСК-225-ПО и ПСК-125-Л достигает 200...220 м/мин. На графиках (рис. 4, 5, 6) даны нагрузочные способности жидкостной смазки в исследуемых передачах в зависимости от температуры масла трансмиссионного МТ-16П и его вязкости  $\mu$  при указанных температурах.

Таблица 2

Динамическая вязкость масла в зависимости от его температуры [3]

Марка масла	Вязкость $\mu$ , Па·с при температуре, °С		
	50	60	80
Авиационное МС-20	0,1140	0,076	0,034
Трансмиссионное МТ-16П ГОСТ 6360-83	0,0955	0,0644	0,0361
Цилиндровое 52 ГОСТ 6411-76	0,870	0,368	0,122
Индустриальное 50 ГОСТ 20799-75	0,046	0,0321	0,019



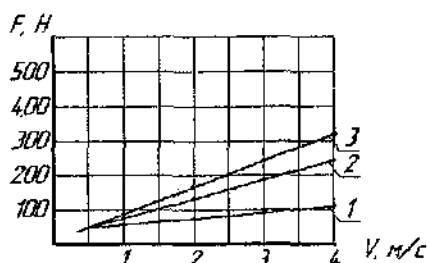


Рис 4,  $t=80^{\circ}\text{C}$ ,  $\mu=0,0361 \text{ Па}\cdot\text{с}$

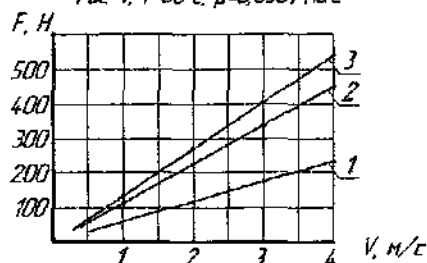


Рис 5,  $t=60^{\circ}\text{C}$ ,  $\mu=0,0644 \text{ Па}\cdot\text{с}$

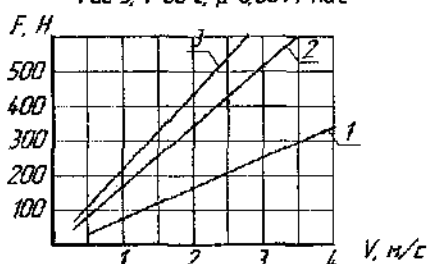


Рис 6,  $t=50^{\circ}\text{C}$ ,  $\mu=0,0955 \text{ Па}\cdot\text{с}$

Размеры пятна контакта в зацеплении:  
 кривые 1:  $b = 3,75 \text{ мм}$ ,  $l = m = 2,5 \text{ мм}$ ;  
 кривые 2:  $b = 3,75 \text{ мм}$ ,  $l = 2m = 5 \text{ мм}$ ;  
 кривые 3:  $b = 3,75 \text{ мм}$ ,  $l = 3m = 7,5 \text{ мм}$ .

**Выводы**

1. Результаты исследования в целом подтверждают возможность модернизации привода высокоскоростного вытяжного прибора прядильной машины путем использования в его составе червячных передач типа ZT, работающих в условиях гидродинамического трения, и перспективность дальнейшей разработки проблемы.
2. Расчетами установлено, что скоростной червячный редуктор ( $v = 3,5 \text{ м/с}$ ), червяк которого связан с вытяжным рифцилиндром, будет работать в жидкостном режиме смазки с большим запасом при использовании масла любой вязкости. Тихоходные же редуктора ( $v = 0,7 \text{ м/с}$ ), червячные колеса которых соединены с питающим и средним рифцилиндрами, смогут выйти на данный режим только при очень густой смазке ( $\mu > 0,1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ), например, в виде масла цилиндрического 52 ГОСТ 6411-76.
3. В ходе исследования в первом приближении пятно контакта было взято прямоугольной формы с размерами по данным [1] и [4], величина же минимального зазора  $h_{\text{min}}$  в нем была принята максимально возможной. При дальнейшей разработке вопроса реальная форма и размеры площадки  $h_{\text{min}}$  будут определены при проведении многофакторных экспериментов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дмитриев В.А. Детали машин. — Л.: Судостроение, 1970.
2. Привод вытяжного прибора высокоскоростной текстильной машины: патент №2155248, от 07.04.1999 / А. А. Телицын, С. К. Миндовский, Н. И. Филатова и др. (РФ).
3. Коднир Д.С. Эластогидродинамический расчет деталей машин / Д. С. Коднир, Е. П. Жильников, Ю. И. Байбародов — М.: Машиностроение, 1988.
4. Передачи червячные с червяком типа ZT: методические рекомендации / Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности; ВНИИредуктор. — М., 1984.

**N.I.Filatova, S.K.Mindovsky, G.M.Goryatchkin, A.V.Kaydan**  
**LOAD CAPACITY CONVEXO-CONCAVE PROFILE WORM GEARINGS DURING**  
**HYDRODYNAMIC OIL REGIME IN GEARING**

УДК 677.057

**ПРОБЛЕМЫ КОЛЕБАНИЙ В ВАЛКОВЫХ СИСТЕМАХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН**

*Г. К. Кузнецов, С. Н. Титов, В. В. Фарушкин*

Приведен краткий обзор исследований по проблеме колебаний в валковых механизмах как одном из видов механико-технологических систем текстильных машин, в которых учитывается комплекс различных факторов и взаимовлияние параметров и режимов работы оборудования и свойств обрабатываемого материала. Определены цели и задачи дальнейших исследований в этой области.

Под валковыми системами текстильных машин понимаются все устройства, обработка материала в которых производится путем прокатки меж-

ду двумя цилиндрическими рабочими органами, и устройства, одним из звеньев которых является сам обрабатываемый материал в виде тел вращения.

К таким системам относятся:

- валковые пары машин первичной обработки хлопка, льна, шерсти для транспортировки и осуществления технологических операций [1, 2];

- питающие пары машин предпрядильного и прядильного цикла, вытяжные механизмы ленточных, ровничных и прядильных машин для всех видов волокон [3];

- различные валковые механизмы отделочных машин — каландров, плюсовых, отжимов, джигтеров, печатные пары [4, 5];

- фрикционные мотальные механизмы для всех видов волокон [6].

В большинстве этих механизмов осуществляется процесс прокатки обрабатываемого продукта между валками. В качестве объекта прокатки могут быть волокно-сырец, льняная треста, лента, ровница и пряжа всех видов волокон, ткани в расправленном состоянии и в жгуте. Характер обрабатываемого материала вносит свои особенности в механику процесса. Например, в прядильных машинах материал практически не оказывает влияния на процесс взаимодействия валика и цилиндра. Таким же образом можно рассматривать процесс фрикционной намотки. В большинстве же случаев свойства обрабатываемого материала оказывают влияние на механику процесса, и их надо учитывать.

В некоторых случаях прокатываемый материал можно рассматривать как деформируемое звено механизма [7, 8]. Как валки, так и обрабатываемый материал чаще всего нежесткие. Они имеют различные деформативные характеристики, которые могут изменяться при изменении условий обработки: нагрузки в паре валков, скорости прокатки, температуры. Колебания, возникающие в валковых системах, оказывают значительное влияние на результаты технологического процесса, качество получаемого продукта. Они влияют также на надежность работы механизмов, их работоспособность и долговечность [9, 10].

Возмущающими факторами при работе валковых систем являются, прежде всего, дефекты самого механизма. Это — эксцентриситет цилиндров рабочих органов, смещение центров масс и другие дефекты изготовления и сборки. Частота этих возмущений стабильна и пропорциональна частоте вращения валов [11, 12, 13]. Источником возмущений может быть и сам обрабатываемый материал, его неравномерность по геометрическим формам и физическим свойствам [13, 14, 15]. Эти возмущения носят преимущественно случайный характер. Могут быть импульсные возмущения в виде швов или случайных включений в волокнистый материал [16, 17]. При фрикционной намотке причиной возникновения колебаний могут быть дефекты самого тела намотки — отклонение от назначенных форм тела вращения,

жгутовая намотка, смещение центра масс, огранка. При высокоскоростной мотке может возникать явление резонанса. Частоты возмущения могут быть кратными частоте вращения паковки и изменяться с возрастанием ее размеров [6]. К сожалению, этот вопрос, особенно влияние дефектов тела намотки, изучен весьма слабо.

Для изучения колебаний в валковых системах в настоящее время используются методы динамического моделирования. Чаще всего используется модель, принимающая объект за систему с одной степенью свободы [13, 17]. Концептуальная модель процесса взаимодействия валкового устройства с текстильным материалом описана в статье [18]. Здесь в систему, имеющую несколько степеней свободы, включается также и обрабатываемый материал (ткань).

В большинстве валковых систем, кроме возмущающих факторов, имеют место и демпфирующие явления [19]. Таковыми являются прижимные устройства, включающие в себя резиновые амортизаторы и пневматические элементы, эластичные покрытия, которыми снабжены многие рабочие органы, валы из сплошных материалов (наборные валы отделочного оборудования, нажимные валики прядильных машин). Если свойства резин и пластмасс известны достаточно хорошо [20], то действие покрытий из этих материалов в качестве демпферов изучено недостаточно.

Практически совершенно не изучено демпфирующее действие самого обрабатываемого материала, хотя некоторые работы этого направления опубликованы [21, 22, 23]. Нет никакой информации о том, в каких случаях влияние материала в валковых системах следует учитывать при изучении механики процесса, в каких нет.

Разработаны и апробированы методы определения коэффициентов вязкого сопротивления при деформировании покрытий нажимных валиков прядильных машин, для тел намотки [21, 22]. При исследовании вибраций механико-технологических систем возникла гипотеза об однонаправленной вязкости упруго-вязких материалов [23, 24, 25], которую необходимо всесторонне экспериментально проверить. Кроме того, по-видимому, следовало бы проанализировать поведение обрабатываемого материала, когда он влечет за собой как возмущение, так и демпфирование процесса вибраций.

#### **Вывод**

Перечисленные проблемы в вопросах исследований виброактивности валковых систем текстильных машин должны нацелить дальнейшие исследования этих систем на решение задач как рационального построения технологических процессов, так и надежности и долговечности оборудования при его эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирошниченко Г. И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. — М. : Машиностроение, 1972.
2. Смирнов Б. И. Проектирование машин первичной обработки лубяных волокон / Б. И. Смирнов, Г. К. Кузнецов. — М. : Машиностроение, 1967.
3. Макаров А. И. Расчет и конструирование машин прядильного производства / А. И. Макаров и др. — М. : Машиностроение, 1981.
4. Коньков А. И. Оборудование отделочного производства текстильной промышленности / А. И. Коньков, Ю. Р. Зельдин и др. — М. : Легкая индустрия, 1964.
5. Фомин Ю. Г. Основы теории, конструкция и расчет валковых машин / Ю. Г. Фомин и др. — Иваново : Изд-во ИГТА, 1999. — Ч. 1, 2.
6. Прошков А. Ф. Машины для производства химических волокон. — М. : Машиностроение, 1973.
7. Мигушев И. И. Механика текстильной нити и ткани. — М. : Легкая индустрия, 1980.
8. Кваченок К. А. Структурный анализ многовалковых механизмов текстильных машин / К. А. Кваченок, Г. К. Кузнецов // Изв. вузов. ТТП. — 1982. — № 1.
9. Пирогов К. М. Основы надежности текстильных машин / К. М. Пирогов, Б. А. Вяткин. — М. : Легпромбыт-издат, 1985.
10. Худых М. И. Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. — М. : Легкая индустрия, 1980.
11. Петровский В. С. Влияние точности валковых механизмов на колебания нагрузки // Изв. вузов. ТТП. — 1995. — № 4.
12. Фарукшин В. В. Расчет колебаний нагрузки на нажимной валик вытяжного механизма машин ПМ-88-Л15 с учетом упруго-демпфирующих свойств системы нагружения / В. В. Фарукшин, В. Н. Аносов, С. Е. Проталинский // Сборник научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома : КГТУ, 1997.
13. Бойко С. В. О вероятных причинах возникновения вибраций рабочих органов текстильных машин / С. В. Бойко, Г. К. Кузнецов, С. Н. Титов // Вестник КГТУ. — 2002. — № 5.
14. Румянцев М. А. Влияние неровноты продукта на вибрации нажимного валика / М. А. Румянцев, Г. К. Кузнецов, С. Н. Титов, С. В. Бойко // Изв. вузов. ТТП. — 1993. — № 1.
15. Кузнецов Г. К. Влияние неровностей материала на работу валковых модулей / Г. К. Кузнецов, Ю. Г. Фомин // Изв. вузов. ТТП. — 2004. — № 4.
16. Кузнецов Г. К. Особенности вибраций в валковых механизмах при кратковременных возмущениях / Г. К. Кузнецов, С. Н. Титов, Ю. Г. Фомин, С. В. Белов // Изв. вузов. ТТП. — 2004. — № 3.
17. Петровский В. С. Колебания нагрузки в вытяжных приборах прядильных машин / В. С. Петровский, Р. В. Корабельников, А. П. Соркин // Изв. вузов. ТТП. — 2003. — № 3.
18. Калинин Е. Н. Концептуальная модель процесса взаимодействия валкового устройства с текстильным материалом // Изв. вузов. ТТП. — 2000. — № 2.
19. Кузнецов Г. К. Свойства волокнистого материала и вибрации в механизмах / Г. К. Кузнецов, С. Н. Титов // Изв. вузов. ТТП. — 2000. — № 5.
20. Колтунов М. А. Упругость и прочность цилиндрических тел / М. А. Колтунов и др. — М. : Высшая школа, 1975.
21. Титов С. Н. Комплексный анализ и усовершенствование мотального механизма ПСК-225-ЛЮ : дис. ... к. т. н. — Кострома : КТИ, 1994.
22. Фарукшин В. В. Методы экспериментального определения упруго-вязких характеристик механико-технологических систем текстильных машин / В. В. Фарукшин, С. Н. Титов, Г. К. Кузнецов // Изв. вузов. ТТП. — 2003. — № 3.
23. Фарукшин В. В. Влияние вязких свойств системы на ее упругие колебания / В. В. Фарукшин, С. Н. Титов, Г. К. Кузнецов // Вестник КГТУ. — 2004. — № 9.
24. Титов С. Н. Нелинейная механика текстильных процессов : монография. — Кострома : КГТУ, 2004.
25. Титов С. Н. Комплексная динамическая модель текстильной машины с учетом взаимодействия с перерабатываемым материалом : дис. ... д. т. н. — Кострома : КГТУ, 2004.

G.K.Kuznetsov, S.N.Titov, V.V.Farukshin  
VIBRATION PROBLEMS IN TEXTILE MACHINE ROLL SYSTEM

УДК 677.052.37

## ВЫРАБОТКА ОБОСНОВАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К УНИФИКАЦИИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ГОЛОВНЫХ ПЕРЕДАЧ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН

В.Г. Каленъев, А.И. Назаров

Изложены результаты исследования конструктивных особенностей узлов головных передач прядильных машин на основе технико-экономических показателей. Выработаны обоснованные требования к унификации элементов деталей и ТУ подшипниковых узлов головных передач прядильных машин.

Одним из направлений повышения конкурентоспособности отечественных прядильных машин (ПМ) является унификация конструкций деталей и узлов, в том числе механизмов привода головной передачи (ГП). Анализ конструкторско-технологической документации ГП прядильных машин (ПМ-88-Л5, П-75-ШГ, ПСК-225-Л0 и др.) позволил выявить большое многообразие конструкторских решений и, как следствие, существенное количество технологических методов их реализации. Кроме того, для поддержания машин в рабочем состоянии на текстильных предприятиях требуются значительные материальные затраты на приобретение разнообразных комплектующих (запчастей), а также повышенные трудозатраты на ремонтные операции. Особенно остро эти недостатки проявляются при существующих ценах на материалы и комплектующие изделия, энергоресурсы, при выпуске ПМ малыми партиями, а также при автоматизированном проектировании машин и технологической подготовке их производства с использованием САПР различного назначения.

Снизить напряженность ситуации можно за счет ускорения и расширения работ по унификации конструкций элементов деталей и узлов ПМ и технологий их изготовления. Теоретической основой такого подхода может служить разработанная модульная система конструкторской и технологической подготовки производства [1].

В качестве объекта на первом этапе унификации были выбраны подшипниковые узлы (ПУ) головных передач прядильных машин ПМ-88-Л5, П-75-ШГ, ПСК-225-Л0.

Изучение чертежей ГП исследуемых ПМ позволило выявить большое разнообразие конструкторских решений и типоразмеров компоновок ПУ. Корпусные детали применяются трех видов: собственно корпуса с двумя и более точно расположенными отверстиями под подшипники, гитары, стаканы. Валы могут быть гладкие, ступенчатые с одной или двухсторонним расположением ступеней. Подшипники в корпусе фиксируются кольцами по ГОСТ 13943-86, устанавливаемыми с наружной стороны подшипников. Фиксация подшипников на валу осуществляется с помощью торцев ступенчатых валов, распорных втулок или колец по ГОСТ 13494-86.

Осовой зазор, гарантирующий нормальную работу подшипников, обеспечивается методом регулировки с применением комплекта компенсаторов в виде набора прокладок разной толщины. Зубчатые колеса (ЗК) фиксируются на валу в осевом направлении с помощью распорных втулок или колец ГОСТ 13942-86.

Таким образом, при всем разнообразии конструкций в подшипниковых узлах ГП прядильных машин можно выделить три основных объекта анализа: способ установки и фиксации подшипников в корпусе, способ установки, фиксации и крепления подшипников на валу. Поскольку в ПУ применяется один достаточно технологичный способ установки подшипников в корпусе, то изучение способов установки подшипников на вал можно проводить без учета конструкций корпусных деталей. Это упростило анализ и позволило выявить и систематизировать схемы установки подшипников в ПУ изучаемых ПМ (табл. 1).

Таблица 1

Количество вариантов схем установки подшипников

Модель ПМ	№ подшипника	Количество схем в ГП	Количество типоразмеров
ПМ-88-Л5	60206	5	11
	60207	1	1
П-75-ШГ	60205	7	11
ПСК-225-Л0	60204	6	21

Анализ посадок подшипников в корпус и на вал, втулок и ЗК на вал показал, что в ПУ головной передачи каждой машины принята единая система посадок. Однако между машинами унификация посадок отсутствует за исключением посадки отверстия под подшипник в корпусных деталях.

Расстояния между подшипниками в корпусе и на валу взаимосвязаны, но не унифицированы в размерный ряд, допуски и отклонения размеров не упорядочены (табл. 2).

На основании изучения чертежей ПУ ГП исследуемых машин установлено, что в подшипниковых узлах ГП:

1. Применяются шарикоподшипники ГОСТ 7242-81 разных типоразмеров, и используется один способ установки и фиксации подшипников в отверстие корпуса;



2. Применяются разные способы осевой фиксации подшипников на валу. При этом внутри каждой машины наблюдается различный уровень унификации способов фиксации, например, в ГП машины ПСК-225-Л10 принят один способ фиксации на валу подшипников и шестерен — ступенчатый вал и втулки. Наибольшее разнообразие на машине ПМ-88-Л15.

3. Базовые расстояния и отклонения размеров между подшипниками не унифицированы.

4. Применяются различные качества точности и посадки подшипников, шестерен, втулок;

На основании проведенного анализа следует:

1. Обосновать экономически целесообразную конструкцию ПУ;
2. Упорядочить систему посадок подшипников, втулок, колец;
3. Унифицировать размерный ряд базового расстояния между подшипниками;
4. Унифицировать по возможности размеры остальных деталей узлов крепления подшипников.

Для выбора единой, рациональной схемы установки подшипников на вал в качестве критерия были приняты штучное время и стоимость выполнения операций при изготовлении деталей, влияющих на изменение затрат (вал, втулка, кольцо). Для сопоставления результатов была разработана специальная методика [2], позволяющая оценить сравнительную стоимость и трудоемкость изготовления ПУ в зависимости от принятой схемы установки подшипников на вал, в основу которой положен единый размерный ряд расстояний между подшипниками L. Результаты исследования представлены на рис. 1, 2, 3.

В данной статье приведены результаты анализа только конструкций подшипниковых узлов ГП прядильных машин.

На рис. 1, а, б представлены графики изменения времени обработки ( $T_{\text{очн}}$ ;  $T_{\text{шт}}$ ) валов от конструкции вала, способа фиксации подшипников и базовой длины L.

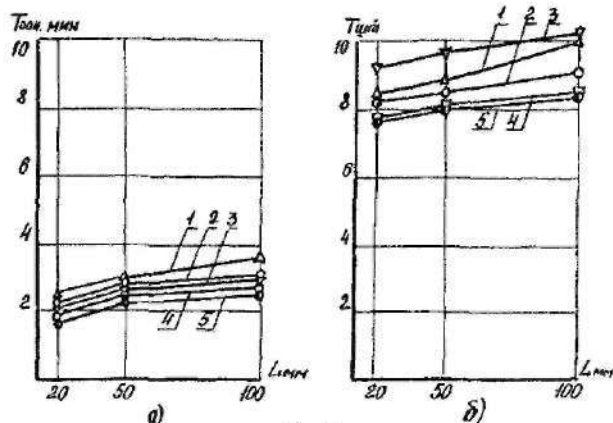


Рис. 1

Аналізу подверглись: 1 — ступенчатый одно-сторонний вал с двумя кольцами; 2 — ступенчатый одно-сторонний вал с кольцом и втулкой; 3 — ступенчатый двухсторонний вал с кольцом; 4 — гладкий вал с кольцами; 5 — гладкий вал с двумя проставными втулками.

На рис. 2 показаны зависимости изменения стоимости изготовления валов (рис. 2, а); материала на заготовку (рис. 2, б) и суммарная стоимость изготовления валов (рис. 2, в) вышеперечисленных конструкций.

Таблица 2

Посадки и отклонения элементов ПУ

Марка ПМ	Подшипник		Диаметр отверстия и посадка на вал		Расстояние между подшипниками	
	№	ширина	ЗК	втулки между подшипниками	на валу	в корпусе
ПМ-88-Л15	60207	17	35 Н8/н9	-	98,4 ± 0,23	137
	60206	16	30 Н9/н9	-	101 ± 0,23	137
	60206 сдвоенный		30 Н8/н9	-	1,7 h12	35 ±
			25 Н8/н9	-	103 ± 0,23	157
	60207	17	35 Н9/н9	35 <sub>-0,02</sub>	14 ± 0,2	размер получается пересчетом 56 <sub>-0,4</sub>
П-75-ШГ	205	15	-	25+0,28/j <sub>6</sub>	20 <sub>-0,28</sub>	53,4 <sub>+0,30</sub>
			25 Н8/н6	25 +0,28/н6	50 <sub>-0,34</sub>	83,4 <sub>+0,35</sub>
				25±0,32 <sub>0,52</sub>	50±0,3	83,4 <sub>+0,35</sub>
				25-	130 <sub>-0,4</sub>	163,4 <sub>+0,4</sub>
			25 S7/н6	-	30 <sub>-0,21</sub>	63,4 <sub>+0,3</sub>
ПСК-225-Л10	60204	14	20Н9/г7	-	32 <sub>-0,25</sub>	63,6 <sub>+0,3</sub>
			20 Н8/н9	-	57 <sub>-0,3</sub>	88,6 <sub>+0,35</sub>
				-	94 <sub>0,35</sub>	125,6 <sub>+0,4</sub>
				-	129 <sub>-0,4</sub>	160,6 <sub>+0,4</sub>
			20 Н9/г7	20 Н8/г7	20 <sub>-0,21</sub>	51,6 <sub>+0,3</sub>

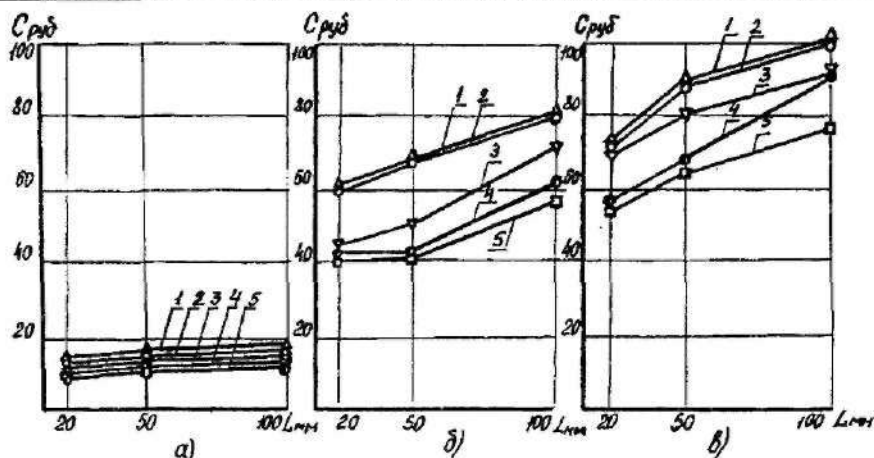


Рис. 2

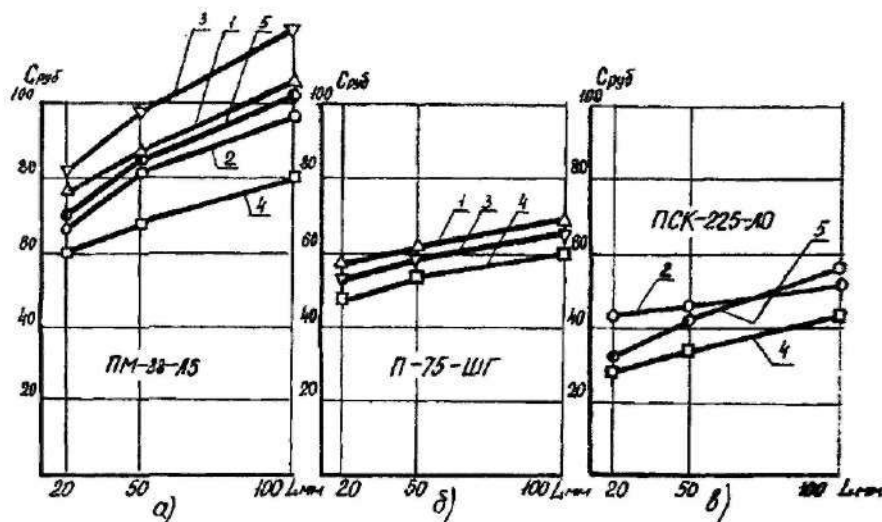


Рис. 3

На рис. 3 показана относительная стоимость изготовления узлов по машинам с учетом комплектующих деталей (втулки, стопорные кольца, компенсационные прокладки) и способы установки подшипников.

Анализ полученных результатов показал, что стоимость механической обработки валов зависит от диаметра и сложности конфигурации вала, количества дополнительных поверхностей на нем и мало зависит от базовой длины между подшипниками. Наибольшую стоимость имеют ступенчатые валы с проточками под кольца, наименьшую — гладкие валы, применяемые в комплекте с втулками. Стоимость вала определяется, главным образом стоимостью заготовки. Наименьшую стоимость фиксации подшипников на валу имеет комплект колец, наибольшую — комплект втулок, включающих распорную втулку, устанавливаемую между подшипниками. В итоге: наименьшую стоимость имеют ПУ с

гладким валом и фиксацией подшипников кольцами. Большое влияние на стоимость ПУ оказывают размеры подшипников, так как непосредственно влияют на металлоемкость узла. Правильный выбор подшипников с учетом перечисленных факторов может значительно снизить стоимость ПУ.

#### Выводы

1. Основной фактор, резко изменяющий стоимость узла, — это стоимость заготовки вала.
2. Стоимость механической (токарной и шлифовальной) обработки валов изменяется незначительно.
3. Гладкие валы с распорной втулкой между подшипниками в случае больших расстояний применять не рекомендуется. Более выгодно использовать крепление подшипников кольцами, при этом затраты на изготовление узла с гладким валом и кольцами — наименьшие.

Таким образом, при проектировании ПУ желательно применять гладкие валы, фиксацию под-



шипников кольцами, выбирая базовое расстояние между подшипниками из стандартного ряда, например, 35, 45, 55, 65, 85, 125, 140, 160 мм. Выпол-

ненная работа может быть заложена в основу разработки стандарта предприятия на проектирование и изготовление ПУ прядильных машин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калентьев В.Г. Модульная система конструкторской и технологической подготовки производства // Организация конструкторской и технологической подготовки производства на основе групповой обработки и вычислительной техники : сб. тр. — Кострома : ЦНТИ, Дом техники НТО, 1987. — С.3—36.
2. Калентьев В.Г. Анализ схем установки подшипников на валы в узлах головной передачи прядильных машин / В. Г. Калентьев, А. И. Назаров, О. К. Шишанов // Актуальные проблемы переработки льна в современных условиях : тез. междунар. научно-технической конф. «Лен-2000». — Кострома, 2000.

V.G.Kalentyev, A.I.Nazarov

#### YROUND DECISION ELABORATION TO SPINNING MACHINE BEAD GEARING BLOCK UNIFICATION

УДК 677.051

#### ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ УСИЛИЙ В ЛЬНЯНОМ ВОЛОКНЕ ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ ТРЕПАНИИ

*Р.В. Корабельников, Э.В.Новиков, С.М. Выхарев*

Трепание длинного льняного волокна является динамичным процессом, который во многом зависит от усилий, возникающих в волокне при взаимодействии с бильными планками барабанов. При натяжении волокна создаются условия для эффективного удаления кистры и нежелательного снижения выхода длинного волокна. В статье рассмотрено изменение усилий в волокне при трепании (усилия втягивания) и характер их изменения во времени (по длине барабана), определены три характерных участка изменения натяжения. Результаты могут быть полезны при проектировании новых машин и назначении режимов работы трепальных машин.

Большой вклад в теоретическое и экспериментальное изучение усилий в льняном волокне при трепании внесли ученые [1—6], которые рассматривали процесс двустороннего трепания двух-, трех-, четырехбильными и шестибильными барабанами, имеющими тангенциально расположенные бильные планки. В данных работах не изучалось натяжение волокна при одностороннем трепании, а также нет объяснений характера изменения сил натяжений в связи с изменяющимися свойствами волокна при односторонней обработке барабаном, имеющим число радиально установленных бильных планок более четырех.

Задачей нашего исследования является изучение усилий натяжения волокна в процессе его трепания одним многобильным барабаном в течении времени обработки по длине барабана. Для этого были проведены опыты, в которых обрабатывался льняной сырец одним шестибильным барабаном с радиально установленными билами (зона I агрегата АЛС-1), имеющим 12 рабочих кромок. Сырец зажимался в колодку и транспортировался в зону трепания. Во время движения материала вдоль барабана производилась запись величины натяжения. Для получения тензограмм изменения натяжений применялась тензометрическая аппаратура [5], имеющая двухкольцевой датчик [7], который воспринимал сигналы и подавал их на СИИТ (система интегральная измерительная). Далее сигналы поступали

в ЭВМ, где обрабатывались по специальной программе и отображались на мониторе в виде массива значений. Результаты в виде текстовых файлов проходили обработку в программе «Excel», где строились графические зависимости усилий от времени обработки по длине барабана. Для того чтобы получить характер нагружения при условии, что материал мало изменяет свои свойства при обработке, нами в качестве материала применялись три ленты, каждая шириной 10 мм из полиэфирного волокна, которые зажимались в колодку на общую ширину 150 мм на расстоянии 50 мм друг от друга, а также лентсырец, полученный из тресты нормальной вылежки. Устанавливались реальные для практического использования режимы обработки и плотность питания льняного сырца в трепальной машине. Изменение натяжения лент в виде типовой осциллограммы представлено на рис.1, где  $T$  — сила натяжения лент (сила втягивания) на метр ширины зажима в колодке,  $t$  — время обработки сырца.

Полученные тензограммы были в целом идентичны. На рис.1 показана типовая тензограмма для лент. В начале взаимодействия ленты с рабочими кромками барабана происходит резкое повышение усилий, далее наблюдается колебательный характер изменения натяжения, однако значения усилий колеблются около среднего значения и по ходу обработки не снижаются. Постоянство натяжения объясняется тем, что ленты не изменяют свои свойства в

процессе обработки (являются однородные по своим свойствам), а колебания значений около какого-то среднего объясняются попеременным воздействием на ленты рабочих кромок, в результате чего ленты движутся хаотично, испытывая то захлестывание концов, то сход их с бильных планок, взаимодействуя при этом с разным количеством рабочих кромок барабана.



Рис. 1

При этом следует отметить три характерных участка (рис. 2). Первый участок а-б характеризуется пиком нагрузки в начальный момент. В этот момент волокно еще непараллелизованное, жесткое и имеет высокую массовую долю костры, кроме того, в начальный момент взаимодействия волокна с биллом возникают высокие инерционные нагрузки в относительном движении волокна по бильным планкам. Второй участок б-с — завершение первого этапа и снижение нагрузки. Анализируя третий участок с-д

(см. рис. 2), можно видеть постепенное снижение усилий натяжения. Второй и третий участки соответствуют постепенному изменению свойств волокна во времени (по длине барабана). Эти изменения связаны со значительным уменьшением массовой доли костры; увеличением параллелизации волокон в госте; увеличением гибкости волокна и частично ухода длинных волокон в отходы.

На рис. 2 показана типовая тензограмма натяжения комлевой части волокна. Анализируя типовую тензограмму натяжения волокна, можно видеть, что изменение натяжения во времени имеет характер, отличающийся от обработки лент.

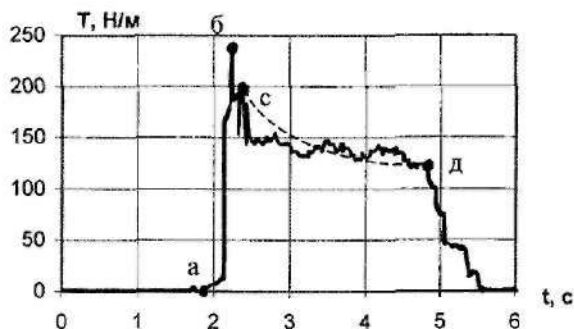


Рис. 2

Описанные этапы очистки волокна путем одностороннего трепания подтверждаются экспериментальными значениями некоторых характеристик волокна, которые представлены в таблице.

Таблица

Характеристика процесса трепания	В начале обработки (после мятья)	В конце обработки (после зоны одностороннего трепания)	Разность
Изменение массовой доли костры, %	65,9	27,0	38,9
Выход длинного волокна, %	79,2	35,1	44,0
Горстевая длина волокна, мм	63,9	60,6	3,30

В соответствии с представленным анализом можно построить графические зависимости изменения технологических параметров процесса и их корреляцию между усилиями при натяжении и технологическими параметрами. Участок с-д, соответствующий натяжению волокна комлевой части при его обработке, можно аппроксимировать следующим полиномом (рис. 2 — штриховая линия)

$$T = A + Bt + Ct^2, \quad (1)$$

где  $t$  — время обработки;  
 $A, B, C$  — постоянные.

Например, при аппроксимировании тензограммы на рис. 2 получен полином следующего вида:

$$T = 244,2 - 47,5t + 4,85t^2. \quad (2)$$

Выражение (2) применимо для следующих условий: плотности загрузки волокна в трепальную часть — 0,38 кг/м; длине пряжи в обработке — 0,5 м, длине барабана — 0,66 м, числе билл на барабане — 6; частоте вращения барабана — 300 мин<sup>-1</sup>; скорости перемещения волокна — 12 м/мин.

Таким образом, изучение процесса взаимодействия волокна с трепальными барабанами по-

зволяет получить новые данные о процессе трепания, на основании чего можно сделать следующие выводы:

1. В процессе трепания льняного волокна вдоль трепальной секции явно просматривается три характерных участка нагружения волокна: начальный — соответствует взаимодействию бил с волок-

ном при высоких значениях нагрузки; падение первоначального пика нагрузки и постепенное ее снижение, что связано с изменением свойств перерабатываемого сырца.

2. Полученные данные будут полезны при проектировании новых машин и назначении режимов работы трепальных машин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суслов Н.Н. Исследование процесса трепания льна : дис. ... док. техн. наук. — М. : МТИ, 1961.
2. Андреев В.В. Изучение некоторых конструктивных и технологических параметров процесса трепания волокна / В. В. Андреев, И. Ю. Мастейкене-Пакалкайте // Сб. научно-иссл. трудов / под ред. Л.Н. Гинзбурга. — Москва, 1963. — Т. XIX.
3. Коновалов В.В. Разработка и исследование конструкции трепальных барабанов агрегата МТА-1Л : дис. ... канд. техн. наук. — Кострома, 1988.
4. Дьячков В.А. Теоретическое обоснование технологических и конструктивных параметров машин для производства длинных волокон льна : дис. ... док. техн. наук. — Кострома, 2003.
5. Вихарев С.М. Совершенствование конструкции и технологических параметров машины для трепания льна : дис. ... канд. техн. наук. — Кострома, 2003.
6. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса трепания льна : монография / А. Б. Лапшин, Е. Л. Пашин. — Кострома : КГТУ, 2004.
7. Новиков Э.В. Обоснование параметров и характеристик малогабаритной трепальной машины : дис. ... канд. техн. наук. — Кострома, 1998.

R.V.Korabelnikov, A.V.Novikov, S.M.Vikharev

#### FLAX FIBRE STRENGTHENING CHANGE CHARACTER DURING ONE-DIRECTION SCUTCHING

УДК 677.052

#### АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО МОМЕНТА ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКОВОМ УЗЛЕ ПОДВЕСКИ РОВНИЧНОЙ КАТУШКИ

Б.А. Соржин, С.В. Палочкин

В статье предлагается методика аналитического расчета суммарного момента трения в подшипниковом узле подвески катушек с учетом отклонения формы или волнистости поверхности опорной поверхности подшипника.

Одним из основных требований к подшипниковому узлу подвески ровничной катушки является стабильность в нем момента трения при ее вращении. Нестабильность момента трения приводит к динамическим нагрузкам на ровницу, что может сказываться на ее неровноте и обрывности, а также к неравномерности вращения катушки и ее раскачиванию, что, в свою очередь, может приводить к сползанию и слету витков ровницы.

Одной из причин возникновения нестабильности момента трения в подшипниковом узле, на наш взгляд, может являться макронеровность поверхности беговых дорожек упорных шайб подшипника, что приводит к осевому перемещению вращающихся частей подвески. При  $S/R > 1000$ , где  $S$  — шаг неровности, а  $R$  — ее высота, геометрическая характеристика качества поверхности определяется как отклонение формы (или макронеровность), при  $S/R=50...1000$  — как волнистость [1].

Представим дно беговой дорожки упорной шайбы подшипника как замкнутую криволинейную поверхность вдоль оси симметрии шайбы. Естественно предположить, что для преодоления отклонения формы или волнистости поверхности дорожки необходимо приложить дополнительную силу.

Найдем закон изменения силы  $\bar{Q}$  (составляющей силы натяжения ровницы) для реализации движения с постоянной скоростью  $\dot{x}_c$ , при которой возможно преодоление отклонения формы или волнистости поверхности дорожек и момента трения качения шарика по дорожке (рис. 1).

Пусть задана периодическая функция

$$Y = f(x), \quad (1)$$

отражающая отклонения формы или волнистости поверхности у нижней дорожки шарикового подшипника, причем  $x$  — координата, заданная вдоль

дорожки. Для упрощения (в связи с малостью инерционных сил по сравнению с активными из-за очень медленных процессов), не умаляя общности задачи, считаем возможным рассматривать плоскую задачу, заменив направляющую дорожки достаточно протяженной периодической плоской кривой типа (1), причем

$$f(x + 2\pi R_0) = f(x), \quad (2)$$

где  $R_0$  — радиус направляющей дорожки.

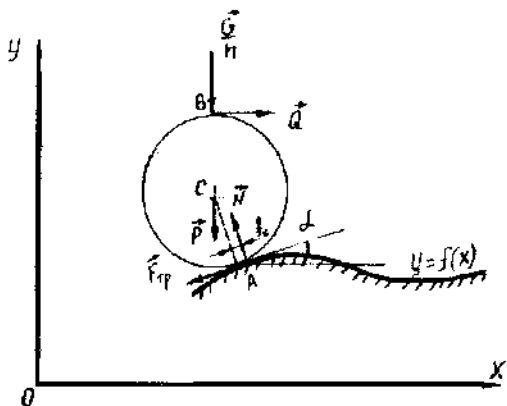


Рис. 1. Схема сил, действующих на шарик подшипника

Рассмотрим детально процессы, возникающие при чистом качении шарика по кривой (1).

Найдем закон изменения силы  $Q$  для реализации движения центра шарика с постоянной скоростью  $\dot{x}_c = const$  с учетом дополнительных усилий, возникающих вследствие инерционных сил. Воспользуемся дифференциальным уравнением плоскопараллельного движения [2].

$$\left. \begin{aligned} m \ddot{x}_c &= Q - N \sin \alpha - F_{тр} \cos \alpha; \\ m \ddot{y}_c &= N \cos \alpha - ((G/n) + P) - F_{тр} \sin \alpha; \\ I_c \ddot{\varphi}_c &= N f_k - (Q + F_{тр}) r, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $P$  — вес шарика;

$m = P/g$  — масса шарика;

$N$  — сила реакции дорожки;

$F_{тр}$  — сила трения;

$n$  — количество шариков;

$G$  — вес подвески;

$I_c$  — момент инерции шарика;

$f_k$  — коэффициент трения шарика о дорожку;

$\varphi_c$  — угол поворота шарика относительно точки  $C$ ;

$r$  — радиус шарика.

В полученной системе угол  $\alpha$  определится из выражения

$$\alpha = \arctg df/dx. \quad (4)$$

По условию задачи  $\ddot{x}_c = 0$ , откуда

$$\dot{x}_c = C_1 = const.$$

Интегрируя это выражение, получим

$$x_c = C_1 t + C_2. \quad (5)$$

Постоянная интегрирования  $C_1$  задается заранее, а  $C_2$  определяется из начальных условий.

Сила трения есть линейная функция от нормальной к кривой реакции

$$F_{тр} = f_k \cdot N / r.$$

Из условия  $\ddot{x}_c = 0$  первое уравнение (3) обращается в нуль

$$0 = Q - N \cdot \sin \alpha - F_{тр} \cos \alpha = Q - N(\sin \alpha + (f_k/r) \cdot \cos \alpha),$$

что позволяет определить реакцию удерживающей связи — дорожки

$$N = Q / (\sin \alpha + (f_k/r) \cdot \cos \alpha). \quad (6)$$

Кривая, по которой движется центр шарика, задается соотношением

$$y_c = f(x_c) + r / \cos \alpha.$$

Дважды продифференцировав это выражение по  $t$  с учетом того, что  $\ddot{x}_c = 0$ , и имея в виду (4), получим

$$\begin{aligned} \ddot{y}_c &= \left[ \frac{d^2 f}{dx^2} \dot{x}_c^2 + \frac{df}{dx} \ddot{x}_c \right] \left[ 1 + \frac{r}{\cos \alpha} \frac{1}{1 + \left( \frac{df}{dx} \right)^2} \frac{d^2 f}{dx^2} \right] + \\ &+ \dot{x}_c \frac{df}{dx} \frac{d}{dt} \left[ 1 + \frac{r}{\cos \alpha} \frac{1}{1 + \left( \frac{df}{dx} \right)^2} \frac{d^2 f}{dx^2} \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) во второе уравнение (3), получим

$$\frac{P}{g} \ddot{y}_c = Q \frac{\cos \alpha - f_k \sin \alpha}{\sin \alpha + f_k \cos \alpha} - \left( \frac{G}{n} + P \right)$$

Решая полученное уравнение относительно  $Q$ , имеем

$$Q = \left[ \frac{P}{g} \ddot{y}_c + \left( \frac{G}{n} + P \right) \right] \frac{\sin \alpha + f_k \cos \alpha}{\cos \alpha - f_k \sin \alpha}. \quad (8)$$

Полученное выражение представляет собой закон изменения силы, под действием которой шарик катится без скольжения с постоянной скоростью, задаваемой с технологической точки зрения.

Возвращаясь к пространственной задаче, свернем кривую в круговую дорожку с радиусом  $R_0$ . Пусть подшипниковый узел собран из трех шариков ( $n=3$ ), равноотстоящих друг от друга.

Суммарный момент трения подшипника определится из выражения

$$M_{тр}^{\Pi} = 3R_0Q, \quad (9)$$

при этом считаем нагрузку равномерно распределенной на каждый из шариков, а сила  $Q$  рассчитывается из выражения (8).

Из выражения (9) видно, что момент трения в подшипниковой опоре, при постоянстве радиуса дорожки подшипника, определяется силой  $Q$ , значение которой определяется параметрами отклонения формы или волнистости поверхности подшипника, в

принципе, неизвестными. Можно предположить, что отклонение формы или волнистость поверхности является случайным параметром, зависящим не столько от свойств материала подшипника, которые могут незначительно меняться от колебаний химического состава компонентов при плавке металла, сколько от коробления опорной шайбы при термообработке и последующего копирования макронеровностей при механической обработке достаточно нежесткой детали. В связи с этим единственно возможным, на наш взгляд, методом определения формы или волнистости поверхности дорожек является экспериментальный, с последующей аппроксимацией ее одной из функций, например рядом Фурье, и использованием этой функции в качестве исходной (2) для расчета момента трения по (9).

#### Выводы

Предложена методика расчета суммарного момента трения в подшипниковом узле подвески с учетом отклонения формы или волнистости поверхности опорной поверхности подшипника.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора : справочник. — Л. : Машиностроение, 1984. — 464 с.
2. Аппель П. Теоретическая механика : в 2 т. — М. : Физматгиз, 1960.

*B.A. Sorkin, S.V. Pafochkin*

#### FRICITION SUM MOMENT ANALYTIC DEFINITION IN BEARING UNIT OF ROVING ROLLER HANGER

УДК 677.017

#### ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ПРОЦЕСС РАЗРУШЕНИЯ НИТИ ПРИ НЕРЕГУЛЯРНЫХ НАГРУЖЕНИЯХ

*Т.А. Кузина, А.П. Болотный*

Рассматривается влияние динамики испытательной машины на результаты испытаний.

При выработке тканей на ткацких станках нити основы взаимодействуют с рабочими органами и технологической оснасткой, причем это взаимодействие носит нерегулярный характер, что приводит к снижению прочности нитей. Определить потерю прочности основных нитей от таких деформаций невозможно из-за их дополнительных повреждений при взаимодействии с рабочими органами.

Для проведения испытаний по определению степени разрушения нити при нестационарных и нерегулярных нагружениях нами разработана испытательная машина, схема которой показана на рисунке 1, где 1, 3 — верхний и нижний зажимы соответственно, 2 — нить, 4 — направляющая, 5 — вал шагового двигателя, 6 — тросики, 7 — балочка с тензометрическим датчиком 8.

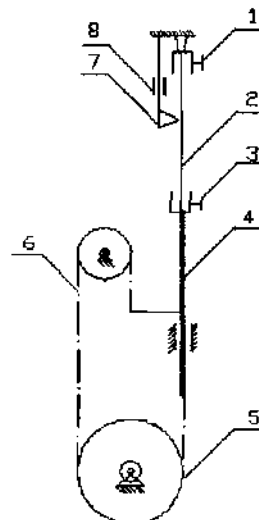


Рис.1. Схема испытательной установки

Испытания на растяжение материала традиционно относят к статическим. Однако этот процесс всегда связан с возникновением динамических эффектов, качественная и количественная оценка которых необходима для учета влияния конструкции машины на результаты испытаний.

Исследуем поведение нижнего зажима при подаче в систему единичного ступенчатого силового воздействия, то есть поворот вала двигателя на один шаг.

Составим динамическую и математическую модели исследуемой испытательной машины и проведем анализ влияния единичного воздействия от шагового двигателя на нижний (активный) зажим.

Динамическая схема системы представлена на рисунке 2.

В динамической модели:  $c_1, c_2, c_{нити}$  и  $\mu_1, \mu_2, \mu_{нити}$  — коэффициенты жесткости и демпфирования тросиков и нити соответственно,  $m$  — масса направляющей, приведенная к точке А,  $Y$  — линейное перемещение при повороте вала двигателя на один шаг,  $X$  — перемещение нижнего захвата разрывной машины.

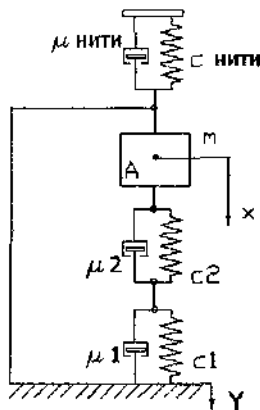


Рис. 2. Схема динамической модели системы

При составлении динамической модели делаем следующие допущения:

- коэффициенты жесткости  $c_1, c_2$  и демпфирования постоянные величины,
- силами трения в местах контакта тросика с валом пренебрегаем,
- шаговый двигатель обрабатывает жестко, то есть не имеет упругих и динамических характеристик (не осуществляет дополнения к колебательному процессу массы  $m$ ).

Коэффициенты демпфирования  $\mu_1, \mu_2$  определены по известной методике [1].

Рассматривать систему будем при кинетическом возбуждении, то есть при повороте вала двигателя на шаг.

Дифференциальное уравнение движения массы  $m$  будет иметь вид:

$$m\ddot{x} + \mu_{экс}\dot{x} + c_{экс}x = Yc_{экс}, \quad (1)$$

где  $\frac{1}{\mu_{экс}} = \frac{1}{\mu_1 + \mu_2} + \frac{1}{\mu_{нити}}$ ,  $\frac{1}{c_{экс}} = \frac{1}{c_1 + c_2} + \frac{1}{c_{нити}}$  — коэффициенты демпфирования и жесткости системы соответственно.

После преобразования получим:

$$\ddot{x} + 2 \cdot n \cdot \dot{x} + p^2 \cdot x = q, \quad (2)$$

где  $q = \frac{Y \cdot c_{экс}}{m}$ ;

$n = \frac{\mu_{экс}}{2m}$  — коэффициент затухания;

$p = \sqrt{\frac{c_{экс}}{m}}$  — круговая частота собственных колебаний.

Решение дифференциального уравнения (2) можно представить в следующем виде [2]:

$$x = \frac{q \cdot e^{-nt}}{c_{экс}} (1 - \cos pt) = \frac{Y \cdot e^{-nt}}{m} \cdot (1 - \cos pt). \quad (3)$$

Коэффициенты жесткости и демпфирования нити малы по сравнению с коэффициентами жесткости и демпфирования тросиков, и мы ими далее в расчетах пренебрегаем.

Параметры  $Y, \mu_{экс}, c_{экс}, m$ , входящие в уравнение (3), были определены экспериментально, с учетом которых построен график перемещения направляющей 4 во времени, где  $X(t)$  в миллиметрах,  $t$  в миллисекундах.

Графическое решение (рис. 3) позволяет сделать вывод о нерегулярном (колебательном) процессе деформирования нити при испытаниях, что соответствует реальному процессу основной нити на ткацком станке.

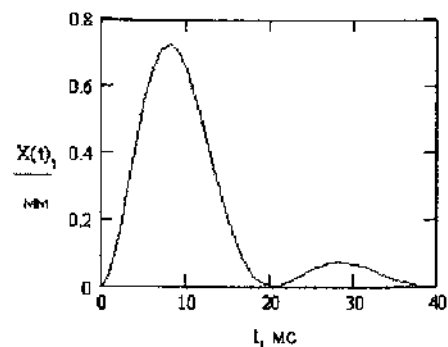


Рис. 3. Влияние единичного ступенчатого силового воздействия на нижний зажим



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пейн Г. Физика колебаний и волн. — М.: Мир, 1975.
2. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер. — М.: Машиностроение, 1985.

Т. А. Kuzina, А. Р. Bolotnyi

## TESTER-MACHINE DYNAMIC INFLUENCE UPON THREAD DESTRUCTION PROCESS DURING IRREGULAR LOADING

УДК 677.052

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НИТЕПРОВОДНИКОВ  
МАШИН МОКРОГО КОЛЬЦЕВОГО ПРЯДЕНИЯ ЛЬНА  
КОНСТРУКТИВНЫМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

В. В. Данилов, В. А. Гусев, П. Н. Белкин, Ю. Б. Полянский, И. Г. Дьяков, С. Ю. Шадрин, А. В. Кузьмичев

В статье приведены результаты исследований по повышению долговечности нитепроводящей гарнитуры машин мокрого кольцевого прядения льна методом электрохимико-термической упрочняющей обработки.

Основными причинами снижения работоспособности нитепроводящей гарнитуры машин мокрого кольцевого прядения льна (ММКПЛ) являются: сколы или растрескивание глазков при ударе концом шпули при съеме початка, интенсивное загрязнение нитепроводников непрямыми волокнами и их произвольное попадание в пряжу, вследствие чего происходит ухудшение её внешнего вида и повышение обрывности при последующей перемотке; износ рабочих поверхностей нитепроводящих деталей пряжей, вызванный наличием абразива  $\text{SiO}_2$  (HV 12,40 ГПа) в волокне. Двухокись кремния образуется также из силиката натрия, в растворах которого обрабатывается льняная пряжа при белиении и отваривании, т.к. часть раствора после промывания не удалится полностью из пряжи, и при сушке образуется  $\text{SiO}_2$ , которая усиливает износ в 2-3 раза по сравнению с обычной суровой пряжей. Льняное волокно обладает вдвое большей изнашивающей способностью, чем хлопок [1]. В таблице 1 приведены значения относительной износостойкости некоторых материалов, используемых для изготовления нитепроводников льнопрядильных машин.

На участке между нитепроводником и движущимся по прядильному кольцу бегунком образуется баллонированный участок, который играет важную роль в процессе прядения (рис.1). По форме баллона можно судить о натяжении, ровноте пряжи, колебании натяжения, правильности установки нитепроводящих деталей и т.д. Геометрическая форма нитепроводника, его расположение, состояние поверхности в немалой степени оказывают влияние на баллонированный участок пряжи и процесс прядения.

На большинстве прядильных машин для хлопка, шерсти, льна сухим способом применяют нитепроводники из проволоки в виде пространственной спирали в 1..1,5 витка, поверхность которой

подвергнута цианированию или другому аналогичному упрочнению. Эти нитепроводники обладают рядом полезных качеств:

- низкая трудоемкость изготовления;
- правильная геометрическая форма нитепроводящего участка;
- высокая чистота поверхности;
- удобство заправки нити и т.п.

Таблица 1

Относительная износостойкость материалов для нитепроводящих деталей, контактирующих с льняной пряжей

Наименование материала	Микротвердость HV, ГПа	Относительная износостойкость
Латунь Л59	1,03	1
Сталь 20 (нормальная)	1,98	6,3
Сталь 20 (цементация, закалка)	6,21	19,5
Фарфор	7,24	21,5
Гальванический хром	9,34	185,6
Сталь 20 (борированная)	14,00	1080
Минералокерамика ЦМ 332	16,00	2000
Твердый сплав Т15К6	16,28	3800

В ММКПЛ вследствие специфичности процесса прядения широкое распространение получили нитепроводники, выполненные из фарфора или ситалла. Наряду с высокой износостойкостью (см. табл.1), неподверженностью коррозии, указанные материалы обладают повышенной хрупкостью; могут приобретать в процессе работы шероховатую поверхность; достаточно сложны по конструкции, пряжа делает два перегиба при прохождении такого нитепроводника, что сказывается на её качестве.

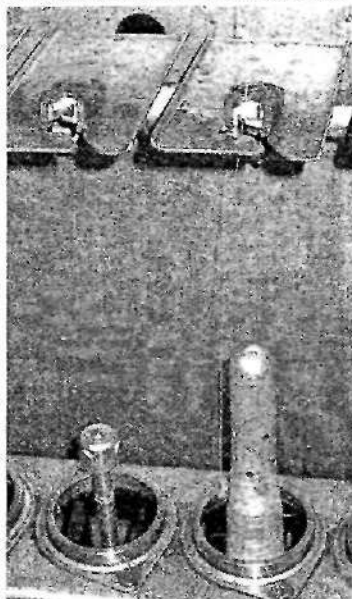


Рис.1. Нитепроводник ММКПЛ

Контакт пряжи с нитепроводником в прядильных машинах носит периодический, непостоянный характер, перемещающийся неререверсивно (в одном направлении), давление в контакте создается путем огибания и скольжения пряжи по криволинейной поверхности [2], что приводит к образованию канавок износа на рабочей поверхности нитепроводника и, как следствие, к повышенной обрывности пряжи.

Для устранения перечисленных недостатков специалистами ОАО «Костромское СКБТМ» предложено использовать в ММКПЛ нитепроводники из нержавеющей стальной проволоки марки 12Х18Н10Т, но при этом необходимо было решить следующие задачи:

- выбрать оптимальную, достаточно простую геометрическую форму нитепроводящей части (диаметр проволоки, диаметр, шаг и число витков спирали), конструкцию элементов крепления нитепроводника;

- добиться высокой износостойкости и низкой шероховатости поверхности;

- сохранить низкую себестоимость детали.

Опытная партия нитепроводников была изготовлена, подвергнута специальной упрочняющей обработке на кафедре физики КГУ им. Н.А. Некрасова и установлена на машинах ПМ-88-Л8 Вологодского льнокомбината и Льнообъединения им. И.Д. Зворыкина (рис.2).

На кафедре ТХОМ и ТС КГТУ в настоящее время проводятся исследования по определению относительной износостойкости нитепроводников, микроструктуры поверхностного слоя и оптимизации режимов упрочняющей электрохимико-

термической обработки (ЭХТО), применяемой для стальных изделий в водных растворах электролитов при локализации энергии вблизи детали-анода. ЭХТО приводит к формированию сплошной и устойчивой парогазовой оболочки, которая является как нагревающей, так и насыщающей средой. Прохождение тока через анодную оболочку благодаря эмиссии анионов раствора обеспечивает её разогрев до температур 800–1000°C.



Рис.2. Опытный нитепроводник из стали 12Х18Н10Т

Высокие скорости разогрева, обусловленные малой толщиной оболочки (десятки микрометров), позволяют сократить продолжительность нагрева до нескольких минут. Наличие в растворе летучих соединений азота или углерода (например, аммиака, оксида углерода или углеводородов) и их диффузия в оболочку с последующей адсорбцией на поверхности детали-анода создают условия для проведения скоростного азотирования или цементации. Закалка цементованных деталей осуществляется непосредственно после насыщения в том же электролите отключением напряжения.

Скоростное анодное упрочнение оказалось наиболее эффективным для обработки малогабаритных деталей [3]. На ремонтных участках ряда предприятий использовались установки типов «УХТО» или «АТО» для нитрозакалки оснастки из среднеуглеродистых сталей или цементации с закалкой из малоуглеродистых сталей. Специфика анодного нагрева исключает пережог кромок или изделий из проволоки, не требует предварительной подготовки обрабатываемых поверхностей или применения токсичных веществ. Подготовка оборудования к работе занимает несколько минут, что позволяет вести обработку даже единичных изделий без создания достаточно большого задела. В этом отношении установки ЭХТО выгодно отличаются от традиционных печей.

В данной работе изучается возможность анодного упрочнения деталей из нержавеющей стали 12X18H10T, обладающей хорошими антикоррозионными свойствами. Имеются сведения об улучшении механических свойств этой стали путём её насыщения углеродом в условиях анодного нагрева. Такие результаты получены при анодной обработке стали 12X18H10T в растворе, содержащем 10 % хлорида аммония и 10% глицерина [4]. Температура нагрева составляла 850°C, продолжительность — 10 мин, диаметр образцов 10 мм, длина 8 мм. Обработка осуществлялась стандартным погружением образцов в цилиндрическую рабочую камеру, с продольным обтеканием охлаждаемым электролитом. В результате диффузионного насыщения поверхностный слой по данным фазового анализа (дифрактометр HZG-4B,  $\text{CoK}_\alpha$ -излучение) содержал следующие фазы:  $\alpha$ -Fe,  $\gamma$ -Fe,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , FeO, TiO,  $\text{Ti}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ti}_4\text{O}_7$ ,  $\text{Fe}_2\text{C}$ , TiN (мало),  $\text{Ni}_3\text{N}$ ,  $\text{Cr}_2(\text{C},\text{N})$ ,  $\text{Cr}_{0,62}\text{C}_{0,35}\text{N}_{0,03}$ . Поверхностная микротвёрдость диффузионного слоя возросла до 13 ГПа от исходной, составлявшей 2,5 ГПа.

Для сравнения на рис.3 приведены графики распределения микротвёрдости на цементованных и закалённых цилиндрических образцах (диаметр 10 мм, глубина погружения 20 мм), обработанных при температуре 950 °С. Напряжение 200 В, ток 7 А.

Для стали 12X18H10T характерна небольшая растворимость в использованном растворе по сравнению с конструкционными сталями, что согласуется с данными [4]. В процессе обработки происходит анодное чернение образца с формированием на его поверхности тонкой оксидной плёнки, кромки и уголки образцов закругляются, но изменения размеров почти отсутствуют. Можно предположить, что низкая растворимость нержавеющей стали связана с очень слабой ионной проводимостью оксидных плёнок [5].

Опытная партия нитепроводников из стали 12X18H10T была обработана на установке УХТО в

аммонийно-глицериновом электролите при напряжении 270 В, тока 5–7 А в течение 5 мин. Детали насыщались углеродом, с них удалялись микронеровности и образовывалась окисная пленка. Микротвёрдость поверхностного слоя при этом значительно возросла. Предварительные испытания в условиях производства показали хорошую работоспособность нитепроводников новой конструкции для ММКПЛ.

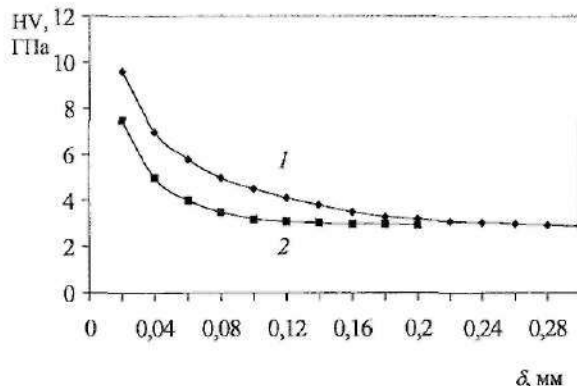


Рис. 3. Распределение микротвёрдости в поверхностном слое цементованной стали 12X18H10T. Время обработки (мин): 1 — 15; 2 — 5

#### Выводы:

Разработана новая конструкция и технология изготовления нитепроводников повышенной работоспособности для ММКПЛ.

Анодная цементация нержавеющей стали 12X18H10T методом ЭХТО позволяет повысить её поверхностную твёрдость без ухудшения прочностных свойств.

Технология ЭХТО нержавеющей стали 12X18H10T может найти применение для поверхностного упрочнения малогабаритных деталей машин текстильной и легкой промышленности, эксплуатируемых во влажной или агрессивной среде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худых М.И. Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. — М.: Легкая индустрия, 1980. — 334 с.
2. Букалов Г.К. Развитие теории взаимодействия текстильного продукта с нитепроводящими рабочими органами и методов повышения их износостойкости: дис. ... д.т.н. — Кострома, 2001.
3. Белихов А.Б. Скоростное анодное упрочнение деталей машин и оснастки / А. Б. Белихов, П. Н. Белкин // Текстильная промышленность. — 1996. — № 4. — С. 31—33.
4. Шкурпело А.И. Фазовый состав и структура поверхностного слоя армо-железа и аустенитной нержавеющей Cr-Ni-стали 12X18H10T после нитроцементации при анодном электролитном нагреве / А.И. Шкурпело, П.Н. Белкин, Е.А. Пасинковский // Физика и химия обработки материалов. — 1993. — № 2. — С. 116—125.
5. Белкин П.Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов. — М.: Мир, 2004. — 336 с.

V.V.Danilov, V.A.Gusev, P.N.Belkin, Yu.B.Polyansky, I.G.Diyakov, S.Yu.Shadrin, A.V.Kuzmichev  
 THREAD GUIDE SERVICEABILITY INCREASING IN WET FLAX SPINNING MACHINE  
 BY CONSTRUCTED AND TECHNOLOGICAL METHODS

УДК 677.057:681.3

## АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВАЛОВ ВАЛКОВЫХ МАШИН

А.Н. Балакирев, В.А. Мартышенко

Предлагаются модель и алгоритм расчета контактного взаимодействия валов валковых машин текстильного отделочного оборудования с учетом сил прижима, температурного фактора, сил трения в зоне контакта и сил инерции вращающихся валов.

Валковые машины предназначены для выполнения технологических операций путем контактного взаимодействия валов с обрабатываемым текстильным материалом. Конструктивно валковый модуль представляет собой двух- или более валковое соединение с эластичным покрытием хотя бы на одном из соприкасающихся валов. Эластичное покрытие хотя бы одного вала в валковой паре является необходимым условием для обеспечения технологического процесса обработки текстильного материала. В качестве материала для эластичного покрытия применяются резина, полиуретан, бумажный или другой набор.

Задачи исследования контактных явлений в валковых механизмах текстильных машин относятся к типу плохо формализованных задач, так как отсутствуют строгие математические теории деформирования волокнистых материалов, процессов трения и износа в местах контакта. В текстильной промышленности такие задачи представляют большой практический интерес [1-3], так как контактные явления в валковых устройствах определяют свойства обрабатываемого продукта, результат технологических процессов, долговечность рабочих органов.

Ранее были получены модели деформационного статического взаимодействия контактируемых валов без учета сил инерции [4] и с учетом силы инерции обремененного вала [5]. Одним из технологических параметров процесса отжима является температура, следовательно, в систему уравнений, описывающую процесс контактного взаимодействия валов, необходимо ввести вектор, учитывающий влияние температурных факторов:

$$\sum_{i=1}^k X_i = \sum_{i=1}^k (A_i X_i + J_i + T_i), \quad (1)$$

где  $X_i = [\sigma^i, \pi^i, U_i, V_i]^T$ ;  $X_i = [\sigma, \pi, U_i, V_i]^T$ ;

$i$  — номер кольцевого сечения вала;

$\sigma$  — нормальное напряжение в радиальном направлении;

$\pi$  — касательное напряжение;

$U_i$  — перемещение в радиальном направлении;

$V_i$  — перемещение в окружном направлении;

$A_i$  — матрица числовых значений;

$J_i$  — сила инерции обремененного вала, действующая на элементарный участок в радиальном направлении, отнесенная к единице объема;

$T_i$  — вектор, учитывающий влияние температурных факторов:

$$T_i = \left[ \frac{E \alpha \Delta t}{r}, 0, (1 + \mu) \alpha \Delta t, 0 \right],$$

где  $E$  — модуль упругости;

$\alpha$  — коэффициент температурной деформации;

$\Delta t$  — изменение температуры;

$r$  — текущий радиус;

$\mu$  — коэффициент Пуассона.

Для решения системы (1) строим итерационный процесс. В первом приближении угол контакта и перемещения в зоне контакта определяем, исходя из геометрии валов; зная перемещения, находим напряжения. Затем пересчитываем нормальные напряжения, учитывая, что в центральной точке напряжение максимально, в граничных точках равно нулю; касательные напряжения в зоне контакта принимаем нулевыми и находим перемещения точек в зоне контакта. Далее проверяем, находятся ли новые положения точек на дуге контакта с учетом задаваемой точности  $\varepsilon$ , т.е. получаем вложенный цикл уточнения напряжений в зоне контакта [5]. Получив такие значения перемещений, что новые положения точек попадают на дугу контакта, можно находить уточненную зону контакта, расширяя ее за счет точек, прилежащих к полученной вначале из геометрии дуги. При этом при добавлении каждой новой точки необходимо соблюдать условия тождественности нулю нормальных напряжений на границе контакта и их максимума в центральной точке, т.е. итерации начинаются заново.

Таким образом, в результате конечного числа итераций можно получить новую зону контакта, перемещения и напряжения в этой зоне и перемещения точек вне зоны контакта.

Полученная с помощью данного способа кривая распределения напряжений симметрична относительно вертикальной оси. Однако при процессе отжима происходит взаимодействие валов и продукта, вследствие трения кривые нагружения и разгрузки не совпадают, возникают силы трения, и распределение напряжений оказывается несимметричным, касательные напряжения в зоне контакта не являются нулевыми (рис. 1).

Явление контактного взаимодействия тел качения с учетом сил трения рассматривалось многочисленными исследователями, обзор работ и библиография представлены в [6, 7].



Современные взгляды на эту проблему признают наличие на длине дуги контакта различных зон — скольжения и относительного покоя, а возникающие силы трения в этих зонах определяются различным образом.

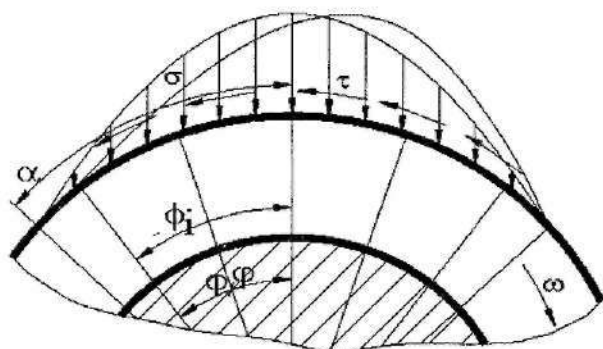


Рис. 1

Решение этой задачи методами теории упругости требует принятия дополнительных гипотез. Обычно используется гипотеза Фромма-Лоренца [6] о пропорциональности касательных и нормальных напряжений

$$\tau = f_{mp} \sigma, \quad (2)$$

где  $f_{mp}$  — коэффициент трения скольжения, меньший коэффициента трения покоя.

В приближенных методах решения задачи о качении применяют иные предположения [7]. Например, Ф.Ю. Ишлинский в качестве упрощенной модели упругого основания применяет гипотезу

Винклера-Циммермана и предполагает тангенциальные и нормальные смещения пропорциональными соответственно удельным касательным и нормальным силам в зоне контакта, а коэффициенты пропорциональности трактуются как упругие константы основания, которые определяются опытным путем.

Таким образом, существуют различные варианты решения контактной задачи о качении цилиндрических тел в зависимости от принятых гипотез.

В предлагаемом алгоритме исследования явления контактного взаимодействия валов на данном этапе могут быть приняты различные гипотезы и соответствующие им зависимости, которые в дальнейшем рассматриваются совместно с основными уравнениями теории упругости (1).

Итерационный процесс продолжается с учетом появления в зоне контакта касательных напряжений. Завершение итераций дает окончательные зависимости для всех перемещений и напряжений, удовлетворяющих уравнениям теории упругости и дополнительным уравнениям для зоны контакта валов.

К числу достоинств алгоритма следует отнести и возможность его применения для сравнительной оценки результатов при применении различных гипотез контактного взаимодействия тел

Реализация алгоритма выполнена с учетом гипотезы Фромма-Лоренца (2) для предельного состояния валов, возникающего при их торможении и создающего наиболее неблагоприятное напряженно-деформированное состояние в эластичном покрытии вала (рис. 1).

#### Выводы

Приведена методология итерационного процесса численного решения задачи контактного взаимодействия валов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Румянцев А.А. Численный метод решения контактных задач текстильных машин // Технология текстильной промышленности. — 1985. — № 1. — С. 113—116.
2. Румянцев А.А. Теория и метод построения численных квазистатических и квазиплоских моделей силовых взаимодействий в валковых механизмах текстильных машин : дис. ... д.т.н. — М., 1987.
3. Спицин В.М. О перемещениях и деформациях внутри слоя эластичного покрытия при контакте валов // Технология текстильной промышленности. — 1968. — № 5. — С. 140—144.
4. Балакирев А.Н. Алгоритм автоматизированного численного метода расчета контактного статического взаимодействия валов / А. Н. Балакирев, В. А. Мартышенко // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ-17 : сб. трудов XVII Междунар. н. конф. — Кострома, 2004. — Т. 5. — С.26—29.
5. Балакирев А.Н. Алгоритм численного расчета контактного взаимодействия вращающихся валов / А. Н. Балакирев, В. А. Мартышенко // Вестник КГТУ. — Кострома, 2004. — № 9. — С. 54—57.
6. Андреев А.В. Передача трением. — М. : Машиностроение, 1978. — 176 с.
7. Вирабов Р.В. Тяговые свойства фрикционных передач. — М. : Машиностроение, 1982. — 263 с.

A.N. Balakirev, V.A. Martyshenko

#### ALGORITHM OF AUTOMATIC CALCULATION OF ROLL MACHINE ROLLER INTERACTION

УДК 677.021

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПИТАТЕЛЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ШТАПЕЛИРОВАНИЯ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА С КОНТРОЛИРУЕМЫМ РАЗРЫВОМ<sup>4</sup>

А.Р. Корабельников, М.А. Чернышев

В статье приведено определение условий, которые показывают необходимость установки второго приводного ролика вместо направляющей в устройстве для штапелирования льняного волокна с контролируемым разрывом.

Разработанное новое устройство для штапелирования льняного волокна из ленты, сформированной из короткого волокна, предусматривает применение принципа контролируемого разрыва волокон поперечной сосредоточенной силой [1, 2].

В новой установке к питающему валу, имеющему чередующиеся по его длине кольцевые пазы, образующие тумбочки, с силой прижаты рычаги клавишного типа. Рабочая поверхность клавишных педалей охватывает поверхность тумбочек рабочего вала на определенный угол. Зона контакта педали с тумбочкой питающего вала является зоной зажима волокон, подаваемых на вращающееся разволокняющее устройство, рабочие органы которого проходят между рычагами в кольцевые пазы питающего вала. Главной функцией зажимного устройства является фиксация волокна от смещения вдоль оси питающего вала и подача волокна в зону разволокнения.

Как показала практика работы на устройстве, при подаче материала в виде слоя, состоящего из отрезков ленты, когда толщина ленты выше определенных значений, ухудшается процесс захватывания и подачи ее в зону разволокнения. Для решения этого вопроса рассмотрим следующее.

Предположим, что лента имеет круглое сечение радиусом  $r$  (рис. 1). По наклонному лотку 2 льняная лента 3 подается в штапелирующее устройство. Питающие тумбочки 1, вращаясь, затягивают волокно в зону разволокнения.

На ленту действуют следующие силы:  $F_1$  — сила, увлекающая ленту в зазор;  $F_2$  — сила трения ленты о наклонный лоток;  $N_B$  — реакция со стороны вала;  $N_K$  — реакция со стороны наклонного лотка. Силой тяжести при рассмотрении условий затягивания пренебрегаем.

Условие затягивания волокна выглядит следующим образом (проекция на ось  $x$ ):

$$F_1 \geq F_2 \cos \beta + N_K \sin \beta. \quad (1)$$

Сумма сил в проекции на ось  $y$ :

$$F_2 \sin \beta - N_K \cos \beta + N_B = 0. \quad (2)$$

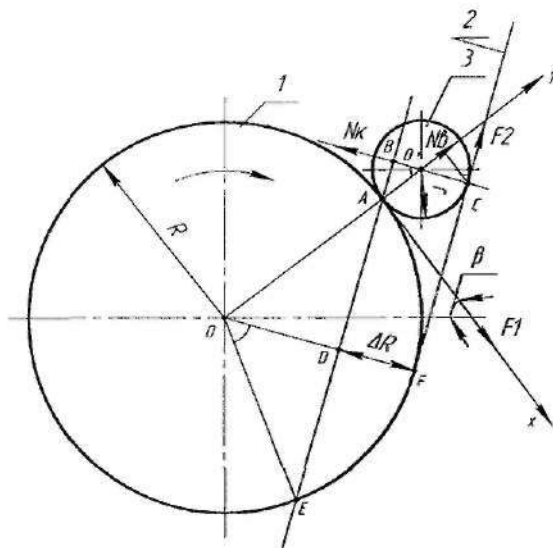


Рис. 1. Схема взаимодействия ленты с питающими тумбочками: 1 — питающие тумбочки; 2 — наклонный лоток, по которому подают ленту; 3 — лента радиуса  $r$

Как известно, силу трения можно представить в следующем виде:

$$F_1 = \mu_1 N_B; \quad (3)$$

$$F_2 = \mu_2 N_K. \quad (4)$$

где  $N_B$  — реакция со стороны вала;  
 $N_K$  — реакция со стороны наклонного лотка;  
 $\mu_1$  — коэффициент трения льняного волокна о рифли питающего вала;  
 $\mu_2$  — коэффициент трения льняного волокна о наклонный лоток.

Решаем систему уравнений, для этого подставляем уравнения (3) и (4) в уравнение (2):

$$\mu_2 N_K \sin \beta - N_K \cos \beta + N_B = 0.$$

Преобразовываем и выражаем  $N_B$ :

$$N_B = N_K (\cos \beta - \mu_2 \sin \beta). \quad (5)$$

Подставляем уравнения (3), (4) в уравнение (1):

$$\mu_1 N_B \geq \mu_2 N_K \cos \beta + N_K \sin \beta. \quad (6)$$

<sup>4</sup> Работа выполнена под руководством и при участии д.т.н., профессора Р.В.Корабельникова



Подставляем уравнение (5) в уравнение (6):

$$\mu_1 N_K (\cos \beta - \mu_2 \sin \beta) \geq \mu_2 N_K \cos \beta + N_K \sin \beta. \quad (7)$$

Из уравнения (7) определяем:

$$\beta \geq \arctg \left( \frac{\mu_1 - \mu_2}{1 + \mu_1 \mu_2} \right). \quad (8)$$

При выполнении условия (8) будет происходить затягивание ленты в зону обработки. Рекомендуемые значения угла  $\beta$  при коэффициентах трения  $\mu_1 = 0,6 \div 0,9$  и  $\mu_2 = 0,3$  приведены ниже (рис.2) [3].

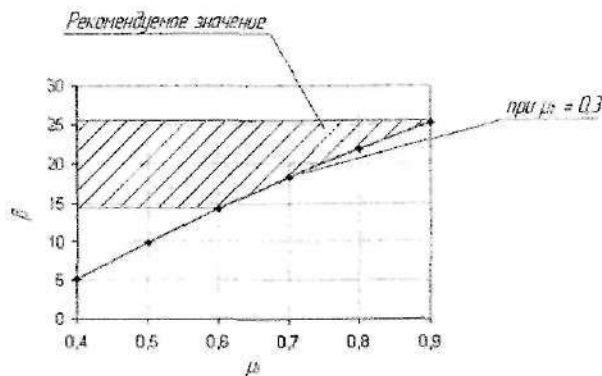


Рис. 2. Рекомендуемое значение угла  $\beta$

Проведем через точку А дополнительную линию ВD, которая параллельна линии СF. Из полученной схемы можно выразить  $\Delta R$  через R (радиус питающей тумбочки) и r (радиус ленты):

$$\Delta R = R - R \cos \beta, \quad (9)$$

$$\Delta R = r + r \cos \beta. \quad (10)$$

Приравниваем уравнения (9) и (10) и получаем:

$$R - R \cos \beta = r + r \cos \beta. \quad (11)$$

Из уравнения (11) получим:

$$r = R \frac{1 - \cos \beta}{1 + \cos \beta}. \quad (12)$$

На рис.3 показана зависимость радиуса ленты r от угла  $\beta$ , характеризующего положение ленты относительно положения питающих тумбочек.

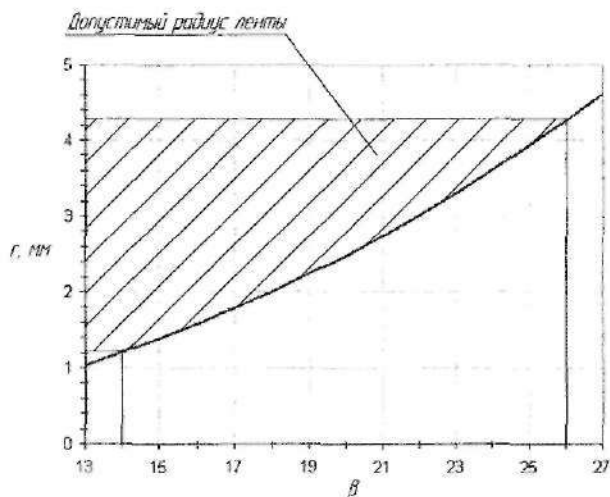


Рис. 3. Зависимость радиуса ленты r от угла  $\beta$

При радиусе ленты r больше допустимого значения, лента не будет забираться и подаваться в зону переработки питающими тумбочками. В этом случае, как показали наблюдения, лента будет скручиваться вокруг своей оси, пока ее радиус не уменьшится до необходимого значения. Для того чтобы лента стабильно затягивалась в зазор всеми тумбочками питающего вала необходимо выравнивать толщину ленты таким образом, чтобы она не превышала допустимое значение, указанное на рис. 3. Так как лента из короткого волокна имеет толщину более 5 мм (около 15 — 20 мм), устройство для штапелирования необходимо оснастить дополнительным приводным валиком. На рис. 4 показано питающее устройство с дополнительным валиком. Волокно подается по наклонному лотку 2, вторым подающим валиком 3 волокно принудительно захватывается и попадает в зону между валиками 1 и 3. Таким образом сжатая, выровненная лента подается в зону обработки.

#### Выводы

1. Определена зависимость между толщиной обрабатываемой ленты и параметрами питающего вала. Установлены условия затягивания ленты в зону разволокнения.
2. Предложена конструктивная схема установки, применение которой обеспечит надежный захват и подачу волокна в зону обработки.

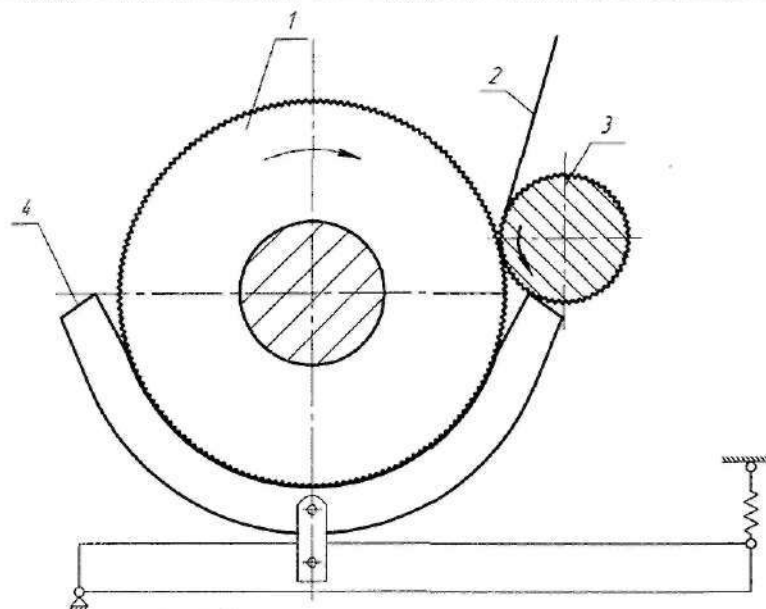


Рис. 4. Схема с дополнительным подающим валом:  
1 — тумбочки питающего вала; 2 — наклонный лоток;  
3 — дополнительный подающий вал; 4 — педальные рычаги, прижимающие ленту

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для штапелирования льняного волокна : патент RU 2178021 от 31.07.2000 / Р. В. Корабельников, А. В. Ширяев, А. Р. Корабельников.
2. Ширяев А.В. Разработка новой установки для штапелирования и очистки льняного волокна / А. В. Ширяев, Р. В. Корабельников // Сб. научных трудов молодых ученых КГТУ. — Кострома, 2001. — Выпуск 2. — С.21—24.
3. Тарасов С.В. Справочник по прядению льна. — М. : Легкая индустрия, 1979. — С.11—12.

А.Р.Корабельников, М.А.Чернышов

#### UNIT FEED PERFECTION FOR FLAX FIBRE STAPLING WITH UNDERCONTROLLED BREAKAGE

УДК 677

#### СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЗЕВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ТКАЦКОГО СТАНКА СТБ

В.А. Лясич,

Ю.В. Кулемкин (ЦНИИМашидеталь, г. Москва)

Практикой эксплуатации ткацких станков СТБ установлено уменьшение межремонтных сроков работы зевобразовательных механизмов. Одними из причин этого явления могут быть избыточные связи, количество которых можно определить структурным анализом.

Кулачково-рычажный механизм станков СТБ имеет в преобладающем количестве одноподвижные кинематические пары пятого класса, которые являются основной причиной появления избыточных связей. Механизмы, содержащие избыточные связи, требуют повышенной точности изготовления. Однако даже высокая точность изготовления не дает полной гарантии отсутствия избыточных связей —

источников монтажных напряжений, следствием которых является сокращение сроков службы подвижных соединений звеньев механизма.

Структурный анализ кинематической схемы механизма (рис.1) проведен с использованием методики, изложенной Л.Н. Решетовым [1].

На рис.1 все кинематические пары V класса имеют стандартные обозначения. Пары, образованные роликами и кулачками  $T_1$  и  $T_2$ , являются парами II класса.

Структурный анализ проводится с разделением механизма на кулачковую и рычажную части. Анализ кулачковой части механизма с парами второго класса, проведенный по формулам Малышева и

Озола, показал идентичные результаты по числу избыточных связей. Двойной расчет по этим формулам необходим для того, что бы избежать ошибок,

так как формулы Малышева и Озола содержат по два неизвестных значения: количество степеней свободы  $W$  и количество избыточных связей  $q$ .

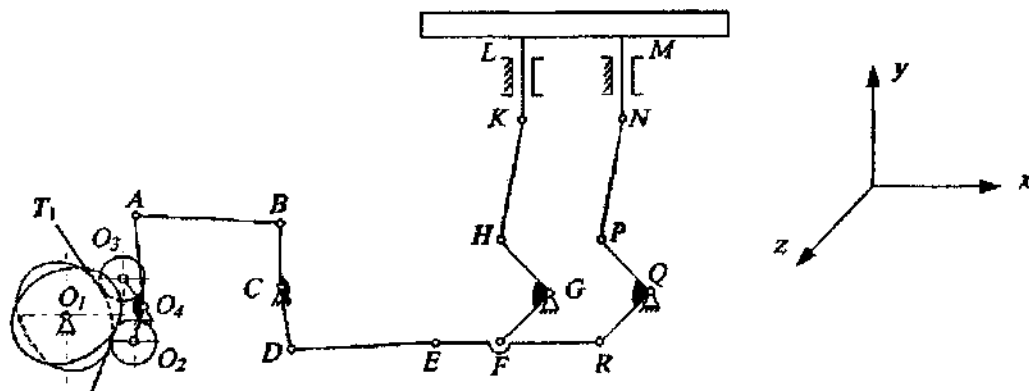


Рис. 1. Кинематическая схема станка СТБ 175

Рассматривая отдельно кулачковую часть, имеем общее число степеней свободы  $W=3$ , т.е. одна основная подвижность и две местные подвижности. Нижних пар 5 класса  $r_v=4$ , высших пар 2 класса  $r_{II}=2$ , количество замкнутых контуров  $k$ , определяемых формулой Гохмана,  $k=r_v+r_{II}-n=2$ , где  $n$  — количество подвижных звеньев.

По формуле Малышева  $q=W-6n+5r_v+2r_{II}=3$ . По формуле Озола  $q=W+6k-f=3$ . Здесь  $f$  — общее число подвижностей в кинематических парах. Рычажная часть механизма имеет  $W=1$ ,  $n=10$ ,  $r_v=16$ . Количество замкнутых контуров  $k=6$ . По формулам Малышева и Озола  $q=21$ . Итого в механизме насчитывается 24 избыточные связи.

Избыточные связи в кинематических парах рычажной части механизма рассматриваются согласно [1] по контурам. Пусть линейные подвижности вдоль осей  $x$ ,  $y$  и  $z$  (рис. 1) будут обозначены  $f'_x$ ,  $f'_y$ ,  $f'_z$ . Угловые подвижности вокруг этих осей —  $f''_x$ ,  $f''_y$ ,  $f''_z$ .

Первым замкнутым контуром будет контур с кинематическими парами  $O_4ABC$ . Он имеет основную подвижность  $W=1$  и состоит из пар пятого класса, у которых отсутствуют все линейные подвижности  $f'_x=f'_y=f'_z=0$ , угловые подвижности  $f''_x=f''_y=0$  и  $f''_z=4$ . Для сборки контура достаточно трех угловых подвижностей  $f''_z=3$ , и остается одна основная степень свободы. Сказанное, согласно [1], можно проиллюстрировать схемой (рис.2).

В этом контуре (рис.2) имеется три избыточные связи, одна линейная и две угловые. Для сборки его две угловые подвижности  $f''_z$  идут на замену линейных вдоль осей  $X$  и  $Y$ , одна подвижность идет на замыкание контура, и остается одна, основная подвижность (степень свободы) всей рычажной части механизма. Контур  $CDEFG$  и  $GFRQ$  следует

рассматривать совместно, т. к. они объединены звеном EFR (рис.3).

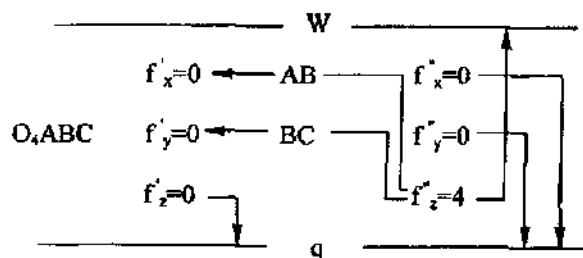


Рис. 2. Подвижности в контуре  $O_4ABC$

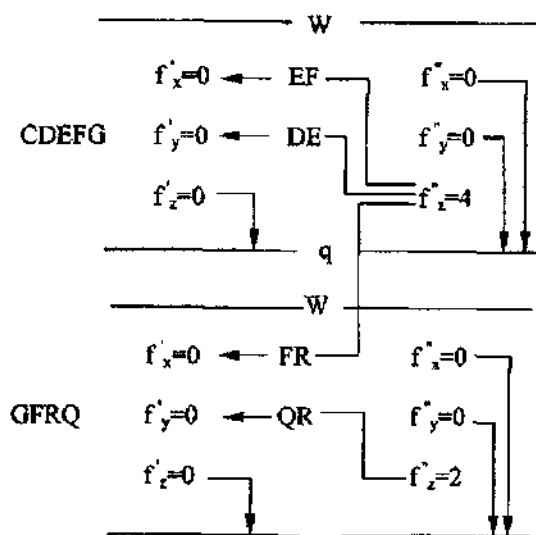


Рис. 3. Подвижности в контурах  $CDEFG$  и  $GFRQ$

Эти контуры содержат по 3 избыточные связи такого же характера, как в предыдущем контуре. Угловые подвижности  $f''_z$  заменяют линейные под-

вижности вдоль осей X и Y. Остальные подвижности отсутствуют, образуя избыточные связи.

Контуры GHKL и QPNM одинаковы по форме и размерам, поэтому представлена одной таблицей (рис.4).

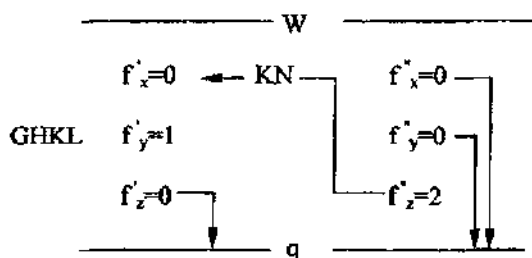


Рис.4. Подвижности в контуре GHKL

В них те же избыточные связи по три в каждом контуре, т. е. всего шесть. Контур шесть, в который входит ремизная рама LM, соединяется без кинематических пар с поступательно движущимися звеньями. Поэтому расчет избыточных связей по формуле Малышева дает шесть избыточных связей, и их общее число, рассчитанное ранее, будет равно 21. Однако конструкция крепления ремизной рамы позволяет иметь при монтаже 3 осевые подвижности, т. е.  $f'_x = f'_y = f'_z = 1$ , а также угловую подвижность относительно оси X за счет небольших зазоров в узлах крепления. Таким образом, сборка ремизной рамы может вызвать монтажные напряжения лишь при отсутствии угловых подвижностей  $f''_z = 0$  и  $f''_y = 0$ . Учитывая сказанное, количество избыточных связей уменьшается до 17, а формула Малышева должна быть уточнена количеством сборочных подвижностей в конструкции механизма.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Репетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. — М. : Машиностроение, 1979.

V.A.Lyasich, Yu.V.Kulemkin

#### STRUCTURE ANALYSIS OF WEAVING MACHINE STB SHEDDING DEVICES

$$Q = W - 6n + 5p_v - W_c \quad (1)$$

где  $W_c$  — количество сборочных подвижностей.

Следовательно, снижение количества избыточных связей можно осуществлять не только вводом кинематических пар с увеличенным числом подвижностей, но и рациональной конструкцией неподвижных соединений звеньев.

Таким образом, в окончательном виде формула Малышева будет иметь вид:

$$Q = W - 6n + 5p_v + 4p_{IV} + 3p_{III} + 2p_{II} + 1p_I - W_c \quad (2)$$

Поскольку формула Озола равноценна формуле Малышева [1], то она также после соответствующего уточнения примет вид:

$$Q = W - 6k - f - f_c \quad (3)$$

где  $f_c = W_c$  — общее количество сборочных подвижностей.

#### Выводы

1. Структурный анализ показал, что большое число избыточных связей объясняет снижение межремонтных сроков работы станков.
2. Формулы А.П.Малышева и О.Г.Озола, по которым рассчитывается число избыточных связей, не всегда дают правильный результат и при наличии особенностей конструкции деталей и узлов механизмов должны быть уточнены количеством сборочных подвижностей, введение которых на стадии проектирования позволяет создавать более долговечные конструкции механизмов.

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

УДК 677.052

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

В.С. Петровский, Л. М. Петровская, Р.Ю. Рукавишников

Предложена модель, позволяющая определять неравномерность вращения ведомого колеса, вызванную погрешностью формы зуба, биением зубчатого венца, погрешностью углового шага и кинематическими погрешностями ведущего колеса.

В кинематических цепях многих современных машин применяются зубчатые передачи, к которым предъявляются повышенные требования к точности, бесшумности, плавности работы. Однако возникающие при изготовлении и сборке зубчатой передачи погрешности нарушают работу зубчатой пары. Так, например, профиль зубчатого колеса, изготовленного червячной фрезой, имеет погрешности формы, вызванные методом обработки (обката), радиальным и осевым биением фрезы и другими погрешностями обработки [1]. Неточности изготовления корпусных деталей изменяют межосевые расстояния, погрешности изготовления валов, осей и посадочных отверстий, приводят к биениям.

Рассмотрим работу зубчатой передачи с учетом погрешности формы профиля зубьев  $\Delta_1, \Delta_2$ , биения зубчатого венца  $e_1, e_2$ , погрешности углового шага  $\Delta P_1, \Delta P_2$ , кинематической погрешности ведущего колеса  $\Delta\varphi$  и погрешности межосевого расстояния  $\Delta A$  (здесь и далее индекс 1 относится к ведущему колесу, 2 — к ведомому). Примем, что случайные погрешности распределены: погрешности углового шага и межосевого расстояния — по нормальному закону, биения — по закону Релея. Погрешность формы зуба представим в виде суммы гармоник со случайными фазами и амплитудами, амплитуды гармоник примем из имитационной модели обработки [1].

$$\Delta_1 = \sum a_{1k} \sin\left(\frac{k\pi(r-r_{b1})}{H_1} + \Psi_{1k}\right),$$

$$\Delta_2 = \sum a_{2k} \sin\left(\frac{k\pi(r-r_{b2})}{H_2} + \Psi_{2k}\right), \quad (1)$$

где  $a, \Psi$  — случайные амплитуды и фазы;  
 $k$  — номер гармоники;  
 $r$  — текущий радиус;  
 $r_b$  — радиус основной окружности;  
 $H$  — высота эвольвенты на зубе.

Вначале рассмотрим взаимодействие двух сопряженных профилей зубьев (рис. 1). Выберем две декартовы и две полярные системы координат с

центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$ , а направление вращения ведущего колеса примем против часовой стрелки. Для механизма без погрешностей контакт профилей зубьев будет происходить вдоль активной линии зацепления  $cd$ . Положение первоначальной и конечной точек контакта определяется относительно центра  $O_1$  координатами  $r_c, \alpha_c$  и  $r_d, \alpha_d$ , которые могут быть найдены из геометрических построений (рис. 1).

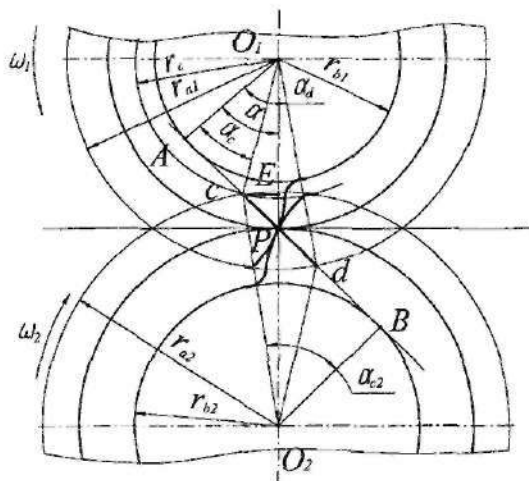


Рис. 1. Схема к определению первоначальных и конечных точек контакта

$$r_c = \sqrt{cE^2 + (O_1O_2 - EO_2)^2}, \quad \alpha_c = \arccos \frac{r_{b1}}{r_c},$$

$$r_d = r_{a1}, \quad \alpha_d = \arccos \frac{r_{b1}}{r_d}, \quad (2)$$

$$\alpha_{c2} = \arccos \frac{r_{b2}}{r_{a2}}, \quad cE = r_{a2} \sin(\alpha_{c2} - \alpha),$$

$$EO_2 = r_{a2} \cos(\alpha_{c2} - \alpha),$$

где  $\alpha_c, \alpha_d, \alpha$  — углы давления эвольвент в точках  $d, c$  и на делительной окружности;  
 $r_a$  — радиус наружной окружности;  
 $O_1O_2$  — межцентровое расстояние.

Пусть в исходном состоянии начало эвольвенты совпадает с осью абсцисс. Тогда в момент начала и конца зацепления колесо повернется на угол (рис. 2)

$$\begin{aligned}\varphi_0 &= -\frac{\pi}{2} - \beta_0, \quad \beta_0 = \alpha - \text{inv}(\alpha_c) - \alpha_c, \\ \varphi_K &= -\frac{\pi}{2} - \beta_K, \quad \beta_K = \alpha - \text{inv}(\alpha_d) - \alpha_d.\end{aligned}\quad (3)$$

Для моделирования обката зададим ведущему колесу вращение от  $\varphi_0$  до  $\varphi_K$  с шагом поворота колеса

$$\gamma_0 = \frac{2\pi}{z_1 n_1}, \quad (4)$$

где  $z_1$  — число зубьев 1 колеса;

$n_1$  — количество разбиений углового шага.

Для каждого положения определяется теоретический профиль зуба, для этого радиус  $r$  изменяется от  $r_c$  до  $r_d$  с шагом  $(r_d - r_c)/n$ , где  $n$  — количество разбиений профиля, определяются углы давления  $\alpha_r$  и угловые координаты теоретических эвольвент

$$\varphi_r = \varphi_0 - \text{inv}(\alpha_r) + \gamma_0 m,$$

$$\alpha_r = \arccos \frac{r_{b1}}{r}, \quad (5)$$

где  $m$  — порядковый номер положения зуба.

Примем, что погрешности — малые независимые величины, а реальный профиль зуба достаточно гладкий, так что радиус кривизны реального профиля много больше величины погрешности. Из-за погрешностей реальный профиль изменится и займет новое положение. При принятых допущениях погрешность формы профиля в каждой точке можно рассматривать как нормальное и тангенциальное смещение профиля. Так как величины погрешностей малы, то погрешности, вызванные тангенциальным смещением профиля, окажутся величинами второго порядка малости и ими можно пренебречь. Поэтому для построения точек реального профиля в полярной системе координат достаточно для каждой теоретической точки профиля зафиксировать значения радиуса и определять угловую координату точки на реальном профиле. Тогда угловое положение новой точки, вызванное погрешностью формы, можно определить (рис. 2)

$$\Delta\tau = \frac{\Delta_1}{\cos \alpha_r}, \quad \Delta\theta = \frac{\Delta_1 \cdot r_{b1}}{r^2}. \quad (6)$$

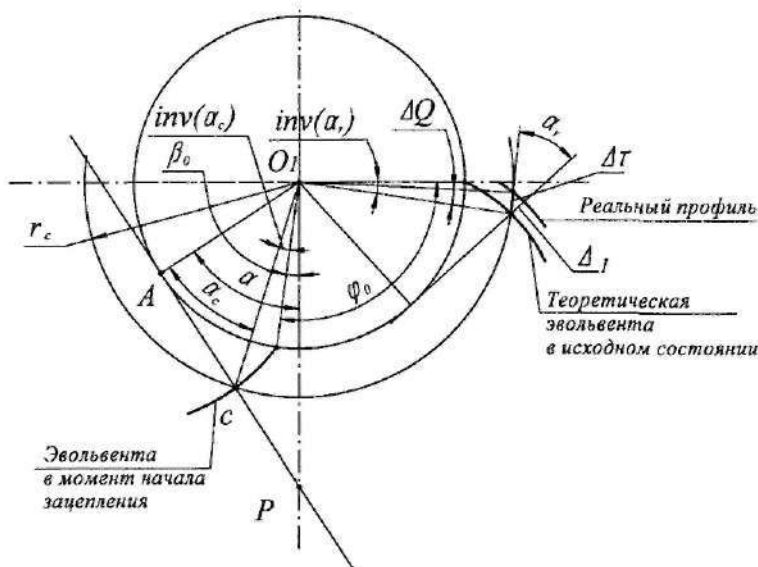


Рис. 2. Положение эвольвенты в момент зацепления

Если центр вращения не совпадёт с центром основной окружности, то нормальное смещение профиля будет равно

$$\Delta_{e1} = e_1 \cdot \sin(\varphi_r + \frac{2\pi(i_1 - 1)}{z_1} + \psi_1), \quad (7)$$

где  $i_1$  — номер зуба ведущего колеса;  
 $\psi_1$  — фаза биения.



Это вызовет угловое смещение профиля

$$\Delta\theta_e = \frac{\Delta e_1 \cdot r_{b1}}{r^2} \quad (8)$$

Угловые координаты точек реального профиля в момент зацепления с учётом всех погрешностей примут вид:

$$\varphi = \varphi_T + \Delta P_1 + \Delta_\varphi + \Delta\theta + \Delta\theta_e \quad (9)$$

Тогда положение любой точки ведущего колеса относительно центра вращения  $O_1$  может быть определено

$$\begin{aligned} x_1 &= r \cdot \cos \varphi, \\ y_1 &= r \cdot \sin \varphi. \end{aligned} \quad (10)$$

Положение этой же точки в декартовой системе координат  $X_2O_2Y_2$

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1, \\ y_2 &= y_1 + O_1O_2 + \Delta A. \end{aligned} \quad (11)$$

То же в полярной системе координат с центром  $O_2$

$$\eta = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}, \quad \varphi_1 = \arctg \frac{y_2}{x_2} \quad (12)$$

На этом же радиусе  $r_1$  будет находиться точка, принадлежащая ведомому колесу с угловым параметром

$$\varphi_2 = \text{inv}\alpha_2 + \Delta P_2 + \frac{(\Delta_2 + \Delta_{e2}) \cdot r_{b2}}{\eta^2}, \quad (13)$$

$$\text{где } \alpha_2 = \arccos \frac{r_{b2}}{r_2};$$

$$\Delta_{e2} = e_2 \cdot \sin(\text{inv}(\alpha_r) + \frac{2\pi(i_2 - 1)}{z_2} + \psi_2);$$

$z_2, i_2$  — число зубьев и номер зуба ведомого колеса.

Для соприкосновения рассматриваемых точек ведомого и ведущего колес ведомое колесо должно повернуться на угол  $\varphi_3 = \varphi_1 - \varphi_2$ . Действительный угол поворота ведомого колеса  $\varphi_4$  будет соответствовать минимальному углу поворота  $\varphi_3$ ,  $\varphi_4 = \min(\varphi_3)$ .

Если в работе участвует одновременно два и более зуба, то из всех углов  $\varphi_4$  выбирается минимальный. Расчет повторяется для всех положений и всех зубьев.

Модель реализована в виде программы, позволяющей определить угол поворота и неравномерность вращения ведомого колеса при равномерном и неравномерном вращении ведущего колеса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Петровский В.С. Моделирование точности обработки профиля зубчатых колес червячными фрезами / В. С. Петровский, Л. М. Петровская, Р. Ю. Рукавишников // Вестник КГТУ. — Кострома, 2004. — № 9.

V.S.Petrovsky, L.M.Petrovskay, R.Yu.Rukavishnikov  
CROSS-AXIS GEARING ACCURACY MODELLING

УДК 681.327.23

#### ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРА IBM PC ДЛЯ ВВОДА ИНФОРМАЦИИ В УСТРОЙСТВА ЧПУ

*В.В. Романов*

Излагается опыт использования компьютера IBM PC в качестве средства разработки и передачи управляющих программ в устройства ЧПУ посредством имитации стандартного фотосчитывающего устройства.

На большинстве машиностроительных предприятий г. Костромы эксплуатируются станки с числовым программным управлением (ЧПУ), выпущенные в 80-х и даже 70-х годах XX века. Их отличительной чертой является наличие управляющей ЭВМ или вычислительного устройства, реализованных на базе процессоров K581BM1, K1801BM1. Эти процессоры обеспечивают, по современным понятиям, мизерный объем оперативной памяти, а то и вообще работают в режиме покадрового считывания

данных. Основным носителем информации у них является перфолента, информация с которой вводится в систему ЧПУ посредством фотосчитывающего устройства. Прогресс в области вычислительной техники в последние годы привел к появлению на предприятиях программных продуктов (CAD/CAM-систем), позволяющих запрограммировать обработку деталей практически неограниченной сложности. Использование сложных математических методов пространственного моделирования,

известных как методы Безье, поверхности Кунса, сплайновая аппроксимация, позволяет методами кусочно-линейной интерполяции обеспечивать перемещение инструмента по любой траектории с заданной точностью. Однако при этом получаются большие по объему программы; их размер достигает несколько десятков и даже сотен килобайт. Из-за ограниченного объема оперативной памяти (не более 16.32 кбайт) управляющие программы приходится разбивать на блоки по 10—12 кбайт. Но и такие программы переносить на станки с ЧПУ посредством перфоленки очень сложно. На многих предприятиях пришли в негодность даже средства подготовки программ на перфолентах — УПДЛ. Существуют различные варианты решения данной проблемы:

1) замена управляющей ЭВМ или всего устройства ЧПУ (УЧПУ) в целом [1];

2) модернизация существующих УЧПУ путем увеличения оперативной памяти до 64 кбайт за счет установки блока памяти SB-MEM, заменяющего все субблоки статического и динамического ОЗУ (SB-820, SB-935, SB-067) УЧПУ 2С42, 2Р22, 2У22);

3) замена устройства ФСУ (чаще всего типа "Consul") альтернативными источниками информации: картриджами или ЭВМ "верхнего уровня" [2].

Первый путь требует существенных капитальных вложений и нуждается в экономическом обосновании. Использование новых плат ОЗУ и картриджей также не всегда экономически целесообразно, да и объем хранимой в них информации увеличивается незначительно. Как показывает наш опыт, установка индивидуального компьютера рядом со стойкой ЧПУ станка во многих случаях оказывается более приемлемой. Более того, для этой цели вполне подходят устаревшие модели компьютеров, такие как IBM-386 и даже IBM-286. Реализованная на кафедре технологии машиностроения система "ЭВМ-ЧПУ" позволяет загружать станки с ЧПУ через стандартный порт принтера компьютера IBM в режиме эмуляции фотосчитывающего устройства. Данная система связи через стандартный принтерный порт успешно используется в учебном

и производственном процессах на кафедре технологии машиностроения КГТУ, а также на ряде предприятий г. Костромы, таких как АО "Такос", ЗАО "КИЗ", АО "Красносельский ювелирпром", АО "Красная маёвка".

На кафедре ТМ данная система используется с 1996 года для передачи программ в станок 6Р13Ф3 с системой ЧПУ 2С42-61. В УЧПУ вместо ФСУ к субблоку Sb-466 через разъем LPT-порта "Септонix" подключен компьютер IBM-386. При этом никакой аппаратной переделки субблока и компьютера не требуется. Скорость передачи в коде ISO-7bit определяется скоростью обработки информации процессором УЧПУ. При загрузке программа автоматически переводит данные из кода ASCII в код ISO-7bit и устанавливает контроль паритета по четности. Протокол передачи осуществляется в «старт-стоповом» режиме интерфейса ИРПР. Программа написана на языке Pascal с использованием прямого доступа к аппаратным средствам.

Для обмена информацией между электрорезонансным станком мод. 4732 с УЧПУ 2М43-55 и персональным компьютером используется стандартный последовательный порт COM2, так как система ЧПУ на основе "Электроники-60" имеет для связи с внешним ФСУ последовательный порт типа ИРПС "токовая петля" с обязательным подтверждением обмена. Данная система потребовала, кроме специального шнура и программы обмена, разработки специальной платы — преобразователя интерфейсов «RS232C — ИРПС». Скорость обмена при этом невелика и составляет 600 бод, что, однако, достаточно для эффективной работы оборудования.

Предложенный способ передачи информации успешно работает как с УЧПУ III поколения на основе микропроцессоров (2С42, КМ43), так и более старыми моделями II поколения: Н33, Н55, 2М43. Программное обеспечение позволяет вести как кадровую, так и порционную передачу информации с автоматическим контролем «скачиваемого» объема программы и формированием признаков начала и конца программы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов В.В. "Консервативная" модернизация устройств числового программного управления // Вестник КГТУ — 2003. — № 7. — С. 86—89.
2. Коврига Д.С. Микропроцессорная приставка для станков с ЧПУ на базе микроЭВМ «Электроника БК» / Д. С. Коврига, С. М. Гладченко // Микропроцессорные средства и системы. — 1990. — № 3. — С.57—58.

V.V. Romanov

COMPUTER IBM PC APPLICATION FOR INFORMATION LEAD-IN UCHPU

УДК 621:658.512.6

**ТРЕБОВАНИЯ К ОБРАЗОВАНИЮ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

В.А. Садов

Рассматриваются современные общие и специальные требования для формирования производственной системы машиностроительного производства, соблюдение которых позволяет создавать и в дальнейшем производить ее оценку. Приводятся специальные требования по формированию парциальных моделей производственной модульной системы.

Современные машиностроительные производства должны создаваться с учетом частых изменений продукта, вызванных влиянием разнородности рынка и требованиями потребителя. Исследования [1] показывают, что при формировании производственных линий изменяющиеся затраты по изготовлению продукта могут составлять на ближайшее десятилетие до 40 % инвестиционных расходов, причем около 65 % этих расходов должны идти на реконструкцию производства. В ситуации острого дефицита средств, которые могли бы быть направлены на реконструкцию и техническое перевооружение машиностроительного производства в условиях современного рынка, необходим комплекс научно обоснованных мер по формированию гибких производств, способных на основе возрастающей индивидуализации продукта проектировать структуру производства в соответствии с требованиями по выпуску изделий, отвечающих потребительским запросам.

При формировании модульных производственных систем может использоваться объектно-ориентированное моделирование [2]. При этом создаются модели систем, которые в последующем анализируются, и выбирается рациональный вариант организации производства. Модели должны формироваться с учетом требований, которые подразделяются на общие и специальные. Соблюдение общих

требований служит тому, чтобы достовернее осуществить моделирование, ориентированное на потребителя. Эти требования представлены на рис. 1.

Как простота использования модели, так и доступность в ее описании требуют того, чтобы разрабатываемая модель могла использоваться и изучаться простыми способами. Моделирование будет благоприятным для пользователя только тогда, когда польза от модели будет превышать затраты на моделирование. Из этого положения вытекает требование о небольших затратах и получении дополнительных сведений из модели. Важнейшим требованием является сходство модели с отражаемой действительностью. С помощью моделей комплексные задачи могут представляться упрощенно (с учетом лишь основных зависимостей, которые оказывают влияние на изучаемый объект). Однако при обратном переходе от модели к действительности должны быть получены результаты, позволяющие эффективно формировать производственную систему. Моделирование должно быть таким, что при дальнейшем использовании модели, например, для следующих генераций продуктов и производств, было бы можно получить больше преимуществ. Гибкость модели сильно зависит от исполнения требований в отношении степени конкретизации и приспособляемости описания зависимостей.



Рис. 1. Общие требования к образованию модели производственной модульной системы

Специальные требования вытекают из требований к методике формирования производственной модульной системы. Центральным требованием ме-

тодики является изолирование изменений потребительских требований и снижение воздействий замены между определенными сегментами, производст-

венными линиями, средствами производства или производственными процессами. Изменение потребительских требований, прежде всего, влияет на продукт. Изменение продукта приводит снова к изменению производственной системы. Следовательно, разрабатываемая модель должна отражать как продукт, так и производство. Так как при формировании производственной системы объем партии деталей, который необходимо произвести, является важной входной величиной, то программа продукта также должна отражаться на модели. В дальнейшем способы формирования должны оцениваться, а пригодность производственной системы должна отражаться на модели. В соответствии с этим необходима разработка оценочной модели. Таким образом, требуется разработка четырех частичных (парциальных) моделей: 1) программы продукта, 2) продукта, 3) производства и 4) оценки. В последующем специальные требования для этих парциальных моделей должны конкретизироваться.

Специальные требования для парциальных моделей вытекают из информационной необходимости формирования производственной системы. Для этого необходимы объемы партий различных типов продукта. Типы продуктов соответственно должны описываться таким образом, чтобы они были бы дифференцируемыми друг от друга и чтобы каждый тип продукта в партии был бы представляемым (выделяемым). Кроме того, различия типов продуктов должны описываться понятными и общепринятыми способами. Специальными требованиями для парциальной модели «программа продукта» являются следующие:

- 1) объем партии по типу продукта и временному интервалу;
- 2) дифференцированное представление типов продукта;
- 3) общепонятное описание различий между типами продукта.

Специальные требования к парциальной модели «Продукт» выводятся из информационной необходимости при формировании модульной производственной системы, а также из требований методики этого формирования. Если структура продукта, как и структура производственной линии при изучении типа производства определена, то уже в парциальной модели продукта должны учитываться требования изоляции и воздействия замены.

Из требования изоляции может быть получено требование отражения признаков, учитывающих потребительские запросы, и компонентов продукта и их взаимовлияния. Для того чтобы иметь возможность представить это влияние в отношении дисперсии и частоты изменений компонентов продукта, должны отображаться дисперсия и частота измене-

ний их признаков. Из методической необходимости учета влияния изменений может быть выведено требование отражений изменяющихся воздействий между узлами (компонентами продукта) и производственными линиями (рабочими местами). Для формирования производственной системы в дальнейшем должна отображаться дисперсия компонентов продукта и частота их изменений. Дисперсия служит входной величиной к определению требуемой гибкости производственного процесса. Частота изменений компонентов продукта указывает на то, какие производственные средства должны как можно чаще изменяться. Таким образом, можно вывести следующие специальные требования к парциальной модели «Продукт»:

1. Отобразить признаки продукта, соответствующие потребительским требованиям: идентичность признаков продукта, выражение этих признаков и их разнородность;

2. Отобразить узлы и компоненты продукта: идентичность компонентов продукта, дисперсию его компонентов, соответствующее название варианта компонентов продукта, вероятность изменений его компонентов, воздействия изменений между компонентами;

3. Привязать признаки и компоненты продукта к его программе;

4. Связать дисперсию и выражение признаков, а также дисперсию и выражение компонентов продукта.

Требования к парциальной модели «Производство» вытекают напрямую из требований к методике формирования производственной модульной системы. Из методического требования изоляции может быть получено требование о представлении и связях компонентов продукта со средствами производства и производственными процессами. Из методического требования воздействия изменений может быть выведено специальное требование к парциальной модели относительно установочных границ и изменяющегося воздействия на рабочее место. Таким образом, можно установить следующие специальные требования к парциальной модели «Производство»:

1. Представить признаки процесса, связанные с продуктом, которые вызывают различия в производственных процессах: идентичность признаков процесса, частоту изменений этих признаков, дисперсию признаков процесса.

2. Представить связи между дисперсиями компонентов продукта и производственного процесса.

3. Представить производственный процесс на уровнях:

- 3.1. Предварительной и окончательной сборки с атрибутами: идентичности производственной линии, содержания рабочего места;

- 3.2. Рабочего места с атрибутами: идентичности рабочего места, представления установленных границ, воздействия изменений между рабочими местами, содержания рабочего процесса;
- 3.3. Производственного процесса с атрибутами: идентичности производственного процесса, дисперсии производственного процесса;
- 3.4. Материальных потоков.

Требования к парциальной модели «Оценка» вытекают из цели необходимости оценки изменений производственной системы. Для этого строится чувствительная оценочная модель. Виды затрат, которые должны учитываться при построении модели, выводятся из взаимосвязей изменений производственной системы с поглощением ресурсов в производстве.

Для построения общей модели строятся парциальные модели «Программы продукта», «Продукта», «Производственной системы» и «Оценки». Прежде всего, определяются существенные объек-

ты, атрибуты модели и их структурные взаимосвязи. Описание отношений вещей и их взаимодействий может осуществляться на языке моделирования. Благодаря этому достигается отчетливое представление взаимозависимостей.

На рис. 2 представлены единичные парциальные модели, созданные на языке моделирования «Express\_G», который нормируется стандартом ISO 10303, и их связи. Парциальная модель программы продукта посредством признаков продукта связана с парциальной моделью продукта. Общим объектом парциальных моделей «Продукт» и «Компоненты продукта» являются компоненты продукта. Элементы парциальных моделей «Производство», «Производственный процесс» и «Признаки продукта» нуждаются также в парциальной модели «Оценка». На основании технико-экономического анализа модели [3] разрабатываются мероприятия по формированию модульной производственной системы.

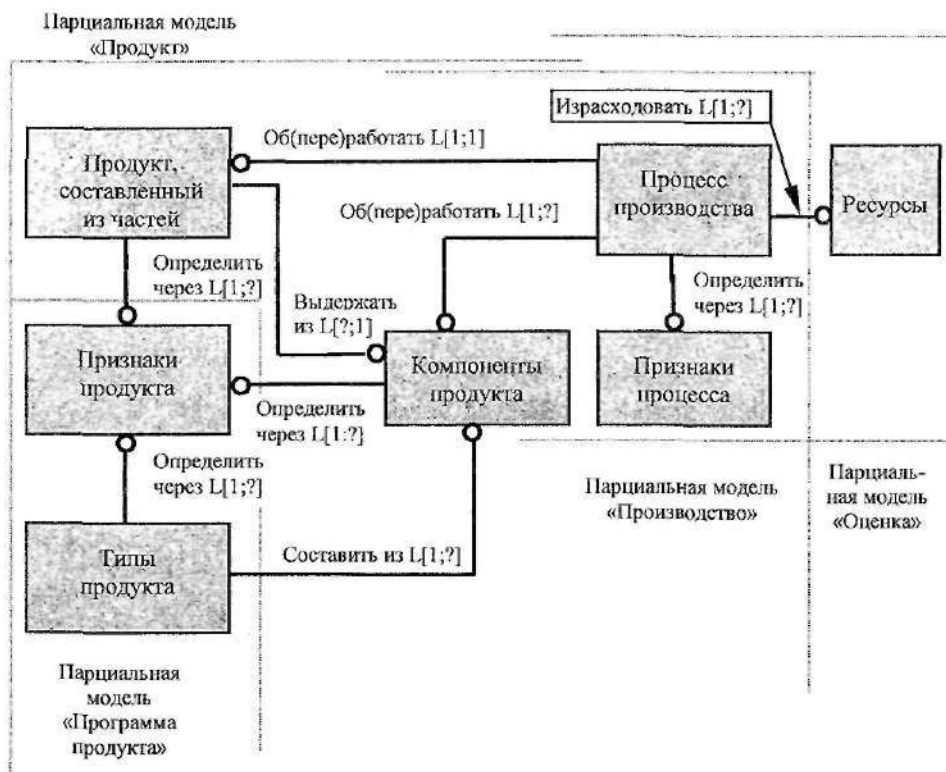


Рис.2. Модель производственной системы

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Interne Studie im Rahmen des EU-Forschungsprojekts «Modular Plant Architecture»; <http://www.mpa-online.net>; Aachen, 2001.
2. Oestereich, B. : Objektorientierte Softwareentwicklung; Aktualisierte Auflage; R. Oldenbourg Verlag; München, Wien, 1998.
3. Прыкин Б.В. Технико-экономический анализ производства. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 476 с.

V. A. Sadov

STANDARDS TO MANUFACTURE MODUL SYSTEM MODEL FORMATION

УДК 621.9

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СХОДА СТРУЖКИ С ИНСТРУМЕНТА

*С.В. Михайлов, Д.С. Скворцов*

Разработана система автоматизированного прогнозирования формы и направления схода стружки с инструмента, позволяющая оптимизировать условия механической обработки с учетом требований к формообразованию стружки.

Важным этапом создания системы прогнозирования и эффективного управления параметрами схода стружки с инструмента является разработка компьютерной программы процесса схода стружки, дающей полное представление о реальном процессе стружкообразования с возможностью визуального анализа формы стружки на стадии проектирования технологического процесса. Оценка эффективности стружкообразования только по количественным критериям формы стружки без учета ее внешнего вида и расположения относительно деталей СПИЗ затруднительна. Компьютерная визуализация модели стружкообразования открывает новые возможности прогнозирования поведения стружки при ее взаимодействии с естественными препятствиями с целью выбора оптимальных условий резания и удаления стружки от станка.

В основу концепции компьютерного моделирования схода стружки с инструмента положена общая методика расчета параметров схода стружки, изложенная в работах [1, 2]. На базе математических моделей, учитывающих совместное влияние технологических факторов на различные параметры схода стружки, разработана автоматизированная система «PrognosChip», позволяющая осуществлять на стадии технологической подготовки производства научно-обоснованное прогнозирование основных выходных характеристик процесса стружкообразования — параметров сечения среза, неоднородных по сечению срезов деформации, средней усадке стружки, размеров контакта стружки с инструментом; формы, радиусов кривизны стружки в плоскостях ее схода и передней поверхности инструмента, формы, размеров и направления схода стружки с инструмента. Выходные характеристики стружкообразования определяются для произвольных режимов резания и геометрии инструмента.

Программа «PrognosChip» разработана в среде объектно-ориентированного программирования Delphi 7. Структурная схема программы расчета, состав и функции программных модулей показаны на рис. 1, 2.

База данных автоматизированной системы включает физико-механические свойства обрабатываемых и инструментальных материалов, геометрические параметры инструментов, режимы резания, марки СОТС, размеры заготовок. В память автоматизированной системы заложены свойства 30-и раз-

личных обрабатываемых материалов, 10-и инструментальных материалов, 5-и смазочно-охлаждающих жидкостей. При необходимости этот список может быть дополнен или изменен.

Формирование исходных данных для выполнения расчета параметров схода стружки осуществляется с помощью двух программных модулей — модуля выбора технологических условий обработки и модуля геометрического моделирования режущего инструмента. Окна выбора СОТС, обрабатываемого и инструментального материалов состоят из двух частей — списков групп и списков марок материалов. После выбора группы материалов автоматически появляется список марок материалов из данной группы. Режимы обработки задаются глубиной резания  $t$ , подачей  $S$ , размерами и частотой вращения заготовки. Диаметр и частота вращения заготовки требуются для расчета средней и переменных по сечению срезаемого слоя скоростей резания. Модуль геометрического моделирования инструмента предназначен для задания исходной геометрии рабочей части инструмента и формы ее передней поверхности. Геометрия режущей части инструмента с плоской передней поверхностью задается передним углом  $\gamma$ ; задним углом  $\alpha$ , главным углом в плане  $\varphi$ , вспомогательным углом в плане  $\varphi_1$ , радиусом при вершине  $r$ , радиусом скругления главной режущей кромки  $\rho$ , углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$ , фаской износа  $h_2$ . Описание стружкозавивающей передней поверхности инструмента переменного профиля осуществляется системой опорных профильных сечений, расположенных в параллельных плоскостях схода стружки на определенном расстоянии друг от друга. Расстояния подбираются таким образом, чтобы поверхность инструмента между сечениями была плавной без изгибов и изломов. Направление схода стружки определяется по усредненным значениям  $\gamma$ ,  $\rho$  и  $h_2$ , которые автоматически переносятся в окно задания геометрии инструмента в плане. Стружкозавивающая поверхность инструмента постоянного профиля задается в среднем сечении схода стружки.

Подпрограммы расчетной подсистемы САПР «PrognosChip» относятся к программам функционального моделирования (рис. 2). Они предназначены для описания функционирования процесса резания и выбора его оптимальных характеристик с точки зрения получения благоприятной формы струж-



ки. Подпрограмма «Диспетчер» — основная процедура, обеспечивающая ввод исходных данных, диспетчеризацию процесса вычислений и вызова процедур. Подпрограммы расчета параметров  $k_1, l, R_n, R_m, \frac{\Delta p_C}{\Delta b}, \psi, \eta, a_1, b_1$  — процедуры определения основных параметров зоны стружкообразования. Подпрограмма «Расчет параметров схода стружки» — процедура по определению формы, размеров и направления движения стружки при резании металлов. Подпрограмма «Печать» — процедура по выводу результатов расчета на печать. Подпрограмма «Графика» — процедура реализации результатов программы «Вывод на печать» в виде графических

зависимостей и схем схода стружки. Программа пространственного моделирования схода стружки с инструмента обеспечивает визуализацию процесса формообразования стружки на экране дисплея (рис. 3). В программном модуле графического представления стружки на экране дисплея реализованы алгоритмы геометрических преобразований в трехмерном пространстве, позволяющие «видеть» объект в перспективе на двумерной поверхности экрана, исключая или выделяя невидимые элементы изображения сходящей с реза стружки. Модуль также позволяет вращать зону стружкообразования в пространстве, показывать проекции сходящей стружки на координатные плоскости.



Рис 1. Структурная схема автоматизированной системы прогнозирования формы стружки

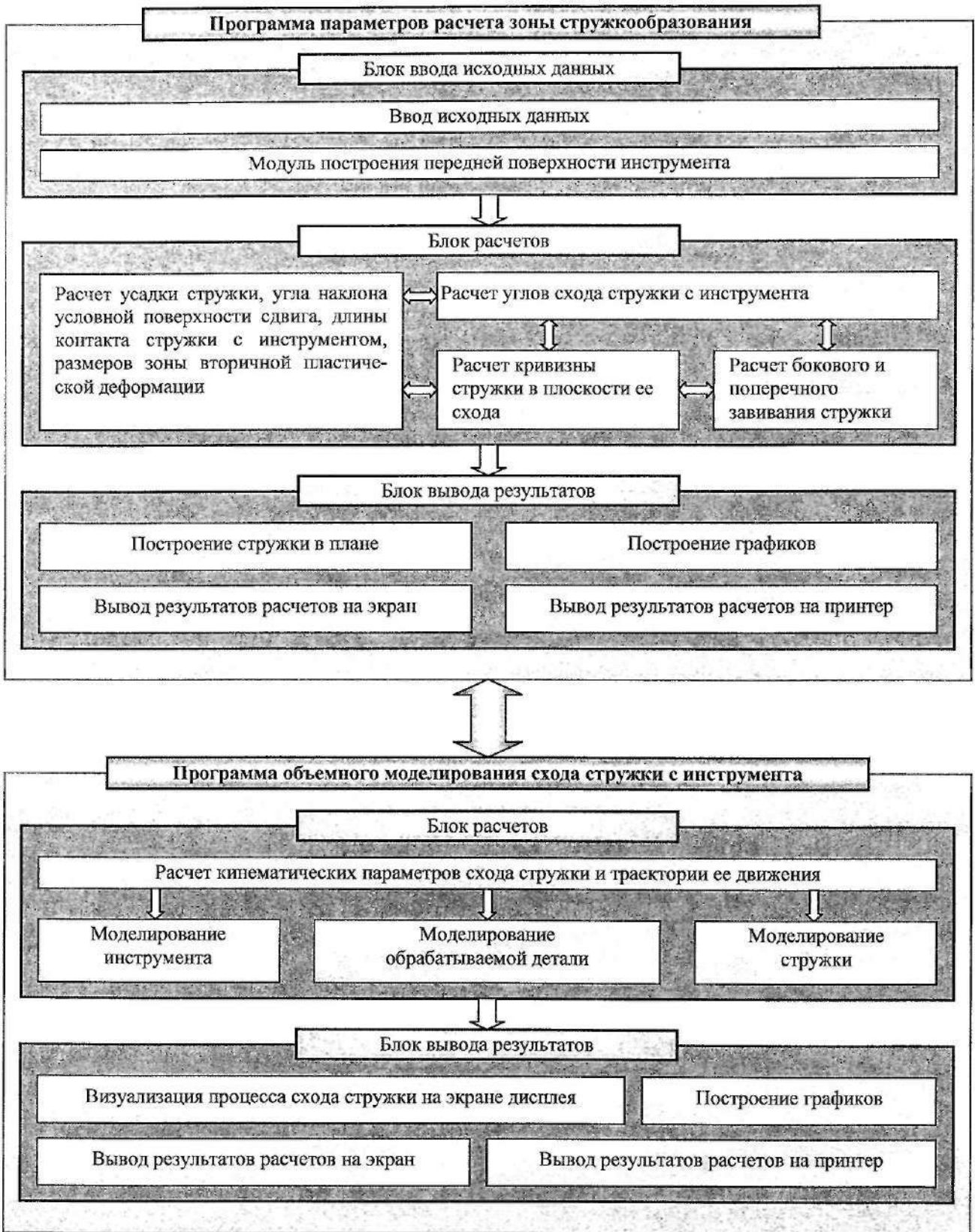


Рис 2. Состав и функции программы «PrognosChip»

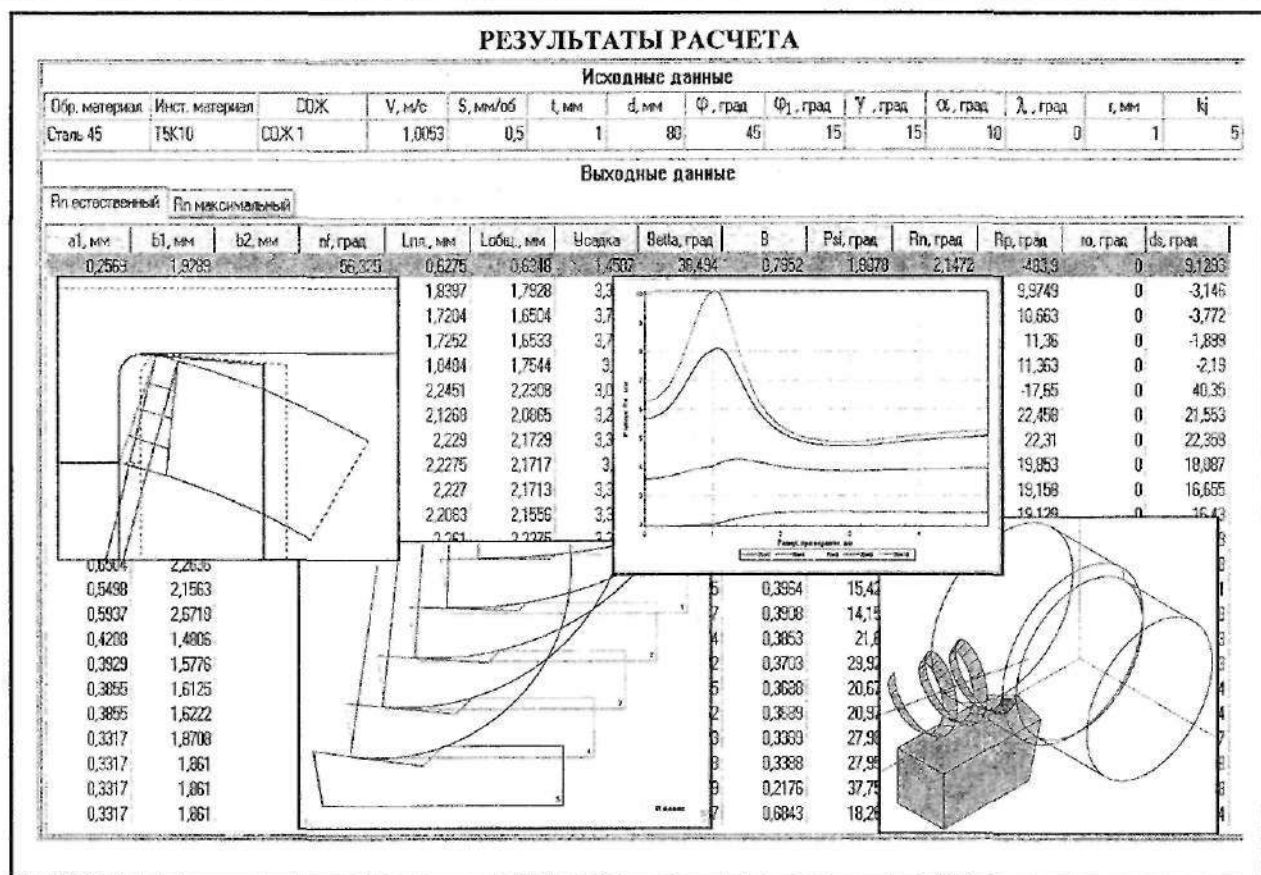


Рис 3. Иллюстрация работы автоматизированной системы «PrognosChip»

Каждая из указанных программ является составным модулем и работает автономно. Модульный принцип позволяет, во-первых, осуществлять доработку расчетных блоков, наращивать и совершенствовать структуру программ; а во-вторых, использовать расчетные блоки в качестве внешних модулей в системах автоматизированного проектирования технологических процессов и режущего инструмента. Минимальными требованиями к программе «PrognosChip» являются: наличие 15 Мб свободного места на жестком диске, VGA адаптер

(1024×768×16), 16 Мб оперативной памяти, Pentium 1000, Windows 95 и выше.

### Выводы

Разработана система автоматизированного прогнозирования параметров схода стружки с инструмента, позволяющая предвидеть формы и направления движения стружки, оценивать возможности и указывать пути перевода одного вида стружки в другой, определять благоприятные условия получения дробленой стружки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов С.В. Управление формой и направлением движения сливной стружки при резании металлов / С. В. Михайлов, Д. С. Скворцов // Вестник КГТУ. — Кострома : КГТУ, 2003. — № 7. — С. 83—86.
2. Михайлов С.В. Математическая модель схода стружки с инструмента / С. В. Михайлов, Д. С. Скворцов // СТИН. — 2004. — № 6. — С. 286—301.

S.V. Mihaylov, D.S. Skvortsov

AUTOMATIC SYSTEM OF FORM AND DIRECTION PREDICTION OF CHIP TAILING UP TOOLS

УДК 658.516:681.3.04

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СЕТЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ САПР

А.Р. Денисов, Р.В. Грибанов, Г.Н. Костыгин, О.И. Денисова

Статья посвящена определению необходимых условий внедрения принципов мультиагентных сетей для обмена сущностями, сформированными на языке EXPRESS стандарта STEP ISO 10303.

Одним из общепризнанных направлений развития информационных технологий является поддержка жизненного цикла (ЖЦ) продукции (CALS-технологии). Об этом говорит тот факт, что одним из обязательных требований при международной интеграции предприятий является представление данных в формате, регламентированном базовыми CALS-стандартами [1]. Основное назначение CALS-технологий является обеспечение механизма описания, обмена, хранения и обработки данных на протяжении всего ЖЦ [2]. В основном это реализуется путем регламентации специального языка представления знаний, в частности, языка EXPRESS стандарта STEP ISO 10303 [3].

При этом предполагается, что на предприятии должен существовать банк данных (STEP-сервер), в котором хранится вся проектная документация об изделии и с которым взаимодействуют системы для каждого этапа ЖЦ (STEP-клиенты) [4]. Причем обмен осуществляется при помощи открытых файлов, называемых «обменными». Такой подход очень удобен на этапе настройки интегрированной САПР, когда клиенты «договариваются» между собой о структуре передаваемых данных, однако в процессе эксплуатации использование открытых форматов влечет за собой две существенные проблемы:

- 1) обменные файлы обладают низкой степенью защиты информации;
- 2) для дальнейшего использования STEP-клиент, в который поступает обменный файл, должен преобразовать хранящиеся в нем данные в свой внутренний формат, на что требуется время. При этом такое преобразование может привести к неоднозначности формируемых объектов.

Решить эту проблему можно на основе использования принципов мультиагентных сетей. В основе таких сетей лежит понятие «агента».

Агент — это объект, возникающий в среде, где он может выполнять определенные действия, способный к восприятию части своей среды, к общению с другими агентами и обладающий автономным поведением, которое является следствием его наблюдений, знаний и взаимодействий с другими

агентами [5]. Другими словами, агент — это объект, обеспечивающий решение определенной задачи и действующий во взаимосвязи с сетью других агентов для решения комплексной проблемы, которое не может быть получено отдельными агентами. Из определений видно, что в отличие от классического объекта, который, в принципе, не требует существования себе подобных, агент не может быть один.

В интегрированных САПР в качестве агентов могут выступать сборочные единицы и их узлы, детали и их конструкторско-технологические элементы и т.п.

Для реализации механизмов обмена агентами между системами разработчиками концепции было предложено использовать три стандартные команды: передать агента получателю, получить агента от источника и инициализировать агента. Если первая и вторая команды позволяют лишь передать/получить код агента в объектной форме, то команда инициализации запускает механизм автоматического внедрения агента в среду, в которой он должен действовать.

Такая концепция хорошо соединяется с концепцией STEP-сервера. В этом случае структура программного обеспечения будет иметь вид, представленный на рис. 1.

Основными блоками на этой схеме являются:

**База данных (БД)** — предназначена для хранения EXPRESS-схем как в классическом виде (для обеспечения стандартного SDAI-интерфейса доступа к данным), так и в объектной форме (для доступа к ранее сформированным агентам);

**Объектный модуль** представляет собой набор модулей, которые позволяют получать, обрабатывать и передавать метаданные в виде агентов, а также формировать агенты на основе данных, хранящихся в обменных файлах и базе данных.

**Браузер схем, объектов и типов** предназначен для обеспечения классического способа обмена данными (при помощи обменных файлов) и представляет собой клиентское приложение, обеспечивающее интерфейс между БД и пользователем. Браузер схем также позволяет обрабатывать и формировать новые обменные файлы.

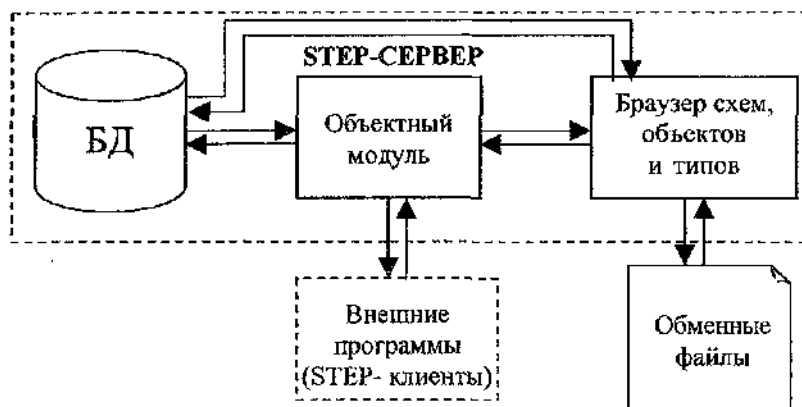


Рис. 1. Схема взаимодействия блоков программного комплекса

Для реализации мультиагентных сетей необходимо в первую очередь разработать структуру базового агента, то есть выделить супертип для всех возможных агентов.

Супертип должен обеспечивать стандартный механизм доступа ко всем атрибутам агента. Также в нем должны быть реализованы средства организации взаимодействия этого агента с другими агентами.

В качестве одного из методов супертипа должна быть предусмотрена функция *Where*, при вызове которой анализируются все ограничения на существование агента, записанные в виде правил *where* как самого STEP-объекта, так и его предков. В результате анализа ограничений функция вернет либо *True*, если агент может существовать с таким набором значений атрибутов, либо *False* в обратном случае.

Кроме всего прочего, внутри супертипа должны быть предусмотрены механизмы реализации правил наследования атрибутов и ограничений, предусмотренные стандартом STEP. Система наследования, предусмотренная этим стандартом, достаточно сложна и реализуется через формирование логических выражений наследования с использованием следующих операций:

$A \text{ AND } B$  — объект наследует атрибуты как объектов типа  $A$ , так и типа  $B$ ;

$A \text{ ANDOR } B$  — объект наследует атрибуты либо объектов типа  $A$ , либо типа  $B$ , либо обоих типов;

$\text{ONEOF}(A, B)$  — объект наследует атрибуты либо объектов типа  $A$ , либо типа  $B$ , причем наследовать атрибуты объектов обоих типов одновременно запрещено.

Такая система наследования для агента сводится к набору ограничительных правил, например: *если вводится атрибут  $A.\text{Attr1}$ , то атрибут  $B.\text{Attr2}$  должен быть недоступен, а ограничение  $B.w1$  — не использоваться при выполнении метода *Where*, где  $A, B$  — типы объектов, потомком которых является обрабатываемый агент, объединенные операцией  $\text{ONEOF}$ ;  $A.\text{Attr1}, B.\text{Attr2}$  — названия атрибутов, наследуемых агентом от объектов типа  $A$  и  $B$ ;  $B.w1$  — название ограничения, наследуемое агентом от объектов типа  $B$ ;*

Организованный таким образом супертип STEP-агентов позволит создавать все возможные STEP-агенты (потомки супертипа) согласно принципам мультиагентных сетей и объектно-ориентированного подхода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Судов Е. В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. — М.: МВМ, 2003. — 264 с.
2. Норенков И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П. К. Кузьмик. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 320 с.
3. ГОСТ Р ИСО 10303-11-2000. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.
4. Колчин А.Ф. Управление жизненным циклом продукции / А. Ф. Колчин, М. В. Овсянников, А. Ф. Стрекалов, С. В. Сумароков. — М.: Анахарсис, 2003.
5. Евгеньев Г.Б. Мультиагентные системы компьютеризации инженерной деятельности // Информационные технологии. — 2000. — № 3. — С. 11—16.

A.R. Denisov, R.V. Gribanov, G.N. Kostigin, O.I. Denisova

MULTIAGENT NETWORK PRINCIPLE APPLICATION UNDER INTERGRATED SAP MANUFACTURE

## КРИТЕРИИ СРАВНЕНИЯ СИСТЕМ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Е.А. Демчинова, Ю.Л. Лустгартен

Сегодня эффективного производства не может существовать без эффективного планирования. При этом важным является не только стратегическое, перспективное, но и оперативно-календарное планирование на уровне производственного цеха, рабочих центров, отдельных операций.

Вопрос календарного планирования (КП) стоит уже несколько десятилетий и является сложнейшей математической задачей [1]. Однако, благодаря повышению мощности и снижению стоимости персональных компьютеров, стало появляться множество информационных систем различной ценовой категории, предоставляющих возможности КП. Все они способны оперировать проектами, объем которых составляет порядка тысяч задач и используемых ресурсов.

В связи с этим встает вопрос об оценке различных алгоритмов и систем КП по каким-либо формальным критериям.

Мы будем исходить из того, что требуется планировать производственный процесс промышленного машиностроительного предприятия, специализирующегося на единичном и мелкосерийном производстве. На выходе систем КП получаются сроки изготовления деталей и узлов в разрезе конкретных операций. Непосредственно с планом производства завязаны планы закупок материалов и комплектующих, а также сроки выполнения заказов, размещенных у подрядчиков. При этом закупки материалов и комплектующих должны планироваться заранее, и резкое изменение плана закупок затруднено в связи с различными факторами:

- наличием ограничений сроков доставки необходимых материалов;
- отсутствием, сверх запланированного, оборотных средств;
- повышением цены в связи со срочностью заказа и т.д.

Производство узлов и деталей на стороне, а также размещение некоторых операций на мощностях сторонних подрядчиков, тоже связано с контактами с внешними агентами, которые могут диктовать свои условия по срокам выполнения размещенных заявок.

Авторами предлагается использовать следующие критерии для оценки качества систем и методов КП:

1. Детерминированность;
2. Устойчивость;
3. Преемственность;
4. Расширяемость;
5. Экономичность.

Остановимся более подробно на указанных критериях.

**Детерминированность:** под этим термином мы понимаем то, что при одних и тех же исходных данных будет получаться один и тот же календарный план:

$$A_1 = A_2 \Rightarrow P(A_1) = P(A_2), \quad (1)$$

где  $A_1, A_2$  — исходные данные, включающие длительность и порядок работ, требуемые и имеющиеся мощности, директивные сроки и т.д.;

$P$  — календарный план.

Выполнение условия (1) в чистом виде практически невозможно. Это связано с тем, что строгого аналитического решения задачи календарного планирования не существует из-за огромных вычислительных требований данной задачи [2], а применение различных численных методов, эвристических правил, правил приоритета приводит к некоторому произволу в процессе решения и, как следствие, обязательно влияет на получаемый результат. В связи с вышесказанным предлагается несколько ослабить это требование, введя два уровня тождественности плана:

1. Два календарных плана являются тождественными 1 рода, если они совпадают на уровне состава сменных заданий, т.е. без учета порядка выполнения операций;
2. Два календарных плана являются тождественными 2 рода, если они имеют одинаковый план закупок и план поставок от внешних производителей.

Тождественность 1 рода, с одной стороны, не сильно снижает требования к плану, т.к. с точки зрения цехового планирования именно сменное задание является одним из основных документов, а с другой стороны, резко сокращает пространство решений КП (при 100 планируемых независимых операциях в день и плане на 5-дневную рабочую неделю пространство решений за счет отсутствия перестановок сокращается в  $10^{10}$  раз).

Тождественность 2 рода является более слабым, но зачастую приемлемым условием, т.к. затрагивает только организацию производственного процесса внутри предприятия и не меняет планы контактов с внешними агентами.

**Устойчивость:** данный критерий предназначен для учета влияния изменения исходных данных на выходной календарный план.



Рассмотрим формальные показатели этого требования:

- при изменении времени операции в рамках резервов сетевого планирования (независимого, свободного, полного) КП должен меняться только в рамках этих резервов;
- при изменении времени наступления события на некоторое время  $dT$  и достаточности ресурсов длительность проекта увеличивается не более чем на  $dT$  — в случае непрерывности доступности всех ресурсов, а в противном случае не более чем на  $\text{Max}(dT, L_{\text{max}})$ , где  $L_{\text{max}}$  — максимальная длительность работ.

Устойчивость решения является важнейшей характеристикой с практической точки зрения, т.к. всегда существуют отклонения от плана и требуется минимизировать их влияние на уже сформированный план.

**Преemptивность:** если система КП создала план на некоторый промежуток времени и данный план начал успешно выполняться, то планирование оставшегося объема работ должно совпасть с первоначальным планом. Формально это можно записать следующим образом:

Если  $P(A) \in [0, T]$  — интервал планирования, то

$$\forall t \in [0, T], P(A_1) \in [0, t] \wedge P(A_2) \in [t, T] \Rightarrow P(A) = P(A_1) + P(A_2).$$

**Расширяемость:** критерий отражает возможность добавления нового проекта к уже запланированным так, чтобы не менялись их характеристики, т.е. должен существовать режим планирования, когда при существующем  $P(A)$  получаем:

$$P(A) \subseteq P(A+A_1),$$

где  $A$  — исходные проекты;

$A_1$  — дополнительный проект.

При этом отметим, что дополнительный проект планируется не только на свободные ресурсы, как это реализовано в некоторых системах, но отдельные операции могут быть объединены с операциями других, уже запланированных проектов.

**Экономичность:** данное требование предъявляется к большинству численных методов и математических моделей [3].

Применительно к практической стороне задачи КП рассмотрим это требование более широко. Сегодняшний уровень развития вычислительной техники позволяет сосредотачивать мощнейшие вычислительные ресурсы для решения различных задач. Это может быть связано и с привлечением дорогостоящих суперкомпьютеров, и организацией кластерных вычислений на значительно более дешевых системах и т.д. Поэтому имеет смысл рассматривать стоимость требуемых вычислительных ресурсов для решения задачи КП в зависимости от конкретного производства, которое и определяет количество исходных данных и также сроки получения новых планов. Итак, экономичность выражается функцией стоимости одного расчета календарного плана:

$$C(A, t),$$

где  $A$  — исходные данные планирования,

$t$  — требуемое время генерации плана.

В условиях реального машиностроительного производства расчет плана должен происходить как минимум при генерации сменного задания, а корректировка плана — при изменении каких-либо условий.

Таким образом, сформулированы формальные качественные (детерминированность, устойчивость, расширяемость, преemptивность) и количественный (экономичность) критерии, позволяющие сравнивать различные системы календарного планирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Танаев В.С. Теория расписаний. Многостадийные системы / В. С. Танаев, Ю. Н. Сотсков, В. А. Струевич. — М.: Наука, 1989. — 328 с.
2. Голенко Д.И. Статистическое моделирование в технико-экономических системах (управление проектами) / Д. И. Голенко, С. Е. Лившиц, С. Ш. Кеслер. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. — 264 с.
3. Норенков И.П. Системы автоматизированного проектирования. Принципы построения и структура. — М.: Высшая школа, 1986. — 127 с.

E.A.Demchinova, Yu.L.Lustgarten  
CALENDAR PLANNING SYSTEM REVIEW

УДК 677.052.484.4:621.3.019.3

### ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЛУЧАЯ РАЗДЕЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОТКАЗАВШИХ ПОДСИСТЕМ

В.П. Каванин

Рассмотрен подход к определению оптимального вида технической системы, надежность которой поддерживается резервированием невосстанавливаемых подсистем.

Оптимизация параметров надежности и технических характеристик системы рассмотрена в [1, 2]. Не менее важным является оптимизация параметров надежности и стоимости. Стоимость технической системы (ТС), связанная с затратами на повышение надежности, зависит от величины начальных затрат и от текущих расходов по обслуживанию ТС.

Полная стоимость состоит из следующих составных элементов: стоимости разработки, стоимости серийного изготовления и стоимости эксплуатации. Первые две группы затрат составляют стоимость изготовления (А), а третья — эксплуатационные расходы (В). Зависимость между этими параметрами и надежностью приведена на рис. 1 [3].

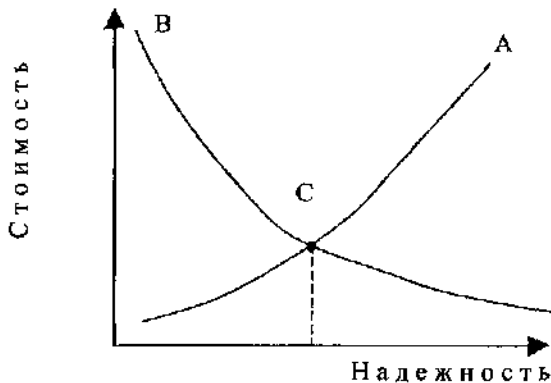


Рис. 1

При уровне надежности (С) эти составляющие могут быть одинаковыми. Однако в действительности для большинства ТС расходы В (главным образом ремонты), вызванные ненадежностью машин, превышают затраты А в несколько раз [4]. Поэтому цена ненадежности приобретает весьма серьезное экономическое значение.

Если повышение надежности ТС достигается путем резервирования [5], а характеристики узлов остаются неизменными, полные затраты будут определяться расходами на изготовление и эксплуатацию резервируемых элементов или систем. Рассмотрим схему нагруженного резервирования (рис. 2).

Полагая, что стоимость элемента (узла) равна  $C_i$ , для определения вероятной стоимости затрат на эксплуатацию ТС в случае отсутствия восстановления получим следующую формулу:

$$C = \sum_{i=1}^k a_i C_i n_i + C_y \left\{ 1 - \prod_{i=1}^k [1 - (1 - p_i)^{n_i}] \right\},$$

где  $a_i$  — коэффициент, учитывающий стоимость амортизации элемента (узла) за время эксплуатации;

$n_i$  — число элементов (узлов);

$C_y$  — стоимость потерь при отказе;

$p_i$  — вероятность безотказной работы элемента (узла) за время эксплуатации.

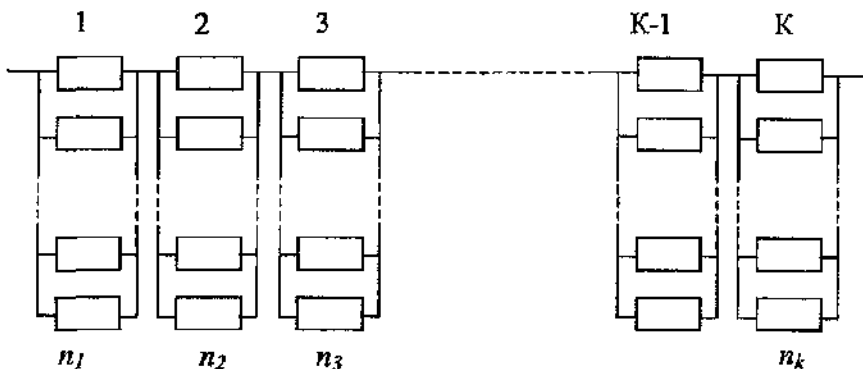


Рис. 2

Рассматриваемая задача сводится к нахождению минимума величины  $C = f(n_1; n_2, \dots, n_k)$ , т.е. к решению уравнения

$$\frac{\partial C}{\partial n_i} = 0$$

$$(i = 1, 2, \dots, k),$$

уравнение в рассматриваемом случае примет вид:

$$a_i C_i + C_y \ln(1 - p_i) \frac{(1 - p_i)^{n_i}}{1 - (1 - p_i)^{n_i}} \prod_{i=1}^k [1 - (1 - p_i)^{n_i}] = 0$$

( $i = 1, 2, \dots, k$ ).

После преобразований

$$\prod_{i=1}^k [a_i C_i - C_y Z \ln(1 - p_i)] - (-1)^k C_y^k Z^{k-1} \prod_{i=1}^k [\ln(1 - p_i)] = 0, \quad (1)$$

где  $Z = \prod_{i=1}^k [1 - (1 - p_i)^{n_i}]$ .

После решения относительно  $Z$  уравнения (1)

$$1 - (1 - p_i)^{n_i} = - \frac{C_y Z \ln(1 - p_i)}{a_i C_i - C_y Z \ln(1 - p_i)}, \quad (2)$$

из уравнения (2) могут быть найдены все величины  $n_i$ . Как правило,  $n_i$  не являются целыми числами, поэтому окончательный вид оптимальной структуры ТС может быть найден только после расчета нескольких вариантов.

Из (1), при  $k = 1$ :

$$a_c C_c - C_y (Z - 1) \ln(1 - p_c) = 0,$$

тогда  $Z = 1 + \frac{a_c C_c}{C_y \ln(1 - p_c)}$  и  $Z = 1 - (1 - p_c)^n$ ,

$$(1 - p_c)^n = - \frac{a_c C_c}{C_y \ln(1 - p_c)},$$

$$n = \frac{\ln \left[ - \frac{a_c C_c}{C_y \ln(1 - p_c)} \right]}{\ln(1 - p_c)}.$$

Выбрав вариант с ближайшим целым  $n$ , можно минимизировать затраты по эксплуатации ТС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашник В.П. Формирование фонда блочной замены узлов на основе поэлементного резервирования // Сборник докладов 6-й международной конференции по теории машин и механизмов. — Либерец (Чешская республика), 1992.
2. Калашник В.П. Оптимизация фонда блочной замены узлов на основе поэлементного резервирования // Информационные технологии управления производственными комплексами : сборник статей. — Кострома: КГУ (Костромское отделение Международной Академии информатизации), 1999. — Вып.1.
3. Калашник В.П. Оптимизация параметров надежности и стоимости изделия // Актуальные проблемы переработки льна в современных условиях : тез. международной научно-технической конференции («Лен-2004»). — Кострома : КГТУ, 2004.
4. Ремонтпригодность машин / А. И. Аристов, П. Н. Волков и др. — М. : Машиностроение, 1975. — 368 с.
5. Калашник В.П. Варианты повышения надежности машины ППМ-120-А1М / В. П. Калашник, С. В. Калашник // Практика системного анализа : тематический сборник научных трудов. — Кострома : Костромское региональное отделение Международной академии информатизации, 2002.

V. P. Kalashnik

#### OPTIMIZATION OF TECHNICAL SYSTEM STRUCTURE FOR COMMON REDUNDANCY CASE UNDER ABSENSE OF SUBSYSTEM RESTORATION POSSIBILITY

УДК 631.371:621.1

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АПК И ЖКХ РАЙОНОВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В.М.Каравайков,

В.Л.Борзов (Костромская государственная сельскохозяйственная академия)

Приведены некоторые результаты анализа функционирования, состояния и перспектив развития систем теплоснабжения в АПК и ЖКХ районов Костромской области и изложены рекомендации по повышению энергоэффективности систем теплоснабжения на стадиях генерирования и передачи тепловой энергии.

Региональным центром энергосбережения при КГТУ проводится системный анализ функционирования, состояния и перспектив развития систем теплоснабжения Костромской области. Синтезом системного анализа является комплексный план, на основании которого принимаются соответствующие организационно-технические решения. Этот план входит составной частью в областную целевую программу «Энергоэффективная экономика Костромской области на 2005 год и на период до 2010 года» [1].

Анализ результатов многолетних наблюдений за функционированием систем теплоснабжения АПК и ЖКХ районов Костромской области показывает, что дальнейшее эффективное их развитие невозможно без разработки и реализации комплекса мер, обеспечивающих повышение энергоэффективности [2].

Проведенные нами исследования работы котельных, принадлежащих сельским кооперативам и ЖКХ в районах Костромской области, позволили выявить целый ряд причин повышенных потерь при генерировании тепловой энергии:

- низкое качество топлива (в т.ч. повышенная влажность твердого топлива, повышенное содержание балласта (зоельность), некачественная подготовка к сжиганию);
- неэкономичный способ сжигания (недостаток или чрезмерный избыток воздуха, отсутствие современной шурфовки, отсутствие защитного экрана при сжигании и др.);
- некачественная обмуровка котлов (наличие незащищенных поверхностей, обмуровка из материалов с повышенной теплопроводностью, неоптимальная толщина слоя теплоизоляции);
- пониженная эффективность работы тепловоспринимающих поверхностей котлов (наличие слоя сажи на наружных тепловоспринимающих поверхностях, наличие накипи на внутренних поверхностях котельных труб, наличие коррозии на поверхностях теплообмена, некачественная работа тяго-дутьевых устройств, отсутствие изоляции и футеровки дымовой трубы и др.);
- конструктивные недостатки котельных установок (отсутствие элементов, повышающих КПД, повышенные сопротивления газового тракта);
- неквалифицированное обслуживание котлов в процессе эксплуатации (подача топлива, золоудаление и др.);

- использование котлов в режимах нагрузок ниже номинальных;
- ветхое помещение котельной (наличие сквозняков, пониженная температура воздуха, повышенная влажность).

Поскольку на величину тепловых потерь котельных установок влияет целый комплекс факторов, не всегда связанных между собой функционально, то снижение тепловых потерь следует обеспечивать путем исключения или ослабления действия каждого из них за счет конструктивных, технологических и организационных способов. При этом основное внимание следует уделять факторам, роль которых в снижении КПД наиболее существенна.

К таким факторам относится накипеобразование при отсутствии качественной водоподготовки котловой воды, особенно при работе по открытой схеме. В этом случае при заборе воды из скважин и колодцев слой накипи на внутренних теплообменных поверхностях возрастает настолько быстро (за один отопительный сезон от 0 до 3–4,5 мм), что резко увеличивается термическое сопротивление рабочих поверхностей теплообмена и, как следствие, потери с дымовыми газами увеличиваются в два раза [3].

Другим не менее важным фактором является качество топлива. При повышенной влажности местного топлива — дров, отходов деревообработки, торфа разница между высшей и низшей теплотой сгорания оказывается недопустимо высокой. За счет подсушки топлива отбросным теплом можно сблизить  $Q_B^P$  и  $Q_H^P$ , что обеспечит фактически косвенную регенерацию отбросного тепла и повышение КПД топки.

Существенную роль в повышении экономичности работы котельных установок играет наличие разветвленной поверхности теплообмена, а именно: экономайзеров, воздухоподогревателей, сушилок для топлива и других теплообменных устройств, понижающих температуру уходящих газов и повышающих таким образом коэффициент полезного использования теплоты. Расчеты показывают, что при снижении температуры уходящих газов от 250 до 80°C (что реально при работе газовых котельных) сбережение тепловой энергии составит не менее 5,5% от общего тепловыделения при сгорании топлива [4].

На величину КПД котельных установок существенно влияет и способ забора воздуха, подаваемого в топку из верхних горизонтов помещения котельной, где скапливаются теплопотери от наружного охлаждения поверхностей котлов (обмуровки). Таким образом осуществляется частичная регенерация отбросного тепла с повышением КПД на 1,5÷2,5% [3].

Упрощение конструкций дымовых труб (что часто имеет место в котельных малой и средней мощности), на наш взгляд, технологически и экономически неоправданно, поскольку значительная часть тепловой энергии, не освоенная на поверхностях теплообмена, теряется в окружающую среду через стенки стальных труб, за счет чего ухудшается тяга и имеет место конденсация водяных паров в дымовой трубе.

Температура и состав уходящих дымовых газов могут служить надежным критерием экологичности теплогенерирующих установок и, вместе с тем, нести информацию о техническом состоянии их элементов: поверхностей теплообмена котла, топочного устройства, фильтров дымовой трубы.

Низкая энергоэффективность систем теплоснабжения в районах области обусловлена и высокими потерями тепловой энергии при ее транспортировке к потребителю, которые достигают 30÷60% от объема производства.

Проведенный анализ показал, что состояние тепловых сетей Костромской области характеризуется следующими факторами:

- Высокая степень износа тепловых сетей (их низкая надежность). Более 50% муниципальных тепловых сетей отработали свой срок службы и относятся к категории изношенных.

- Нарушение тепловой изоляции тепловых сетей и потери тепла через изоляцию. В качестве теплоизоляции до сих пор часто используется минеральная вата (при канальной прокладке). Шурфовка тепловых сетей и осмотр их при проведении ремонтных работ показал, что на значительных участках изоляция или повреждена, или отсутствует.

- Трубопроводы систем центрального теплоснабжения, не имеющие современной теплогидроизоляции, теряют до 30% тепла и до 40% подготовленной воды.

- Нарушение гидравлических режимов тепловых сетей. В муниципальных тепловых сетях в основном не проводятся гидравлические испытания сетей, их промывка, наладка гидравлического режима.

Изменить сложившееся положение можно только путем оптимизации организационно-технических решений, направленных на использование прогрессивных новейших технологий производства, современного оборудования и высокоэффективных материалов.

Можно считать доказанным, что альтернативой металлическим трубам для систем отопления являются трубы из полимерных материалов. Срок службы пластмассовых труб в системах отопления (до 90°C) и горячего водоснабжения (до 75°C) — не менее 25 лет.

Применение современного материала (пенополиуретана) для устройства в заводских условиях теплоизоляции трубопроводов центрального теплоснабжения обеспечивает снижение тепловых потерь до 2,5 раз, по сравнению с применением традиционных материалов. Применение полиэтиленовых труб для устройства гидроизоляции трубопроводов позволяет укладывать их непосредственно в траншею, без устройства каких-либо каналов.

Ключевым элементом системы оптимизации организационно-технических решений является методика оценки инвестиционных проектов, направленных на повышение надежности тепловых сетей. Методика должна включать аудиторскую проверку состояния тепловых сетей и объективную оценку экономической эффективности капиталовложений.

Данные, полученные на основании такой аудиторской проверки в Костромской области, приведены в таблице 1, в которой указаны протяженность и срок эксплуатации тепловых сетей.

Таблица 1

Сведения о протяженности тепловых сетей Костромской области, км

Всего	Срок эксплуатации, лет		
	до 15	до 20	свыше
874,96	219,87	173,95	375,89

Из приведенных данных следует, что общая протяженность тепловых сетей составляет 875 км. Требуется срочная замена 376 км тепловых сетей, находящихся в эксплуатации свыше 20 лет.

Наиболее уязвимыми характеристиками теплопроводов являются сверхнормативные теплопотери, обусловленные техническим состоянием трубопроводов, их преждевременный выход из строя под воздействием коррозии. Опыт эксплуатации систем теплоснабжения свидетельствует о том, что ежегодно на ремонт сетей старше 10 лет расходуется не менее 40 % от их балансовой стоимости при бесканальной прокладке и до 25 % — при прокладке в непроходных и полупроходных каналах; при воздушной прокладке эта величина равна ≈ 10 %. Эти данные получены в результате обработки бухгалтерских материалов ряда организаций, обеспечивающих теплоснабжение сельских потребителей Костромского и Галичского районов. Отсюда следует, что на ремонтные работы по восстановлению тепловых сетей при бесканальной прокладке расходуются за 2,5 года средства, равные полной стоимости сетей, а при других видах прокладки этот срок составит от 4-х до 10 лет.

По этим данным можно сделать вывод о том, что перекладка тепловых сетей с использованием современных элементов теплопроводов, обеспечивающих безаварийное функционирование сетей в течение 20...30 лет (полиэтиленовые трубы, стальные трубы в заводской пенополиуретановой изоляции), экономически оправдана, поскольку срок окупаемости капитальных вложений составит от 3 до 5 лет, а далее ежегодная экономия будет составлять от 10 до 40% стоимости сетей в течение оставшихся 15...20 лет эксплуатации теплопроводов.

В то же время опыт эксплуатации и расчеты показывают, что тепловые сети воздушной прокладки целесообразно поддерживать в рабочем состоянии за счет ремонтов (без перекладки) в течение

15...18 лет, поскольку затраты при этом составят в среднем до 10...12 % от балансовой стоимости сетей. При сроке эксплуатации, превышающем 18 лет, затраты на ремонт возрастают до 25...40 % стоимости сетей, поэтому их перекладка становится экономически целесообразной.

В соответствии с разработанной методикой перекладка тепловых сетей целесообразна при сроке окупаемости проекта до 5 лет (и менее). В противном случае (при сроке окупаемости более 5 лет) предпочтительнее поддерживать работоспособность сети за счет ремонтов и технического обслуживания. В масштабе Костромской области расчетным путем определены объемы работ и их стоимость по поддержанию тепловых сетей в работоспособном состоянии за счет перекладки и капитальных ремонтов (табл. 2).

Таблица 2

Затраты по содержанию тепловых сетей Костромской области

Календарный год	Общая протяженность тепловых сетей, км	Подлежит перекладке, км		Стоимость работ и материалов, тыс. руб.	Примечание
		всего	в данном календарном году		
2004	875	183	60	324000	Расчет выполнен в ценах 2003г. Стоимость работ и материалов изоляции 200% от стоимости труб (тах).
2005		174	60	324000	
2006		162	60	324000	
2007		120	50	270000	
2008		108	50	270000	
2009		100	50	270000	
2010		90,5	40	216000	
На конец периода		70	Всего 370	3098000	

Для оптимизации организационно-технических решений по повышению энергоэффективности систем теплоснабжения АПК и ЖКХ районов Костромской области необходимо вести постоянный мониторинг состава дымовых газов и их температуры за котлом и на выходе из дымовой трубы. Необходим и мониторинг теплопотерь по динамике температур горячего и холодного теплоносителя в реперных точках магистралей.

Повышение обоснованности и адекватности принимаемых управленческих решений возможно лишь в случае оперативного получения руководи-

телями всей необходимой информации об энергоэффективности систем теплоснабжения. В этой связи объективно обоснованным является предложение по разработке и внедрению единой корпоративной информационной системы, которая позволит решать не только оперативные, но и стратегические задачи по управлению теплоснабжением региона. Целью создания данной системы является повышение энергоэффективности и надежности теплоснабжения за счет повышения качества управленческих решений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергоэффективная экономика Костромской области на 2005 год и на период до 2010 года: Областная целевая программа. — Кострома, 2004.
2. Каравайков В.М. К решению проблемы повышения энергоэффективности Костромской области // Управление развитием региональных экономических систем : сб. научных материалов Международной научно-практической конференции / под ред. проф. Б.Н. Ичитовкина. — Киров : Изд-во ВятГУ, 2003. — С. 47—50.
3. Борзов В.П. Модернизация сельских систем теплоснабжения. — Кострома : Изд-во КГСХА, 2003. — 150 с.
4. Аронов И.З. Использование тепла уходящих газов газифицированных котельных. — М. : Энергия, 1967. — 192 с.

V.P.Borzov, V.M.Karavaykov

ORGANIZATION-TECHNICAL DESIGN OPTIMIZATION TO ENERGY EFFICIENCY INCREASE  
OF HEAT-SUPPLY SYSTEMS OF THE KOSTROMA REGION



УДК 658.01:004(036)

**ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ ТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНА**

*Н.Р.Подкопаева (Региональная служба по тарифам Костромской области)*

В работе рассматривается система обеспечения региона первичными топливными ресурсами. Определена целевая функция системы. Декомпозиция целевой функции позволяет выявить и систематизировать все те факторы, которые должны быть приняты во внимание при достижении цели с учетом ограничений. Определен метод оптимизации целевой функции.

В данной работе организационно-техническим объектом исследования является система топливообеспечения Костромского региона.

Целью рассматриваемой системы является, прежде всего, бесперебойное обеспечение экономики и населения региона первичными энергетическими ресурсами при соблюдении необходимых заданных ограничений: экологических, социальных, административных, финансовых и др.

При формулировании основной цели необходимо исходить из того, что она состоит из нескольких взаимосвязанных подцелей, образующих единую систему целей. В результате декомпозиции (последовательного разбиения подцелей, перехода от более укрупненного их представления к более дифференцированному) получается "древовидная" иерархическая структура целей [1]. Всякая подцель старшего ранга представляет собой агрегированную совокупность ее подцелей младшего ранга.

Построение "дерева" собственно целей (подцелей) выполняется главным образом для того, что-

бы полнее выявить и систематизировать все те факторы, которые должны быть учтены при построении целевой функции и ограничений.

Целевую функцию можно представить в виде четырех основных групп подцелей:

*подцель 1* — снижение энергоемкости регионального валового продукта (РВП);

*подцель 2* — обеспечение экологической безопасности региона;

*подцель 3* — обеспечение энергетической безопасности региона;

*подцель 4* — обеспечение социальной направленности энергетической политики региона.

Развиваем "дерево целей" системы топливообеспечения региона, последовательно расчлняя четыре подцели 1-го ранга, представленные на рис. 1. Детализация подцелей определяется постановкой анализируемой проблемы и конкретных ограничений ее решения.

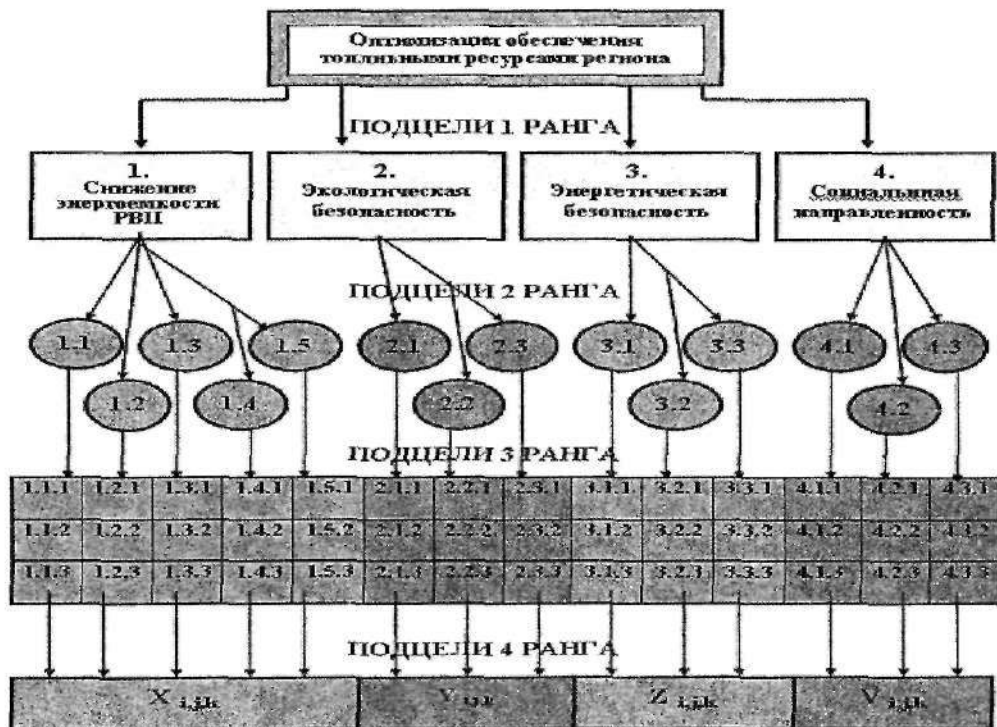


Рис.1. "Дерево целей" системы топливообеспечения региона

**Подцель 1 (X)** — снижение энергоемкости регионального валового продукта.

**Подцель 1.1 (X<sub>1</sub>)** — развитие и укрепление собственного социально ориентированного конкурентоспособного топливно-энергетического сектора экономики региона, основанного на рыночных условиях хозяйствования и обеспечивающего снижение энергоемкости РВП.

Эта подцель может быть дезагрегирована на три основных подцели:

**Подцель 1.1.1 (X<sub>1.1</sub>)** — удовлетворение потребности по количеству энергии требуемого качества. Эту подцель следует дифференцировать далее, выделяя отдельные виды энергии (электрическую (1.1.1.1) (X<sub>1.1.1</sub>), тепловую (1.1.1.2) (X<sub>1.1.2</sub>) и рассматривая потребности в пределах, установленных нормативно-техническими документами (1.1.1.1.1) (X<sub>1.1.1.1</sub>), и повышение потребностей в энергии в связи с развитием экономики, требующей обоснованных дополнительных энергозатрат (1.1.1.1.2) (X<sub>1.1.1.2</sub>).

**Подцель 1.1.2 (X<sub>1.2</sub>)** — обеспечение опережающих темпов роста энергоотдачи в экономических системах более высокой энергостойкости. Ее целесообразно сразу же разделить на две подцели:

**1.1.2.1 (X<sub>1.2.1</sub>)** — создание более мощного энергетического базиса хозяйствования (введение новых высокоэффективных энергетических мощностей);

**1.1.2.2 (X<sub>1.2.2</sub>)** — повышение КПД энергогенерирующих систем за счет модернизации существующих мощностей.

**Подцель 1.1.3 (X<sub>1.3</sub>)** — улучшение временных (динамических) характеристик энергопотребления производства представляет собой подцель, выражающую характерный для системного анализа принцип, в соответствии с которым функционирование систем рассматривается не только в статике, но и в динамике, т.е. с учетом фактора времени.

В свою очередь эту подцель можно дифференцировать на две подцели младшего ранга:

**подцель 1.1.3.1 (X<sub>1.3.1</sub>)** — обеспечение ритмичности поставок энергии;

**подцель 1.1.3.2 (X<sub>1.3.2</sub>)** — ускорение реакции производства на изменение спроса на низкоэнергоемкую продукцию.

**Подцель 1.2 (X<sub>2</sub>)** — энергосбережение и повышение энергоэффективности экономики. Эту подцель дифференцируем на подцели:

**1.2.1 (X<sub>2.1</sub>)** — составление энергетического паспорта региона на основании энергетического аудита структурных элементов системы энергообеспечения и энергопотребления;

**1.2.2 (X<sub>2.2</sub>)** — более совершенная организация потребления энергоресурсов, направленная на сокра-

щение непроизводительного расходования всех видов энергии и обеспечение более высоких энергетических КПД во всех сферах использования энергии;

**1.2.3 (X<sub>2.3</sub>)** — повышение уровня рационального использования топлива и энергии за счет широкого использования новых энергосберегающих технологий и оборудования потребителями топливно-энергетических ресурсов в различных секторах экономики;

**Подцель 1.3 (X<sub>3</sub>)** — организация управления энергоэффективностью экономики региона:

**подцель 1.3.1 (X<sub>3.1</sub>)** — разработка системы приоритетов (основных направлений), целей и народнохозяйственных задач, на основании которых строится долгосрочная энергетическая политика и механизм регулирования отношений хозяйствующих субъектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и энергетического хозяйства региона как между собой, так и со структурами государственного управления всех уровней;

**подцель 1.3.2 (X<sub>3.2</sub>)** — создание автоматизированной системы учета и контроля потребления энергии на всех уровнях: от предприятия, отрасли до региона в целом;

**подцель 1.3.3 (X<sub>3.3</sub>)** — разработка законодательно-нормативной базы, предусматривающей ответственность за нерациональное расходование энергетических ресурсов и стимулирование энергосбережения;

**подцель 1.3.4 (X<sub>3.4</sub>)** — подготовка и обучение специалистов в сфере управления энергоэффективностью экономики.

**Подцель 1.4 (X<sub>4</sub>)** — структурная перестройка экономики региона, направленная на достижение подцелей:

**1.4.1 (X<sub>4.1</sub>)** — рациональное размещение производительных сил на территории области с учетом наличия местных энергетических ресурсов;

**1.4.2 (X<sub>4.2</sub>)** — развитие производств с меньшей энергоемкостью продукции;

**1.4.3 (X<sub>4.3</sub>)** — снижение энергоемкости ВРП за счет структурных и технологических изменений в энергопроизводящих и энергопотребляющих отраслях.

**Подцель 1.5 (X<sub>5</sub>)** — снижение финансовых затрат регионального бюджета на топливообеспечение региона:

**подцель 1.5.1 (X<sub>5.1</sub>)** — диверсификация первичных энергоресурсов для снижения стоимости вырабатываемой энергии:

**подцель 1.5.1.1 (X<sub>5.1.1</sub>)** — использование местных видов топлива (для Костромской области: **1.5.1.1.1 (X<sub>5.1.1.1</sub>)** — отходы деревообработки; **1.5.1.1.2 (X<sub>5.1.1.2</sub>)** — торф);

**подцель 1.5.2 (X<sub>5.2</sub>)** — внедрение нетрадиционных источников энергии (для Костромской облас-

ти: 1.5.2.1 ( $X_{5,2,1}$ ) — энергия рек, 1.5.2.2 ( $X_{5,2,2}$ ) — энергия ветра);

*подцель 1.5.3 ( $X_{5,3}$ )* — организация контроля качества ввозимого топлива;

*подцель 1.5.4 ( $X_{5,4}$ )* — экономия финансовых средств федерального, областного и муниципальных бюджетов посредством внедрения энергосберегающих технологий.

**Подцель 2 (Y)** — обеспечение экологической безопасности региона, защиты здоровья и окружающей среды с учетом интересов населения региона, причем как ныне живущих, так и будущих поколений людей. Построение ветви подцели 2 производим аналогично построению ветви подцели 1.

*Подцель 2.1 ( $Y_1$ )* — снижение техногенной нагрузки на окружающую среду за счет применения менее “грязного” топлива:

*подцель 2.1.1 ( $Y_{1,1}$ )* — уменьшение объема выбросов токсикантов в атмосферу;

*подцель 2.1.2 ( $Y_{1,2}$ )* — уменьшение загрязнения почвы и водоемов отходами энергопроизводства.

*Подцель 2.2 ( $Y_2$ )* — оптимизация лесопользования на основе комплексного использования леса для обеспечения жизнеспособности и устойчивости лесов, повышения их продуктивности и коммерческой ценности:

*подцель 2.2.1 ( $Y_{2,1}$ )* — очистка лесов от отходов лесозаготовки;

*подцель 2.2.2 ( $Y_{2,2}$ )* — вырубка низкотоварной древесины для сохранения устойчивости и биоразнообразия лесов.

*Подцель 2.3 ( $Y_3$ )* — очистка территорий деревоперерабатывающих производств от отходов, гниющих в отвалах или сжигаемых с загрязнением атмосферного воздуха:

*подцель 2.3.1 ( $Y_{3,1}$ )* — снижение себестоимости продукции деревоперерабатывающих предприятий за счет создания безотходного производства;

*подцель 2.3.2 ( $Y_{3,2}$ )* — улучшение экологической обстановки за счет устранения отходов, гниющих в отвалах или сжигаемых с загрязнением атмосферного воздуха.

**Подцель 3 (Z)** — обеспечение энергетической безопасности региона, т.е. состояния защищенности региона, его населения и обслуживающей их экономики от угроз надежному топливно-энергоснабжению.

Проводим декомпозицию подцели 3.

*Подцель 3.1 ( $Z_1$ )* — формирование правовых основ поведения исполнительной власти в сфере обеспечения энергетической безопасности:

*подцель 3.1.1 ( $Z_{1,1}$ )* — разработка и принятие законодательного акта, закрепляющего номенклатуру показателей энергетической безопасности регио-

на и страны в целом, систему организации мониторинга, ответственности исполнительных органов за обеспечение энергетической безопасности;

*подцель 3.1.2 ( $Z_{1,2}$ )* — создание эффективно действующей системы управления энергоснабжением и энергопотреблением региона.

*Подцель 3.2 ( $Z_2$ )* — снижение возможностей возникновения и реализации угроз за счет повышения надежности элементов систем энергетики и систем энергоснабжения:

*подцель 3.2.1 ( $Z_{2,1}$ )* — организация систематического контроля состояния (энергоаудит и мониторинг);

*подцель 3.2.2 ( $Z_{2,2}$ )* — осуществление активной политики обновления оборудования с вводом более надежного, безотказного, безопасного.

*Подцель 3.3 ( $Z_3$ )* — снижение восприимчивости систем топливно- и энергоснабжения к угрозам:

*подцель 3.3.1 ( $Z_{3,1}$ )* — обеспечение заменимости привозных органических топливных ресурсов (газа, угля, мазута) на резервное местное топливо (переработанные отходы деревообработки и торф);

*подцель 3.3.2 ( $Z_{3,2}$ )* — создание специализированных хранилищ топлива и резервных источников энергии;

*подцель 3.3.3 ( $Z_{3,3}$ )* — перестройка топливного баланса региона на увеличение коэффициента энергетической самообеспеченности региона;

**Подцель 4 (V)** — обеспечение социальной направленности энергетической политики региона.

*Подцель 4.1 ( $V_1$ )* — обеспечение комфортных условий проживания при снижении тарифов на ресурсообеспечение населения:

*подцель 4.1.1 ( $V_{1,1}$ )* — обеспечение энергией в достаточном объеме для обеспечения комфортных условий проживания при повышении эффективности использования энергии во всех сферах экономики и коммунально-бытовом секторе;

*подцель 4.1.2 ( $V_{1,2}$ )* — сдерживание роста нагрузки на население и областной бюджет по оплате энергетических и коммунальных услуг (снижение тарифов за потребление энергоресурсов).

*Подцель 4.2 ( $V_2$ )* — увеличение занятости населения за счет создания новых рабочих мест:

*подцель 4.2.1 ( $V_{2,1}$ )* — строительство заводов по переработке отходов деревообработки в топливные брикеты, пеллеты и создание необходимой транспортной инфраструктуры;

*подцель 4.2.2 ( $V_{2,2}$ )* — развитие предприятий по добыче и переработке торфа, строительство заводов по производству торфобрикетов.

*Подцель 4.3 ( $V_3$ )* — создание условий для отдыха людей в экологически благополучной окружающей среде:

*подцель 4.3.1 ( $V_{3.1}$ )* — восстановление качественных лесных угодий;

*подцель 4.3.2 ( $V_{3.2}$ )* — восстановление экологической чистоты водоемов и рек.

В приведенной декомпозиции целевой функции системы топливообеспечения региона дальнейшее дезагрегирование указанных подцелей зависит от постановки анализируемой проблемы в частных условиях ее решения на конкретной территории.

Рассматриваемая система описывается случайной нелинейной системной функцией вида:

$$U = f(X, Y, Z, V).$$

Ключевым элементом в оптимизации решения целевой функции является выбор критерия оптимизации, введение ограничений на величину факторов

( $X_{ijk}$ ,  $Y_{ijk}$ ,  $Z_{ijk}$ ,  $V_{ijk}$ ), выбор метода количественной оценки факторов. Возникающая при этом проблема взаимного соотнесения различных факторов может быть решена при помощи опроса экспертов [2, 3].

При оптимизации рассматриваемой целевой функции изучается множество альтернатив. При этом худшие альтернативы исключаются, и остаются только такие, которые хотя бы по одному критерию не хуже, чем другие. Множество таких альтернатив получило название «множество недоминируемых альтернатив», или «множество Парето» [4].

Т. Саати предложил способ определения предпочтений, в рамках которого все цели или альтернативы сравниваются попарно. Для всех уровней вводятся свои матрицы предпочтений  $\Lambda = \{a_{rs}\}$ , где  $a_{rs}$  — предпочтение цели (альтернативы)  $r$  перед  $s$  относительно определенной цели высшего порядка [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем : пер. с англ. / М. Месарович, Д. Мако, Н. Такахага. — М. : Мир, 1973.
2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. — М. : Наука, 1986.
3. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект — основа информационной технологии. — М. : Наука, 1988.
4. Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В. Д. Ногин. — М. : Наука, 1982.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М., 1993.

N.R.Podkopaeva

#### SYSTEM AIMED FUNCTION DECOMPOSITION OF REGION FUEL SUPPLY

УДК 339.1.05

#### ЭВОЛЮЦИОННЫЙ РЕИНЖИНИРИНГ — НОВЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Г.Л.Виноградова, В.Н.Шведенко

Рассматривается эволюционный реинжиниринг бизнес-процессов. Для его реализации предлагается постепенный перевод управленческих функций из автоматизированного в автоматический режим их исполнения. Это достигается использованием автоматизированной системы управления предприятием нового класса. Решена задача классификации и кодирования функций управления бизнес-процессами.

Автоматизация управления предприятием является неотъемлемой частью процесса совершенствования деятельности практически всех предприятий. В последнее время наметился качественно новый этап, который характеризуется стремлением к созданию интегрированных автоматизированных систем, объединяющих все задачи управления.

Внедрению автоматизированной системы необходимо предваряющий этап — реорганизация, включающая наведение порядка в деятельности, создание рациональных технологий и бизнес-процессов. В начале 90-х годов сформировался новый революционный подход к реорганизации — реинжиниринг бизнес-процессов BPR (Business

Process Reengineering), предполагающий коренную ломку существующих бизнес-процессов, а также организационной структуры предприятия [1].

Средние и крупные российские предприятия, сформировавшиеся в прежней хозяйственной системе, не всегда готовы к радикальным преобразованиям. В настоящей статье рассматривается обоснование возможности проведения эволюционного реинжиниринга управленческих процессов предприятия.

Первые работы по практическому применению ЭВМ в управлении производством были направлены на решение наиболее трудоемких задач, которые были «узким местом» в системе переработки информации. Одной из них была задача расчета

материальных потребностей на производственную программу. Первые системы, решавшие эту задачу, получили название MRP (Material Requirements Planning — «Планирование материальных потребностей»).

Постепенно был совершен переход от автоматизации управления производством на уровне локальных задач к интегрированным системам, охватывающим выполнение всех функций управления производством. Итогом этого процесса явились системы, получившие название MRP II (Manufacturing Resource Planning — «Планирование производственных ресурсов»). MRP II представляет собой методологию, направленную на эффективное управление всеми производственными ресурсами предприятия. Структура MRP II охватывает все основные функции планирования производства сверху вниз. Функциональные модули обеспечивают интеграцию функций планирования, в том числе согласование их при различиях времени и пространства.

Дальнейшее развитие MRP II связано с появлением систем управления предприятием в замкнутом контуре, то есть систем с обратной связью (Closed-loop MRP). В них появляются такие функциональные возможности, как планирование и учет запуска-выпуска, составление оперативных расписаний, решение задач первичного учета. Однако системы данного класса обладают рядом недостатков, в частности, слабой интеграцией с системами проектирования и конструирования продукции, отсутствием интеграции с процессами управления финансами и кадрами и др.

Необходимость устранить перечисленные недостатки побудила трансформировать системы MRP II в системы нового класса — «Планирование ресурсов предприятия» (Enterprise Resource Planning — ERP). Системы этого класса в большей степени ориентированы на работу с финансовой информацией для решения задач управления большими корпорациями с разнесенными территориально ресурсами. Цель ERP — интегрировать управление всеми ресурсами предприятия, а не только материальными. В ERP решение о включении изделия в график выпуска продукции может приниматься не только на основе реально имеющегося спроса, но и на основе прогноза спроса.

Развитие новых идей, методов и средств управления производственными системами привело к появлению систем нового поколения, получивших название «продвинутых систем управления» (Advanced Planning System — APS). В системах этого класса применяются методы оптимизации плановых решений, используются технологии моделирования и принятия решений, динамический подход к ведению информации.

В последние годы появляется тенденция к фундаментальному изменению концепций управления, на которых строятся современные системы ERP, так как они входят в противоречие с требованиями к управлению в динамичных производственных системах. Кроме того, проявляется такое требование к системам управления, как сочетание массового характера производства с индивидуальным исполнением изделий (mass customization).

Приведенный анализ показывает, что развитие систем управления предприятием идет по таким направлениям, как охват все большего количества управляемых системой ресурсов, совершенствование технологий и методов, используемых при решении данных задач, совершенствование инструментария. То есть степень участия человека в управлении предприятием уменьшается за счет таких факторов, как скорость принятия решений, полнота информации, оптимизация решений и т.д. Однако роль человека в этом процессе принципиально не меняется, так как во всех случаях речь идет об автоматизации управленческой деятельности.

*Автоматизированная система управления* — система, в которой для получения, обработки информации и управления используются различные устройства, однако определенные функции выполняются человеком или группой людей [3]. Система «замыкается» человеком, который принимает окончательное решение и реализует его. Такие системы считаются «разомкнутыми», хотя цепь воздействия «замыкается» человеком.

Повышение эффективности управления может быть осуществлено при переводе значительной доли управленческих функций, выполняемых руководителями различных уровней, в автоматический режим, то есть при существенном перераспределении функций между системой и человеком.

*Автоматическая система управления* — система, в которой функции всех элементов выполняются различными устройствами без непосредственного участия человека.

Целью нашего исследования является установление возможности перевода части функций управления в автоматический режим для повышения эффективности управления промышленным предприятием (организацией). При решении этой задачи можно говорить о существенной перестройке управленческих (административных) бизнес-процессов, то есть об реинжиниринге управленческой деятельности.

Главным инструментом улучшения системы управления предприятием является реинжиниринг бизнес-процессов. Все бизнес-процессы, происходящие в рамках организации, подразделяются на производственные и административные. *Админист-*



*ративные бизнес-процессы* — это серия последовательных мероприятий по выполнению административных задач.

Впервые термин "реинжиниринг бизнес-процессов" был введен Майклом Хаммером в 1990 г. в статье «Реинжиниринг: не автоматизируйте — уничтожайте». Данный термин определяет этот вид деятельности как "фундаментальное переосмысление и радикальное перепланирование бизнес-процессов предприятий, имеющее целью резкое улучшение показателей их деятельности, таких как затраты, качество и скорость обслуживания" [5].

Существует целый ряд различных подходов к решению этого вопроса. *Методика быстрого анализа решения* — это «спрыгивной» подход, направленный на осуществление крайне быстрого, прорывного улучшения в рамках единичного бизнес-процесса. При правильном решении он может обеспечить максимальное улучшение, но связан с наибольшей степенью риска. Часто реинжиниринг процессов предполагает необходимость организационной перестройки, что может быть крайне разрушительным для организации.

*Подход реинжиниринга процесса для реализации BFSS (Best-Value Future Solution)* — это решение, которое приводит к перепроектированию предмета, состоящее из решения четырех задач: анализа общей картины, теории единиц, имитации процесса, моделирования процесса. При использовании данного подхода, после сформулированного представления, что должно быть сделано, т.е. спецификации нового процесса, устанавливается минимальное количество элементов, подлежащее оптимизации. Далее строится и проверяется имитационная модель нового процесса, после чего, в случае соответствия разработанного процесса сформулированному представлению, теоретическая модель реализуется физически.

Существуют и другие методы, которые можно рассматривать либо как частные случаи BPR (если в основе этих методов лежит управление процессами), либо как автономные концепции (если они базируются на иных принципах) [2, 4, 6].

Анализ предлагаемых методик проведения реинжиниринга бизнес-процессов показал, что основными этапами проведения реинжиниринга являются такие этапы, как создание модели «как есть», разработка модели «как будет». Третий этап — планирование перехода от состояния "как есть" к состоянию "как будет". Планирование заключается в "наложении" моделей "друг на друга" — таким образом определяются недостающие фрагменты будущей системы, избыточные элементы существующей системы и элементы существующей системы, требующие улучшения или совершенствования.

Анализируя подходы к реинжинирингу бизнес-процессов, следует констатировать, что BPR — это создание совершенно новых процессов без учета того, как они функционировали раньше. То есть существующие методы можно классифицировать прежде всего как революционные, что заложено в самом определении BPR, данном его основателями.

Именно это свойство определяет все возможные риски и недостатки при проведении реинжиниринга, особенно ярко проявляющиеся для крупных предприятий, сложившихся в прежней системе хозяйствования. По результатам анализа можно сделать выводы:

- все технологии BPR являются революционными, т.е. предполагают глубокие преобразования организационной структуры, бизнес-процессов, существующих связей, сложившихся центров ответственности и т.д.;

- для проведения подобных мероприятий требуется длительное время и квалифицированная команда;

- для проведения BPR требуется большое количество ресурсов, которых у предприятия может и не быть;

- реинжиниринг может вызвать сопротивление менеджеров, занимающих ключевые посты в функциональной структуре, т.к. их влияние может заметно сократиться, а то и вовсе свестись к нулю. Консерватизм таких менеджеров представляет серьезную угрозу процессам реинжиниринга;

- непонимание и невосприятие коллективом значения мероприятий приводит, как правило, к неточной или неполной реализации модели "как будет" со всеми вытекающими отсюда последствиями;

- результаты реинжиниринга неопределенные, существует немало примеров неудачного реинжиниринга.

Минимизировать риски и устранить недостатки подобных мероприятий можно путем проведения эволюционного реинжиниринга, не предполагающего коренной перестройки организационной структуры и бизнес-процессов.

Для достижения поставленных целей следует решить ряд задач, основной из которых является разработка методики построения моделей бизнес-процессов промышленного предприятия (организации) для проведения эволюционного реинжиниринга.

Для решения этой задачи необходимо обосновать выбор технологий моделирования бизнес-процессов на различных этапах проведения исследования; определить критерии (принципы) устранения неэффективных бизнес-процессов из системы управления; разработать алгоритм проведения эволюционного реинжиниринга.



Следующей задачей должна стать разработка методики разделения функций менеджеров и компьютерной обработки процессов управления. Она может быть решена при проведении таких этапов исследования, как специфицирование управленческих функций промышленного предприятия; определение набора квалификационных признаков, лежащих в основе деления функций; выбор метода классификации; классифицирование функций управленческой деятельности для последующей формализации; разработка системы кодирования (формализации) управленческих функций.

Для реализации поставленных целей необходимо выбрать адекватные методы решения задач.

Решения первой задачи возможно при использовании традиционных методов, применяемых для исследования и моделирования систем, а именно, использование функциональной технологии моделирования бизнес-процессов IDEF0 и технологии документирования процессов, применяемых в системе IDEF3.

Для решения следующей задачи на первом этапе необходимо проведение классификации управленческих функций, которая обеспечит основу последующего анализа. Для классификации любых объек-

тов необходимо определить набор квалификационных признаков, лежащих в основе деления объектов.

В нашем случае в качестве основания деления могут использоваться формальные признаки, накладывающие определенные ограничения на классифицирование. Для классифицирования производственной и научно-технической информации может быть применена фасетная классификация, предполагающая использование независимых параллельных фасетов, то есть некоторых наборов квалификационных признаков. Результаты классифицирования составляют основу для кодирования данных, целью которого является представление информации в более компактной форме.

На основе фасетной классификации может быть построена позиционная система кодирования, основным достоинством которой является логичность построения и возможность автоматического получения итогов по старшим признакам.

Таким образом, цель исследования может быть достигнута посредством решения поставленных задач известными методами. Следовательно, есть основание утверждать о возможности эволюционного реинжиниринга административных бизнес-процессов путем перевода элементов управленческой деятельности человека в автоматический режим.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация управления предприятием / В. В. Баронов и др. — М. : ИНФРА-М, 2000. — 239 с.
2. Кукушкин Н. Реинжиниринг бизнес-процессов.
3. Смилянский Г. Л. Какая АСУ эффективна? — М. : Экономика, 1988. — 304 с.
4. Федоров В.А. Проблемы реинжиниринга бизнес-процессов корпорации.
5. Хаммер М. Реинжиниринг: не автоматизируйте — уничтожайте / Harvard Business Review, Juli-August, 1990 // [www.consulting/psi/ru](http://www.consulting/psi/ru).
6. Шведенко В.Н. Современные системы интегрирования предприятия : монография / В. Н. Шведенко, Н. В. Миронова, Г. Л. Виноградова ; под науч. ред. В. Н. Шведенко. — Кострома: Изд-во КГТУ, 2004. — 168 с.

G. L. Vinogradova, V. N. Shvedenko

#### EVOLUTION ENGINEERING IS A NEW METHOD OF ENTERPRISE MANAGEMENT EFFECTIVENESS

УДК 674.59: 684.4

#### ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА МЕБЕЛИ В УСЛОВИЯХ РЫНКА

С.Б.Зварыгина, Л.Н.Галочкина

Представлен комплекс работ по организационно-технологической подготовке серийного производства современной мебели.

Организационно-технологическая подготовка производства представляет комплекс работ, включающий анализ технологичности конструкций мебельных изделий, разработку и типизацию технологических процессов, создание технологического оснащения, нормирование потребности в ресурсах, организацию обеспечения производства, оператив-

ное управление подготовкой производства. На современном этапе развития российского рынка мебели предприятия-производители стремятся, используя факторы производства и инвестиции, сокращать жизненный и воспроизводственный циклы мебельной продукции до двух-трех раз в год, улучшая при этом качество изделий, их полезность, функцио-

нальность, безопасность, удобство и эстетичность [1]. Система организации производства в рыночных условиях должна обеспечивать конкурентоспособность новых моделей мебели.

Целью организационно-технологической подготовки производства является подготовка организационной документации для изготовления новой продукции при ускоренной смене ассортимента серийного и массового производства. Создание новых моделей изделий базируется на результатах маркетинговых исследований, в которых сформулированы требования потребителей к параметрам изделий и их экономичности. Структура подготовки производства определяется такими факторами, как новизна, сложность, качественные показатели мебели, её конструктивные особенности, наличие конструкторско-технологической документации и технологического оснащения для выпуска планируемого объема продукции с учетом установленных технико-экономических показателей.

Организационная структура производства должна обеспечивать: рациональное распределение

функций между службами технологической подготовки, четкую организацию документооборота конструкторско-технологических документов, возможность быстрого реагирования на решение новых задач.

На действующем предприятии могут использоваться различные варианты организационно-технологической подготовки в зависимости от уровня организации подготовки производства, от скорости и точности выполнения всех необходимых работ, от времени принятия решения о разработке продукции до полного освоения выпуска новых изделий. На рис. 1 показана схема организационно-технологической подготовки производства на крупносерийном предприятии ОАО «Ивановомебель», включающая 25 блоков-комплексов работ, обеспечивающих ежеквартальную смену ассортимента выпускаемой продукции. В соответствии с действующей схемой разрабатывается график подготовки и освоения новых видов изделий. В таблице 1 представлен пример графика разработки мебели для молодежной комнаты «Эврика».

Таблица 1

График организационно-технологической подготовки производства мебели для молодежной комнаты «Эврика»

Наименование мероприятий	Срок выполнения
1. Планирование и выпуск опытной партии как обязательного ассортимента: -10 изделий для обработки конструкторской документации; -20 изделий по рабочим чертежам.	март апрель
2. Выпуск и представление испытательной лаборатории мебели изделий для испытаний: -приемочных (из опытной партии); -сертификационных (изготовленных по рабочим чертежам).	18.04.
3. Разработка и выдача конструкторской документации: -спецификаций для выпуска опытной партии; -чертежей для изготовления опытной партии; -рабочих чертежей и чертежей на упаковку; -технического описания и ввод информации в банк данных; -разработка этикеток и конструкций на выпуск опытной партии	06.03. 17.03. 21.03. 28.03. 31.03.
4. Разработка и выдача технологической документации: -перечня шаблонов, калибров, их расчет; -спецификации деталей и маршрутной технологии; -норм расхода сырья и материалов; -корректировка технологической документации и ввод информации в банк данных	24.03. 03.04. 20.04. 28.04.
5. Изготовление шаблонов и калибров	28.03.
6. Обеспечение сырьем, материалами и комплектующими: -на выпуск опытной партии; -на серийное производство	05.03. 01.04.
7. Обеспечение этикетками и инструкциями на серийное производство	05.04.
8. Нормирование трудозатрат с проведением хронометража	18.04.
9. Расчет цены изделия по окончательным данным	апрель
10. Подготовка исходных данных для ценников и актов незавершенного производства	15.04.
11. Изготовление контрольного образца	28.04.
12. Сертификация изделий программы	30.04.
13. Переход на серийное производство	05.05.
14. Отбор из серийного производства изделия, принятого отделом технического контроля для эталона-образца	25.05.
15. Утверждение образца-эталона	26.05.

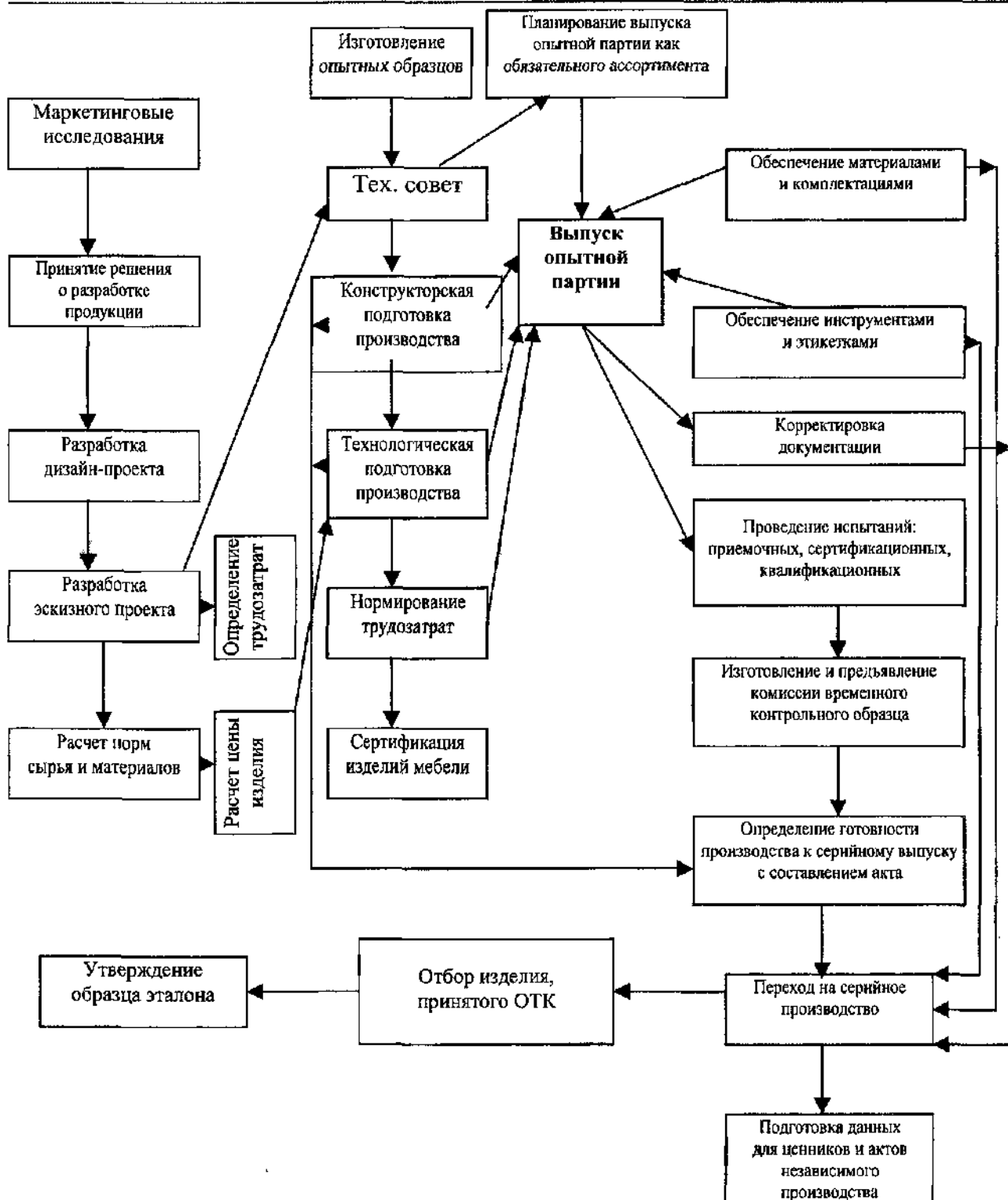


Рис.1. Схема организационно-технологической подготовки производства на ОАО «Иваномебель»

Как видно из графика, организационно-технологическая подготовка производства новых изделий составляет 2 месяца. Очевидно, что для сохранения

массы прибыли предприятия на оптимальном уровне переход с одной модели на другую должен быть установлен на уровне 50 % производственной програм-

мы выпуска новой модели. Во время перехода одно- временно будут выпускаться старое и новое изделия примерно в одинаковых количествах (рис. 2).

Конкретизация временных параметров воспроизводственного цикла мебельных изделий позволяет обеспечить параллельно-последовательное

выполнение всех блоков организационно-технологической подготовки производства в целях ускорения выхода на рынок новой модели мебельного изделия и оптимизации его воспроизводственного цикла в динамике технико-экономических показателей предприятия.

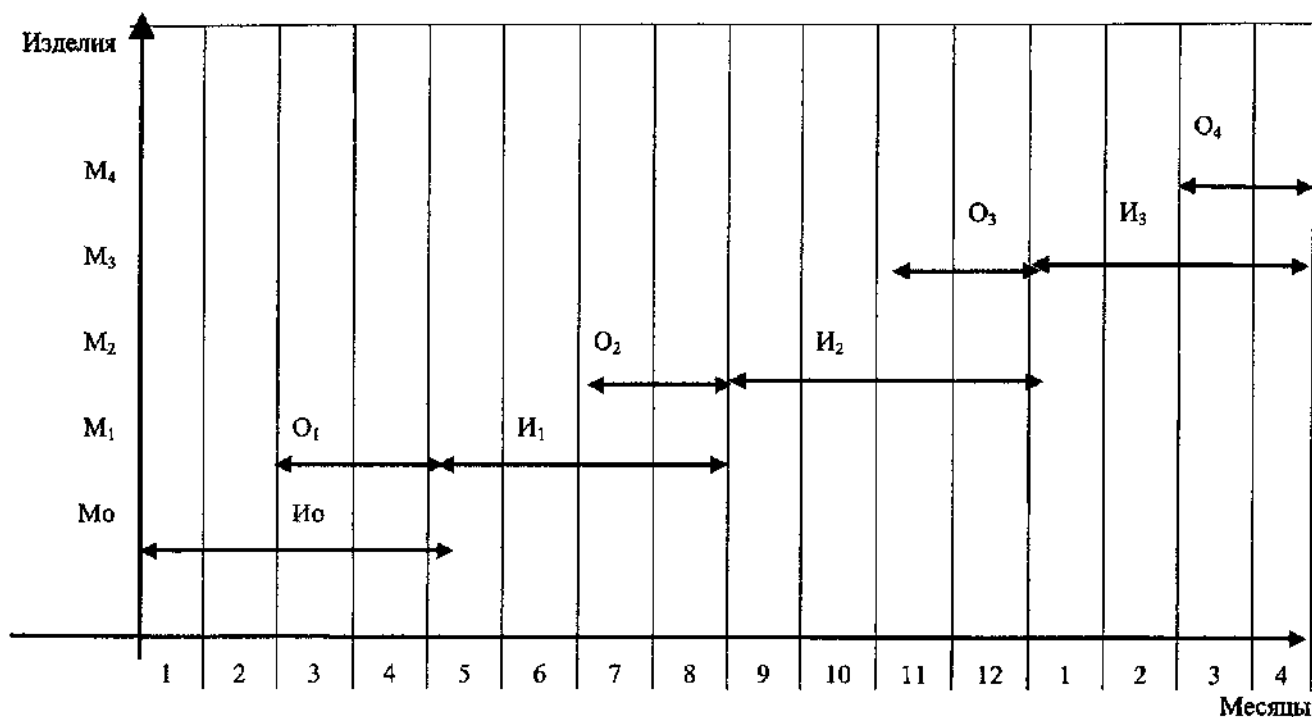


Рис.2. Динамика выпуска мебельных изделий на ОАО «Иваномебель»:

$M_0$  — выпускаемое изделие;  $M_1, M_2, M_3, M_4$  — проектируемые модели;  $O$  — организационно-технологическая подготовка производства нового изделия;  $I$  — изготовление изделия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горощенко Л.Г. Анализ спроса и конъюнктура мебели в России / Л. Г. Горощенко, Е. В. Алеханова // Мир мебели. — 1998. — № 4.

S.B.Zvarugina, L.N.Galochkina

ORGANIZATION-TECHNICAL PREPARATION DETAILS OF FURNITURE MANUFACTURE UNDER MARKET CONDITIONS

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

УДК 630.116.25

### **ВЛИЯНИЕ ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИИ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ УНЖИ**

*В.А. Корякин*

На основе исследований многолетних данных водомерных постов и материалов по объемам заготовки древесины выявлены закономерности влияния лесозаготовки на гидрологический режим реки Унжи.

Эксплуатация леса оказывает на окружающую среду комплексное влияние [1]. Это влияние на отдельные компоненты окружающей среды может быть как отрицательным, так и положительным. Анализ эксплуатации леса и вызванных ею изменений в окружающей среде дает возможность сбора и систематизации информации, необходимой для обоснованного совершенствования пользования лесом с разумным учетом не только экономических, но и экологических факторов [2].

Костромская область в Центральном федеральном округе в настоящее время занимает первое место по запасам лесных ресурсов и развитости речной сети. Лес и реки — главные природные ресурсы области. Увеличение эксплуатации леса и развитие его переработки является одним из основных направлений стратегии экономического развития Костромской области. При этом организовать эксплуатацию леса необходимо таким образом, чтобы существенно уменьшить отрицательное влияние на реки и окружающую среду в целом. Решение этой проблемы невозможно без тщательного анализа влияния лесозаготовки на гидрологический режим рек.

История промышленной эксплуатации лесов, произрастающих на территории современной Костромской области, уходит в далекое прошлое. Первые упоминания о промышленной эксплуатации леса относятся к времени правления Петра I. С той поры минуло уже более трехсот лет, в течение которых все леса области были пройдены рубкой. Претерпела изменения не только их возрастная структура, но и породный состав. К сожалению, материалы по объемам лесозаготовки и гидрологическому режиму рек области стали систематически собираться лишь в конце XIX — начале XX веков. По этой причине в данной работе проведен анализ влияния лесозаготовки на гидрологический режим реки только в XX веке. Тем не менее, выборка исследований репрезентативна — составляет 80 лет. Охвачен период времени, в течение которого промышленная рубка леса производилась на больших площадях.

Выбор в качестве объекта исследования реки Унжи объясняется, прежде всего, желанием обеспечить исследования максимальным объемом информации для анализа. Река Унжа является самой крупной рекой, протекающей практически полностью по территории Костромской области. Бассейн реки Унжи имеет высокий процент лесистости. Леса бассейна эксплуатировались на всем протяжении исследуемого периода. Имеются опубликованные данные об объемах рубок. Кроме этого, на реке постоянно действуют три водомерных поста, анализ многолетних данных суточных замеров уровней воды на которых и положен в основу исследований.

Гидрологический режим реки характеризует множество показателей. Для проведения анализа из их числа выбраны показатели, характеризующие не только гидрологический режим, но и максимально значимые в хозяйственной деятельности человека. В работе проанализированы многолетние данные постов по следующим показателям гидрологического режима реки: максимальному уровню воды в половодье; минимальному уровню воды в межень; расходу воды в половодье; форме гидрографа.

Исследование гидрологического режима производилось применяемыми в гидрологии методами [3]. Основные расчеты выполнены с помощью прикладного программного обеспечения стандартного модуля ANALYS TOOL PAK 32 MS EXCEL 2000.

Максимальный уровень воды во время половодья является самым важным для хозяйственной деятельности человека показателем гидрологического режима реки. Он определяет характер застройки берегов, объем и характер сплава леса, параметры конструктивных элементов гидротехнических сооружений и т. д. Анализ изменения максимального уровня воды реки Унжи во время половодья в створах г. Кологрива, г. Мантурово и г. Макарьево позволил установить ряд закономерностей в гидрологическом режиме реки.

1. Диапазон вариации максимального уровня половодья в створе г. Кологрива составляет 400 см,

г. Мантурово — 300 см, г. Макарьева — 200 см. Это свидетельствует о том, что в створах, находящихся в верхнем течении реки, максимальный уровень половодья значительно выше, чем в нижнем течении. По этой причине снижается точность прогнозирования максимального уровня воды в половодье и соответственно площади затопления в створах, расположенных в верхнем течении реки, что может привести к трагическим последствиям, аналогичным недавней трагедии в г. Ленске.

2. В ряду непрерывных значений максимального уровня половодья можно выделить отдельные периоды повышенного стояния воды. При этом выделенные периоды совпадают с периодами массовой эксплуатации лесов. Во всех створах даты начала и окончания выделенных периодов совпадают, однако, степень интенсивности половодья различна. В створах, расположенных в верхнем течении, пики половодья выражены яснее, чем в створах нижнего течения, что, на наш взгляд, объясняется увеличением расстояния от створа до источников питания реки. Использование метода полиномиальной аппроксимации значений максимального уровня половодья позволило выделить для реки Унжи три периода повышенного стояния воды в половодье: с 1900 по 1930 гг. — период совпадает с интенсивной эксплуатацией лесов в начале XX века (коммерческая заготовка древесины до революции, дровозаготовки 1917 — 1921 гг., заготовки древесины для экспорта 1924 — 1930 гг.); с 1941 по 1970 гг. — период совпадает с интенсивной эксплуатацией лесов в годы войны и послевоенного восстановления народного хозяйства; с 1975 по 1990 гг. — период совпадает с широким внедрением в лесозаготовки агрегатной техники, оскудением лесосечного фонда по хвойному хозяйству и переходом на эксплуатацию мягколиственных древостоев.

Значение минимального уровня воды в межень в хозяйственной деятельности человека не менее важно, чем максимальный уровень половодья. Уровень воды в межень лимитирует водопотребление и пропускную способность реки в летний период. Анализ изменения минимального уровня воды реки Унжи в межень в створах г. Кологрива, г. Мантурово и г. Макарьева позволил установить следующие закономерности.

1. Минимальные уровни воды в межень не зависят от места расположения водомерного створа и имеют различный характер, причины изменения которого в настоящее время еще недостаточно исследованы. Однако, учитывая, что питание рек Костромской области в меженный период обеспечивается только грунтовыми водами, уровень которых во многом определяется породным составом и возрастной структурой леса, можно выдвинуть предположение о том, что падение уровня воды в межень является следствием

эксплуатации леса. Это предположение полностью адекватно для створа г. Кологрива, где наблюдается значительное и продолжительное падение уровня межени, начиная с 1921 по 1975 год. По нашему мнению, это вызвано эксплуатацией коренных еловых лесов, следствием которой стало резкое сокращение площади, покрытой темнохвойным лесом, в результате чего и снизился уровень грунтовых вод и соответственно минимальный уровень межени. В то же время изменения минимального уровня воды в межень в створах г. Мантурово и г. Макарьева совпадают и имеют несколько иной характер — минимальный уровень в этих створах постепенно растет. Стоит отметить, что функция роста уровня воды является нелинейной.

2. В створах г. Мантурово и г. Макарьева изменение значений уровня воды в межень можно описать полиномиальным уравнением и выделить в нем периоды максимального уровня стояния воды в межень. Сопоставление их с периодами повышенного уровня воды в половодье показало их полную идентичность.

Причиной несовпадения графиков изменения уровня воды в межень в г. Кологриве и городах Мантурове и Макарьеве, по нашему мнению, является не только различный породный состав лесов бассейна, но и характер их эксплуатации. В речном бассейне городов Мантурово и Макарьева преобладают сосновые леса, и эксплуатации подвергались в основном они, а в районе г. Кологрива эксплуатации подвергались еловые леса. Следовательно, можно выдвинуть предположение, что изменение породного состава оказывает существенное влияние на минимальный уровень воды в межень. Однако следует отметить, что это предположение еще недостаточно научно обосновано и является предметом дискуссии.

Расход воды в половодье практически не оказывает прямого влияния на хозяйственную деятельность человека, однако, косвенное его влияние на саму реку имеет большое значение. Увеличение расхода воды в половодье сопровождается высоким уровнем стояния воды и значительными скоростями течения. Это приводит к тому, что во время половодья идет интенсивный размыв берегов реки. Продукты размыва, подхваченные водным потоком, перемещаются вниз по течению и постепенно откладываются в виде мелей и островов. В результате анализа многолетних суточных расходов воды в створе г. Кологрива был выявлен постепенный рост расхода воды в половодье. Так, расход воды в половодье в 1980 г. более чем в полтора раза превышает аналогичный расход 1940 года. Следствием этого стало формирование на реке Унже обширных отмелей, особенно на участках, расположенных ниже поворотов русла, с обрывистыми берегами.



Форма гидрографа рек со снеговым питанием, к которым относится и Унжа, отражает в основном интенсивность таяния снега в бассейне. В гидрологии гидрографы подразделяются на подтипы согласно классификации Б. Д. Зайкова. На рис. 1 приведены схемы гидрографов в створе г. Кологрива в порядке их изменения под воздействием лесозексплуатации. На схемах "а" и "б" рис. 1 приведены гидрографы, соответствующие времени, когда бассейн реки был преимущественно покрыт коренными еловыми лесами — в классификации Б. Д. Зайкова он назван восточно-сибирским. Такой подтип гидрографа характерен для бассейнов с большой лесистостью. Схема "б" рис. 1 отражает постепенное изменение гидрографа при эксплуатации леса — это переходный подтип гидрографа. На схеме "в" рис. 1 приведен гидрограф, характерный для периода, когда сплошными рубками была пройдена вся площадь бассейна и лесная площадь была покрыта молодняками и вырубками, — этот подтип характерен для безлесных площадей. Схема "г" рис. 1 отражает постепенное изменение гидрографа под воздействием процесса естественного лесовосстановления и сокращения объема лесозексплуатации. Гидрограф, изображенный на схеме "г" рис. 1, в классификации Б. Д. Зайкова называется восточно-европейским. Следовательно, эксплуатация леса оказывает существенное влияние на форму гидрографа посредством изменения интенсивности таяния снега в лесу и на вырубках.

На основании выявленных в ходе исследований закономерностей в изменении гидрологического режима реки под воздействием лесозексплуатации сформулированы следующие выводы:

1. Диапазон вариации значений максимальных расходов в половодье по створам, расположенным на разном расстоянии от истока, различен и имеет тенденцию к уменьшению от истока к устью.

2. В гидрологическом режиме реки можно выделить периоды с максимальным уровнем половодья, совпадающие с периодами массовой эксплуатации лесов.

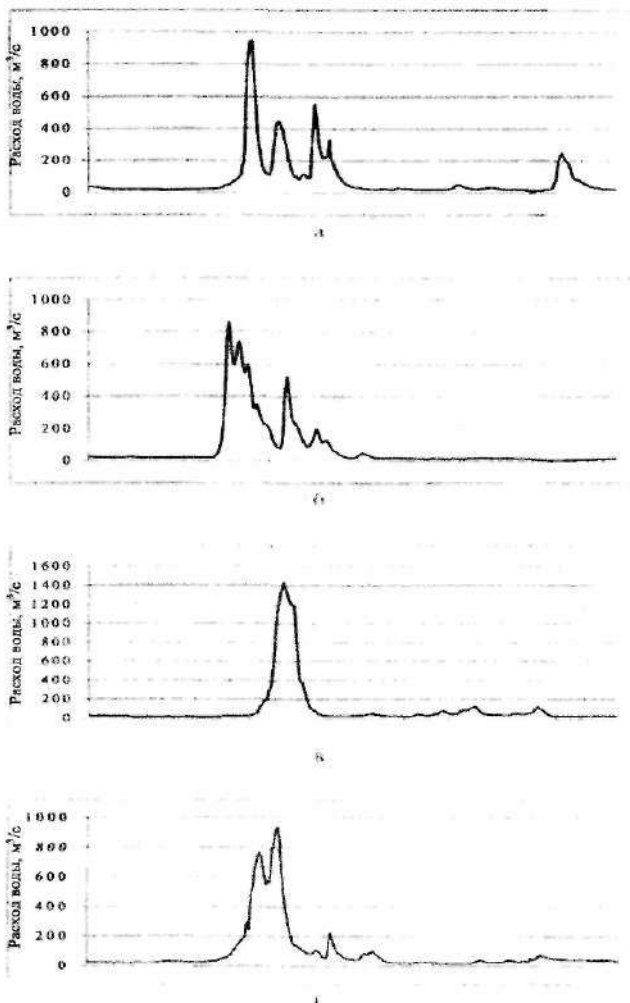


Рис. 1. Схемы гидрографов

3. Расход воды в половодье имеет в исследованном периоде времени тенденцию к росту.

4. Минимальные уровни воды в межень не зависят от места расположения водомерного створа и имеют различный характер изменений под воздействием лесозексплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. — М. : Издательство академии наук СССР, 1960. — 488 с.
2. Рубцов М. В. Водорегулирующая роль таежных лесов / М. В. Рубцов, А. А. Дерюгин, Ю. Н. Салмина. — М. : Агропромиздат, 1990. — 223 с.
3. Соколовский Д. Л. Речной сток: Основы методики и теории расчетов. — Л. : Гидрометеиздат, 1956. — 539 с.

V.A. Koryakin

FOREST EXPLOTATION INFLUENCE ON HYDROLOGIC REGIME OF THE UNZHA RIVER

УДК 674.812-419

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОЙ ФАНЕРЫ С ВНУТРЕННИМ СЛОЕМ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ СТРУЖКИ

С.А. Угрюмов

С целью снижения себестоимости фанерной продукции предложена технология производства композиционной фанеры с внутренним слоем из древесной стружки, смешанной с клеем. Представлены результаты физико-механических испытаний композиционной фанеры, спрогнозированы области ее применения.

Основная часть фанерных предприятий нашей страны вырабатывает фанерную продукцию на основе березового лущеного шпона, что связано с множеством положительных качеств березовой древесины — высокая прочность, однородность строения, возможность изготовления тонкого шпона, и др. Однако березовое сырье является достаточно дефицитным и дорогим, что ведет к повышению себестоимости продукции. Поэтому перед фанерной промышленностью остро стоит задача рационального расходования древесного сырья.

В фанерном производстве рациональное использование сырья позволяет снижать общие материальные затраты, так как в общей стоимости фанеры доля сырьевых материалов занимает первое место. Как правило, стоимость фанерного сырья в себестоимости фанеры составляет 40...45% [1].

Применение других древесных пород при выпуске фанеры позволяет снизить себестоимость выпускаемой продукции, но ее качество, по сравнению с березовой, значительно ниже [2,3].

Вовлечение в фанерное производство всех отходов лесопиления, деревообработки, лесозаготовок и перерабатывающих производств сельского хозяйства также способствует снижению себестоимости продукции и при этом позволяет эффективно утилизировать образующиеся отходы [4].

При производстве фанеры неизбежно образуются древесные отходы — опилки при раскрое кражей на чураки, шпон-рванина и обрезки кускового шпона при лущении, отходы при форматной обрезке плит. Возвратное использование их в фанерном производстве позволяет снизить расход сырья и себестоимость единицы продукции.

Нами предлагается использовать измельченные отходы фанерного производства для изготовления внутреннего слоя композиционной фанеры. При этом основу листа фанеры составляет лущеный шпон, располагаемый по наружным пластям, а центральный слой состоит из композиции на основе древесных частиц с клеем.

При изготовлении композиционной фанеры необходимо создание комплекса оборудования, на котором по конвейерной технологии будет происходить формирование пакетов и их горячее прессование. Технологический процесс при этом должен включать следующие операции.

1. Комплекс предварительных операций по подготовке древесного шпона, древесной стружки, клеевых материалов.

2. Нанесение клея на промежуточные слои шпона.

3. Формирование наружного слоя фанеры путем укладки сухого наружного слоя и перпендикулярного промежуточного слоя с клеем.

4. Насыпка на сформированные листы шпона внутреннего слоя из стружки с клеем.

5. Контроль массы пакета.

6. Накрывание пакета слоем шпона с клеем и перпендикулярным слоем без клея.

7. Холодная подпрессовка пакета.

8. Горячее прессование брикета.

9. Комплекс послепрессовой обработки фанеры (охлаждение, форматная обрезка, шлифование, сортировка и др.).

В лабораторных условиях были проведены опытные запрессовки фанеры, собранной по схеме, представленной на рис. 1.

Для производства образцов фанеры использовался лущеный березовый шпон номинальной толщиной 1,5 мм и клеевая композиция на основе древесной резаной стружки, применяемой на ОАО «Фаншлит» при изготовлении древесностружечных плит. Общая номинальная толщина образцов составляла 12 мм, формат образцов 320×320 мм<sup>2</sup>. При расчете компонентов для внутреннего слоя был использован принцип расчета составляющих, применительно к производству древесностружечных плит.

Расчетная плотность внутреннего слоя была принята на уровне 750 кг/м<sup>3</sup>. В качестве связующего была использована карбамидоформальдегидная смола. Для изготовления внутреннего слоя в состав клеевой композиции был введен клей из расчета 15% от массы абсолютно сухой стружки. Для склеивания листов лущеного шпона между собой и связывания клеевой композиции с внутренними слоями шпона использовалась двухсторонняя поверхностная намазка листов поперечного шпона из расчета 120 г клея на 1 м<sup>2</sup> поверхности.

Прессование образцов велось в гидравлическом прессе П100-400 с применением ограничительных прокладок для фиксации толщины образца при следующих режимах:

- температура плит пресса — 140°C;

- удельное давление прессования — 2 МПа;
- продолжительность выдержки под давлением — 6 мин.

После выгрузки фанеры из пресса и ее нормализации в течение одних суток проводился ее раскрой на образцы для определения физико-механических свойств. Результаты испытаний в сравнении с гостированными показателями фанеры общего назначения и древесностружечных плит представлены в табл. 1.

Результаты испытаний показали, что композиционная фанера на основе березового шпона и

заполнителя на основе древесной стружки обладает высокими прочностными показателями. Показатели разбухания и водопоглощения достаточно высоки, поэтому необходимо отыскивать возможность их снижения путем подбора рациональных режимов изготовления.

В целом, композиционная фанера с внутренним слоем из древесных отходов может найти широкое применение в строительстве, вагоно- и контейнеростроении, а также в мебельной промышленности, заменяя фанеру общего назначения и удешевляя конструкции на ее основе.

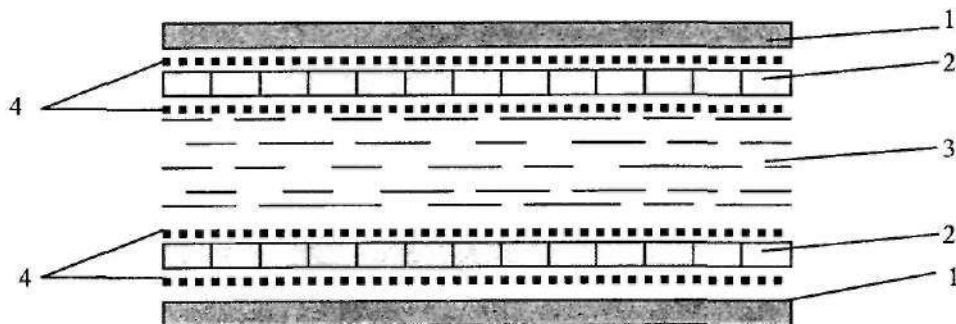


Рис.1. Схема сборки композиционной фанеры:

- 1 — листы продольного шпона;
- 2 — листы поперечного шпона;
- 3 — клеевая композиция на основе древесной стружки;
- 4 — поверхностные слои клея

Таблица 1

Результаты испытаний композиционной фанеры

Наименование показателя	Вид материала		
	Композиционная фанера	Фанера общего назначения марки ФК	Древесностружечная плита марки П-А
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	756,6	680...740	550...820
Предел прочности при изгибе, МПа	77,9	55	18
Разбухание по толщине после 24 часов вымачивания, %	30,0	10...20	22
Объемное разбухание после 24 часов вымачивания, %	35,1	15-25	-
Водопоглощение после 24 часов вымачивания, %	61,2	-	30...90

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минин А.Н. Пути рационального использования сырья на деревообрабатывающих предприятиях. — Минск : Редакция научно-технической литературы, 1955. — 169 с.
2. Справочник по производству фанеры / А. А. Веселов, Л. Г. Галюк, Ю. Г. Доронин и др. ; под ред. Н. В. Качалина. — М. : Лесная промышленность, 1984. — 432 с.
3. Волинский В.Н. Технология клеевых материалов : учебное пособие для вузов. — Архангельск : Изд-во АГТУ, 2003. — 280 с.
4. Стрелкова В.П. Линии малой мощности для производства плит и других прессованных изделий из древесных и сельскохозяйственных отходов / В. П. Стрелкова, О. М. Новикова // Деревообрабатывающая промышленность. — 1993. — № 6. — С.21—22.

S.A.Ugryumow

COMPOSED VENEER PROPERTY RESEARCH WITH WOOD CHIP INNER LAYER

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

*Т.Н.Вахнина*

Исследования направлены на выявление причин дефекта ламинированных плит — «белесины», для проверки выдвигаемых гипотез используются методы математической статистики. В работе выдвинуто предположение о возможном механизме влияния шероховатости поверхности ДСтП перед ламинированием на появление дефекта «белесины».

В начале XXI века наконец был преодолен кризис падения производства последнего десятилетия XX века, за время которого производство ДСтП в России сократилось в 3,6 раза [1]. Однако при достаточно динамичном развитии всего лесопромышленного комплекса России его крупнейший сектор — мебельное производство не вошло в полосу устойчивого роста, напротив, в 2001 году годовой объем выпуска мебели составил 21,6 млрд. руб., что в сопоставимых ценах на 1,8% меньше уровня 2000 года [2]. И это при том, что по данным публикаций в интернете импортеры считают российский рынок мебели безграничным, объемы продаж в России импортной мебели ежегодно возрастают. Все это вкупе с планируемым вступлением России в ВТО и ожидаемым снижением таможенных пошлин на импортную мебель, ДСтП и ЛДСтП заставляет серьезно задуматься над проблемами повышения качества и конкурентоспособности отечественных плит, предназначенных для мебельной промышленности.

Выпускать ламинированную древесностружечную плиту для современной мебельной промышленности сегодня могут только те предприятия, которые имеют оборудование, соответствующее современному мировому уровню, и глубокую структуру производства, позволяющую оперативно регулировать производственный процесс по результатам анализа соответствия продукции требованиям нормативно-технической документации. В рамках федерального закона о техническом регулировании пока не разработан технический регламент на ламинированные древесностружечные плиты, действующими являются ТУ 5534-005-00260221-98 «Детали мебельные из древесностружечных плит, облицованные пленками на основе термоактивных полимеров» и ТУ 5534-006-00255177-00 «Плиты древесностружечные, облицованные пленками на основе терморезистивных полимеров».

В плане работ по повышению качества ламинированных плит важны исследования влияния технологических факторов процесса облицовывания и (или) процессов производства ДСтП и подготовки ее к ламинированию. Большой комплекс взаимосвязанных факторов лежит в основе появления на поверхности ламинированных плит дефекта — «белесины», проявляющегося как россыпь белых пятен на пласти. По данным производителей ЛДСтП, «беле-

сина» в 50 случаях из 100 является причиной понижения сорта плиты до второго, что существенно снижает ее цену. В прошлом веке этот дефект отмечался и зарубежными производителями как «мраморизация» [3], однако в современных зарубежных исследованиях отсутствуют работы данного направления, а по свидетельству отечественных производителей мебели из импортной ЛДСтП качество поверхности ее очень высокое, дефекты отсутствуют. Исследование причин дефекта «белесины» крайне важно для повышения конкурентоспособности отечественных ламинированных плит.

Данная работа проводилась на базе двух цехов предприятия ОАО «Фанплит» г. Костромы — ДСтП и ламинирования. После анализа априорной информации (консультаций специалистов на производстве и литературных источников по теме исследования) было предположено, что на появление дефекта «белесины» влияют следующие факторы:

1. Несоответствие шероховатости поверхности плит требованиям нормативно-технической документации;
2. Разная шероховатость поверхности верхней и нижней пластей плит, обусловленная явлением просеивания мелкой фракции стружки на нижнюю пласт;
3. Колебания влажности осмоленной стружки при производстве ДСтП;
4. Наличие на поверхности плит стружки размерами больше рекомендованных;
5. Крупноволновая нестатичность поверхности плит, не устраненная чистовым шлифованием — так называемый эффект «апельсиновой корки»;
6. Появление в наружных слоях плиты стружки внутреннего слоя, обусловленное спецификой работы формирующей машины «Classifier»;
7. Повышенная влажность плит и (или) бумажно-смоляной пленки перед ламинированием.

На первом этапе исследования проверялась гипотеза о наличии уровня несоответствия шероховатости поверхности плит требованиям ГОСТ 10632-89. По мнению некоторых исследователей [4, 5] перед ламинированием в короткотактном прессе плиты должны иметь шероховатость поверхности не более 50 мкм, однако на практике для ламинирования используют только плиты марки П-А с мелкоструктурной поверхностью, а по ГОСТ 10632-89 предель-



ная шероховатость поверхности таких плит 32 мкм. Для проверки соответствия данного показателя требованиям ГОСТ 10632-89 были проведены замеры шероховатости поверхности плит, результаты статистической обработки замеров шероховатости представлены в табл. 1.

После построения гистограммы распределения был определен уровень несоответствия в выборке — 46%. Прогноз для генеральной совокупности при использовании функции Лапласа (вероятность попадания случайной величины в заданный интервал) — 41% брака по показателю «шероховатость поверхности».

Повышенная шероховатость поверхности может вызывать появление дефекта «белесина» из-за высоких удельных давлений, возникающих при ламинировании в местах пиков шероховатости. При этом смола будет больше вдавливаться из бумажно-смоляной пленки в поверхность плиты, и возникнут участки с нарушением слоя смолы. Исследования ЛДСтП под микроскопом показали, что действительно имеются неоднородности отвержденной смолы на поверхности ламината.

Затем была проверена гипотеза о значимости влияния эффекта просыпания мелкой фракции на шероховатость поверхности ДСтП.

Результаты определения шероховатости на верхней и нижней сторонах плит приведены в таблице 2.

Проверка значимости различий проводилась по критерию Стьюдента [6]. Расчетное значение критерия Стьюдента 1,86, табличное — 1,96, т.е. различия между средними арифметическими незначимы. По результатам проверки гипотеза отвергнута.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдин Н.А. Деревообрабатывающая промышленность (базовые подотрасли) в начале XXI века / Н. А. Бурдин, В. М. Шлыков // *Деревообрабатывающая промышленность*. — 2002. — № 2 — С.4—7.
2. Кржижановская О.Г. Мебельное производство России начала XXI века // *Деревообрабатывающая промышленность*. — 2002. — № 4. — С.2—5.
3. Мелони Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит : пер.с англ. — М. : Лесная промышленность, 1982. — 416 с.
4. Мирошниченко С.Н. Отделка древесных плит и фанеры. — М. : Лесная промышленность, 1986. — 176 с.
5. Древесные плиты: теория и практика // *Материалы Второго научно-практического семинара*. — СПб. : СПбГЛТА, 1999. — 112 с.
6. Пижурин А.А. Исследование процессов деревообработки / А. А. Пижурин, М. С. Розенбит. — М. : Лесная промышленность, 1984. — 232 с.

T. N. Vachnina

#### PROPERTY RESEARCH OF LAMINATED WOOD-PARTICLE BOARD SURFACE

Таблица 1

Число образ-	Общее число	Шероховатость поверхности Rm, мкм	
		Среднее арифметическое $\bar{Y}$	Среднее квадратическое отклонение S
54	324	31,75	1,79

Таблица 2

№ плиты	Шероховатость поверхности, мкм (в числителе — среднее арифметическое, в знаменателе — среднее квадратическое отклонение)	
	на верхней стороне плит	на нижней стороне плит
1	31,4058/5,8233	31,6931/5,7996
2	32,0541/6,3339	27,9703/4,7294
3	31,6431/4,1075	30,9246/4,825
4	30,6136/5,208	35,1069/8,5145
5	32,5773/4,3066	33,5485/3,1588
6	30,3986/4,61	33,0732/4,1005
Среднее значение по сторонам плит	31,4488/1,8655	32,0528/5,5385

На данном этапе исследования ведутся работы по проверке остальных гипотез, подтверждающие, что дефект «белесинь» является по сути синергетическим эффектом действия большого количества факторов процесса производства.

УДК 674.08

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ***А.А.Титунин, Ю.П.Данилов, В.П.Чулков, К.В.Сироткина*

В работе на основе анализа существующих методов предложен сравнительно простой и доступный способ определения теплопроводности древесины в строительных конструкциях и представлена принципиальная схема экспериментального устройства. Результаты предварительной серии опытов подтверждают достоверность сделанных предположений о возможности использования предлагаемого способа.

Одной из важных характеристик ограждающих конструкций является теплопроводность материала, из которого они выполнены. В настоящее время общепризнанно перспективным направлением в строительстве является применение деревянного клееного бруса. Такой брус, получаемый склеиванием пиломатериалов, обладает рядом преимуществ по сравнению с цельной древесиной, в то же время — это довольно дорогой вид строительных материалов. Рыночная стоимость 1 м<sup>3</sup> бруса доходит до 700-800 USD. Снижения стоимости деревянных клееных конструкций (ДКК) можно добиться, например, при продольном раскрое круглых лесоматериалов за счет распиливания их по специальной схеме с последующим склеиванием и получением так называемых сегментных балок. Наряду с более высоким полезным выходом при этом возможно вовлечение в переработку маломерной древесины, доля которой в последнее время возросла. Образующуюся естественным путем из-за особенностей строения древесины полость внутри сегментной балки для улучшения теплоизоляционных свойств ДКК предлагается заполнять материалом с низким коэффициентом теплопередачи. При проектировании строительных ограждающих конструкций их толщина определяется исходя из условий требуемого сопротивления теплопередаче, которое в свою очередь зависит от коэффициента теплопроводности материала. По санитарно-гигиеническим требованиям для районов средней полосы России требуемое значение коэффициента сопротивления теплопередаче  $R_0 = 3,49 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Цельнодеревянный брус толщиной 250 мм из-за образования трещин при эксплуатации имеет  $R_0 = 1,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , что приводит к необходимости использования дополнительного утеплителя. В клееном же брус при эксплуатации не образуется трещин, и поэтому в нем при толщине 95 мм с утеплителем требуемое сопротивление теплопередаче принимает значения от 4,97 до 7,6  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . При использовании эффективного утеплителя возникает задача определения фактического коэффициента теплопроводности конструкции, которая характеризуется такими особенностями, как разнородность материалов, анизотропность древесины, наличие и количество клеевых швов и др. Это значительно усложняет задачу определения коэффициента теплопроводности по сравнению с лабораторными методами.

Процесс распространения (переноса) тепла в древесине характеризуется двумя показателями: коэффициентом теплопроводности и коэффициентом температуропроводности. Первый из указанных показателей входит в качестве коэффициента пропорциональности в основной закон теплопроводности [1], устанавливающий связь между количеством тепла  $Q$ , перемещающегося внутри тела, площадью сечения  $F$  (перпендикулярного тепловому потоку), временем  $\tau$ , перепадом  $\Delta t$  температур между изотермическими поверхностями, а также расстоянием между ними  $\Delta x$ :

$$Q = \lambda F \tau \Delta t / \Delta x.$$

Как известно, коэффициент теплопроводности  $\lambda$  (Вт/(м·К)) численно равен количеству тепла, проходящему в единицу времени через плоскую стенку площадью 1 м<sup>2</sup> и толщиной 1 м при разности температур на противоположных сторонах стенки в 1 К. Исходя из этого определения и была разработана методика его определения [2], которая включает вычисление коэффициента температуропроводности  $a$  образца древесины (абсолютный метод) и расчет коэффициента теплопроводности  $\lambda$  образца древесины по величине  $a$  и заранее установленным значениям  $a_0$  и  $\lambda_0$  эталонного тела (сравнительный метод). При этом фиксируется время достижения максимальной температуры. Описанная методика предусматривает возможность определения тепловых показателей сухой и влажной древесины при положительных и отрицательных температурах под давлением и в вакууме. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

Испытания проводятся на образцах древесины с плоскими шлифовальными гранями размером 100×100 мм и толщиной  $\delta = 10$  мм. В зависимости от вида испытаний образцы изготавливают таким образом, чтобы их толщина совпала с определенным структурным направлением (продольным, радиальным или тангенциальным). Каждому образцу обычными способами придают необходимую для данных условий опыта температуру и влажность; по измеренной перед опытом массе образца и объему устанавливают его плотность  $\rho$ . После окончания опыта образец высушивают, и данные о его массе в абсолютно сухом состоянии используют для определения фактической влажности образца во время опыта.



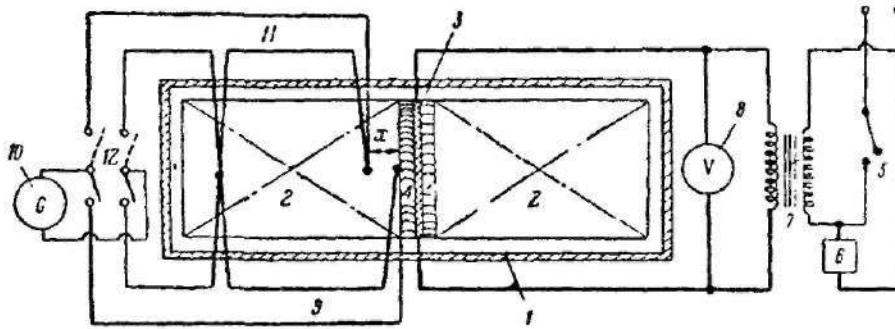


Рис. 1. Схема установки для измерения показателей тепловых свойств древесины:

- 1 — термостат; 2 — эталонные блоки; 3 — нагреватель; 4 — образцы древесины; 5 — рубильник; 6 — электрический секундомер; 7 — трансформатор; 8 — вольтметр; 9, 11 — термопары; 10 — зеркальный гальванометр; 12 — переключатель

Тепловые показатели  $\alpha_1$  и  $\lambda_2$  эталонов устанавливаются один раз для всей серии опытов на той же установке. Коэффициент теплопроводности эталона вычисляется по формуле в зависимости от максимального перепада температур и времени его достижения (от момента включения нагревателя).

Основными недостатками данного метода являются следующие:

- коэффициент теплопроводности может быть определен только для «малого, чистого» образца однородной структуры, в то время как клееный брус обычно имеет большие размеры сечения, анизотропную и разнородную структуру;

- громоздкость устройства и, как следствие, невозможность определения теплопроводности за рамками лаборатории.

Известен также способ, основанный на применении «метода трубы» (рис.2), согласно которому испытуемый материал 7 нанесен в виде цилиндрического слоя на металлическую трубку 8, внутри которой смонтирован электрический нагреватель 9 из нихромовой проволоки, выделяющий тепло равномерно по длине трубы.

Количество тепла  $Q$ , которое выделяется нагревателем и передается через слой материала в окружающую среду, при стационарном тепловом режиме можно определить по мощности  $W$ , потребляемой электронагревателем:

$$Q = W.$$

Мощность нагревателя регулируется автотрансформатором 13 и измеряется ваттметром 14. Для измерения температур на наружной и внутренней поверхностях слоя 7 установлены хромель-копелевые термопары 1-6. Все они через переключатель 10 поочередно коммутируются с цифровым милливольтметром 11. Общий холодный спай термопар соединен с металлической пластиной 12, имеющей температуру окружающей среды. Перевод показаний милливольтметра в градусы Цельсия

осуществляется с помощью справочной таблицы термопары с учетом температуры окружающей среды. Этот способ изначально был разработан для определения коэффициента теплопроводности строительных материалов, таких как цемент, асбест и т.д. Поэтому данный способ не может быть непосредственно применен для клееного профилированного бруса. Процесс теплопередачи в строительных конструкциях характеризуется следующими особенностями: движение потока тепла происходит как вдоль, так и поперек волокон (древесина при этом рассматривается как трансверсальное тело), материал конструкции отличается анизотропностью, переменной влажностью, наличием клеевых швов и т.д. Поэтому для сравнительного анализа теплоизоляционных свойств различных строительных конструкций и был предложен следующий способ.

Экспериментальная установка (рис. 3) отличается от представленной выше тем, что в качестве источника температуры используется металлический тепловой нагревательный элемент (ТЭН), а вместо термопар предложено использовать термометры сопротивления.

Это позволяет использовать предлагаемое устройство для определения коэффициента теплопроводности непосредственно в строительных конструкциях. Для чего в них просверливаются необходимые отверстия, в которые с натягом вставляются ТЭН и термосопротивления.

Методика определения коэффициента теплопроводности заключается в следующем: после включения приборов в сеть переменного тока и установки мощности нагревателя от 5 до 25 Вт регистрируются значения температур  $t_1$  и  $t_2$  через заданный интервал времени (5 минут) для установления стационарного режима теплопереноса. Известно [3], что теплопроводность древесины вдоль волокон в 1,5—2,0 раза выше, чем поперек. Поэтому в начальный момент времени процесс теплопереноса эффективнее идет именно вдоль волокон.

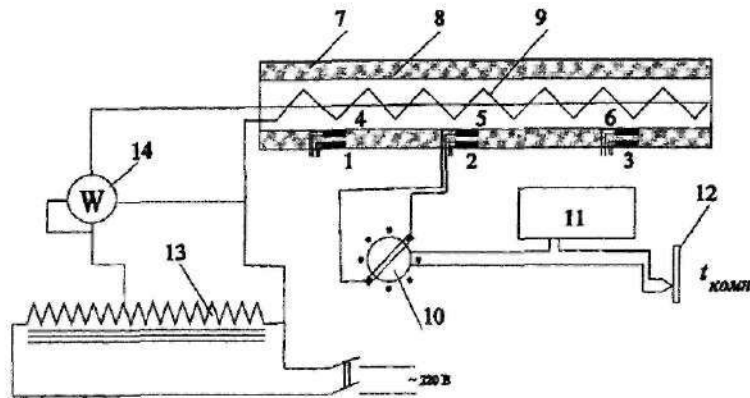


Рис. 2. Установка для определения теплопроводности методом трубы

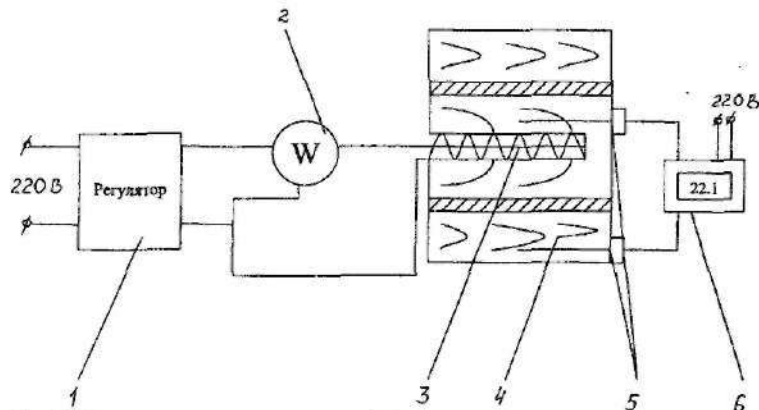


Рис. 3. Установка для определения коэффициента теплопроводности древесины:

1 — регулятор; 2 — ваттметр; 3 — нагревательный элемент  $W < 600$  Вт; 4 — клееный брус; 5 — термосопротивление ТСП-100; 6 — измеритель 2ТРМО

Поэтому стационарный процесс становится по истечении определенного времени, для установления которого в координатах время-температура строятся соответствующие графики. Момент, когда оба графика примут вид горизонтальных линий, можно интерпретировать как наступление стационарного теплового режима, что наиболее точно соответствует условиям работы строительных конструкций. Предполагается, что время выхода в стационарный режим будет зависеть от соотношения длины конструкции и ее поперечных размеров. При длине клееного бруса 6—8 м и сечении  $200 \times 200$  мм можно пренебречь теплопотерями через торцы конструкции. И поскольку с точки зрения эксплуатационных свойств ограждающих конструкций наибольший интерес представляет теплопроводность древесины поперек волокон, в качестве источника тепла предложено использовать цилиндрический ТЭН, длина которого больше длины термосопротивлений. В этом случае можно измерить изменение температуры по координате  $r$  (рис. 4).

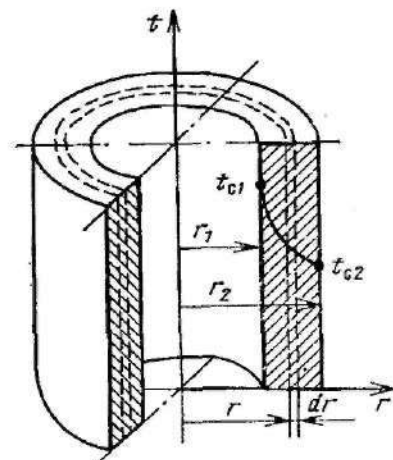


Рис. 4. Распределение температуры по толщине цилиндрической стенки

В этом случае коэффициент теплопроводности материала вычисляется по значению температур на внутренней и внешней поверхностях испытуемо-

го слоя или перепада температур и значению мощности нагревателя в стационарном режиме

$$\lambda = \frac{\theta \cdot \ln(l/d)}{2\pi L(t_1 - t_2)},$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности испытуемого материала, Вт/(м · К);

$L$  — длина нагревательного элемента, м;

$d$  — диаметр нагревательного элемента, м;

$l$  — расстояние от середины элемента до места установки наружного термосопротивления, м;

$t_1, t_2$  — температуры внутренней и наружной поверхностей слоя материала, °С.

В ходе предварительной серии экспериментальных исследований было установлено, что факти-

ческий коэффициент теплопроводности древесины  $\lambda=0,219$  Вт/(м · К), что хорошо согласуется с результатами, полученными другими исследователями.

#### Выводы

1. Существующие способы определения теплотехнических показателей древесины не пригодны для использования в «полевых» условиях.
2. Предложенный способ может быть рекомендован для сравнительной оценки теплопроводности различных деревянных клееных конструкций.
3. Результаты предварительной серии опытов подтверждают основные положения теории анизотропии древесины и хорошо согласуются с результатами фундаментальных исследований, выполненных другими учеными.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басакаев А.П. Теплотехника : учебник для вузов. — М. : Энергоиздат, 1982. — 264 с.
2. Справочник по древесиноведению, лесоматериалам и деревянным конструкциям : пер. с англ. — М.-Л., 1959. — Т. I. — 319 с.
3. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. — М. : Лесн. пром-сть, 1978. — 224 с.

A.A.Titunin, Yu.P.Danilov, V.P.Chulkov, K.V.Sirotkina

COEFFICIENT DEFINITION OF PLYWOOD THERMAL CONDUCTIVITY

УДК 159.937

## ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ДИЗАЙН ВЫСТАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЙ

*С.И. Галанин, М.Г. Чайковская*

Работа посвящена организации демонстрации различного рода ювелирных изделий. Выявлены значимые факторы, влияющие на качество восприятия отличительных черт элементов в зависимости от способа их группирования и освещенности.

Все аспекты зрительного восприятия тесно взаимосвязаны, что требует решения комплексных задач структурной организации пространства с учётом всех особенностей индивидуального понимания и изучения предметной среды. Человеку присуще интуитивное чувство равновесия. За физиологической устойчивостью следует психологическая уравновешенность. Несбалансированная композиция воспринимается случайной, временной и, следовательно, необоснованной. Её элементы способны разрушить общий композиционный строй и вызвать помехи в восприятии единства целого.

Как заметил Ю.Б. Гиппенрейтер [1], движениям глаз принадлежит исключительное место в деятельности человека. Их главная роль — обслуживание процессов зрения — очевидна, и в то же время она далеко не единственна. В определенных ситуациях движения глаз выступают как элементы поведения, акты общения, средства выражения состояний. По образному высказыванию Р. Грегори [2], глаза — это окна, через которые не только мозгу открывается внешний мир, но и внешнему миру — внутренние процессы самого мозга. На протяжении многих десятилетий физиологи и психологи пытались «заглянуть внутрь мозга» регистрацией и анализом движений глаз. Разработанные к середине XX века точные методы регистрации этих движений при восприятии картин, поиске, чтении, игре в шахматы, работе операторов с различными техническими системами отображения информации и т.д. позволили выявить их виды, условия возникновения, количественные характеристики. Все движения глаз можно разделить на три вида: фиксации, то есть периоды относительной неподвижности, скачки (саккады) и движения плавного слежения. При фиксации происходят микродвижения глаз: медленные дрейфы, которые прерываются скачками (микросаккадами) примерно один раз в минуту, и тремор. Амплитуда дрейфов и микросаккад 5—6 угловых смещений в минуту (угл. мин); частота тремора доходит до 100 и более Гц, его амплитуда — доли микрона. Если фиксационные дрейфы и

скачки еще можно увидеть невооруженным глазом, всматриваясь в глаза другого, то тремор, ввиду его высокой частоты и очень малой амплитуды, невидим. Описанные фиксационные движения произвольны, человек осознаёт непрерывную фиксацию взора на точке.

На основе указанных фактов Ю. Б. Гиппенрейтер и Л. П. Щедровицкий [3] выдвинули понятия «двигательные шумы глаз» и «разрешающая способность глагодвигательной системы», в отличие от зрительного разрешения сетчатки. Если последнее в центре точки восприятия составляет 1 угл. мин., то двигательное разрешение глаз измеряется 10—20 угл. мин. Эти данные важно учитывать при работе с однородными объектами типа таблиц, мелких текстов и т.п. для избежания возможных ошибок (рис. 1, 2).

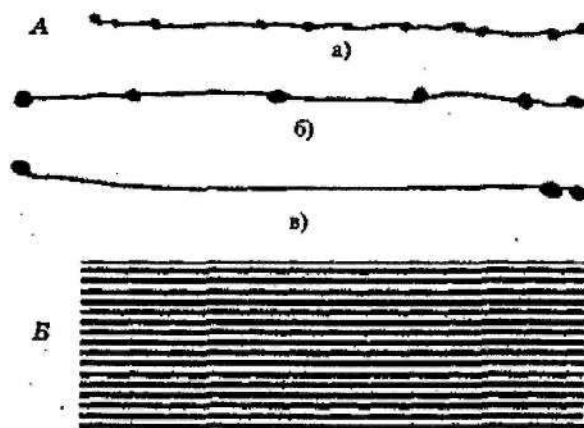


Рис. 1. Записи движения глаз при прослеживании горизонтальных линий

На рис. 1 представлены записи движений глаза при задаче, поставленной перед испытуемыми, проследить одну из горизонтальных линий слева направо (А) однородного штрихового объекта и (Б) с переменной плотностью (различным расстоянием между соседними штрихами). На записях (А): а) — плотность 0,5 мм, б) — плотность 1 мм, в) — плот-

ность 2 мм. Наглядно продемонстрировано улучшение качества восприятия при увеличении плотности.

Далее в эксперименте, проведенном Ю. Б. Гишпенрейтером, предъявлялся множественный точечный объект, и задавалась в его центральной части точка для фиксации. Рассмотрим рис.2. На записях (А) показана развертка горизонтальной составляющей фиксационных движений глаз при инструкции «фиксировать заданную точку». На записи видны медленные дрейфы и саккады. Тремор на записи неразличим. Ввиду непроизвольности и неосознаваемости фиксационных движений при одно-

родном объекте достаточной плотности возможны ошибки испытуемого в оценке положения своих глаз. На рис.2,а — безошибочная фиксация. На рис.2,б видна ошибка фиксации: глаз сместился на две точки вправо (столбиками изображены соседние точки объекта).

При восприятии группы элементов, расположенных в горизонтальных или вертикальных рядах с малыми промежутками чередования (плотностью), происходит обобщение частей, и все представленные элементы предметной среды понимаются как крупная единица.

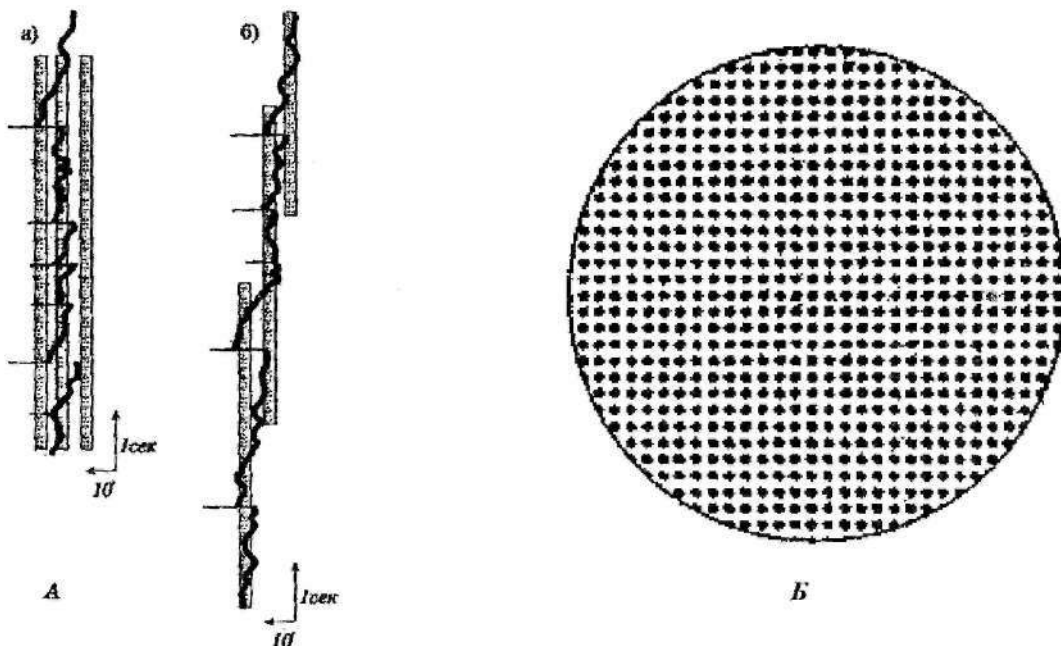


Рис. 2. Временная развертка горизонтальной составляющей фиксационных движений глаз (А) при инструкции фиксации заданной точки объекта восприятия (Б)

На рис.3 схематично представлена существующая демонстрационная система ювелирных украшений. Исходя из её организации выявляются следующие минусы. Во-первых, строгое статичное расположение демонстрируемых элементов создает ощущение их одинаковости. Во-вторых, заданная повторяемость представляет собой дробную сетчатую систему, воспринимаемую как единое целое, из которого уже сложно выявить что-то отдельное и оригинальное, несмотря на различие объектов. В-третьих, каждый предмет на стенде имеет свое оптическое поле, перекрывающее соседнее в силу малых пороговых расстояний. Для изучения представленных форм, сопоставления их отличительных черт обязательно требуется определенный промежуток времени. Затем происходит соотнесение и осознание нескольких характерных признаков, присущих одинаковым фигурам.

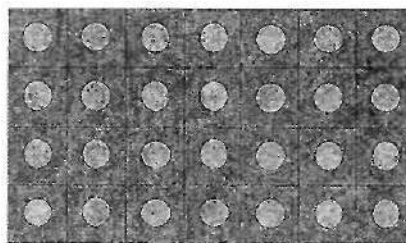


Рис.3. Существующая демонстрационная система ювелирных украшений

Чтобы понять визуализируемый объект, зрение человека, подобно руке слепого, должно сначала отметить, а затем сложить и скомпоновать пространственные расположения множества точек, образующих данную форму. Любая модель воспринимается таким образом, что результирующая струк-



тура будет наиболее простой, насколько это позволяют окружающие условия.

При восприятии происходит естественное желание перехода от одного нового впечатления к другому. Любой объект имеет свое силовое поле, визуальный вес и центр тяжести, которые вступают в тесное взаимодействие с внешним окружающим пространством. Задача восприятия усложняется, если этим окружением является подобие визуализируемого объекта. Поэтому, когда промежутки между предметами минимизируются, происходит обобщение демонстрируемых элементов, упрощение их сложноорганизованного образа. Частности и отличительные черты уходят на второй план.

Для определения оптимальных вариантов визуализации целостной системы дробных элементов был проведен эксперимент по субъективному восприятию предложенных схем. В результате выявлено качество понимания в зависимости от различной организации той ли иной системы. В ходе эксперимента увеличивались расстояния между элементами, что способствовало сосредоточению непосредственно на объектах. Тем самым происходит визуальное расчленение целостной системы, облегчается восприятие, в результате которого выявляются субъективные признаки того или иного элемента.

Вышеописанные эксперименты позволили разработать наиболее выгодные варианты дизайна выставочного оборудования, предназначенного для демонстрации ювелирных украшений.

1. Увеличение расстояний между объектами позволяет сосредоточить внимание непосредственно на них. Следовательно, необходимо при изготовлении демонстрационных платформ увеличить размеры ячеек (рис. 4).

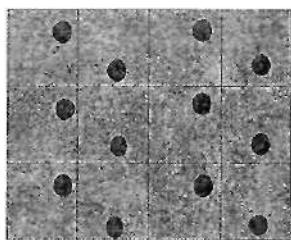


Рис. 4. Увеличение пороговых расстояний за счет изменения величины ячеек демонстрационной платформы

2. Цветовое разделение фона, также как и свободное расположение объектов, максимально облегчает процесс восприятия, уподобляет его творческому избирательному живому действию. Варианты цветовой разбивки демонстрационных систем представлены на рис. 5.

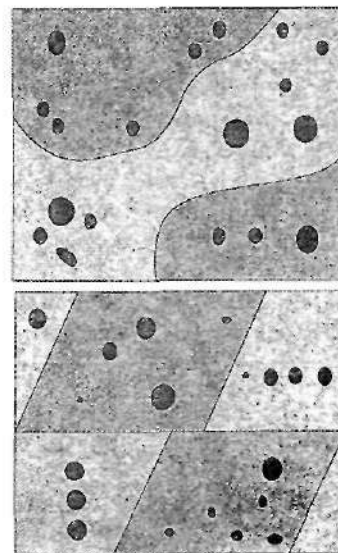


Рис. 5. Варианты цветовой разбивки фона демонстрационной платформы

3. Введение целенаправленного дополнительного освещения. Организовывается система чередующихся световых источников, концентрирующих внимание на определенных элементах. Тем самым выполняется одно из условий визуализации дробной системы – возникновение иллюзии увеличения пороговых расстояний между предметами. Пороговые световые интервалы можно менять в зависимости от габаритов и количества демонстрируемых объектов. Чем меньше габариты и больше количество элементов и чем больше формат их группирования, тем больше должны быть промежутки чередования. Эта система метрическая, её основой является статичность, чёткая система повторов через одинаковые интервалы (рис. 6).

В случае цветовой разбивки фона повышается степень качества изучения внутренней и внешней структур предметов, что незамедлительно положительно сказывается на результате восприятия. К тому же прослеживается тенденция разнообразного прочтения формата, способов его композиционного решения.

При увеличении пороговых расстояний происходит визуальное расчленение целостной системы. Каждый демонстрируемый объект имеет своё визуально-оптическое поле, не перекрываемое соседними полями. При этом возникает дополнительная возможность свободного чередования представленных изделий в рамках заданного формата.

При подобной организации демонстрации ювелирных изделий происходит поэтапное восприятие с выявлением неповторимости каждого из них. Освещенность максимально облегчает процесс по-



нимания, уподобляет его творческому избирательно-живому действию, повышает качество изучения внутренней и внешней структур предметов, помогает, помимо внешних условий, воспринимать их с эффектом воображения, что незамедлительно положительно сказывается на самом результате восприятия.

Таким образом, демонстрация одних и тех же групп ювелирных украшений может иметь различную трактовку в зависимости от способа их организации. Именно нацеливая и направляя зрителя на конкретное понимание визуализируемых объектов, можно добиться правильного их восприятия. Визу-

альное или зрительное восприятие является одной из важных сторон жизни человека. Через него во многом осуществляется получение информации об окружающем мире. Однако через это восприятие возможно в определенном смысле управлять человеком, его настроением, поведением, психологическим настроением. Зрительное восприятие до последнего времени остается одним из основных способов передачи какой-либо информации. При этом важнейшей задачей становится увязывание большой результативности восприятия с эстетически высоким уровнем преподнесения материала.

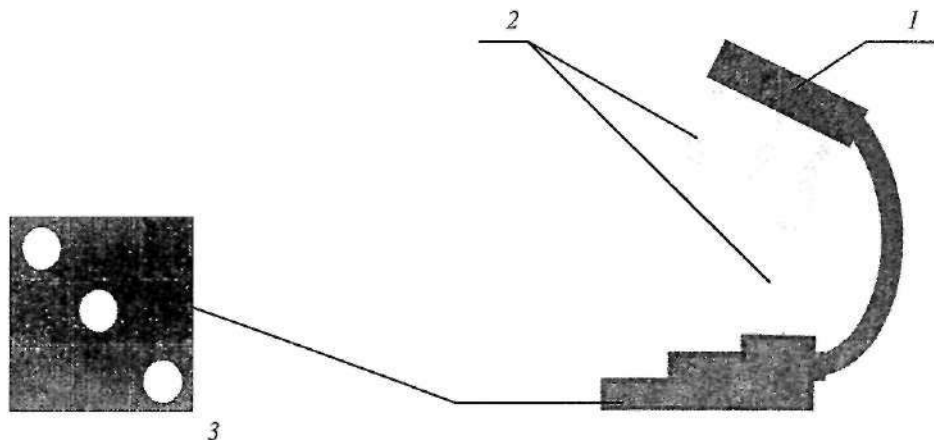


Рис. 6. Пример решения демонстрационной платформы с применением чередующихся световых источников: 1 — светильник, 2 — чередующиеся световые источники, 3 — демонстрационная платформа с поочередно освещаемыми зонами

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиппенрейтер В. Б. Психология ощущений и восприятия / В. Б. Гиппенрейтер, В. В. Любимов, М. Б. Михалевская. — М.: ЧеРо, 1999.
2. Грегори Р. Л. Глаз и мозг. — М.: Прогресс, 1970.
3. Гиппенрейтер Ю. Б. Исследование зрительной деятельности человека / Ю. Б. Гиппенрейтер, Л. П. Щедровицкий: сб. — М., 1973.

#### S.I.Galanin, M.G.Chaykovskya ORGANIZATION PRINCIPLES AND DESIGN OF EXHIBITION EQUIPMENT FOR JEWELLER DEMONSTRATION

УДК 554.653.2:669.7

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИЗАЙНА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СПЛАВА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ОКРАШИВАНИЯ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ<sup>5</sup>

*И.А. Макшанчиков*

Исследованы некоторые зависимости окрашиваемости оксидных покрытий на сплаве А6 от их свойств, определяемых параметрами электролиза при использовании импульсных токов. Определены режимы для получения пленки с различной степенью окрашиваемости.

Возможности дизайна существенно расширяются, если технология изготовления изделий по-

зволяет получать покрытия с цветовыми характеристиками, изменяемыми в широких пределах. В настоящее время для декоративной отделки оксидных покрытий на алюминии существует несколько способов, одним из которых является окрашивание в

<sup>5</sup> Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. С.И.Галанина

органических красителях. Интенсивность, насыщенность цвета зависят от самого красителя, его концентрации и свойств покрытия, подвергаемого окрашиванию. Важнейшей характеристикой, определяющей способность пленки к окрашиванию, является количество в ней пор, так как интенсивность окрашивания зависит от уровня заполнения этих пор красителем. Параметрами, определяющими свойства пленки, являются: состав сплава алюминия, подготовка поверхности, состав электролита оксидирования, режим электролиза и толщина покрытия.

Использование постоянного тока для процесса анодирования поверхности алюминия и его сплавов не позволяет получать пленки со свойствами,

изменяющимися в широких пределах. Импульсы тока регулируемых параметров создают управляемый процесс оксидирования алюминия с заданными физическими и техническими свойствами формируемой пленки.

В результате проведенных исследований [1] выявлено влияние амплитудно-временных параметров импульсов (АВПИ) тока на свойства формируемых оксидных пленок в сернокислом электролите (раствор —  $H_2SO_4$  180-200 г/л), на толщину, микротвердость и пористость.

По результатам исследований для последующего окрашивания выбраны образцы, полученные на оптимальных режимах (табл. 1).

Таблица 1

№ обр.	Плотность тока $i$ , А/дм <sup>2</sup>	Напряжение $U$ , мВ	Скважность $q$	Период $T$ , мкс	Длительность импульса $t_{имп}$ , мкс	Длительность паузы $t_{пауз}$ , мкс	Время $\tau$ , мин
1	1,5	7,5945	5	200	40	160	400
2	2	10,126	2	2000	1000	1000	120
3	2,5	12,6575	5	200	40	160	240

По представлению ряда исследователей, оксидное покрытие состоит из расположенных вертикально ячеек в форме гексагональных призм, плотно смыкающихся друг с другом. В центре каждой ячейки находится пора, основанием которой является барьерный слой [2].

При окрашивании заполнение пор происходит адсорбцией красителя [3]. Чем более развиты поры, тем насыщеннее цвет. По классификации, приведенной Т.Г. Плаченовым [4], в полученной оксидной пленке — «поры открытые тупиковые».

Для расчета объема пор применимо отношение, называемое основным стереометрическим [4], по которому доля фазы в объеме исследуемого материала на площади наблюдаемой плоскости шлифа и доля случайных точек, попадающих на области фазы, равны, т. е. для общей пористости соблюдается равенство:

$$\Pi = F_{\Pi} / F = h_{\Pi} / h = z_{\Pi} / z,$$

где  $F_{\Pi}$  — площадь изображения пор;

$F$  — площадь участка наблюдения;

$h_{\Pi}$  — длина хорд, пересекающих поры;

$h$  — длина хорд участка наблюдения (рис. 1, б);

$z_{\Pi}$  — количество случайных точек, попавших на область пор;

$z$  — количество точек общее (рис. 1, а).

Значение  $\Pi$  на всех образцах более 0,9. Максимальное значение пористости достигнуто на образце 3, где  $\Pi \geq 0,95$ .

Для пор, имеющих выпуклые сечения сложной геометрической формы, простых расчетов рас-

пределения объема пор по размерам не существует. Распределение определяется только аналитическим путем при помощи РС с применением сканирующих или автоматических устройств обработки изображений. Размеры пор в данном случае оценивают произвольно по наиболее характерным их сечениям.

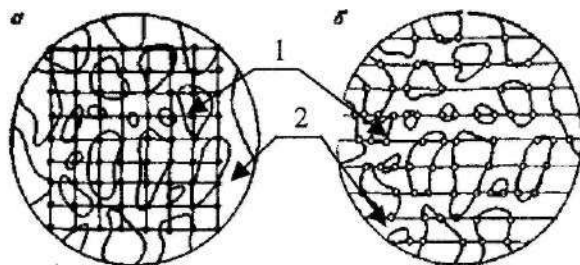


Рис. 1. Методы количественной обработки микроскопических данных:

а — метод точек; б — метод хорд в комбинации с линейным методом (1 — пора, 2 — поверхность без пор)

Для определения качественной оценки степени адсорбции оксидного покрытия проведен эксперимент, в котором образцы одновременно окрашивались в растворе красителя органического синтеза, концентрацией 10 г/л (желтый краситель «Хамелон» АО «Анлес» Россия). Смещением красителей разных цветов получают цветовые решения, не предусмотренные стандартной цветовой гаммой фирмы производителя.

Рассчитывался коэффициент  $k$ , учитывающий изменение массы образца после операции окрашивания:

$$k = \frac{m_1}{m_2}, \quad 0 < k \leq 1,$$

где  $m_1$  — масса образца до окрашивания;

$m_2$  — после окрашивания;

$k_1 = 0,9987987$ ,  $k_2 = 0,9981541$ ,  $k_3 = 0,9949588$ .

Степень относительной адсорбции определяется как:

$$n = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \times 100\%,$$

$n_1 = 0,12012$ ,  $n_2 = 0,18458$ ,  $n_3 = 0,50411$ .

Относительная адсорбционная способность увеличивается прямо пропорционально значению пористости. Так, максимальное значение этих пара-

метров достигается на 3 образце, полученном на режимах, приведенных в табл. 1.

### Выводы

В результате проведенных экспериментов исследованы возможности изменения интенсивности окрашивания поверхности изделий из сплавов на основе алюминия изменением адсорбционной способности оксидного покрытия. Определены оптимальные параметры электролиза для получения поверхности изделий с различной способностью к окрашиванию.

Глубину, насыщенность цвета, оттенков и другие параметры можно изменять, варьируя не только концентрацией красителя и временем окрашивания, температурой, но и изменяя АВПИ тока в процессе оксидирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макшанчиков И.А. Исследование возможности создания оксидных пленок с заданными свойствами на поверхности сплава на основе алюминия А6 // Вестник КГТУ. — Кострома, 2004. — № 9. — С. 72.
2. Грилихес С.Я. Электролитические и химические покрытия. Теория и практика / С. Я. Грилихес, К. И. Тихонов. — Л.: Химия, 1990. — 288 с.
3. Грилихес С.Я. Защита металлов оксидными и фосфатными пленками: библиотечка гальванотехника. — Выпуск 9. — М.-Л.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. — 80 с.
4. Плаченев Т.Г. Порометрия / Т. Г. Плаченев, С. Д. Колосенцев. — Л.: Химия, 1988. — 176 с.

I.A. Makshanchikov

### DESIGN PERFECTION OF ARTICLES FROM ALUMINIUM BASED ALLOY UNDER USING OXIDE COATING PAINTING TECHNOLOGY USAGE

УДК 621.923

### РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДИЗАЙНА ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕДНЫХ СПЛАВОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЕКОРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАБОТКОЙ КОРОТКИМИ ИМПУЛЬСАМИ ТОКА<sup>6</sup>

Т.В. Лебедева

Работа посвящена исследованию возможностей дизайна изделий из медных сплавов при использовании декорирования поверхности электрохимической обработкой короткими импульсами тока. Определены оптимальные режимы для получения участков поверхности изделия с различной высотой микронеровностей.

Медные сплавы широко применяются в ювелирной промышленности и в производстве товаров народного потребления. Для придания изделию особого декоративного вида часто используется сочетание участков его поверхности с различной высотой микронеровностей (глянцевая поверхность, матовая поверхность, поверхность с повышенной шероховатостью).

Для получения необходимой высоты микронеровностей поверхности могут использоваться различные механические и электрофизические методы обработки. Существующие методы обработки поверхности не лишены ряда недостатков и в условиях производства вызывают определенные трудности. Прежде всего, это связано с тем, что в процессе изготовления изделия металл подвергается механическим и термическим воздействиям, под влиянием которых происходит существенное изменение состояния его поверхности и приповерхностного слоя. В этом слое скапливаются инородные включения,

<sup>6</sup> Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. С.И.Галанина

внутренние и поверхностные дефекты, концентраторы напряжений. Трудности в условиях производства связаны с необходимостью обработки каждого изделия отдельно, что значительно увеличивает энерго- и трудозатраты.

Кроме того, производительность, затраты и конечный результат зависят от твердости обрабатываемого материала.

Альтернативой вышеприведенным методам обработки поверхности может служить электрохимическая обработка (ЭХО). ЭХО металлов и сплавов в растворах электролитов получила достаточно широкое применение во многих отраслях промышленности, благодаря своим технологическим показателям, таким как высокая производительность, отсутствие износа инструмента, высокое качество обработанной поверхности и отсутствие в ней дефектного слоя и ряд других. Традиционно обработку производят постоянным током в электролитах на основе неорганических кислот, разогретых до температуры 60—80°C [1]. Весьма перспективным для улучшения технологических показателей процесса ЭХО является использование коротких импульсов тока прямоугольной формы с возможностью независимого регулирования их амплитудно-временных параметров (анодной плотности тока  $i_a$ , длительности импульса  $t_n$ , скважности  $q$ ).

Микросекундные импульсы тока оптимальных амплитудно-временных параметров формируют необходимую микрошероховатость поверхности за 7—10 минут в электролитах при комнатной температуре. Применение холодных электролитов улучшает условия труда за счет уменьшения вредных испарений кислот, значительно снижает энергозатраты на разогрев электролита. Кроме того, использование импульсного тока энергетически более выгодно по сравнению с постоянным током, так как требует меньших затрат электричества [2].

Предлагаемый метод электрохимического декорирования с использованием коротких импульсов тока позволяет получать различную высоту микронеровостей поверхности на одном и том же оборудовании при изменении либо амплитудно-временных параметров импульсов тока, либо при смене электролита. Используются электролиты на основе неорганических кислот следующих составов [3], г/л: 1)  $H_3PO_4$  — 1200,  $CrO_3$  — 120; 2)  $H_3PO_4$  — 750,  $CrO_3$  — 50,  $H_2SO_4$  — 120,  $H_2O$  — 80; 3)  $H_3PO_4$  — 590,  $CrO_3$  — 5,  $H_2SO_4$  — 140,  $H_2O$  — 265; 4)  $H_3PO_4$  — 1500,  $H_2SO_4$  — 90. Обрабатываются несколько изделий сразу, что значительно снижает энерго- и трудозатраты.

После механического формообразования исходной поверхности заготовки подвергаются отжигу для снятия остаточных напряжений. Основываясь на результатах исследований [4], в качестве материала

заготовок выбирается томпак Л190 или латунь Л60. Непосредственно перед электрохимической обработкой заготовки подвергаются механической обработке для придания поверхности необходимой исходной высоты микронеровостей  $R_z = (0,2—0,3) \cdot 10^{-6}$  м. Далее партией из 5—10 изделий они навешиваются на подвесочное приспособление, на котором осуществляются все последующие операции по электрохимическому декорированию. Катоды — две пластины из листовой стали 12Х18Н9Т, навешиваемые на нерегулируемые межэлектродные расстояния от заготовок.

Декоративная ЭХО включает полирование, получение матовой поверхности и поверхности с повышенной шероховатостью.

1. Полирование поверхности заготовок. Параметры обработки и состав электролита для электрохимического полирования томпака и латуни:  $i_a = 75$  А/дм<sup>2</sup>,  $t_n = 3 \cdot 10^{-3}$  с,  $q = 2$ , электролит №1.

2. Получение матовой поверхности. После полирования заготовки промываются в проточной воде и просушиваются. Участки поверхности, которые останутся глянцевыми покрываются кислотоустойчивым лаком. Обработка производится в электролитах на основе неорганических кислот при следующих режимах:  $i_a = 75$  А/дм<sup>2</sup>,  $t_n = (0,1—3) \cdot 10^{-3}$  с,  $q = 8—10$ .

3. Получение поверхности с повышенной шероховатостью. После матирования поверхности заготовки подвергаются тем же операциям, что и после электрохимического полирования. Обработка производится при следующих режимах: для томпака —  $i_a = 75$  А/дм<sup>2</sup>,  $t_n = (0,1—3) \cdot 10^{-3}$  с,  $q = 2—4$ , электролит №2 и №4; для латуни —  $i_a = 75$  А/дм<sup>2</sup>,  $t_n = (0,1—3) \cdot 10^{-3}$  с,  $q = 2—4$ , электролит №3. Использование электролитов с хромовым ангидридом менее предпочтительно из-за трудности регенерации отработанного электролита.

При получении поверхности с различной высотой микронеровостей в одном и том же электролите №1 при изменении только амплитудно-временных параметров импульсов тока анодную плотность тока необходимо увеличить в 2—3 раза. Однако это приведет к дополнительным энергозатратам.

#### Выводы

Разработан способ декорирования поверхности изделий из медных сплавов на основе сочетания на изделия участков поверхности с различной высотой микронеровостей (глянцевая поверхность, матовая поверхность, поверхность с повышенной шероховатостью).

Определены оптимальные режимы электролиза для получения поверхностей изделий из медных сплавов с различной фактурой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грилихес С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов : библиотечка гальванотехника. — 1994. — № 1. — С.138—142.
2. Галанин С.И. Электрохимическая обработка металлов и сплавов микросекундными импульсами тока : монография. — Кострома : КГТУ, 2001. — 118 с.
3. Варенко Е.С. Шероховатость поверхности латуни при электрополировании в растворах ортофосфорной кислоты / Е. С. Варенко, Ю. М. Лощкарев, Л. П. Тарасова // Электрохимия. — 1991. — № 1. — С.113—115.
4. Галанин С.И. Эффективность сглаживания высоты микронеровностей поверхности меди и медных сплавов в условиях электрохимической обработки короткими импульсами тока / С. И. Галанин, Т. В. Лебедева // Химия и химическая технология. — 2004. — Т. 47. — Вып. 7. — С. 28—32.

T.V. Lebedeva

## DESIGN POSSIBILITY BROADENING OF COPPER ARTICLES UNDER SURFACE DECOR USAGE BY CURRENT SHORT IMPULSE TREATMENT

УДК 554

АНАЛИЗ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ СЕРЕБРА И ПОКРЫТИЙ НА НЕМ<sup>7</sup>

Ю.Л. Нельмина

В работе проанализировано зрительное восприятие цветовых характеристик серебра и покрытий на нем.

Зрительное восприятие мира — одно из важнейших ощущений. Зрение возможно благодаря глазам — органам чувств человека, реагирующим на свет (электромагнитные колебания с длиной волны 370—760 нм). Человеческий глаз неодинаково реагирует на разные длины волн и воспринимает их как разные цвета, он может различать до 10000 оттенков [1].

Цвет материала зависит от характеристик падающего света. При освещении материала белым светом, в котором присутствуют все цвета спектра, цвет определяется длиной волны, которая лучше всего отражается данным материалом. Если отражается весь спектр, то материал кажется белым, если поглощается — черным. Между этими границами лежит весь спектр цветов. В зависимости от условий освещения цвет одного и того же материала будет различным, например, при попадании на него монохромного (искусственного) света или полихромного (естественного или искусственного). Различие в спектрах падающего света, наряду со свойствами материалов, из которых сделано изделие, определяет их различное зрительное восприятие. Информация об изменении цветового восприятия изделия может способствовать правильному выбору материала в соответствии с предложенным дизайном.

Блеск (отражательная способность) поверхности металлических материалов в общем случае является функцией микрорельефа поверхности. Ес-

ли размеры микронеровностей меньше длины волны, то происходит зеркальное (направленное) отражение, если больше — то мы имеем дело с диффузным (рассеянным) отражением. В зависимости от того, какая из составляющих отраженного потока превалирует (зеркальная или диффузная), отражение рассматривают как зеркальное или как диффузное. Учитывая, что длина световой волны в видимом диапазоне составляет от 380 до 760 нм, зеркальная поверхность не должна иметь неровности с характерным размером более 350 нм.

Воспринимаемый человеком блеск материала определяется распределением в пространстве отраженной световой волны. Блеск зависит от химической стойкости и твердости материала, а также от технологии обработки его поверхности.

Полирование поверхности (удаление мелких неровностей) может осуществляться механической, химической, электрохимической обработкой. В литературе [2—7] приводятся практические методы полирования.

На относительный коэффициент отражения поверхности серебра существенное влияние оказывают внешние воздействия. Представляется важной в работе [11] зависимость относительного коэффициента отражения серебра от режимов обработки. Отмечается, что окисление на воздухе приводит к существенно неоднородному снижению отражательной способности серебра, в зависимости от длины волны. Это связано с образованием на поверхности серебра окисной пленки, которая придает

<sup>7</sup> Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. С.И.Галанина



желтый оттенок материалу, что, вероятно, связано с особенностями ее собственной отражающей способности. Такая пленка почти всегда присутствует на выставленных в витринах ювелирных украшениях из серебряных сплавов, которые хранятся на воздухе, под действием яркого освещения. Окисная пленка на серебряных украшениях, появившаяся в таких условиях, легко снимается фетром, но, тем не менее, оказывает влияние на зрительное восприятие изделия.

Итак, структура и технология обработки металлических материалов оказывают существенное влияние на их зрительное восприятие, главным образом на яркость и блеск.

Восприятие металлических материалов зависит от условий освещения (интенсивности падающей волны, ее спектрального состава). Более того, оттенок изделий из металлических материалов может кардинально меняться в зависимости от того, рассматривается он при искусственном или естественном освещении.

В художественных и декоративно-прикладных изделиях часто встречается сочетание металлических материалов, в том числе оксидно-солевых покрытий. При этом основное значение имеет их цветовое соответствие, которое можно охарактеризовать контрастностью. Контрастность представляет собой разность яркостей материалов и ее можно оценивать, исходя из формул, разработанных на основе коэффициентов контраста для красок [8]. Контраст между металлом и вставкой (солевая пленка, эмаль, чернь и т.д.) можно оценить по абсолютной величине контрастности  $K$ , которая определяется по формуле:

$$K = R_{me} - R_{act},$$

где  $R_{me}$  — яркость металлического материала;

$R_{act}$  — яркость вставки.

Если величина получается положительной, то контраст называется прямым (покрытие темнее фона), если контрастность отрицательная, то контраст обратный и покрытие светлее фона. Исследования зрительного восприятия показывают, что прямой контраст более благоприятен для длительного созерцания человеком.

Для оценки пары металл — покрытие будем применять относительную контрастность, которую можно рассчитать по формуле:

$$k = \frac{|K|}{R_{me}} 100\%.$$

В табл. 1 приведены результаты расчетов контрастности сочетаний сплава СрМ 925 с различными по цвету покрытиями.

Таблица 1

Относительная контрастность сочетаний сплава СрМ 925 — оксидно-солевая пленка

Анализируемая пара	Знак контраста	Относительная контрастность, %
Серебро — черная солевая пленка	+	95
Серебро — светлая солевая пленка	+	10
Серебро — темная солевая пленка	+	60

Итак, наибольшим контрастом обладают пары: серебро — черная солевая пленка. В случае с серебряными сплавами все контрасты прямые, что соответствует лучшему дизайну изделий. Светлые покрытия на серебре выходят за область оптимального восприятия, и они действительно редко используются. Обычно светлые покрытия наносят на окисленное, черное серебро. Таким образом, предпочтительный контраст для исследованных пар серебро — покрытие обычно прямой. Длительное зрительное восприятие изделий, в которых присутствуют пары материалов с отрицательным контрастом, может вызвать утомление и раздражение.

На основе комплексного анализа особенностей зрительного восприятия металлических материалов показано, что их эстетические характеристики определяются физико-химической природой этих материалов и зависят как от цвета, так и от микроструктуры (блеск, яркость). Проведена оценка эстетических характеристик, воспринимаемых зрением, для сплава СрМ 925, а также его сочетаний с покрытиями. Показано, что цветовые характеристики серебра и покрытий находятся в оптимальной области зрительного восприятия человека. Наилучшим контрастом обладают темные пленки, например, черные, темно-синие, фиолетовые. Использование таких пленок на серебряных изделиях хорошо согласуется с традициями русских ювелирных школ.

Поэтому актуальной является разработка дешевого и технологичного способа получения таких пленок, что и будет являться задачей последующих исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая медицинская энциклопедия / под ред. Б.В. Петровского. — М. : Сов. энциклопедия, 1978. — Т. 19. — 512 с.
2. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела. — СПб. : Соло, 2000. — 528 с.



3. Галанин С.И. Электрохимическая обработка металлов и сплавов микросекундными импульсами тока : монография. — Кострома : КГТУ, 2001. — 118 с.
4. Галанин С.И. Влияние предварительной механической и термической обработки на микроструктуру и эффективность электрохимической полировки сплава Ag-7,5Cu / С. И. Галанин, Е. П. Гришина, О. А. Иванова, Ю. Л. Нельмина // Физика и химия обработки материалов. — Москва, 2004. — № 2. — С. 56—60.
5. Гришина Е.П. Электрохимическое полирование серебра в тиосульфатных электролитах / Е. П. Гришина, С. И. Галанин, О. А. Иванова // Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей : сб. тр. — Кострома-Москва : КГУ; МАТИ, 2003. — С. 14.
6. Гарбер М. М. Декоративное шлифование и полирование. — М. : Машиностроение, 1964. — 192 с.
7. Грилихес С.Я. Электрохимическое и химическое полирование : Теория и практика. Влияние на свойства металлов. — Л. : Машиностроение, 1987. — 232 с.
8. Коженцев Ю.Т. Основы теории композиции. — Новочеркасск : НГТУ, 1998. — 178 с.
9. Простаков С.В. Ювелирное дело. — Ростов н/Д : Феникс, 1999. — 350 с.
10. Соколова М.Л. Металлы в дизайне. — 2-е изд. доп. — М. : МИСиС, 2003. — 94 с.
11. Стрижко Л.С. Металлургия золота и серебра. — М. : МИСиС, 2001. — 333 с.

Yu. L. Nelmina

**VISUAL PERCEPTION ANALYSIS OF COLOUR CHARACTERISTICS OF SILVER SURFACE  
AND COVERING ON IT**

## ОБМЕН ОПЫТОМ. КРИТИКА. КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 667.052

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ

У.Ю. Титова, Ю.В. Белов

В статье рассмотрена проблема использования для численного моделирования льняной ровницы систем «Delphi» и «C++Builder».

Для создания математических моделей ровницы ранее была использована система «Delphi» [1]. В модели учитывались реальные законы распределения длин технических комплексов и элементарных волокон, полученных в физических экспериментах.

Исходные данные моделирования структуры ровницы:  $d$  — количество сечений, определяющих длину моделируемого участка ровницы;  $p$  — количество технических комплексов в одном сечении;  $q$  — количество элементарных волокон в комплексе;  $Sh$  — расстояние между сечениями, мм;  $a$  — взаимное смещение технических комплексов, мм;  $c$  — закон распределения смещений элементарных волокон,  $l$  — закон распределения длин элементарных волокон. В модели использованы законы распределения, полученные экспериментально для величин  $l$  и  $c$ , а для величины  $q$  в первом приближении принят нормальный закон распределения.

При моделировании ровницы с учётом её вероятностной структуры количество элементарных волокон по сечениям сначала увеличивается, затем имеется участок с небольшой неровностью, а далее количество волокон резко уменьшается [2]. Такая структура получается из-за большой длины льняных волокон. Поэтому в алгоритм расчёта была включена специальная процедура выравнивания количества волокон во всех сечениях: для каждого сечения определялось количество элементарных волокон в каждом техническом комплексе и осуществлялось постепенное добавление недостающих волокон.

Таким образом был сформирован трёхмерный динамический массив структуры льняной ровницы. Результаты, полученные в процедуре формирования структуры ровницы, передавались далее в процедуру формирования ровницы в плоскости  $XU$ .

Одной из проблем численного моделирования льняной ровницы из-за большого объема исходных данных является ограничение памяти для динамических массивов. С целью решения этой проблемы была произведена сравнительная оценка моделирования льняной ровницы в системах «Delphi» и «C++Builder». При анализе программы в системе «Delphi» была выявлена возможность сокращения количества динамических массивов на этапе формирования структуры льняной ровницы. Был ликвидирован трёхмерный массив элементарных волокон  $evR$ , а его параметры помещены в трёхмерный массив ровницы  $Rov$ .

Соответствующие процедуры «C++Builder» получили методом редактирования содержания процедуры системы «Delphi».

В табл. 1 и на рис. 1, 2 приведены результаты работы программ в системах «Delphi 5» и «C++Builder 4».

Как видно из таблицы и графиков 1, 2, результаты в системах «Delphi» и «C++Builder» несколько различаются. Это можно объяснить различием в генераторах псевдослучайных чисел — дробных в «Delphi» и целых в «C++Builder».

Таблица 1

Распределение длин технических комплексов ровницы

Система «Delphi 5»				Система «C++Builder 4»			
Длина волокна		$L_{\text{сред}}$	Кол-во	Длина волокна		$L_{\text{сред}}$	Кол-во
от	до			от	до		
42.1	54.9	48.5	7	83.0	93.6	88.3	4
54.9	67.6	61.3	15	93.6	104.2	98.9	14
67.6	80.4	74	42	104.2	114.8	109.5	41
80.4	93.1	86.8	101	114.8	125.4	120.1	109
93.1	105.6	99.5	159	125.4	135.9	130.6	161
105.9	118.6	112.3	205	135.9	146.5	141.2	244
118.6	131.4	125.0	194	146.5	157.1	151.8	219
131.4	144.1	137.8	147	157.1	167.7	162.4	131
144.1	156.9	150.5	89	167.7	178.3	173	60
156.9	169.6	163.3	30	178.3	188.9	183.6	15
169.6	182.4	176.0	10	188.9	199.5	194.2	2

количество элементарных  
волокон в сечениях

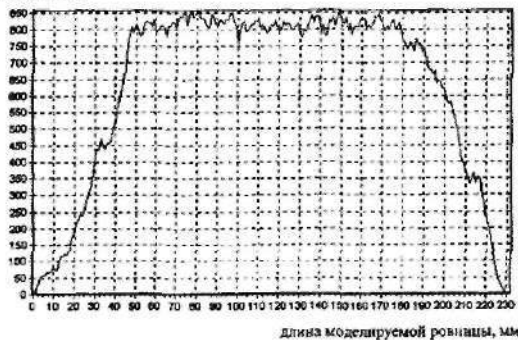


Рис.1. График изменения количества волокон в сечениях ровницы по ее длине в системе «Delphi 5»

количество волокон  
в сечении

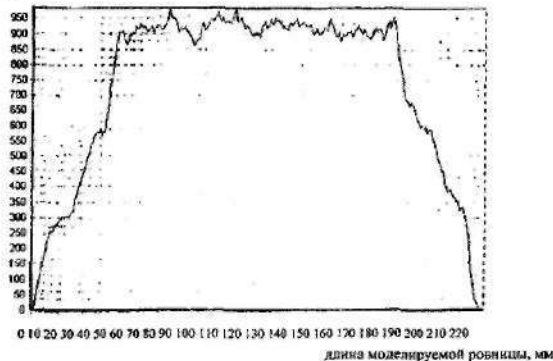


Рис.2. График изменения количества волокон в сечениях ровницы по ее длине в системе «C++Builder 4»

### Выводы

1. Системы «Delphi» и «C++Builder» можно использовать для численного моделирования льняной ровницы.
2. В системе «Delphi» длины волокон имеют более близкие значения к реальным по сравнению с систе-

мой «C++Builder», т.к. в системе «Delphi» использован дробный генератор псевдослучайных чисел и длины моделируемых волокон имеют дробные значения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов Ю.В. Численное моделирование льняной ровницы / Ю. В. Белов, У. Ю. Титова // Депонированные научные работы ВИНТИ. — 2003. — № 5.
2. Численное моделирование льняной ровницы с графическим контролем неровноты // Депонированные научные труды ВИНТИ. — № 1240. — В 2004 от 15.07.2004.

U.Yu.Titova, Yu.V. Belov

### NUMERICAL MODELLING OF FLAX ROVING STRUCTURE

УДК 677.022.6

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАДИУСА НЕЙТРАЛЬНОГО СЛОЯ ПРЯЖИ ПРИ ЕЕ КРУЧЕНИИ

А.К. Наумов, Е.С. Хомяков, В.Д. Струсевиц

Получена простая формула для теоретического расчета радиуса нейтрального слоя пряжи послойной структуры при ее кручении, являющегося функцией её физических параметров — крутки и относительной деформации или крутки и коэффициента укрутки.

Как известно, качество получаемой крученой пряжи влияет на величину ее обрывности на последующих технологических переходах.

Существуют различные подходы при описании свойств получаемой пряжи при ее кручении [1—5]. Наиболее перспективной, на наш взгляд, с точки зрения физики процесса представляется деформационная модель пряжи послойной структуры [5]. Данная модель позволяет прогнозировать деформационные и иные свойства пряжи, зная свойства входящих в нее волокон (которые, как правило, достаточно хорошо и полно изучены).

Известно, что пряжа при кручении получает укрутку, однако при этом деформационные и иные свойства волокон, расположенных в ее центральном слое и на «периферии», совершенно различны. В то время как волокна вне так называемого «нейтрального» радиуса получают реальную деформацию растя-

жения, волокна внутри — «гофрируются» (поскольку в технической операции кручения они практически не сжимаются в продольном направлении, т.е. получают некоторую «извитость»). При этом сложнейшем процессе кручения происходит миграция волокон из слоя в слой, некоторые волокна подвергаются разрушению, уменьшается диаметр пряжи и т.д.

Предлагается метод простого теоретического расчета радиуса нейтрального слоя пряжи при ее кручении, зависящего от физических параметров пряжи — её крутки и относительной деформации или крутки и коэффициента укрутки при следующих допущениях:

- пряжа состоит из большого числа волокон;
- волокна в пряже расположены эквидистантно, т.е. заполняют площадь поперечного сечения равномерно (естественно, с пустыми промежутками между ними);
- деформации волокон чисто упругие;

- деформации чистого сдвига и изгиба волокон не оказывают заметного воздействия на усилия в пряже при ее кручении;
- отсутствует миграция и перепутывание волокон, т.е. волокна при кручении занимают винтообразное положение в своем слое.

При данных допущениях известен метод расчета квадрата радиуса нейтрального слоя  $r_0$  пряжи через её длину  $l$ , крутку  $K$  и величину абсолютной деформации  $\Delta l$  [4, с. 94, ф-лы (4.2.21) и (4.2.22)]:

$$\sqrt{1 + (2\pi r_0 K)^2} = l / (l - \Delta l), \quad (1)$$

откуда

$$r_0^2 = \frac{1}{(2\pi K)^2} \left( \frac{l^2}{(l - \Delta l)^2} - 1 \right). \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) неудобны в практическом применении, т.к. содержат параметр  $l$ , который в ходе конкретного технологического процесса измерить весьма проблематично.

Поэтому, применяя простые математические преобразования и учитывая, что относительная деформация определяется по формуле  $\varepsilon = \Delta l / l$ , а коэффициент укрутки  $K_y = l - \varepsilon$ , получим формулы для теоретического расчета нейтрального радиуса пряжи  $r_0$  через крутку  $K$  и относительную деформацию

$\varepsilon$  или крутку  $K$  и коэффициент укрутки  $K_y$  — формулы (3) и (4):

$$r_0 = \frac{1}{2\pi K} \sqrt{\frac{1}{(1 - \varepsilon)^2} - 1}, \quad (3)$$

$$r_0 = \frac{1}{2\pi K} \sqrt{\frac{1}{K_y^2} - 1}. \quad (4)$$

В отличие от формулы (2), зависимости (3) и (4) позволяют теоретически рассчитать нейтральный радиус пряжи для конкретного технологического процесса. На рис. 1 и 2 приведены результаты конкретных расчетов.

### Выводы

1. Приведены простые формулы для теоретического расчета радиуса нейтрального слоя пряжи при ее кручении, зависящего от крутки и относительной деформации или крутки и коэффициента укрутки пряжи.
2. Из зависимостей (3), (4) следует, что радиус нейтрального слоя при заданных допущениях не зависит от природы волокон напрямую, а зависит от их косвенной интегральной характеристики — крутки пряжи, ее относительной деформации и коэффициента укрутки.

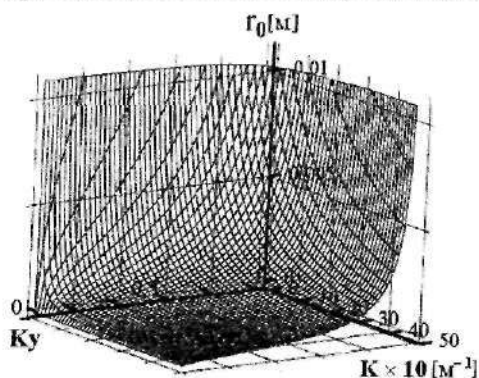


Рис.1. Теоретическая зависимость нейтрального радиуса пряжи от крутки и относительной деформации

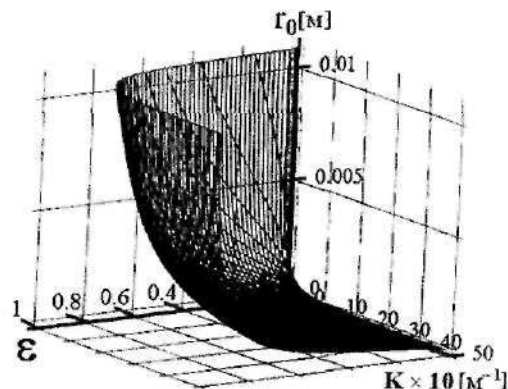


Рис.2. Теоретическая зависимость нейтрального радиуса пряжи от крутки и коэффициента укрутки

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов Г.В. Теория кручения волокнистых материалов. — М.: Легкая индустрия, 1977.
2. Гинзбург Л.Н. Динамика основных процессов прядения (кручение, натяжение, обрывность, смешивание) / Л. Н. Гинзбург [и др.]. — М.: Легкая индустрия, 1976. — Ч. III.
3. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. — М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Мовшович П.М. Самокруточное прядение. — М.: Легпромбытиздат, 1985.
5. Наумов А.К. Деформационная модель пряжи / А.К. Наумов, А.П. Переверзев, С.В. Ямщиков // Изв. вузов. ТТП. — 1998. — № 6. — С. 22—25.

A.K.Naumov, E.C.Khomyakov, V.D.Strusevich

THEORETICAL CALCULATION OF YARN NEUTRAL LAYER RADIUS DURING ITS TWISTING

### ИНФОРМАЦИЯ

**о работе семинара по материаловедению производств текстильной и легкой промышленности  
за 2004/2005 учебный год**

- 09.04      Разработка методов оценки, исследования и прогнозирования формуемости и формоустойчивости эластичных тканей.  
*Юферова Л.В.*
- 10.04      Разработка методов оценки и исследование геометрических свойств натурального меха.  
*Костина Е.А.*
- 11.04      Исследование технологических свойств льносодержащих тканей и пакетов одежды из них.  
*Пугачева И.Б.*
- 12.04      Разработка методов использования некондиционного меха в производстве трикотажных и текстильных полотен.  
*Дмитриева Е.В.*
- 02.05      Разработка метода, исследования и прогнозирования способности льняных тканей к сдвигу.  
*Морилова Л.В.*
- 03.05      Разработка метода и исследования анизотропии способности льносодержащих тканей к складкообразованию.  
*Иванова О.В.*
- 04.05      Разработка метода оценки исследования и прогнозирования способности материалов к изгибу.  
*Козловский Д.А.*
- 05.05      Исследование и прогнозирование технологических и эксплуатационных свойств эластичных тканей.  
*Денежкина О.А.*
- 06.05      Оценка влияния химических чисток на свойства изделий из натурального меха.  
*Долгова Е.Ю.*

Руководитель семинара д.т.н., проф. Н.А.Смирнова

### Информация

**о работе Общероссийского научного семинара "ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ"  
(АИН им. А.М. Прохорова)  
за 2004/2005 учебный год**

- 29.01.04      Автоматическое управление положением слоя на входе в мяльно-трепальный агрегат  
*Дроздов Юрий Владимирович, аспирант кафедры ТПЛВ*
- 28.10.04      Численное и графическое моделирование льняной ровницы  
*Титова Ульяна Юрьевна, доцент каф. прядения*
- 23.12.04      Исследование потребительских свойств ткани льняного ассортимента  
*Чернышева Любовь Владимировна, аспирант каф. ткачества*
- 27.01.05      Исследование и разработка рекомендаций по оптимизации процесса вытягивания льняного волокна в вытяжных приборах с червячным вытяжным механизмом  
*Панасенко Сергей Алексеевич, зав. лаб. каф. прядения*

- 24.02.05 Разработка и внедрение методов составления смесок в хлопкопрядении на базе современной оценки качества сырья  
*Маслова Надежда Александровна, лаб. сырья ЦНИИХБИ*
- 31.03.05 Технология формирования композитных нитей с эластомерами на модернизированной самокруточной машине  
*Делекторская Ирина Арнольдовна, аспирант каф. ДМ и ПТУ*
- 28.04.05 Получение комбинированных нитей на машине ПК-100 с аэродинамическим устройством  
*Тихонова Екатерина Юрьевна, ассистент каф. прядения*
- 26.05.05 Оценка пороков внешнего вида пряжи с целью прогнозирования сортности ткани на основе методов распознавания образов  
*Краснов Александр Сергеевич, аспирант каф. ТМ и СМ*
- Руководитель семинара к.т.н., доц. В.Р.Крутикова

### ИНФОРМАЦИЯ

#### о работе семинара по текстильному машиноведению (филиал семинара по теории механизмов и машин Российской академии наук)

- В 2004-2005 гг. при КГТУ продолжал успешно работать Костромской филиал семинара по ТММ РАН. На семинаре сделаны следующие доклады:
- 16 сентября 2004г. Обобщенная теория динамики упругих систем батанных механизмов и ее приложение к рапирным и металло-ткацким станкам.  
*Суров В.И., к.т.н., ИвГТА.*
- 21 октября 2004г. Особенности процесса перемотки проволоки при изготовлении комбинированных нитей.  
*Копнин В.А., к.т.н., КГТУ.*
- 18 ноября 2004г. Развитие теоретических основ и технологий получения пряжи на кольцевой прядильной машине.  
*Бархоткин Ю.К., к.т.н., ИвГТА.*
- 16 декабря 2004г. Исследование и модернизация транспортирующего механизма трепальной машины.  
*Коваленко Н.И., инженер КГТУ.*
- 20 января 2005г. Прогнозирование износостойкости эластичных покрытий нажимного валика вытяжного прибора прядильной машины для льна.  
*Хмелев Д.А., аспирант КГТУ.*
- 17 февраля 2005г. Разработка новых методов оценки и исследования технологических параметров переработки льняной пряжи в ткацком производстве.  
*Брут-Бруляко А.Б., проф., КГТУ.*
- 24 марта 2005г. Подходы к моделированию процесса наматывания ровницы.  
*Балабаев П.С., к.т.н., КГТУ.*
- 21 апреля 2005г. Моделирование прочностных свойств льняных элементарных волокон.  
*Киселев М.В., к.т.н., КГТУ.*
- 19 мая 2005г. Развитие теории получения и очистки короткоштапельного льняного волокна.  
*Корабельников А.Р., докторант КГТУ.*
- 16 июня 2005г. Применение методов математического моделирования к описанию процессов жидкостной обработки и сушки текстильных материалов в паковках.  
*Киселев Н.В., к.т.н., КГТУ.*
- Руководитель семинара д.т.н., проф. Г.К.Кузнецов



---

**СОДЕРЖАНИЕ**


---

Развитие научно-учебно-производственного центра КГТУ Р.В.Корабельников, Г.К.Букалов.....	3
---	---

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ**

1. Преодоление дислокацией системы стопоров в динамическом режиме В.В.Благовещенский, И.Г.Панин, Н.А.Цветков CROSSING OF LOCK SYSTEM DISLOCATION IN DYNAMICS MODE V.V.Blagoveschensky, I.G.Panin, N.A.Tzvetkov.....	5
--	---

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

1. Анализ условий схода свободного участка пряжи с опоры в тыльной зоне била при трепании С.В. Бойко, А.Б. Лапшин, Е.Л. Пашин ANALYSIS OF FREE SPARE LOCK TAILING FROM SUPPORT AT BEATER REAR EDGE DURING SCUTCHING S.V.Boyko, A.B.Lapshin, E.L.Pashin.....	7
2. Расчет напряжений в транспортирующих ремнях трепальной машины Н.И.Коваленко, В.А.Музалевский, Е.А.Руссу STRESS CALCULATION IN SCUTCHING MACHINE CONVEY BELTS N.I.Kovalenko, V.A.Muzalevsky, E.A.Russu.....	10
3. Анализ сил, действующих на пряжу в процессе трепания, при силах инерции, соизмеримых с силами натяжения пряжи В.А.Дьячков ANALYSIS OF STRENGTH ACTING ON LOCK DURING SCUTCHING V.A.Diyachkov.....	12
4. Особенности технологии получения трехмерных слоисто-каркасных тканей В.Ю. Селиверстов, Е.В.Иванюк TECHNOLOGY PECULIARITIES OF THREE-DIMENTIONAL LAYER-FRAMED FABRIC PRODUCTION V.Yu.Seliverstov, E.V.Ivanyuk.....	14
5. Снижение натяжения льняной уточной нити на станке СТБ А.Б. Брут-Бруляко FLAX WEFT TENSION REDUCTION AT STB-WEAVING MACHINE A.B.Brut-Brulyako.....	18
6. Особенности проявления вязкоупругих свойств пряжи при перематывании и сновании М.С.Богатырева, М.Н.Ерохова PECULIARITIES OF THREAD VISCOELASTIC PROPERTY SYMPTOMS DURING REWINDING AND WARPING M.S.Bogatyreva, M.N.Erokhova.....	21

7. Исследование деформационных характеристик оболочки комбинированной нити с волоконно-оптическим сердечником  
В.Н.Попов  
RESEARCH OF DEFORMATION CHARACTERISTICS OF COMBINED THREAD CASING WITH FIBRE-OPTIC CORE  
V.N.Popov ..... 23
8. Анализ натяжения льняной ровницы при сматывании с катушки  
А.П.Соркин, Е.С. Кириллова  
ANALYSIS OF FLAX ROVING TENSION DURING REELING OUT BOBBIN  
A.P.Sorkin, E.S.Kirillova ..... 25
9. Методика количественной оценки параметров структуры намотки  
П.Н.Рудовский, Л.Ю.Киприна, М.Н.Нуриев  
QUANTITY ESTIMATION METHODOLOGY OF REELING UP STRUCTURE PARAMETERS  
P.N.Rudovsky, L.Yu.Kiprina, M.N.Nuriev ..... 27
10. Анализ работы автоматического грузового основного тормоза  
Н.В. Великанова, Ю.Б. Федоров, В.А. Тягунов, Л.В. Сухова  
OPERATION ANALYSIS OF AUTOMATIC WEIGHT BASIS BRAKE  
N.V.Velikanova, Yu.B.Fyodorov, V.A.Tyagunov, L.V.Suhova ..... 30
11. Исследование процесса размота эластомера на модернизированной прядильной машине ПСК-225-ЛЮ  
И.А.Делекторская, А.А.Телицын, С.В. Любимова  
PROCESS RESEARCH OF ELASTOMETER UNREEL ON MODERNIZED SPINNING MACHINE PSK-225LO  
I.A.Delektorskaya, A.A.Telitzin, S.V.Lyubimova ..... 32
12. Вычисление углов охвата нитью направляющих поверхностей  
Л.А.Крутикова, В.Р.Крутикова, Н.В.Банакова  
CALCULATIONS OF WRAPPING ANGLES BY THREAD GUIDE SURFACES  
L.A.Krutikova, V.R.Krutikova, N.V.Banakova ..... 34
- МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**
1. Усовершенствованный метод определения жесткости материалов при изгибе  
Н.А.Смирнова, Д.А.Козловский, В.В.Лапшин  
IMPROVED METHOD OF MATERIAL STIFFNESS DEFINITION UNDER BENDING  
N.A.Smirnova, D.A.Kozlovsky, V.V.Lapshin ..... 39
2. Взаимосвязь деформации и напряжения порции волокнистого материала при сжатии и снятии нагрузки  
Н.С.Кузнецова  
INTERRELATION OF DEFORMATION AND TENSION UNDER SUPERVISION FIBRE MATERIAL PORTION IN LOAD COMPRESSION  
N.S.Kuznetzova ..... 41

3. Оценка гибкости льняных волокон  
В.И.Жуков, В.В.Иваницкий  
FLAX FIBRE FLAXIBILITY ESTIMATION  
V.I.Zhukov, V.V.Ivanitsky ..... 43
4. Разработка модели взаимосвязи структурных характеристик суровой ткани с изменением линейных размеров после мокрой обработки  
Л.В. Чернышева, И.В. Мининкова, М.Н. Лаучинскас  
INTERRELATION MODEL DEVELOPMENT OF TEXTILE MATERIAL PROPERTIES WITH LINEAR DIMENSION CHANGES AFTER WET-HEAT TREATMENT  
L.V.Chernishova, I.V.Mininkova, M.N.Lauchinskas ..... 45
5. Оценка геометрических характеристик ворсовых материалов  
Е.В.Костина, Ж.Ю.Койтова, В.Н.Ломагин  
GEOMETRY CHARACTERISTIC ESTIMATION OF NAP MATERIALS  
E.V.Kostina, Zh.Yu.Koytova, V.N.Lomagin ..... 47

### ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ

1. Динамическая модель тормоза прокладчиков утка станка СТБ  
Д.В.Лабок, С.Е.Проталинский  
DYNAMIC MODEL OF MACHINE STB WEFT LAYER BRAKE  
D.V.Labok, S.E.Protalinsky ..... 51
2. Нагрузочная способность червячных передач с выпукло-вогнутыми профилями при работе в режиме гидродинамической жидкостной смазки в зацеплении  
Н.И.Филатова, С.К.Миндовский, Г.М.Горячкин, А.В.Кайдан  
LOAD CAPACITY CONVEXO-CONCAVE PROFILE WORM GEARINGS DURING HYDRODYNAMIC OIL REGIME IN GEARING  
N.Y.Filatova, S.K.Mindovsky, G.M.Goryachkin, A.V.Kaydan ..... 52
3. Проблемы колебаний в валковых системах текстильных машин  
Г. К. Кузнецов, С. Н. Титов, В. В. Фарукшин  
VIBRATION PROBLEMS IN TEXTILE MACHINE ROLL SYSTEM  
G.K.Kuznetsov, S.N.Titov, V.V.Farukshin ..... 55
4. Выработка обоснованных требований к унификации подшипниковых узлов головных передач прядильных машин  
В.Г. Калентьев, А.И. Назаров  
YROUND DECISION ELABORATION TO SPINNING MACHINE BEAD GEARING BLOCK UNIFICATION  
V.G.Kalentiev, A.I.Nazarov ..... 58
5. Характер изменения усилий в льняном волокне при одностороннем трепании  
Р.В. Корабельников, Э.В.Новиков, С.М. Вихарев  
FLAX FIBRE STRENGTHENING CHANGE CHARACTER DURING ONE-DIRECTION SCUTCHING  
R.V.Korabelnikov, E.V.Novikov, S.M.Vikharev ..... 61
6. Аналитическое определение суммарного момента трения в подшипниковом узле подвески ровничной катушки  
Б.А. Соркин, С.В. Палочкин  
FRICTION SUM MOMENT ANALYTIC DEFINITION IN BEARING UNIT OF ROVING ROLLER HANGER  
B.A. Sorkin, S.V. Palochkin ..... 63

7. Влияние динамики испытательной машины на процесс разрушения нити при нерегулярных нагрузениях  
Т.А.Кузина, А.П.Болотный  
TESTER-MACHINE DYNAMIC INFLUENCE UPON THREAD DESTRUCTION PROCESS DURING IRREGULAR LOADING  
Т.А.Kuzina, А.Р. Bolotnyi ..... 65
8. Повышение работоспособности нитепроводников машин мокрого кольцевого прядения льна конструктивными и технологическими методами  
В.В.Данилов, В.А.Гусев, П.Н.Белкин, Ю.Б.Полянский, И.Г.Дьяков, С.Ю.Шадрин, А.В.Кузьмичев  
THREAD GUIDE SERVICEABILITY INCREASING IN WET FLAX SPINNING MACHINE BY CONSTRUCTED AND TECHNOLOGICAL METHODS  
V.V.Danilov, V.A.Gusev, P.N.Belkin, Yu.B.Polyansky, I.G.Diyakov, S.Yu.Shadrin, A.V.Kuzmitchev ..... 67
9. Алгоритм автоматизированного расчета взаимодействия валов валковых машин  
А.Н. Балакирев, В.А. Мартышенко  
ALGORITHM OF AUTOMATIC CALCULATION OF ROLL MACHINE ROLLER INTERACTION  
А.Н. Balakirev, V.A. Martyschenko ..... 70
10. Совершенствование питателя устройства для штапелирования льняного волокна с контролируемым разрывом  
А.Р. Корабельников, М.А. Чернышев  
UNIT FEEDER PERFECTION FOR FLAX FIBRE STAPLING WITH UNDERCONTROLLED BREAKAGE  
А.Р. Korabelnikov, М.А. Chernyshov ..... 72
1. Структурный анализ зевообразовательного механизма ткацкого станка СТБ  
В.А.Лясич, Ю.В.Кулемкин  
STRUCTURE ANALYSIS OF WEAVING MACHINE STB SHEDDING DEVICES  
V.A.Lyasich, Yu.V.Kulemkin ..... 74

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

1. Моделирование точности зубчатых передач  
В.С. Петровский, Л. М. Петровская, Р.Ю. Рукавишников  
CROSS-AXIS GEARING ACCURACY MODELLING  
V.S.Petrovsky, L.M.Petrovskaya, R.YU.Rukavishnikov ..... 77
2. Применение компьютера IBM PC для ввода информации в устройства ЧПУ  
В.В. Романов  
COMPUTER IBM PC APPLICATION FOR INFORMATION LEAD-IN UCHPU  
V.V.Romanov ..... 79
3. Требования к образованию модели производственной модульной системы  
В.А.Садов  
STANDARDS TO MANUFACTURE MODUL SYSTEM MODEL FORMATION  
V.A.Sadov ..... 81
4. Компьютерное прогнозирование формы и направления схода стружки с инструмента  
С.В. Михайлов, Д.С. Скворцов  
AUTOMATIC SYSTEM OF FORM AND DIRECTION PREDICTION OF CHIP TAILING UP TOOLS  
S.V. Mihailov, D.S. Skwortsov ..... 84

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

1. Использование принципов мультиагентных сетей при создании интегрированных САПР  
А.Р. Денисов, Р.В. Грибанов, Г.Н. Костыгин, О.И. Денисова  
MULTIAGENT NETWORK PRINCIPLE APPLICATION UNDER INTERGRATED SAP MANUFACTURE  
A.R. Denisov, R.V. Gribanov, G. Kostygin, O.I. Denisova ..... 88
2. Критерии сравнения систем календарного планирования  
Е.А. Демчинова, Ю.Л. Лустгартен  
CALENDER PLANNING SYSTEM REVIEW  
E.A. Demchinova, Yu.L. Lustgarten ..... 90

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- 1) Оптимизация структуры технической системы для случая отдельного резервирования при отсутствии возможности восстановления отказавших подсистем  
В.П. Калашник  
OPTIMIZATION OF TECHNICAL SYSTEM STRUCTURE FOR COMMON REDUNDANCY CASE UNDER ABSENSE OF SUBSYSTEM RESTORATION POSSIBILITY  
V.P. Kalashnik ..... 92
- 2) Организационно-технические решения по повышению энергоэффективности систем теплоснабжения апк и жкх районов Костромской области  
В.М. Каравайков, В.П. Борзов  
ORGANIZATION-TECHNICAL DESIGN OPTIMIZATION TO ENERGY EFFICIENCY INCREASE OF HEAT-SUPPLY SYSTEMS OF THE KOSTROMA REGION  
V.M. Karavaykov, V.P. Borzov ..... 94
3. Декомпозиция целевой функции системы топливообеспечения региона  
Н.Р. Подкопаева  
SYSTEM AIMED FUNCTION DECOMPOSITION OF REGION FUEL SUPPLY  
N.R. Podkopaeva ..... 97
4. Эволюционный реинжиниринг — новый способ повышения эффективности управления предприятием  
Г.Л. Виноградова, В.Н. Шведенко  
EVOLUTION ENGINEERING IS A NEW METHOD OF ENTERPRISE MANAGEMENT EFFECTIVENESS  
G.L. Vinogradova, V.N. Shvedenko ..... 100
5. Особенности организационно-технологической подготовки производства мебели в условиях рынка  
С.Б. Зварыгина, Л.Н. Галочкина  
ORGANIZATION-TECHNICAL PREPARATION DETAILS OF FURNITURE MANUFACTURE UNDER MARKET CONDITIONS  
S.B. Zvarygina, L.N. Galochkina ..... 103

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

1. Влияние лесозексплуатации на гидрологический режим реки Унжи  
В.А. Корякин  
FOREST EXPLOTATION INFLUENCE ON HYDROLOGIC REGIME OF THE UNZHA RIVER  
V.A. Koryakin ..... 107
2. Исследование свойств композиционной фанеры с внутренним слоем из древесной стружки  
С.А. Угрюмов  
COMPOSED VENEER PROPERTY RESEARCH WITH WOOD CHIP INNER LAYER  
S.A. Ugrumov ..... 110
3. Исследование качества поверхности ламинированных древесностружечных плит  
Т.Н. Вахнина  
PROPERTY RESEARCH OF LAMINATED WOOD-PARTICLE BOARD SURFACE  
T.N. Vachnina ..... 112
4. Определение коэффициента теплопроводности клееной древесины  
А.А. Титунин, Ю.П. Данилов, В.П. Чулков, К.В. Сироткина  
COEFFICIENT DEFINITION OF PLYWOOD THERMAL CONDUCTIVITY  
A.A. Titunin, Yu.P. Danilov, V.P. Chulkov, K.V. Sirotkina ..... 114

## ДИЗАЙН

1. Принципы организации и дизайн выставочного оборудования для демонстрации ювелирных украшений  
С.И. Галанин, М.Г. Чайковская  
ORGANIZATION PRINCIPLES AND DESIGN OF EXHIBITION EQUIPMENT FOR JEWELLER DEMONSTRATION  
S.I. Galanin, M.G. Chaykovskaya ..... 118
2. Совершенствование дизайна изделий из сплава на основе алюминия при использовании технологии окрашивания оксидных покрытий  
И.А. Макшанчиков  
DESIGN PERFECTION OF ARTICLES FROM ALMINIUM BASED ALLOY UNDER USING OXIDE COATING PAINTING TECHNOLOGY USAGE  
I.A. Makshanchikov ..... 121
3. Расширение возможностей дизайна изделий из медных сплавов при использовании декорирования поверхности обработкой короткими импульсами тока  
Т.В. Лебедева  
DESIGN POSSIBILITY BROADENING OF COPPER ARTICLES UNDER SURFACE DECOR USAGE BY CURRENT SHORT IMPULSE TREATMENT  
T.V. Lebedeva ..... 123
4. Анализ зрительного восприятия цветовых характеристик поверхности серебра и покрытий на нем  
Ю.Л. Нельмина  
VISUAL PERCEPTION ANALYSIS OF COLOUR CHARACTERISTICS OF SILVER SURFACE AND COVERING ON IT  
Yu. L. Nellmina ..... 125



**ОБМЕН ОПЫТОМ. КРИТИКА. КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

1. Численное моделирование структуры льняной ровницы У.Ю. Титова, Ю.В. Белов NUMERICAL MODELLING OF FLAX ROVING STRUCTURE U. Yu. Titova, Yu. V. Belov.....	128
2. Теоретический расчет радиуса нейтрального слоя пряжи при ее кручении А.К. Наумов, Е.С. Хомяков, В.Д. Струевич THEORETICAL CALCULATION OF YARN NEUTRAL LAYER RADIUS DURING ITS TWISTING A. K. Naumov, E. S. Khomyakov, V. D. Strusevich.....	129
Информация о работе семинара по материаловедению производств текстильной и легкой промышленности за 2004/2005 учебный год.....	131
Информация о работе общероссийского научного семинара «Технология текстильных материалов» (АИН им. А.М.Прохорова) за 2004/2005 учебный год.....	131
Информация о работе семинара по текстильному машиноведению (филиал семинара по ТММ РАН) за 2004/2005 учебный год.....	132

## 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, шрифт №14) и электронном (в формате txt, rtf, Word, шрифт №10, интервал одинарный, гарнитура "Таймс", в шаблоне postai, без табуляций, без архивирования). Печатный и электронный вариант должны быть идентичны. **На диске 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 четко и четко черной тушью на белом листе. Размер рисунка не более 10x15 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 Microsoft Equation 3.0. 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, / 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 -2003 "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 Буриашева Р.З. [1] принята ...»). Не допускается применение концевых сносок.
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.
11. 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

Научное издание

## ВЕСТНИК КОСТРОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 11

*Рецензируемый периодический научный журнал*

*Рег. свид. ПИ №ФС5-1064 от 16.06.2005*

Редактор                                      Тройченко О.В.  
Компьютерная верстка                Поповой Н.И.

Лицензия на издательскую деятельность ИД № 06548 выдана 16 января 2002 года Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Подписано в печать 22.09.05. Формат бумаги 60×84 1/8.  
Печать трафаретная. Печ. л. 17,375. Заказ 559. Тираж 450.

Редакционно-издательский отдел Костромского государственного технологического университета

156005, г. Кострома, ул. Дзержинского, 17