

УДК 677.017.4

**Использование нечетких методов для оценки класса чистоты пряжи.**

**(Костромской государственный технологический университет)**

Киприна Л.Ю., Смирнова С.Г.

(Костромской государственный технологический университет)

Разработана методика автоматизированного определения класса чистоты пряжи. Предложена формальная модель процесса определения класса чистоты пряжи по её внешнему виду, созданная на базе теории нечетких множеств, которая учитывает количество и интенсивность по каждому из наиболее значимых видов пороков. Определена зависимость совместного влияния рассмотренных пороков пряжи на класс чистоты и установлены числовые интервалы, позволяющие количественно оценивать влияние дефектов пряжи на класс чистоты, что учитывается при оценке сорта пряжи.

Методика автоматизированного определения класса чистоты пряжи, формальная модель, теория нечетких множеств, влияние дефектов пряжи на класс чистоты, информационная система оценки качества пряжи, система технического зрения.

Основным видом текстильного производства являются ткани, качество которых зависит от качества исходного сырья. Особенно это относится к тканям из натуральных волокон, где качество тканей определяется качеством пряжи. Наличие пороков и сорных примесей в пряже осложняет технологический процесс переработки ее в ткачестве, часто требуется дополнительная обработка ткани, уменьшается выход продукции и увеличивается её себестоимость. Кроме того, пороки и примеси, заработанные в пряже, ухудшают не только ее качество, но затем переходят в изделия, ткани и трикотаж, образуя на них дефекты, ухудшая внешний вид готовых изделий.

В современных условиях одним из рычагов регулирования качества в текстильной промышленности является политика в области контроля качества выпускаемой продукции, которая предусматривает совершенствование методов оценки качества хлопчатобумажной пряжи в соответствии с требованиями международных и отечественных стандартов.

В соответствии с современными требованиями чистота хлопчатобумажной пряжи определяет класс пряжи.

Чистоту хлопчатобумажной пряжи определяют инструментально. Методы определения пороков и класса по внешнему виду хлопчатобумажной и смешанной пряжи регламентированы ГОСТ 15818-70[1] и ГОСТ 10208-74 [2].

ГОСТ 15818-70 устанавливает метод определения класса хлопчатобумажной пряжи по внешнему виду, предусматривающий сравнение пряжи, намотанной на доску контрастного цвета с фотоэталонами.

Процесс определения класса пряжи в соответствии с ГОСТ может быть представлен моделью «как есть» в нотации IDEF0 (рисунок 1).

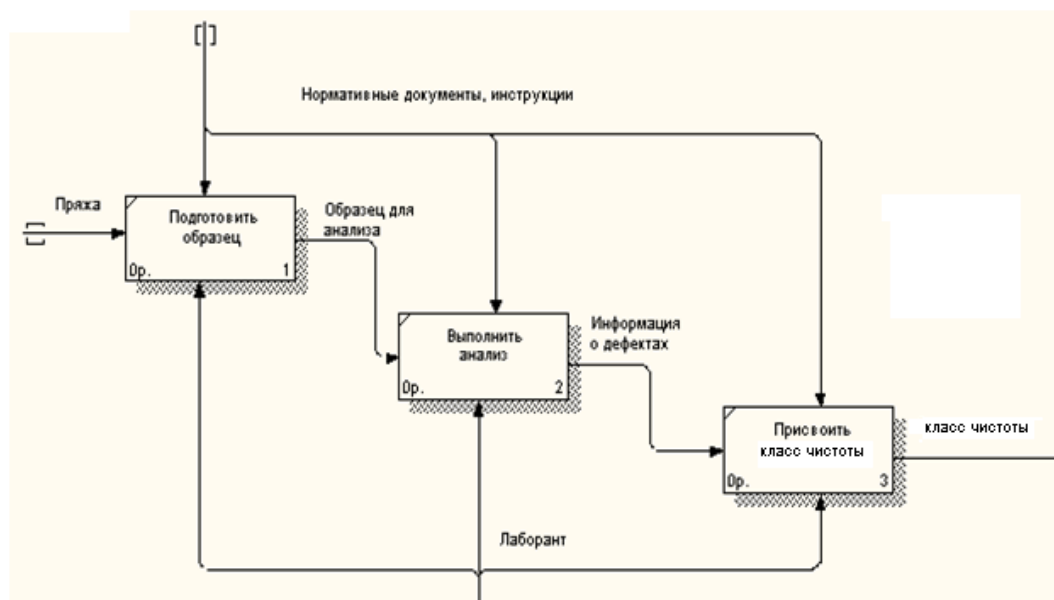


Рисунок 1. Модель «как есть» визуального контроля качества пряжи

Оценка внешних свойств пряжи, распространенная на большинстве отечественных текстильных предприятий, производится экспертами. Такой подход не универсален, т.к. сопровождается большими затратами времени, материалов, ручного труда; требует организации соответствующих условий для проведения экспертизы. Но главный недостаток – субъективность получаемых результатов, зависящих от человеческого фактора, квалификации сотрудников, участвующих в экспертизе, со всеми вытекающими из этого негативными последствиями.

Кроме того, анализ информации, поступающей к специалисту отдела контроля качества из лаборатории весьма затруднителен, так как результаты записываются в отдельные журналы по каждому образцу, и много времени тратится только на поиск необходимой информации. Поэтому в данный момент на предприятиях управление качеством сырья и ткани осуществляется не на должном уровне.

Устранить недостатки существующего подхода поможет разработка и внедрение информационной системы оценки качества пряжи, которая должна включать процедуру автоматического определения класса чистоты пряжи. Тогда процесс анализа внешнего вида пряжи может быть представлен моделью «как должно быть» (рисунок 2).

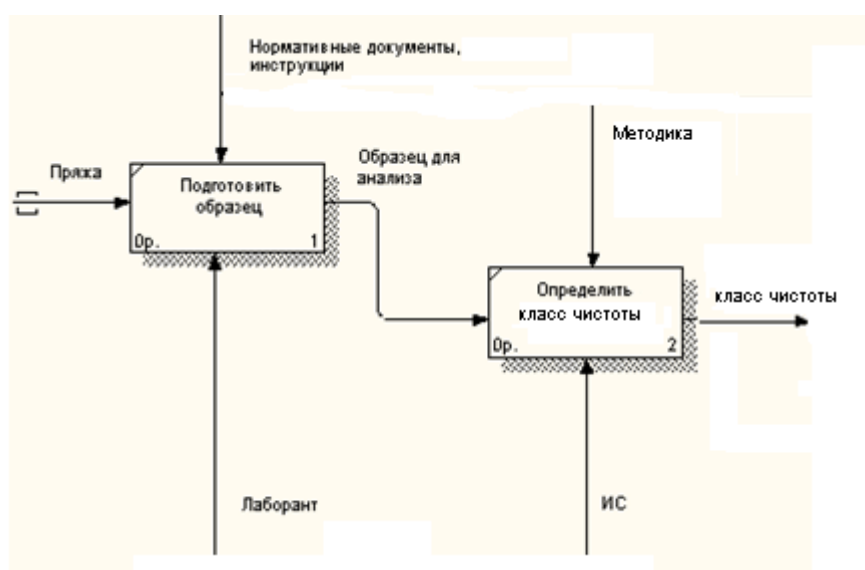


Рисунок 2. Модель "как должно быть" процесса определения класса чистоты пряжи

В соответствии с этой моделью роль лаборанта сводится к подготовке образца, а обнаружение дефектов, их идентификацию, подсчет и сохранение результатов анализа выполняет информационная система.

Для реализации предлагаемой модели необходимо разработать программно-аппаратный комплекс, выполняющий решение следующих задач:

- обнаружения дефектов,
- их распознавание,
- определения класса чистоты пряжи по результатам проведенного на предыдущем этапе исследования образца.

При современном уровне развития и распространения систем технического зрения (СТЗ) решение задач обнаружения и распознавания дефектов не должно вызывать значительных затруднений. В то же время определение класса чистоты по полученным СТЗ результатам предварительного исследования образца является нетривиальной задачей, поскольку в нормативных материалах (ГОСТ) нет формальных рекомендаций для выполнения этой процедуры.

По ГОСТ определение класса чистоты пряжи осуществляется по следующим правилам:

«Для пряжи класса А допускается небольшое количество узелков и не допускаются утонения и утолщения. Для пряжи класса Б допускается большее, чем для пряжи класса А, количество узелков и небольшое количество утолщений и утонений. Для пряжи класса В количество и размер узелков, утолщений, утонений, соринок последовательно увеличиваются» [1].

Понятно, что такое описание не может стать основой для анализа, проводимого с помощью программного обеспечения. Данный метод требует формализации.

Поскольку при определении класса чистоты пряжи эксперт оперирует в основном качественными понятиями, целесообразно использовать математический аппарат теории нечетких множеств. Предлагаемый подход яв-

ляется, по сути дела, альтернативой общепринятым количественным методам анализа и объектов, и систем. Он дает приближенные, но в то же время эффективные способы описания объектов, настолько сложных и плохо определенных, что они не поддаются точному математическому анализу. Теоретические же основания данного подхода вполне точны и строги в математическом смысле и не являются сами по себе источником неопределенности. В каждом конкретном случае степень точности решения может быть согласована с требованиями задачи и точностью имеющихся данных [3].

Основой для предлагаемых далее аналитических зависимостей влияния пороков пряжи на класс чистоты стали результаты экспертного опроса, проведенного в работе [4].

Специалистами была проведена экспертиза внешнего вида одинаковых образцов пряжи двух видов: хлопчатобумажной кручёной 36×2 текс и пневмомеханической 44 текс. Пряжа оценивалась экспертом по ГОСТ 15818–70 путем подсчета пороков. Данные испытаний представлены в таблице 1.

В [4] также предпринималась попытка формализовать процесс определения класса чистоты, но автор анализировал только количество дефектов каждого вида, и, самое главное, не устанавливал зависимость между качеством пряжи и наличием в образце одновременно и узлов, и утонений, и утолщений.

При определении класса чистоты пряжи надо учитывать не только интенсивность дефектов (количество на образец), но и величину (размер) таких пороков как узлы, утолщения и утонения.

Чтобы охарактеризовать влияние этих параметров на качество пряжи будем использовать методы, определенные над нечеткими множествами.

Таблица 1. Результаты экспертизы внешнего вида хлопчатобумажной пряжи

№	36×2 текс				44 текс			
	Узлы	Утол-щения	Утоне-ния	Класс чистоты	Узлы	Утол-щения	Уто-нения	Класс чистоты
1	2	5	2	Б	2	7	6	А
2	1	6	2	А	2	8	6	А
3	1	3	1	А	1	1	0	А
4	1	1	2	А	1	3	5	А
5	2	3	3	А	2	4	6	А
6	2	4	1	Б	1	4	3	А
7	1	4	2	А	3	8	5	Б
8	3	8	3	Б	1	5	5	А
9	1	5	2	А	2	3	3	А
10	1	3	1	А	1	4	7	А
11	2	3	2	А	1	3	3	А
12	1	4	1	А	4	7	3	Б
13	2	5	2	А	2	7	4	А
14	1	2	3	А	2	3	4	А
15	2	5	4	А	1	4	6	А
16	1	5	2	А	1	7	4	А
17	0	1	1	А	2	6	4	А
18	1	2	1	А	3	3	6	А
19	2	7	7	А	1	4	3	А
20	1	6	1	Б	2	4	3	А
21	1	3	3	А	1	7	5	А
22	1	3	3	А	2	3	7	А

Применяя обозначения, принятые в нечетких методах, интенсивность дефектов (количество пороков на образец) можно классифицировать,

как *Высокую*, *Среднюю* или *Низкую*, поскольку подобная терминология чаще всего используется специалистами для характеристики этого свойства. Величину (размер) дефекта можно отнести к одной из трех категорий: *Большая*, *Средняя* или *Малая*. Такой подход дал возможность количественно установить зависимость категории качества пряжи от двух вышеназванных параметров.

В результате анализа полученных оценок можно определить функции принадлежности  $\mu_{id}$  ( $i=1\div3$ ) для каждого из трёх указанных пороков, ставящие в соответствие каждому значению базовой переменной  $d$  (отклонению величины дефекта от среднего значения диаметра нити) значение из интервала  $[0,1]$ . Причем, значение  $\mu_{id}=0$  соответствует наилучшему показателю (отклонение от диаметра нити отсутствует или является незначимым), значение  $\mu_{id}=1$  соответствует наихудшему показателю (отклонение превышает допустимое значение), а значение  $\mu_{id}$  из интервала  $(0,1)$  соответствует среднему уровню.

Для узлов (шишек) аналитическая зависимость, определяющая величину дефекта, как *малая*, *средняя*, *большая* имеет следующий вид:

$$\mu_{1d} = \begin{cases} 0, & \text{если } d < 140\% \\ \frac{d - 140}{110}, & \text{если } 140\% \leq d \leq 250\% \\ 1, & \text{если } d \leq 250\% \end{cases} \quad (1)$$

Графическое соответствие функции принадлежности представлено на рисунке 3.

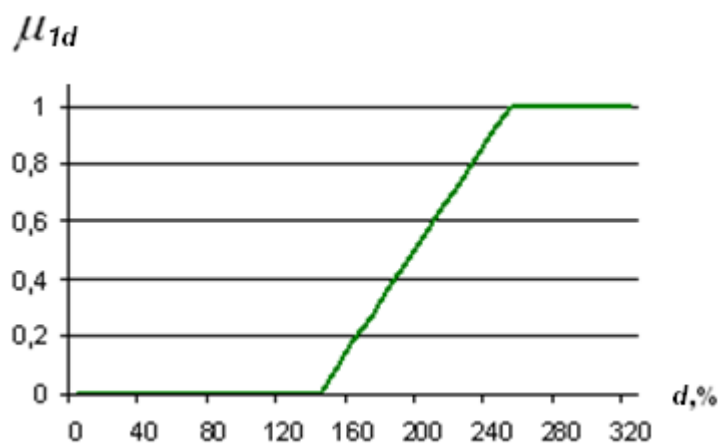


Рисунок 3. График функции принадлежности нечеткой переменной величины узлов

Подобным образом может быть определена функция принадлежности  $\mu_{1k}$ , ставящая в соответствие каждому значению базовой переменной  $k$  (интенсивность дефекта) значение из интервала  $[0,1]$ . Зависимость, определяющая характеристику  $\mu_{1k}$ , как *низкую*(0), *среднюю*, *высокую*(1) в зависимости от количества дефектов данного вида имеет следующий вид:

$$\mu_{1k} = \begin{cases} 0, & \text{если } k < 4 \\ \frac{k-4}{4}, & \text{если } 4 \leq k < 8 \\ 1, & \text{если } k \geq 8 \end{cases} \quad (2)$$

График  $\mu_{1k}$  представлен на рисунке 4.

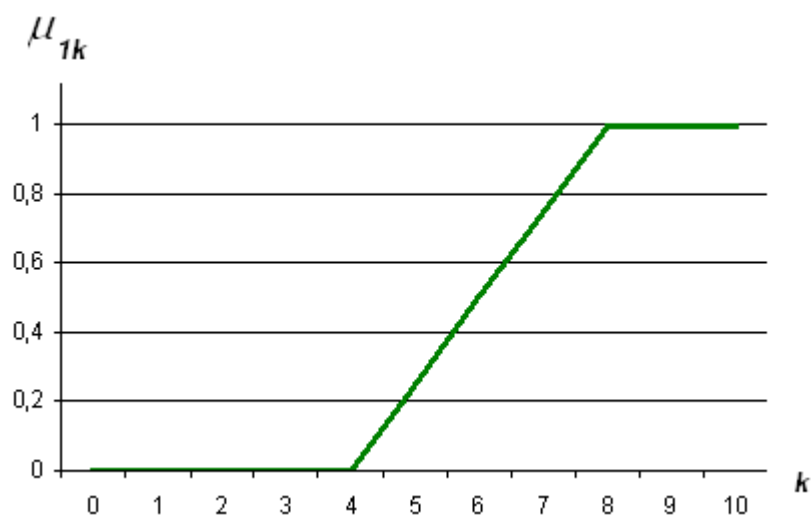


Рисунок 4. График функции принадлежности интенсивность узлов



В результате анализа образцов, оценок, выставленных экспертами, и соответствующих фотоэталонов, функция  $\mu_l$ , отображающая влияние порока узлы, может быть определена по влиянию интенсивности и величины дефекта, для этой цели была составлена таблица 2, задающая решающие правила.

Таблица 2. Определение влияния порока узлы на класс чистоты пряжи

Величина дефекта, $\mu_{ld}$	Интенсивность дефекта, $\mu_{lk}$	Влияние дефекта, $\mu_l$
малая	низкая	незначительно
малая	средняя	незначительное
малая	высокая	допустимое
средняя	низкая	незначительное
средняя	средняя	допустимое
средняя	высокая	значительное
большое	низкая	значительное
большое	средняя	значительное
большое	высокая	значительное

Аналогичным образом была определена функции принадлежности для оценки влияния порока утолщения на класс чистоты пряжи  $\mu_2$ .

Для утолщений аналитическая зависимость, определяющая величину дефекта, как *малая*, *средняя*, *большая* имеет следующий вид:

$$\mu_{2d} = \begin{cases} 0, & \text{если } d < 30\% \\ \frac{d - 30}{30}, & \text{если } 30\% \leq d \leq 60\%, \\ 1, & \text{если } d > 60\% \end{cases} \quad (3)$$

её график - на рисунке 5.

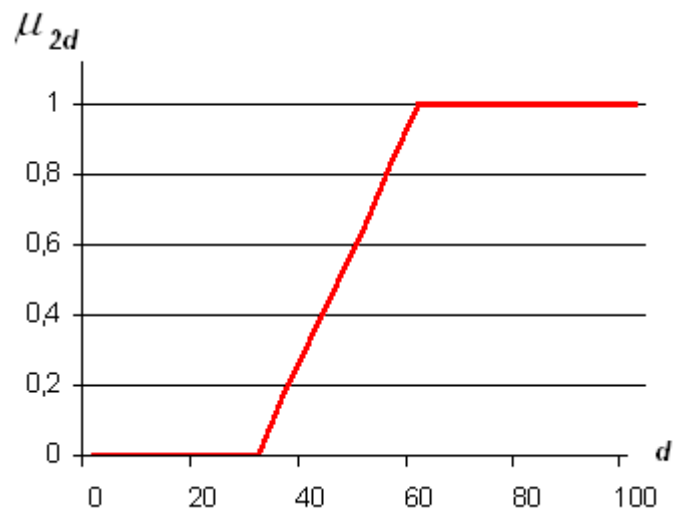


Рисунок 5. График функции принадлежности нечеткой переменной величины на утолщений

Функция принадлежности  $\mu_{2k}$  для утолщений представлена следующим образом:

$$\mu_{2k} = \begin{cases} 0, & \text{если } k < 3 \\ \frac{k-3}{5}, & \text{если } 3 \leq k < 8, \\ 1, & \text{если } k \geq 8 \end{cases} \quad (4)$$

графическое представление на рисунке 6.

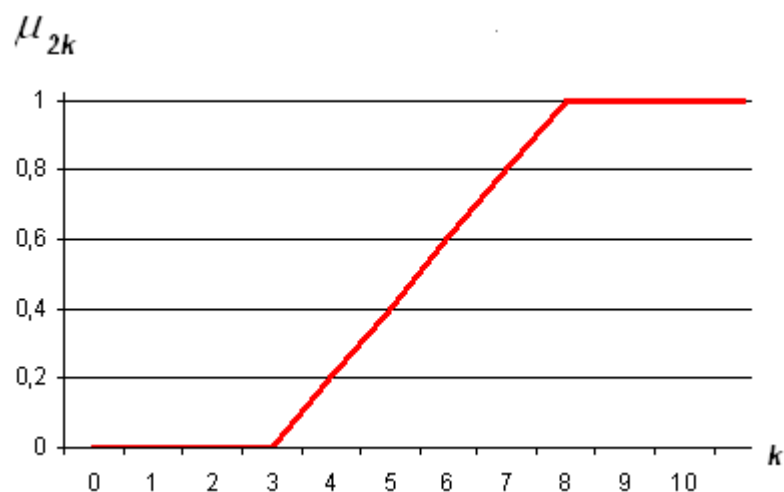


Рисунок 6. График функции принадлежности нечеткой переменной интенсивность утолщений

По аналогии с определением влияния узлов на внешний вид пряжи для такого дефекта, как утолщения составлена таблица 3, позволяющая установить влияние утолщений на класс чистоты пряжи.

Таблица 3. Определение влияния порока утолщения на класс чистоты пряжи

Величина дефекта, $\mu_{2d}$	Интенсивность дефекта, $\mu_{2k}$	Влияние дефекта, $\mu_2$
малая	низкая	незначительное
малая	средняя	допустимое
малая	высокая	допустимое
средняя	низкая	допустимое
средняя	средняя	допустимое
средняя	высокая	значительное
большое	низкая	значительное
большое	средняя	значительное
большое	высокая	значительное

С целью оценки влияния величины утонения на класс чистоты пряжи получена функция принадлежности  $\mu_{3d}$ , которая задает значение переменной  $d$  из интервала  $[0,1]$ . Аналитическая зависимость имеет следующий вид:

$$\mu_{3d} = \begin{cases} 0, & \text{если } d < 35\% \\ \frac{d - 35}{25}, & \text{если } 35\% \leq d \leq 60\% , \\ 1, & \text{если } d > 60\% \end{cases} \quad (5)$$

графическое представление - на рисунке 7.

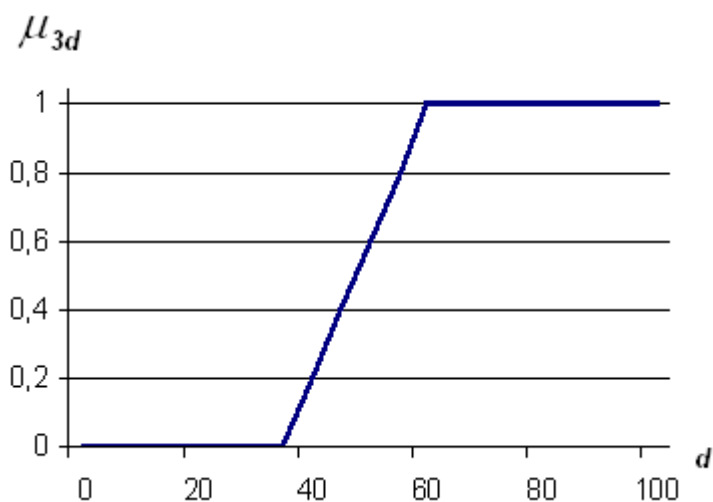


Рисунок 7. График принадлежности нечеткой переменной величина утонения

Функция принадлежности  $\mu_{3k}$ , определяющая влияние количества утонений в образце имеет следующий вид:

$$\mu_{3k} = \begin{cases} 0, & \text{если } k < 3 \\ \frac{k-3}{5}, & \text{если } 3 \leq k < 8 \\ 1, & \text{если } k \geq 8 \end{cases} \quad (6)$$

Графическое соответствие функции принадлежности нечеткой переменной интенсивность утонений представлено на рисунке 3.

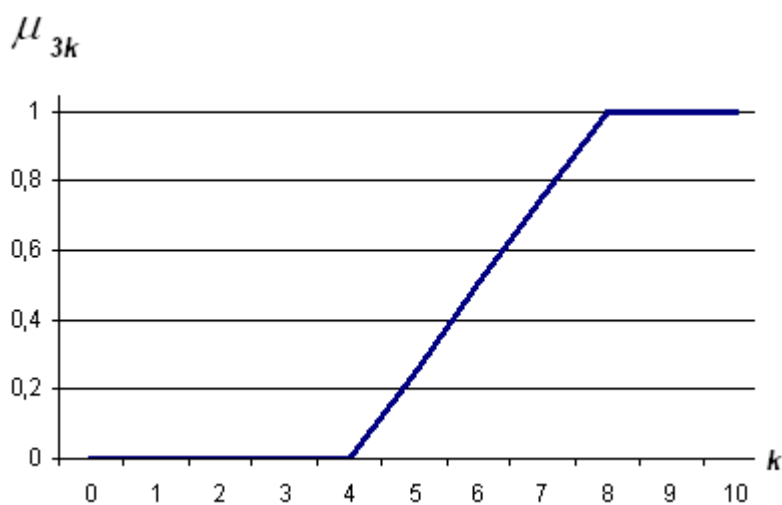


Рисунок 8. График принадлежности нечеткой переменной интенсивность утонений.

Функция  $\mu_3$ , отображающая влияние порока утонения, может быть определена по влиянию интенсивности и величины дефекта, для этой цели была составлена таблица 4, задающая решающие правила.

Таблица 4. Определение класса чистоты по виду порока утонения.

Величина дефекта, $\mu_{3d}$	Интенсивность дефекта, $\mu_{3k}$	Влияние дефекта, $\mu_3$
малая	низкая	незначительно
малая	средняя	допустимое
малая	высокая	допустимое
средняя	низкая	допустимое
средняя	средняя	допустимое
средняя	высокая	значительное
большое	низкая	значительное
большое	средняя	значительное
большое	высокая	значительное

Влияние всех видов дефектов (пороков) на класс чистоты в исследуемом образце можно классифицировать, как *Незначительное*, *Допустимое* и *Значимое*. Установленные зависимости (1) - (6) и решающие правила, позволили определить аналитическую зависимость совместного влияния трех рассмотренных пороков пряжи на класс чистоты следующим образом:

$$M = \phi(\mu_1, \mu_2, \mu_3). \quad (7)$$

Если каждая лингвистическая переменная  $\mu_i$  ( $i=1 \div 3$ ) определена как:

$$\mu_i = \begin{cases} 0 & - \text{незначительно} \\ 0,1 & - \text{допустимо} \\ 1 & - \text{значительно} \end{cases}, \quad (8)$$

то зависимость совместного влияния трех рассмотренных пороков пряжи на класс чистоты ( $M$ ) может быть определена аналогично и представлена следующим образом:

$$M = \prod_{i=1}^3 (1 - \mu_i) \quad (9)$$

С учетом формулы 9, были получены интервалы значений  $M$ , соответствующие различным классам чистоты пряжи. Они представлены в таблице 5.

Таблица 5. Интервалы значений  $M$  для определения класса чистоты пряжи.

Функция принадлежности величины совместного влияния пороков, $M$	Класс чистоты
$[0,5 - 1]$	А
$(0,125 - 0,5)$	Б
$[0 - 0,125]$	В

Полученные функциональные зависимости (1-6) позволяют количественно оценивать негативное влияние таких дефектов как, узлы, утонения и утолщения на внешний вид пряжи и таким образом определять ее класс чистоты, что может быть использовано при оценке сорта пряжи.

## Выводы

1. Установлено, что наиболее перспективным для обнаружения пороков внешнего вида пряжи является использование системы технического зрения с соответствующим программным обеспечением, а для определения класса чистоты пряжи целесообразно использовать математический аппарат теории нечетких множеств.
2. Разработана формальная модель, созданная на базе нечетких методов, которая позволяет учитывать как количество, так и интенсивность по каждому виду дефектов (узлов, утолщений и утонений) в процессе установления класса чистоты пряжи.

3. Предложен показатель, позволяющий количественно оценивать негативное влияние дефектов пряжи на чистоту.

## **Литература**

1. ГОСТ 15818–70. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Метод определения класса по внешнему виду. – М.: Изд-во стандартов, 1970.
2. ГОСТ 10208-74. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Метод определения класса по внешнему виду. – М.: Изд-во стандартов, 1970
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 451 с.
4. Краснов А.С. Разработка метода автоматизированного анализа пороков пряжи и их влияние на внешний вид ткани. Дисс. канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2005.

L. Kiprina, S. Smirnova