

УДК 677.024

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТКАЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНОЙ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Романов В.Ю., Назарова М.В.

Камышинский технологический институт, филиал ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru

В статье приведены результаты прогнозирования на ПЭВМ технологического процесса ткачества на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации. Разработанная в среде программирования MathCad программа «Прогнозирование технологического процесса ткачества на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации» позволяет получить частные коэффициенты причинного влияния и таким образом оценить интенсивность причинно-следственных связей при анализе любого количества факторов, определяющих технологический процесс ткачества. Проведенные исследования показали, что максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают заправочное натяжение основы, величина заступа, положение скало и угол раскрытия зева. Кроме того было установлено, что максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают физико-механические свойства основных нитей, такие как выносливость нитей основы к многократному растяжению и стойкость нитей к истиранию, поэтому показатели свойств, определяемые в соответствии с требованиями стандарта, не могут позволить прогнозировать уровень обрывности нитей на ткацком станке.

Ключевые слова: бинарная причинно-следственная теория информации, ткачество, энтропия, парные частные коэффициенты причинного влияния

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AUTOMATED PREDICTION OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF WEAVING USING A BINARY CAUSE-AND-EFFECT INFORMATION THEORY

Romanov V.Y., Nazarova M.V.

Kamyshin Technological Institute, branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru

The article presents the results of the forecasting on PC of technological process of weaving based on the use of binary cause-and-effect information theory. Developed in the programming environment MathCad program «Forecasting of technological process of weaving using binary cause-and-effect information theory» provides a partial factors causal influence, and thus to assess the intensity of the cause-and-effect relations in the analysis of any number of factors that determine the technological process of weaving. Research has shown, that the maximal influence on the breakage threads of a warp the filling tension of a warp, size of a spade, position render a back-rest and a corner of disclosing of a shed. Except for that it has been established, that the maximal influence on the breakage threads a warp have the physical and mechanical properties of threads of a warp, such as render endurance of threads of a warp to a repeated stretching and resistance of threads abrasion, therefore the parameters of properties determined according to requirements of the standard, do not presume to predict a level on the breakage threads on a loom.

Keywords: binary cause-and-effect information theory, weaving, entropy, paired partial factors causal influence

Перед текстильной промышленностью поставлены серьёзные задачи, направленные на увеличение вклада в решение многообразных задач, связанных с подъёмом благосостояния. Особое внимание в последнее время уделяется качеству тканей. В свою очередь качество готовой ткани определяется качеством сырья и полуфабрикатов. Например, обрывность на ткацких станках вызывает образование пороков ткани, тем самым снижая ее сортность, а, следовательно, и качество. Обрывность нитей в ткачестве может служить одним из важнейших показателей уровня технологии и организации производства.

Основной причиной обрывности на ткацких станках является недостаточное качество пряжи, поступающей из подготовительного отдела. [2, 3, 6]. Поэтому очень важно контролировать качественные

показатели пряжи на всех переходах – от мотального до ткацкого, в данном случае – в ткацком производстве.

Чтобы решить поставленные задачи, необходимо научиться прогнозировать и управлять технологическим процессом ткачества, строением и качеством тканей.

Вопросы прогнозирования технологического процесса ткачества в настоящее время актуальны [4, 5]. Необходимость уверенного предсказания возможности использования новых видов сырья при повышенных скоростных режимах работы станков стоит довольно остро.

Это связано с интенсивным развитием производства химических нитей, а также пряжи новых способов прядения, которая по своей структуре существенным образом отличается от традиционной [7, 8].

Поэтому целью данного исследования является выбор оптимального метода прогнозирования влияния свойств нитей и технологических параметров на обрывность нитей в ткачестве на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации.

В качестве метода прогнозирования технологического процесса ткачества выбран метод бинарной причинно-следственной теории информации в связи с тем, что по сравнению с существующими методами (планирование эксперимента, корреляционный анализ), не всегда дающими хорошие результаты из-за присутствия так называемых «эффектов сопутствия» влияния различных входных параметров, эта теория позволяет устранить этот недостаток путём определения частных коэффициентов причинного влияния [10, 1].

Бинарная причинно-следственная теория информации позволяет установить внутреннюю причинно-следственную структуру рассматриваемого процесса и оценить количественно интенсивность причинных воздействий между различными факторами.

Причинная связь представляет собой информационный канал между фактором-причиной и фактором-следствием. Следовательно, при одной и той же статистической неопределенности следствия информация, поступающая от причины, должна быть тем больше, чем больше собственная статистическая неопределенность причины.

Для определения частных коэффициентов причинного влияния необходимо решить систему нелинейных уравнений, состоящую из довольно большого количества уравнений.

Так как использование бинарной причинно-следственной теории информации связано с большим объёмом и сложностью расчётов, поэтому для прогнозирования технологического процесса ткачества на основе этого метода разработана программа автоматизированного расчёта в среде программирования MathCad [1].

В данной работе с использованием разработанной на ПЭВМ программы решалась задача установления причинно-следственных связей между технологическими параметрами ткачества и физико-механическими параметрами нитей и тканей. Установление этих взаимосвязей позволит прогнозировать свойства получаемых тканей и их качество, а также позволит при контроле и оптимизации технологического процесса обращать внимание на факторы, в наибольшей степени влияющие на выходные параметры процесса. Исследования проводились по двум направлениям [1, 9]:

– прогнозирование влияния физико-механических свойств основных нитей на обрывность нитей в ткачестве на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации;

– прогнозирование влияния заправочных параметров ткацкого станка на обрывность нитей в ткачестве на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации.

Целью исследования влияния физико-механических свойств основных нитей на обрывность нитей в ткачестве является задача установления влияния физико-механических свойств нитей основы на обрывность нитей в ткачестве и установления причинно-следственной связи между этими факторами.

В качестве исследуемых факторов выбраны:

- 1) разрывная нагрузка основы, сН;
- 2) разрывное удлинение основы, мм;
- 3) выносливость нитей основы к многократному растяжению, кол-во циклов;
- 4) стойкость нитей основы к истиранию, кол-во циклов;
- 5) обрывность нитей основы, обр.

В качестве объекта исследования использовалась ткань полотняного переплетения, вырабатываемая на ткацком станке СТБ-2-216. Линейная плотность основных нитей – 50 текс.

Расчет на ПЭВМ по разработанной программе значений энтропии показал следующие результаты:

$$H_1 = 4,488; H_2 = 4,108; H_3 = 3,131; \\ H_4 = 3,531; H_5 = 2,191.$$

Расчёт на ПЭВМ парных коэффициентов причинного влияния показал следующие результаты:

$$\Gamma_{12} = 0,203; \Gamma_{13} = 0,159; \Gamma_{14} = 0,167; \\ \Gamma_{15} = 0,092; \Gamma_{23} = 0,14;$$

$$\Gamma_{24} = 0,168; \Gamma_{25} = 0,078; \Gamma_{34} = 0,158; \\ \Gamma_{35} = 0,08; \Gamma_{45} = 0,087.$$

Для нахождения частных коэффициентов причинного влияния путём решения системы нелинейных относительно g_{ij} алгебраических уравнений на ПЭВМ получили результаты расчёта, представленные на рис. 1.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

– максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают физико-механические свойства основных нитей, такие как выносливость нитей основы к много-

кратному растяжению и стойкость нитей к истиранию;

– разрывная нагрузка нитей основы практически не оказывает влияние на обрывность нитей в ткачестве;

– существует тесная связь между выносливостью нитей к многократному рас-

тяжению и стойкостью нитей к истиранию, причем на ткацком станке истирание нитей является причиной ухудшения выносливosti нитей к многократному растяжению;

– разрывное удлинение будет в наибольшей степени влиять на выносливosity нитей к многократным нагрузкам.

Таблица 1. Результаты расчёта на ПЭВМ частных коэффициентов причинного влияния свойств нитей на обрывность нитей в ткачестве

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--|--|-------|-------|-------|-------|
| 1 | "Причина" | "Следствие" | "γ" | "Γ" | "g" | "Г-г" |
| 2 | "Разрывная нагрузка" | "Разрывное удлинение" | 0.913 | 0.203 | 0.203 | 0 |
| 3 | "Разрывная нагрузка" | "Стойкость к истиранию" | 0.751 | 0.167 | 0.133 | 0.034 |
| 4 | "Разрывная нагрузка" | "Выносливosity к многократным нагрузкам" | 0.715 | 0.159 | 0.11 | 0.05 |
| 5 | "Разрывная нагрузка" | "Обрывность основы" | 0.413 | 0.092 | 0.056 | 0.036 |
| 6 | "Разрывное удлинение" | "Стойкость к истиранию" | 0.69 | 0.168 | 0.168 | 0 |
| 7 | "Разрывное удлинение" | "Выносливosity к многократным нагрузкам" | 0.577 | 0.14 | 0.114 | 0.027 |
| 8 | "Разрывное удлинение" | "Обрывность основы" | 0.322 | 0.078 | 0.055 | 0.024 |
| 9 | "Стойкость к истиранию" | "Выносливosity к многократным нагрузкам" | 0.496 | 0.158 | 0.158 | 0 |
| 10 | "Стойкость к истиранию" | "Обрывность основы" | 0.307 | 0.087 | 0.074 | 0.013 |
| 11 | "Выносливosity к многократным нагрузкам" | "Обрывность основы" | 0.252 | 0.08 | 0.08 | 0 |

Рис. 1. Результаты расчёта на ПЭВМ частных коэффициентов причинного влияния свойств нитей на обрывность нитей в ткачестве

Вышесказанное свидетельствует о том, что, зная показатели свойств по ГОСТу, нельзя прогнозировать обрывность нитей. Для этого необходимо знание других свойств, прежде всего значений выносливosity нитей к многократному растяжению и стойкостью нитей к истиранию.

Таким образом, этот анализ показал, что показатели свойств, определяемые в соответствии с ГОСТом, не могут позволить прогнозировать уровень обрывности нитей на ткацком станке.

Целью второго исследования является задача установления влияния технологических параметров процесса ткачества на уровень обрывности нитей основы и установления причинно-следственной связи между этими факторами.

В качестве исследуемых факторов выбраны: заправочное натяжение основы, сН; величина заступа, мм; положение скала по вертикали, мм; положение основонаблюдателя по горизонтали, мм; угол раскрытия зева, град; момент подачи основы, град; обрывность нитей основы, обр/м.

В качестве объекта исследования использовалась ткань полотняного переплетения, вырабатываемая на ткацком станке СТБ-2-216. Линейная плотность основных нитей – 50 текс. Статистика данных взята из 20 проведенных опытов.

Расчет на ПЭВМ по разработанной программе значений энтропии показал следующие результаты:

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 2,322; H_2 = 3,751; H_3 = 3,911; \\
 H_4 &= 4,309; H_5 = 2,882; H_6 = 4,291; \\
 H_7 &= 1,965.
 \end{aligned}$$

Расчёт на ПЭВМ парных коэффициентов причинного влияния показал следующие результаты:

$$\begin{aligned}
 \Gamma_{12} &= 0,14; \Gamma_{13} = 0,143; \Gamma_{14} = 0,179; \\
 \Gamma_{15} &= 0,096; \Gamma_{16} = 0,196; \Gamma_{17} = 0,064; \\
 \Gamma_{23} &= 0,182; \Gamma_{24} = 0,2; \Gamma_{25} = 0,122; \\
 \Gamma_{26} &= 0,205; \Gamma_{27} = 0,072; \\
 \Gamma_{34} &= 0,204; \Gamma_{35} = 0,142; \Gamma_{36} = 0,215; \\
 \Gamma_{37} &= 0,072; \\
 \Gamma_{45} &= 0,14; \Gamma_{46} = 0,209; \Gamma_{47} = 0,08; \\
 \Gamma_{56} &= 0,213; \Gamma_{57} = 0,096; \\
 \Gamma_{67} &= 0,1.
 \end{aligned}$$

Для нахождения частных коэффициентов причинного влияния путём решения системы нелинейных относительно g_{ij} алгебраических уравнений на ПЭВМ получили результаты расчёта, представленные на рис. 2.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

– максимальное воздействие на обрывность нитей основы оказывают заправочное натяжение основы, величина заступа, положение скала и угол раскрытия зева;

– заправочное натяжение нитей основы на ткацком станке в значительной степени предопределяется положением скала относительно грудницы ткацкого станка и момент подачи основы;

– угол раскрытия зева находится в тесной связи с углом заступа; эти параметры во многом предопределяют условия формирования ткани на ткацком станке.

Таблица 2. Результаты расчёта на ПЭВМ частных коэффициентов причинного влияния технологических параметров на обрывность нитей в ткачестве

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-----------------------|
| 1 | "Причина" | "Следствие" | "γ" | "Γ" | "g" | "Г-g" |
| 2 | "Положение основонаблюдателя" | "Момент подачи основы" | 0.902 | 0.209 | 0.209 | 0 |
| 3 | "Положение основонаблюдателя" | "Положение скала по вертикали" | 0.8 | 0.204 | 0.159 | 0.045 |
| 4 | "Положение основонаблюдателя" | "Величина заступа" | 0.752 | 0.2 | 0.128 | 0.072 |
| 5 | "Положение основонаблюдателя" | "Угол раскрытия зева" | 0.603 | 0.14 | 0.057 | 0.083 |
| 6 | "Положение основонаблюдателя" | "Заправочное натяжение основы" | 0.415 | 0.179 | 0.091 | 0.087 |
| 7 | "Положение основонаблюдателя" | "Обрывность основы" | 0.343 | 0.08 | 0.027 | 0.053 |
| 8 | "Момент подачи основы" | "Положение скала по вертикали" | 0.842 | 0.215 | 0.215 | 0 |
| 9 | "Момент подачи основы" | "Величина заступа" | 0.77 | 0.205 | 0.166 | 0.039 |
| 10 | "Момент подачи основы" | "Угол раскрытия зева" | 0.614 | 0.213 | 0.162 | 0.051 |
| 11 | "Момент подачи основы" | "Заправочное натяжение основы" | 0.455 | 0.196 | 0.127 | 0.069 |
| 12 | "Момент подачи основы" | "Обрывность основы" | 0.43 | 0.1 | 0.049 | 0.051 |
| 13 | "Положение скала по вертикали" | "Величина заступа" | 0.684 | 0.182 | 0.182 | 0 |
| 14 | "Положение скала по вертикали" | "Угол раскрытия зева" | 0.557 | 0.142 | 0.12 | 0.022 |
| 15 | "Положение скала по вертикали" | "Заправочное натяжение основы" | 0.331 | 0.143 | 0.106 | 0.037 |
| 16 | "Положение скала по вертикали" | "Обрывность основы" | 0.281 | 0.072 | 0.04 | 0.031 |
| 17 | "Величина заступа" | "Угол раскрытия зева" | 0.456 | 0.122 | 0.122 | 0 |
| 18 | "Величина заступа" | "Заправочное натяжение основы" | 0.324 | 0.14 | 0.128 | 0.012 |
| 19 | "Величина заступа" | "Обрывность основы" | 0.272 | 0.072 | 0.053 | 0.02 |
| 20 | "Угол раскрытия зева" | "Заправочное натяжение основы" | 0.223 | 0.096 | 0.096 | 0 |
| 21 | "Угол раскрытия зева" | "Обрывность основы" | 0.276 | 0.096 | 0.09 | $6.111 \cdot 10^{-3}$ |
| 22 | "Заправочное натяжение основы" | "Обрывность основы" | 0.148 | 0.064 | 0.064 | 0 |

Рис. 2. Результаты расчёта на ПЭВМ частных коэффициентов причинного влияния технологических параметров на обрывность нитей в ткачестве

Анализ полученных в этом разделе данных позволяет определить основные факторы, которые целесообразно варьировать при установлении такой взаимосвязи. Заправочное натяжение основы – основной технологический параметр. Асимметрия зева определяется положением скала по вертикали, положением основонаблюдателя по горизонтали, углом раскрытия зева и величиной заступа. Изменять в широком диапазоне угол раскрытия зева мы не можем, так как это приводит к повышению обрывности.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что при выборе факторов, оказывающих наибольшее влияние на условия формирования ткани, ее строение и свойства, следует отдать предпочтение заправочному натяжению основы, величине заступа и положению скала относительно грудницы ткацкого станка.

Выводы

1. В качестве метода прогнозирования технологического процесса ткачества для определения влияния наиболее значимых факторов технологического процесса целесообразно использовать бинарную причинно-следственную теорию информации, позволяющую идентифицировать все исследуемые факторы, устранить эффекты сопутствия и облегчить проведение экспериментальных исследований.

2. Для более эффективного использования бинарной причинно-следственной теории информации предлагается использовать разработанную на ПЭВМ программу «Прогнозирование технологического процесса ткачества на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации».

3. В результате расчёта на ПЭВМ были выявлены факторы, в наибольшей степени определяющие процесс ткачества.

4. При исследовании технологического процесса ткачества было установлено, что наибольшее влияние на обрывность основы оказывают такие технологические параметры, как заправочное натяжение основы, угол раскрытия зева, величина заступа и положение скала по вертикали.

5. Установлено, что в наибольшей степени на обрывность основы на ткацком станке оказывают такие свойства нитей, как влияние выносливость основных нитей к многократным нагрузкам и стойкость нитей к истиранию.

6. Программа расчета на ПЭВМ «Прогнозирование технологического процесса ткачества на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации» позволяет оценить интенсивность причинно-следственных связей при анализе любого количества факторов.

Список литературы

1. Назарова М.В. Исследование натяжения нитей утка на бесчелночных ткацких станках СТБ-2-220 и АТПР-100 при использовании в качестве уточных нитей бобин сомкнутой и крестовой намотки // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 5. – С. 91–94.
2. Назарова М.В. Разработка автоматизированных методов проектирования технологических процессов изготовления тканей заданного строения: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2011. – 410 с.
3. Назарова М.В., Бойко С.Ю., Короткова М.В. Исследование зависимости влияния заправочных параметров ткацкого станка на физико-механические показатели двухполотенной основоворсовой ткани // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 1. – С. 72–73.
4. Назарова М.В., Короткова М.В. Исследование влияния используемого сырья в утке на физико-механические свойства ткани // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 12. – С. 58–59.
5. Назарова М.В., Романов В.Ю. Анализ взаимодействия основных и уточных нитей во время прибора уточной нити к опушке ткани на ткацком станке СТБМ-180 // Современные проблемы науки и образования. – 2010. – № 6. – С. 83–88
6. Назарова М.В., Романов В.Ю. Анализ напряженно-деформированного состояния основных нитей на ткацком станке СТБМ-180 при выработке петельных тканей // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 4. – С. 111–117.
7. Назарова М.В., Романов В.Ю. Исследование многоцикловых и полуцикловых характеристик нитей до и после ткачества // Современные проблемы науки и образования. – 2010. – № 6. – С. 89–94.
8. Назарова М.В., Романов В.Ю. Определение оптимальных заправочных параметров строения петельной ткани // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 4. – С. 92–98.
9. Назарова М.В., Трифонова Л.Б. Исследование влияния положения скало относительно уровня грудницы на физико-механические свойства ткани // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 10. – С. 75–76.
10. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1988. – 469 с.

References

1. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2009, no. 5, pp. 91–94.
2. Nazarova M.V. *Razrabotka avtomatizirovannykh metodov proyektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov izgotovleniya tkaney zadannogo stroyeniya* [Development of automated methods for design of technological processes of manufacturing a given fabric structure]. Dissertation, Moscow, 2010, 410 p.
3. Nazarova M.V., Boyko S.Yu., Korotkova M.V. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2008, no. 1, pp. 72–73.
4. Nazarova M.V., Korotkova M.V. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, 2008, no. 12, pp. 58–59.
5. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2010, no. 6, pp. 83–88.
6. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2007, no. 4, pp. 111–117.
7. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2010, no. 6, pp. 89–94.
8. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2007, no. 4, pp. 92–98.
9. Nazarova M.V., Trifonova L.B. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2008, no. 10, pp. 75–76.
10. Nikolaev S.D. *Prognozirovaniye tekhnologicheskikh parametrov izgotovleniya tkaney zadannogo stroyeniya i razrabotka metodov ikh rascheta* [Prediction of technological parameters of manufacturing fabric set the structure and development of methods for their calculation]. Dissertation, Moscow, 1988. 469 p.

Рецензенты:

Николаев С.Д., д.т.н., профессор, ректор, ФГБОУ ВПО «Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина, г. Москва;

Юхин С.С., д.т.н., профессор, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВПО «Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 07.12.2012.