

УДК 677.025

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА
ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА
НА БАЗЕ ФУТЕРОВАННОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ**

**REALIZATION OF A PROCEDURE
OF DESIGNING AND MANUFACTURE
OF A KNITTED FABRIC
ON THE BASIS OF FLEECY INTERLACING**

*И.Г. ЦИТОВИЧ, А.Р. ВАРЛАМОВ, Н.В. ГАЛУШКИНА
I.G. TSYTOVICH, A.R. VARLAMOV, N.V. GALUSHKINA*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)
(Moscow State Textile University 'A.N. Kosygin')
E-mail: proftex24@mail333.com

В рамках методологии SADT (IDEF0) построена функциональная структура процессов, относящихся к проектированию и производству трикотажного полотна. Разработана информационная модель футерованного полотна простых и комбинированных переплетений, определена метрика структурной ячейки полотна. Для проектирования полотна введен структурный базис структурных параметров, относящихся к этапам проектирования полотна и процессов вязания. Показано, что по результатам проектирования с высокой точностью можно предсказать поверхностную плотность полотна.

Within the limits of SADT (IDEF0) methodology the functional structure of the processes concerning designing and manufacture of a knitted fabric is constructed. The information model of fleecy fabrics of simple and combined interlacings is developed, the metrics of a structural cell of a fabric is defined. For designing a fabric the structural basis of the structural parameters concerning design stages of a fabric and knitting processes is entered. It is shown, that by the results of designing it is possible to predict a specific density of a fabric with high accuracy.

Ключевые слова: SADT-диаграмма, трикотажное полотно, переплетение, базис проектирования, структурная ячейка, длина нити в петле, футер, комбинированное переплетение, поверхностная плотность, качество.

Keywords: the SADT-diagram, a knitted fabric, an interlacing, a basis of designing, a structural cell, loop length, fleecy, a combined interlacing, surface density, quality.

В настоящее время в производстве полотна, изготовлении чулочно-носочных изделий и другой продукции отсутствуют какие-либо проектные процедуры, относящиеся к расчету параметров полотна и управлению процессом вязания трикотажа с заданными геометрическими и физическими свойствами.

Проектирование и управление процессами вязания осуществляется в рамках методологии "проб и ошибок", затратных экспериментов и функционального проектирования в виде управляющих технологических программ (УТП). Процессы управления по существу являются неуправляемыми, хотя мы, в основном, используем механизмы с числовым программным управлением (ЧПУ), включая кругловязальные машины, работающие в режиме дозированной подачи нити, когда процесс управления может быть точно определен. Для условий пассивной подачи нити методология управления может быть определена в рамках разработанного способа [1]. Что существенно, математические расчетные процедуры (как математические модели, ММ) могут быть адекватно реализованы, если соответствующим образом построены информационные модели (ИМ) и выбран управляемый базис проектирования (только тогда процесс является контролеспособным).

Как пример, для описания проектирования структур (синтеза структур) переплетений сформирован базис структурных переменных в виде множества $E = \{e_i / i = 1, 2, \dots\}$, а в качестве инструмента проектирования предложена матрица бинарных отношений M_s (CAD-переплетение).

При этом все регулярные структуры переплетений могут быть рассмотрены как комбинированные [2]. Матрица позволяет не только описывать известные структуры в базовых элементах в виде определенной семантической модели (конструкции), но и предсказывать новые переплетения, свести функцию изобретения к простейшим логическим сборкам, что является чрезвычайно полезным для обучения с точки зрения когнитивных процессов восприятия и переработки информации.

В работе [3] рассмотрена методология, которая позволяет построить ИМ для любых регулярных структур, выделять в них не только раппорт переплетения R , но и структурную единицу (S_k) и структурную ячейку полотна (S_e). Одновременно показано, что численные методы проектирования могут быть реализованы при внедрении в методологию структурных параметров, относящихся к базовому (грунтовому) переплетению, либо для любых комбинированных переплетений $m_s \in M_s$, с приведением длины любых элементов переплетения (e_i) к длине базового с учетом линейной плотности применяемых нитей (коэффициенты k_r, k_A, k_B, k_e).

Современный подход описания процессов, относящихся к этапам жизненного цикла продукции (ИСО - 9000), полезно осуществлять в рамках стандартов ИТ – методологии описания SADT (Structural Analysis & Design Technique).

В рамках методологии SADT (IDEF0) процесс проектирования трикотажного переплетения, полотна и процесса вязания в обобщенном виде может быть определен блок-схемой (рис. 1 – информационный поток (этап проектирования)), где каждый блок (А) несет информацию по характеристикам входа (I) и выхода процесса (O), требованиям к выполнению процесса (C) и механизму исполнения (M). Известная аббревиатура ICOM – процесс (I – input, C – control, O – output, M – mechanism) отражает необходимые условия реализации процесса. Последовательность блоков обозначают A1, A2, и т.д. (имея в виду, что А – это функция (Activity)). Блоки соединяются линиями со стрелками, указывающими направление потоков информации.

Соответствующие надписи позволяют оценить содержание процедур проектирования и последовательность их выполнения с учетом инструментов проектирования, относящихся к переплетениям, полотну, формированию рисунка и проектированию процесса вязания (методология и алгоритмы разработаны в МГТУ им. А.Н. Косыгина (Цитович И.Г., Галушкина Н.В., Андреев А.Ф.)). Методология

предусматривает как построением ИМ, так и выполнение на их основе расчетных процедур (ММ). При рассмотрении технологических процессов следует различать как информационные потоки (потоки данных), так и материальные (производственные) (рис. 1). Для построения ИМ пе-

реплетений при решении задач их описания и синтеза в качестве инструмента ИТ использовалась программа "CAD-переплетение" – описание множества переплетений как дискретной алгебраической структуры базовых элементов на матрице бинарных отношений [2].

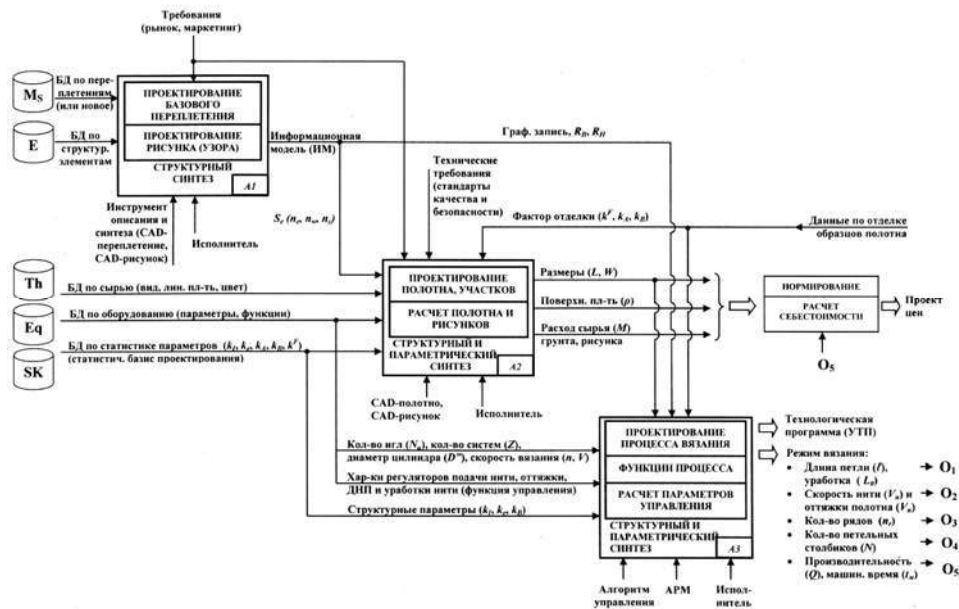
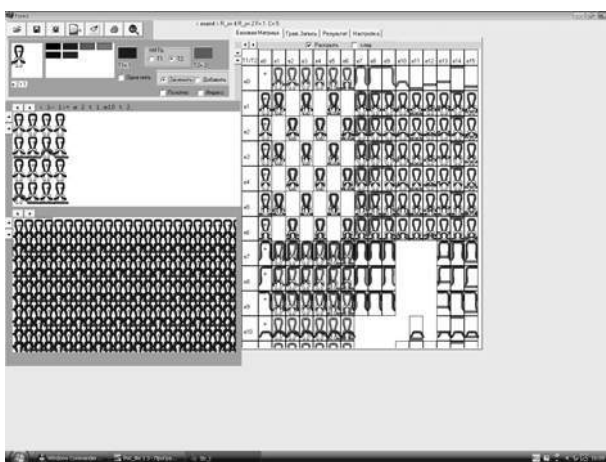


Рис. 1

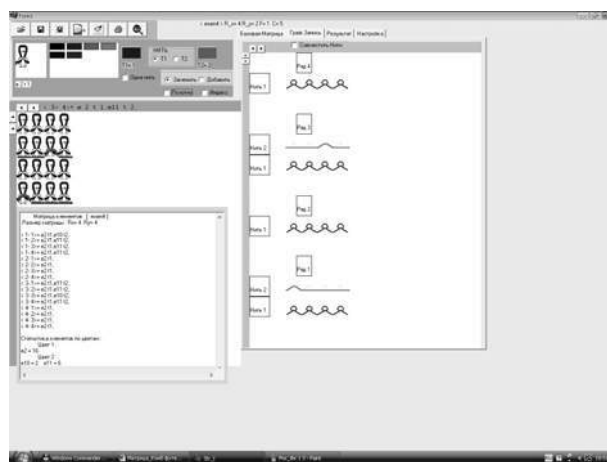
В качестве примера приведем расчет поверхностной плотности полотна простого и комбинированного футерованного переплетения [4].

Рассмотрим блок A1 (рис. 1). Результатом проектирования переплетения (m_s) является его информационная модель в виде определенной семантики и графической записи переплетения с выделением

раппорта (R_B и R_H) и структурной ячейки (S_e) полотна. Программа реализует задачу синтеза (сборки) структуры переплетения, его отражения (визуализации) (рис. 2-а) и построение ИМ футерованного комбинированного переплетения в виде определенной семантики и графической записи (рис. 2-б).



а)



б)

Рис. 2

Результат отображения в виде структуры полотна и его графической записи, размеров раппорта переплетения и последовательности образования структурных единиц из различных нитей необходим для определения функций вязальной машины. В общем виде ИМ переплетения представляется в виде семантической конструкции [1]:

$$M_s = \langle E, R_e^{(s)}, R_c, R_w \rangle,$$

в координатах $R_c, R_w (R_x, R_y)$ клеточного поля вязания в пределах раппорта пере-

$$m_s = \langle (th_1 e_2, th_2 e_{10}), (th_1 e_2, th_2 e_{12}) (th_1 e_2, th_2 e_{12}) (th_1 e_2, th_2 e_{12}) \rangle,$$

где e_i – элементы множества; th_i (th – от англ. "нить" (*thread*)) – нити, из которых образованы элементы. Раппорт переплете-

плетения $R(R_B, R_H)(R_c \in R_H, R_w \in R_B)$ (координаты R_c и $R_w (R_x, R_y)$ логически могут быть сопоставлены с номерами игл N_i и петельных рядов N_r , программируемых при вязании).

Визуализация и графическая запись переплетения позволяют выделить в нем структурную ячейку полотна S_e , которая не всегда равна раппорту ($S_e \leq R$).

Для простого футерованного переплетения ИМ имеет вид как семантическая конструкция:

ния $R_B = 4, R_H = 2$ – равен размеру ячейки ($S_e = R$).

Размерность ячейки

$$S_e = \langle n_e, n_w, n_c \rangle: n_e = 8(4e_2 + 3e_{12} + 1e_{10}), n_w = 4, n_c = 1.$$

Для комбинированного футерованного переплетения:

$$m_s = \langle (th_1 e_2, th_2 e_{10}), (th_1 e_2, th_2 e_{12}) (th_1 e_2, th_2 e_{12}) (th_1 e_2, th_2 e_{12}) 4th_3 e_{2,2} \rangle.$$

Раппорт переплетения $R_b = 4, R_h = 4$.

Размерность ячейки $S_e = \langle n_e, n_w, n_c \rangle:$

$$n_e = 12(4e_{2,1} + 3e_{12} + 1e_{10} + 4e_{2,2}), n_w = 4, n_c = 2.$$

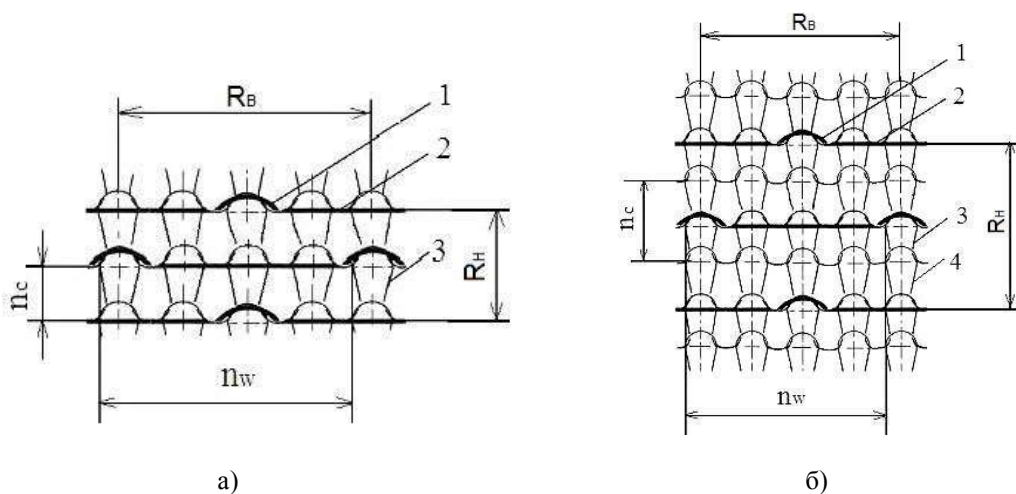


Рис. 3

На рис. 3 представлены: структурная ячейка (S_e) и раппорт простого футерованного (а) и комбинированного футерованного переплетения (б) (изнанка полотна); 1 – футерный набросок (петля) в ряду грунта (e_{10}); 2 – футерная протяжка в ряду грунта (e_{12}); 3 – петля кулирной глади в ряду дополнительного промежуточного ряда ($e_{2,2}$); 4 – петля кулирной глади ряда грунта (e_2); R_H – раппорт по высоте; R_B – раппорт по ширине; n_w, n_c – метрика структурной ячейки (SKC) в координатах раппорта.

Рис. 3-а, б поясняют метрику раппорта переплетения и его структурной ячейки в увеличенном масштабе. Семантика ИМ, выделение структурной ячейки полотна S_e и его размерности n_e, n_w, n_c позволяют перейти к процессу проектирования полотна (блок А2 диаграммы IDEF0 – рис. 1), а наличие графической записи переплетения в координатах раппорта – к проектированию процесса вязания полотна (блок А3) – его функцией.

Для проектирования полотна (как материального объекта) необходимо иметь структурный базис управляемых переменных, инвариантных и независимых от абсолютных значений параметров полотна для данного класса переплетений [2].

В работе [5] показано, что такой базис включает следующие переменные и константы: k_l, k_e, k_A, k_B, k_F . Поскольку процесс проектирования относится к готовому полотну, необходимо знать факторы отделки полотна, относящиеся к имеющимся технологии и оборудованию. К ним относятся параметры: k_A, k_B, k_F , связанные с условиями деформацией полотна при отделке (ε_A и ε_B), по сравнению с равновесным (безусадочным) состоянием (когда $\varepsilon_A = 0$ и $\varepsilon_B = 0$). Структура равновесного состояния полотна всегда может быть определена по коэффициентам k_A^0 и k_B^0 с учетом стандартных методов испытаний полотна при мокрых обработках, в том числе с учетом требований международных стандартов.

Разработанный базис проектирования [5] в определенной мере гармонизирован со стандартными параметрами трикотаж-

ного полотна, применяемыми в теории и практике за рубежом и базируется на работах проф. И.И. Шалова (1962 г.).

Для оценки наиболее вероятных значений указанных коэффициентов учитывались рекомендации по САПР трикотажа, а именно: оценка k_l осуществлялась в первом приближении по модулям петель σ [6], в том числе обобщения данных, приводимых в технологических режимах и документации на футерованное трикотажное полотно. Оценка структурных параметров проводилась также по результатам экспериментов и анализу образцов полотен футерованных переплетений на ОАО "Ивантеевский трикотаж", ЗАО "Красная заря", ОАО "Русь".

Экспериментально определялись коэффициенты k_l, k_e, k_A, k_B для сурового и готового полотна, пренебрегая усадкой хлопчатобумажной пряжи при мокрой обработке.

В результате выборочного статистического анализа результатов экспериментов с полотнами различных заправок (линейной плотности) и доверительной вероятностью $\alpha=0,95$ были получены значения коэффициентов:

- коэффициент заполнения грунта футерованного переплетения $k_{гр} = 0,72 \pm 0,02$;
- коэффициент уработки нитей футера при раппортах кладки 1:1 и 1:3 $k_{эф} = 0,50 \pm 0,02$.

Выборочная статистика факторов отделки позволила в первом приближении получить коэффициенты формы петли для полотен, связанных на машинах типа МТ (КТ) $k_A = 0,23$; $Sk_B = 0,21$, а для машин типа SVF и SFJ (ф. Jumberca) $k_A = 0,21$; $k_B = 0,18$ (исследование отделки и усадки полотна (k_F) требуют более тщательного анализа). Таким образом, при известных k_l, k_e, k_A, k_B мы можем определить для любых заправок полотна его поверхностную плотность (ρ), ширину (W) и длину (L).

Можно показать, что с учетом структурных параметров полотна при проектировании может быть определена его поверхностная плотность в виде:

- для простого футерованного переплетения

$$\rho = \frac{\sqrt{T_{гр}} \left[4 + \frac{T_{\phi}}{T_{гр}} (k_{e_2} + 3k_{e_3}) \right]}{4k_A k_B k_{\ell}} \cdot 10^{-6}, \text{ г/м}^2,$$

где $T_{гр}$ – линейная плотность нити грунта; T_{ϕ} – линейная плотность футерной нити; k_{e_2} – коэффициент уработки нити футера при образовании наброска; k_{e_3} – коэффициент уработки нити футера при образовании протяжки, который определяется, учитывая величину игольного шага машины, для которой проектируется переплетение:

$$k_{e_3} = \frac{t_u}{k_{\ell} \sqrt{T_{\phi}}};$$

– для комбинированного переплетения

$$\rho = \frac{\sqrt{T_{гр}} \left[4(1 + k_{e_{1,2}}) + \frac{T_{\phi}}{T_{гр}} (k_{e_2} + 3k_{e_3}) \right]}{8k_A k_B k_{\ell}} \cdot 10^{-6}, \text{ г/м}^2,$$

где $k_{e_{1,2}}$ – коэффициент уработки нити при образовании петель второго промежуточного ряда глади.

Нами было показано, что оптимально коэффициент $k_{e_{1,2}}$ должен быть равен 0,8...0,85, обеспечивая повышенное качество полотна. Существенно, что полученные уравнения справедливы для любых заправочных данных футерованного полотна и не зависят от абсолютных значений параметров длины петли ℓ , плотности по горизонтали $\Pi_{г}$ и плотности по вертикали $\Pi_{в}$. При проектировании можно задать необходимую ширину (W^*) (индекс "*" относится к заданным значениям показателя) или длину (L^*)⁵ полотна, или длину участка изделия (L_p^*), то есть параметры, которые относятся к готовому полотну (продукции) и которые необходимо получить при вязании и отделке полотна.

Однако практически мы имеем дело с вязальным оборудованием, для которого

известны такие параметры, как количество игл ($N_{и}$), класс машины (K) или игольный шаг ($t_{и}$), диаметр игольного цилиндра ($D_{ц}$). Поэтому на этапе проектирования полотна (изделия) мы можем определить количество рядов ($n_{в}$) и петельных столбиков в полотне ($n_{а}$) как его характеристику, используя соотношения:

$$n_{в} = \frac{L^*}{k_{\ell} k_B \sqrt{T}}$$

и

$$n_{а} = \frac{W^*}{k_{\ell} k_A \sqrt{T}}.$$

Причем должно быть $n_{а} = N_{и}$. Если мы не можем это получить, то необходимо менять значения k_{ℓ} или k_A (режим отделки).

Рассматривая блок АЗ диаграммы IDEF0 (рис. 1), отметим следующее. В настоящее время разработаны различные САЕ-инструменты и автоматизированные рабочие места (АРМ) проектирования полотна и изделий как инструмент программного обеспечения трикотажной машины. В большинстве случаев эти программы относятся к функциональному управлению машин в виде управляющей технологической программы (УТП) – это управление функциями рабочих органов и приводом машины для вязания заданных структур переплетений и рисунков (узоров) (синтез технологических операций) на основе формализации переплетений и полотна. Для обеспечения качества полотна, его эксплуатационных свойств нам необходимо обеспечить заданные размерные признаки (L) и заданные характеристики заполнения (k_{ℓ}) структурной ячейки (S_e) трикотажа и поверхностную плотность полотна (ρ).

Анализируя структуру трикотажного переплетения и ее графическую запись (рис. 3), можно по коэффициенту заполнения базового переплетения (грунта) k_{ℓ} и коэффициентам уработки других встроенных в него компонентов (e_i) определить их

длину l_i (в частности, длину петли) и два основных контролируемых и управляемых параметра вязания: скорость нити (V_n) и величину уработки нити на один оборот игольного цилиндра (L_0) при вязании петельных рядов, а также скорость оттяжки полотна (V_n). На основании простейших алгоритмов в условиях дозированной подачи нити, как показано в [7], при вязании относительно нерастяжимых нитей и пряжи обеспечивается высокая точность получения проектных данных (с погрешностью не более 1,5...2%) по величине подачи нити V_n . В условиях пассивной подачи требуется применение более сложных технических инструментов для стабилизации процесса по натяжению нити и контролю скорости (типа KTF фирмы BTSR (Италия)), аналогом которых являются отечественные разработки 90-х годов (АР-3 и ЭДП).

Примеры расчета необходимых величин подачи нити и соответствующие сис-

темы широко известны, данные программирования вносятся в программное обеспечение современных трикотажных машин. Одновременно по заданному количеству рядов в полотне или участках изделия (n_p) и скорости нити V_n можно определить производительность оборудования (Q) или минимальное время выработки единицы продукции (t_m). Как выход блока АЗ (рис.1), эти показатели являются входными для процедур, связанных с расчетом основных затрат, относящихся к себестоимости продукции и проекта цены.

По результатам проектирования нами был изготовлен широкий ассортимент футерованных полотен простых и комбинированных переплетений, проектные и фактические данные которых сведены в табл. 1. При оценке точности установлено, что погрешности отклонений расчетных и фактических данных не превышают 4%.

Т а б л и ц а 1

Модель, класс и диаметр игольного цилиндра машины	Заправочные данные		Поверхностная плотность полотна ρ , $\frac{\text{г}}{\text{м}^2}$			
	вид и линейная плотность нитей		футерованного переплетения		комбинированного переплетения	
	грунтовая	футерная	расчетная	фактическая	расчетная	фактическая
MT-1, 22 класс, D=550 мм	Пряжа хб 25 текс × 2	Пряжа хб 72 текс	350	365	248	254
MT, 22 класс, D=500 мм	Пряжа хб 18,5 текс × 2	Пряжа хб 72 текс	332	346	235	228
MT, 22 класс, D=500 мм	Пряжа хб 16,5 текс × 2	Пряжа хб 72 текс	323	320	233	212
SFJ "Jumberca", 20 класс, D=30"	Пряжа хб 25 текс × 2	Пряжа хб 72 текс	379	378	302	283
SFJ "Jumberca", 20 класс, D=30"	Пряжа хб 18,5 текс × 2	Пряжа хб 72 текс	372	381	282	277
SFJ "Jumberca", 20 класс, D=30"	Пряжа хб 16,5 текс × 2	Пряжа хб 72 текс	370	379	279	274

При экспериментальных исследованиях свойств трикотажных футерованных полотен нами установлено, что футерованные комбинированные переплетения при обеспечении параметров $k_f = 0,72$ и $k_e = 0,85$ обеспечивают высокие теплозащитные свойства, после стирки и поглощения влаги – сокращается время высыхания ("сушки") полотен. Ассортимент таких полотен может быть широко использован для изготовления бельевых изделий улучшенной комфортности в климатических условиях России.

Имеющиеся погрешности в оценке проектных и фактических оценок могут быть обусловлены отклонениями в линейной плотности нити (T) и факторов отделки – коэффициентов k_A, k_B . Повышение

точности требует более тщательного контроля этих параметров и создания в производстве статистических баз данных структурных параметров.

1. Систематизированы данные по реализации задач проектирования и процессов вязания трикотажного полотна в структуре стандартов информационных технологий. Разработана функциональная схема управления задачами проектирования в трикотажном производстве, основанная на методологии структурного и параметрического синтеза SADT и стандарте ИТ – IDEF0.

2. Установлено, что в структуре задач проектирования следует различать в качестве основных объектов: переплетения, трикотажные полотна и процессы вязания полотна. Для процесса проектирования управляемых объектов определены параметры "входа-выхода", необходимые требования и САД-, САЕ-инструменты их реализации.

3. В качестве примера рассмотрено проектирование полотен простых и комбинированных футерованных переплетений.

4. Показано, что реализация этапов проектирования позволяет с высокой точностью предсказать результаты по поверхностной плотности полотна и получать исходные данные для расчета затрат сырья и производительности трикотажных машин.

1. Патент РФ №2379390. Способ изготовления трикотажных изделий с заданными структурными параметрами трикотажного полотна. / Цитович И.Г., Тарасов А.П., Малюта В.В., Галушкина Н.В., Арсланов А.Г., Камандинова Л.Р. Опубл. 20.01.2010 г.

2. *Цитович И.Г., Андреев А.Ф., Галушкина Н.В.* Синтез регулярных структур переплетений как алгебраической дискретной системы на матрице бинарных отношений // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1. С.74..80.

3. *Цитович И.Г., Галушкина Н.В.* Формализованное описание трикотажных полотен регулярных структур как материального объекта // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №7. С. 45...51.

4. Патент РФ № 2004647. Футерованный трикотаж / И.Г.Цитович, А.Р. Варламов, Г.М. Зудина. Опубл. 15.12.1993.

5. *Цитович И.Г., Галушкина Н.В.* Структурный базис управляемых переменных и параметров, относящихся к описанию и проектированию трикотажных полотен и изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1.

6. *Шалов И.И., Кудрявин Л.А.* Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

7. *Цитович И.Г.* Технологическое обеспечение качества и эффективности процессов вязания поперечновязаного трикотажа: Монография – М.: Легпромбытиздат, 1992.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 07.06.11.