

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ ПРИ ТКАЧЕСТВЕ

Голубев Е.В., Романов В.В.

Костромской государственной университет, г. Кострома

Ключевые слова: ткачество, оптимизация, моделирование, натяжение основы.

Аннотация. Натяжение основы является основным параметром процесса ткачества. Системный анализ ткацкого станка приводит к модели для расчета натяжения нити основы. Проверка моделирования показала, что результаты соответствуют действительности. Далее была использована усовершенствованная модель в сочетании с методом на основе градиента для расчета оптимизированных параметров настройки для процесса ткачества. Использование метода на основе градиента позволяет оптимизировать параметры станка. Дальнейший анализ произведенных тканей не показал влияния оптимизированных параметров на производительность процесса ткачества.

Введение

Ткацкие предприятия сталкиваются с пожеланиями клиентов по сокращению срока изготовления. Производительность - это способность изготавливать больше тканей за более короткий срок. Важно сократить время настройки, чтобы повысить производительность [1].

Моделирование натяжения основы

Ткань формируется путем скрещивания продольных нитей с поперечными. Зев формируется перемещением одних основных нитей в верхнем положении зева, а других в нижнее положение. Затем уточную пряжу вводят в зев. В конечном итоге, благодаря движению зева нити основы формируют четырехугольник, ограниченный краем ткани, верхним и нижним положениями проушины для петель и системой останковки натяжения.

Анализ показывает, что четыре точки зева образуют четырехугольник. Смещение четырех ребер этого четырехугольника является основой для модели натяжения основы. Основа фиксируется в двух из этих точек: одна на ободе системы скало (P_1), а другая на краю ткани (P_4). Основа пряжи скользит в следующих двух точках: на остановке основы (P_2) и в проушине ремизок (P_3).

Абсолютное положение P_1 , вызванное вращательным движением активной системы скало, можно рассчитать по следующей формуле:

$$S_{br} = S_{b0} \cdot \sin(\phi - \phi_{b0}), \quad (1)$$

где S_{br} - движение P_1 , S_{b0} - амплитуда движения, ϕ - угол поворота ткацкого станка и ϕ_{b0} - сдвиг фазы угла поворота ткацкого станка.

Положение P_2 фиксировано, поэтому движение этой точки отсутствует.

Из-за движения ремизок, формирующих зевобразование, мы идентифицируем P_{3o} как верхнюю позицию и P_{3u} как нижнюю позицию (рис.1).

Движение бердо необходимо, чтобы подтолкнуть уток к краю ткани, где расположен P_4 . Известно, что в реальных нитях натяжение нелинейно. [2] Определяя движение от P_1 до P_4 , имеется возможность описать всю модель и реализовать моделирование натяжения основы. Моделирование программируется

с использованием программного обеспечения Matlab. Прежде всего, положение четырех точек рассчитывается для каждой степени оборота главного вала, представленной ϕ станка.

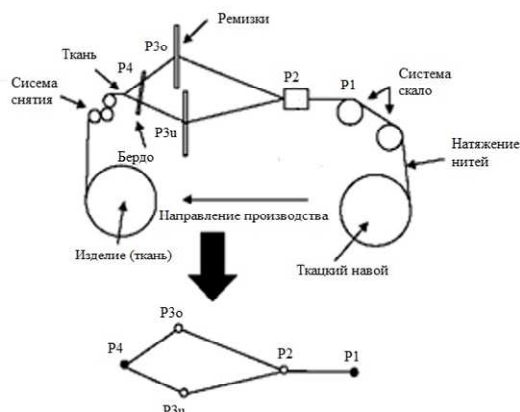


Рис. 1. Модель современного ткацкого станка и точки в модели

$$F(\phi) = EA \cdot \varepsilon(\phi), \quad (2)$$

$$\varepsilon(\phi) = \frac{l_\phi - l_0}{l_0}, \quad (3)$$

$$l_\phi = s_{br} + s_h + s_{fe} + l_0, \quad (4)$$

где l_ϕ – длина основы в процессе ткачества, s_{br} – изменение длины основы, вызванное движением скало, s_h – изменение длины основы, вызванное движением ремизной рамки, s_{fe} – изменение длины основы, вызванное движением бердо, l_0 – начальное расстояние от точек P_1 до P_4 .

Оптимизация и целевая функция натяжения

Общая цель оптимизации – поиск минимума целевой функции. В данном случае функция CF определяется как разница между желаемым натяжением основы и моделируемым натяжением. В нашем исследовании использовался рисунок плетения саржевой структуры 3/1.

В целом, критерии оптимального натяжения основы нацелены на низкое и постоянное натяжение основы в нижнем зеве. В верхнем зеве требуется достаточное натяжение, чтобы иметь чистый зев. Комбинируя требуемую целевую функцию получаем оптимизированный параметр настройки станка.

Для оптимизации используем метод градиента, т.е. задача сводится к задаче квадратичной минимизации с нелинейным равенством и рамочными ограничениями на параметры. Из-за небольшого количества параметров, подлежащих оптимизации, легко получить дискретные градиенты.

Одним из недостатков градиентных методов является то, что мы находим локальный, а не глобальный оптимум. Однако быстрая сходимость является основным преимуществом градиентного метода. [3]

Моделирование натяжения основы и измерение перед оптимизацией

На рис. 2 сравнение результатов экспериментальных измерений показывает хорошее сходство с моделированием. Конечно, есть еще некоторые расхождения, которые являются следствием упрощения модели.

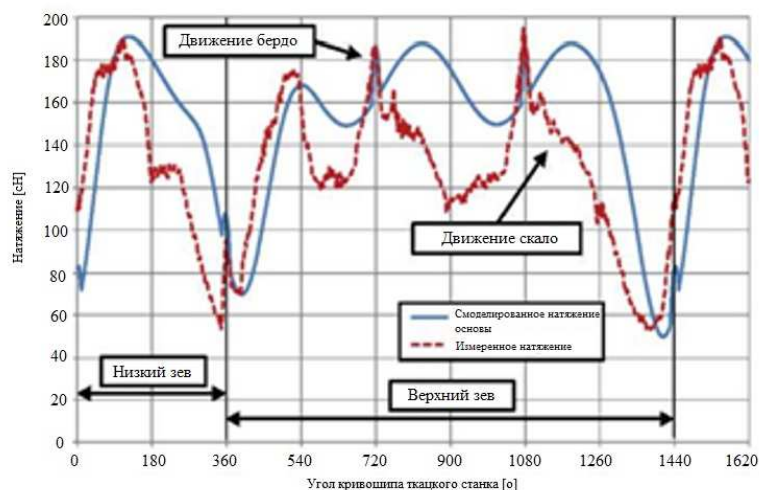


Рис. 2. Сравнение натяжения основы при моделировании и эксперименте

На втором этапе была исследована оптимизация. Необходимая целевая функция выбирается таким образом, чтобы натяжение основы уменьшалось и в то же время было более постоянным по сравнению с первыми измерениями натяжения основы (Рис.3). Оба метода оптимизации практически одинаковые показатели настройки для ткацкого станка (Табл.1).

Оптимизированные настройки были использованы на станке с целью анализа качества выпускаемой ткани и производительности процесса ткачества.

Табл. 1. Сравнение настроек ткацкого станка до и после оптимизации

Параметр	Значение до оптимизации	Значение после оптимизации (ген. алгоритм)	Значение после оптимизации градиентным методом	Ед. изм.
Натяжение остановки Y-позиция	20	50,7	50,9	мм
Закрытый угол ремизки	340	345	340	°
Сила натяжения одной нити	150	97,1	97,1	сН
Сдвиг фазы скало к углу поворота станка	20	-10	20	

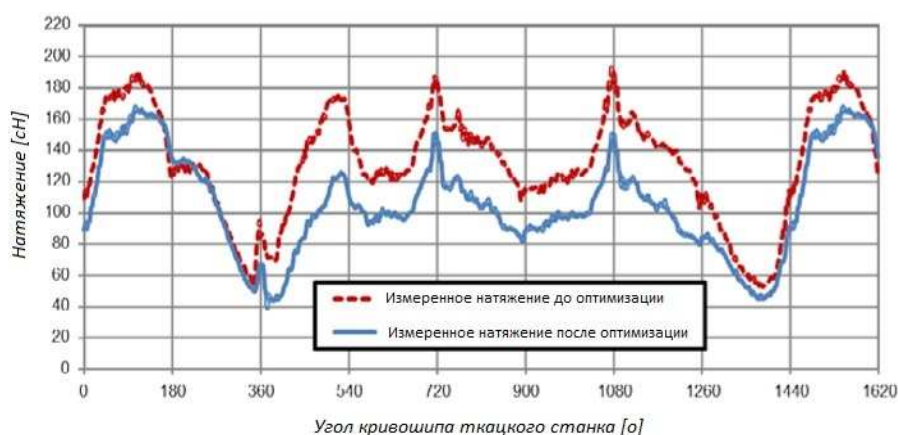


Рис. 3. Сравнение измеренного натяжения основы до и после оптимизации

Видно, что изменения параметров ткацкого станка сильно не влияют на качество тканого материала, а также среднее натяжение основы уменьшается со 132,04 сН до 106,32 сН. Только разрывная сила в направлении основы была увеличена примерно на 0,3 кН. Станок работал без каких-либо остановок, используя начальные или оптимизированные параметры настройки.

Выводы

В этой статье была представлена разработка моделирования натяжения основы. Системный анализ современных ткацких станков приводит к подходящей имитационной модели для расчета натяжения основы. Проверка моделирования показывает, что результаты хорошо соответствуют действительности. На втором этапе была использована улучшенная модель в сочетании с генетическим алгоритмом и методом на основе градиента для расчета оптимизированных параметров настройки для процесса ткачества.

Использование генетического алгоритма и метода на основе градиента позволяет оптимизировать параметры ткацкого станка. Оба алгоритма дают практически одинаковые результаты для оптимизированной настройки ткацкого станка. Применение оптимизированных параметров настройки на ткацком станке не продемонстрировало возможности повышения производительности ткацкого станка.

Список литературы

1. Власов П.В. Нормализация процессов ткачества. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Гордеев В.А. Ткачество / В.А. Гордеев, П.В. Волков. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984.
3. Каролин М. Моделирование динамики транспортировки пряжи на вязальной машине // Текстильные исследования, Германия, 2013.

Сведения об авторах:

Голубев Евгений Владимирович – аспирант КГУ, г. Кострома;

Романов Владимир Викторович – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения», КГУ, г. Кострома.

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF TENSION YARNS FOR WEALTH

Golubev E.V., Romanov V.V.

Keywords: weaving, optimization; modeling, base tension.

Abstract. The tension of the warp is the main parameter of the weaving process. The system analysis of the loom leads to a model for calculating the tension of the warp. The simulation check showed that the results are true. Next, an advanced model was used in conjunction with a gradient-based method to calculate optimized settings for the weaving process. Using the method based on the gradient allows you to optimize the parameters of the machine. Further analysis of the fabrics produced did not show the effect of the optimized parameters on the performance of the weaving process.

References

1. Vlasov P.V. Normalization of weaving processes. - Moscow: Light and food industry, 1982.
2. Gordeev V.A. Weaving / V.A. Gordeev, P.V. Volkov. - M.: Light and food industry, 1984.
3. Karolyne M. Modeling of dynamics of yarn transportation by knitting machine // Textile research, Germany, 2013.