

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭНЕРГИИ ДЕФОРМАЦИИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ю.И. ПОДГОРНЫЙ^{1,2}, доктор техн. наук, профессор

В.Ю. СКИБА¹, канд. техн. наук, доцент

А.В. КИРИЛЛОВ^{1,3}, канд. техн. наук, доцент

О.В. МАКСИМЧУК², канд. техн. наук, доцент

Т.Г. МАРТЫНОВА¹, канд. техн. наук, доцент

Д.В. ЛОБАНОВ⁴, доктор техн. наук, профессор

И.С. ФИЛАТОВ¹, магистрант

П.Ю. СКИБА¹, студент

(¹НГТУ, г. Новосибирск,

²НТИ (филиал) «МГУДТ», г. Новосибирск,

³НГПУ, г. Новосибирск,

⁴БрГУ, г. Братск)

Поступила 17 августа 2016

Рецензирование 23 сентября 2016

Принята к печати 18 октября 2016

Подгорный Ю.И. – 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
Новосибирский государственный технический университет,
e-mail: pjui@mail.ru

Рассматриваются вопросы определения энергии деформации несущих систем технологических машин и энергетических соотношений между ними при выполнении технологических операций. Целью данной работы является выработка рекомендаций для модернизации конструкции несущих систем на примере ткацкого станка СТБ для выработки плотных тканей. Анализ научной литературы по данному направлению указывает на то, что вопросам влияния элементов несущих систем на систему заправки ткацкого станка уделено недостаточно внимания. Актуальность исследования обусловлена отсутствием единой методики, позволяющей задавать параметры несущих систем с учетом технологических требований и качества получаемого готового продукта. Для определения энергии деформации в работе рассмотрена расчетная модель ткацкого станка для выработки плотных тканей, включающая в себя неподвижное скало и подскальную трубу как опору для нитей основы. Средствами CAD системы SolidWorks и конечно-элементного CAE комплекса ANSYS определены значения энергии деформации несущей и скальной систем ткацкой машины СТБ-180, а также перемещений их конструктивных элементов в зависимости от технологического усилия, варьируемого в пределах 4000...10000 Н. Анализ результатов проведенных расчетов показывает, что энергия деформации несущей системы и скал составляет около 25 % от полезной работы, идущей на формирование ткани, что говорит о необходимости повышения жесткостей несущей и скальной систем. В результате проведенных исследований предложена модернизированная конструкция станка для выработки плотных тканей, в которой предусмотрено введение дополнительных опор для неподвижного скала и подскальной трубы с опиранием на переднюю связь. Анализ результатов расчетов с учетом предложенной модернизации конструктивных элементов позволяет сделать вывод, что для станка модернизированной конструкции величина энергии деформации значительно уменьшается. Полученные результаты исследований позволили выработать конкретные рекомендации по модернизации конструкций несущей и скальной систем ткацких станков СТБ для выработки плотных и технических тканей.

Ключевые слова: несущая система, скальная система, система заправки ткацкого станка, технологическая машина, метод конечных элементов, энергия деформации, технологическая нагрузка, ткацкая машина СТБ.

DOI: 10.17212/1994-6309-2016-4-24-33

Введение

В настоящее время остро стоит задача технического перевооружения и реконструкции предприятий, оснащения их новыми высокопроизводительными станками. В частности, в текстильной отрасли актуальной является задача переоснащения предприятий текстильной промышленности, выпускающей тяжелые технические ткани. Модернизация производства ориентирована на значительный рост производительности труда за счет достижений научно-технического прогресса, создания нового технологического оборудования, разработка которого сдерживается из-за отсутствия общей теории для оценки параметров технологического процесса.

До настоящего времени в мировой практике преобладает интуитивный подход к разработке ткацких машин, выбору параметров заправочных элементов по глубине станка. Отсутствие научного подхода к определению и назначению параметров заправочных элементов и режимов работы не позволяет правильно оценивать возможности существующего оборудования и проектировать новое. При выработке плотных и технических тканей значительно возрастают требования к отдельным механизмам и станку в целом. В этом случае необходимо задавать параметры с учетом технологических требований и качества получаемого готового продукта.

Так, при выработке тканей массового производства используются станки с определенной заправочной схемой. Для выработки тяжелых технических тканей такие схемы не могут быть применены из-за больших деформаций элементов. В связи с этим поставлена задача проведения теоретических исследований существующих заправочных схем станка с целью определения их приемлемости для выработки плотных технических тканей. Также поставлены задачи: предложить критерии оценки поведения несущей системы в зависимости от технологических нагрузок, возникающих при формировании тканей; разработать методику комплексного исследования поведения элементов станка, имеющих непосредственный контакт с нитями основы и тканью; предложить метод, позволяющий производить увязку конструктивных особенностей

станков с технологическими параметрами вырабатываемых тканей, а также прогнозировать приемлемость отдельных видов станков для определенного ассортимента.

За последние годы опубликовано значительное количество работ по исследованию заправочных ткацких станков, в которых они рассматриваются с точки зрения технологических возможностей и качества получаемой ткани (работы Гордеева В.А., Ефремова Е.Д. и других авторов). В работах Гордеева В.А. показано, что для анализа процессов, происходящих на станке, необходимо учитывать упругие свойства нитей основы и ткани; исследовано влияние технологических нагрузок на процесс деформаций нитей основы в цикле работы станка, приведены рекомендации по определению приведенной жесткости [1–4]. Саввин О.А. в своих работах уделяет внимание проблемам определения деформаций основных нитей, исследования системы заправки ткацкого станка как механической системы с переменными параметрами, влияния сил трения нитей основы об элементы скальной системы на их взаимодействие с системой заправки [5–12]. Исследованию вопросов влияния конструктивных элементов скальной системы, величины технологических усилий на процесс формирования ткани посвящены работы С. Г. Степанова, В.Ю. Селиверстова, А.П. Гречухина, А.С. Шлыкова [13–15]. Имеется значительное количество работ ряда авторов, в которых рассмотрены вопросы повышения производительности ткацких машин с малогабаритными прокладчиками утка [16], распределения энергии при выработке тканей на ткацких машинах [17], выработки плотных тканей [18], оценки напряженности заправки ткацкого станка при изготовлении тканей различного переплетения, в том числе и плотных [19, 20], определения жесткости системы заправки [21, 22].

Анализ вышеперечисленных работ указывает на то, что в них решено большое количество проблем, связанных с влиянием различных элементов скальной системы на систему заправки ткацкого станка, однако вопросам влияния элементов несущих систем уделено недостаточно внимания.

При проектировании новых станков необходимо считаться с факторами конструктивного порядка, так как от того, насколько правильно

будут выбраны конструктивные параметры, напрямую зависит качество вырабатываемой ткани. При проектировании новых конструкций также необходимо учитывать упругие характеристики элементов несущих систем и энергетические соотношения между ними в моменты технологических операций, осуществляемых на станке [23–28]. Поэтому анализ существующих конструкций несущих систем, а также проектирование новых с измененными параметрами, является задачей актуальной.

Расчетная модель

В работах [29, 30] авторами была предложена универсальная расчетная модель несущей системы для гаммы бесчелночных станков СТБ. Главными элементами этой модели являются правая и левая рамы машины, передняя и задняя связи (рис. 1).

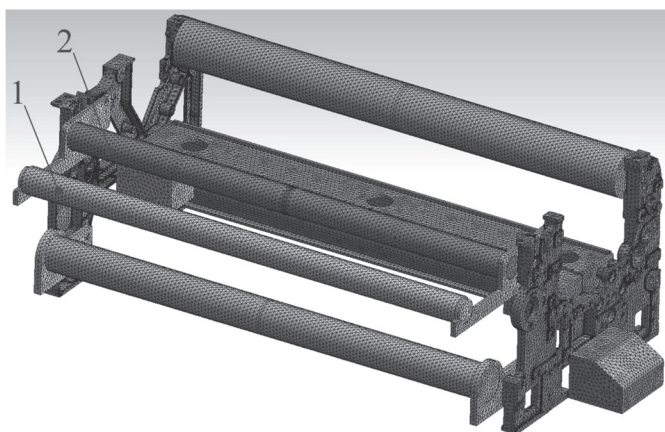


Рис. 1. Расчетная модель ткацкого станка для выработки плотных тканей:

1 – неподвижное скало; 2 – подскальная труба

При выработке на станках плотных и технических тканей нагрузки на несущую и скальную системы могут достигать 8000...10 000 Н, в связи с чем значительно возрастают деформации элементов этих систем, включая систему опор, с которыми контактируют нити основы и ткань. Энергия, расходуемая на деформацию станка, в этом случае достигает значительных величин. При этом полезной энергии, необходимой для формирования ткани, окажется недостаточно [1–3]. В связи с этим в расчетную модель необходимо ввести дополнительные элементы, позволяющие сократить энергию, которая идет на деформации всей несущей системы и скал.

В конструкции станка для выработки массового ассортимента тканей на станках серийного

производства предусмотрена скальная система, которая включает в себя подскальную трубу и подвижное скало. В этом случае заправка станка подразумевает направление нитей основы через подвижное скало.

В соответствии с данными, приведенными в [1–3], основные усилия, воспринимаемые элементами станка, приходятся на подвижное скало, а подскальная труба только уменьшает деформацию несущей системы. Поэтому необходимо прежде всего создать такую конструкцию, которая бы одновременно уменьшала энергию деформации несущей системы и более равномерно распределяла полезную нагрузку на элементы станка. С этой целью при выработке плотных тканей предлагается в состав скальной системы ввести дополнительные конструктивные элементы: неподвижное скало, подскальную трубу как опору для нитей основы (рис. 2, элемент 2). Значения координат центров конструктивных элементов приведены в таблице.

Результаты и обсуждение

На основе разработанной модели, представляющей собой несущую систему и опоры для ткани (скальная система), был проведен расчет энергии деформации этих элементов, а также их перемещений в зависимости от тех-

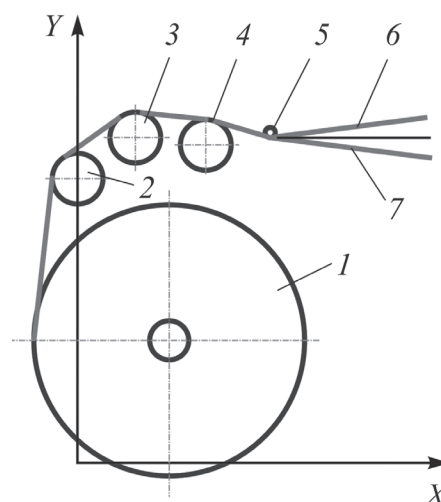


Рис. 2. Схема заправки ткацкого станка для выработки плотных тканей:

1 – навой; 2 – неподвижное скало; 3 – подвижное скало; 4 – подскальная труба; 5 – ценовый валик; 6, 7 – нити основы

**Значения координат центров тяжести конструктивных элементов
ткацкой машины СТБ**

Номер (по схеме, рис. 2)	Конструктивный элемент	Координаты центров элементов станка, м		Диаметр, мм
		<i>X</i>	<i>Y</i>	
1	Навой	0,235	0,311	700
2	Неподвижное скало	0	0,725	128
3	Подвижное скало	0,148	0,829	128
4	Подскальная труба	0,326	0,803	80

нологического усилия, варьируемого в пределах 4000...10 000 Н. Расчеты были проведены средствами CAD системы SolidWorks и конечно-элементного CAE комплекса ANSYS. Результаты расчетов для ткацкой машины с заправочной шириной 180 см представлены в виде графиков, изображенных на рис. 3 и 4. На рис. 3 по вертикальной оси отложены значения энергии деформации, по горизонтальной – величина технологической нагрузки.

На рис. 4 в качестве примера изображены графики перемещения сечения, соответствующего середине неподвижного скало (как наиболее деформируемого элемента). По вертикальной оси отложены значения перемещений, по горизонтали – величина технологической нагрузки. При изменении технологической нагрузки в указанных пределах величина прогиба увеличивается от 2 до 4 мм.

Из практики эксплуатации ткацких станков известно, что величина полезной энергии, необ-

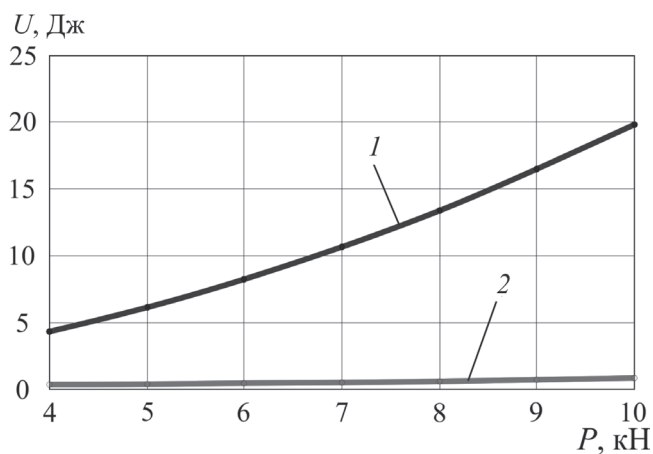


Рис. 3. График зависимости энергии деформации несущей и скальной систем от технологического усилия:

1 – для станка СТБ-180 серийной конструкции; *2* – для станка модернизированной конструкции

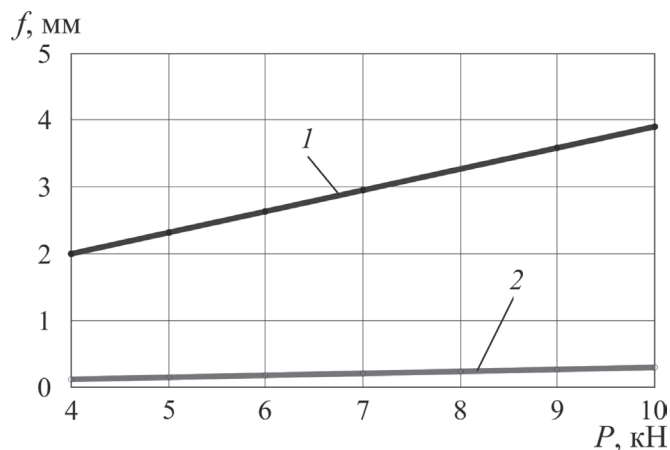


Рис. 4. График зависимости деформаций неподвижного скало от технологического усилия:

1 – для станка СТБ-180 серийной конструкции; *2* – для станка модернизированной конструкции

ходимой для формирования качественных плотных тканей, может достигать 80 Дж и более [1]. При этом энергия деформации элементов несущей и скальной систем составляет около 25 % от величины полезной энергии.

Как видно из графика, изображенного на рис. 3, суммарная энергия деформации несущей и скальной систем при технологическом усилии, равном 4000 Н, составляет около 4 Дж, а для 8300 Н (джинсовая ткань) – около 16,0 Дж. При этом величина прибойной полосы (накопленная остаточная деформация в нитях основы и ткани) равна 7 мм [1]. Тогда значение энергии, необходимой для формирования этой ткани, составит

$$U = 8300 \cdot 7 = 58\,100 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 58,1 \text{ Дж}.$$

Таким образом, на деформацию несущей и скальной систем в рассматриваемом случае расходуется порядка 25 % от величины полезной энергии. При выработке тяжелых технических тканей эта величина возрастает. Для снижения величины энергии деформации и, следовательно,

повышения качества вырабатываемой ткани [1] необходимо увеличить жесткость системы.

В этой связи при выработке плотных тканей предложено модернизировать конструкцию скальной системы с целью увеличения ее жесткости путем введения дополнительных опор для ее элементов: рекомендуется ввести дополнительные опоры для неподвижного скала и подскальной трубы с опиранием на переднюю связь.

Расчеты показывают, что для станка модернизированной конструкции величина энергии деформации значительно снижается. Так, при нагрузке 4000 Н энергия деформации составила 0,3 Дж, а при нагрузке 10 000 Н – 0,85 Дж (см. рис. 3). При этом максимальные перемещения наиболее податливого элемента составили 0,26 мм при нагрузке 10 000 Н.

Выводы

1. Предложена расчетная модель ткацкого станка для выработки плотных тканей, включающая неподвижное скало и подскальную трубу как опору для нитей основы.

2. На основе предложенной модели определены значения энергии деформации несущей и скальной систем ткацкого станка СТБ-180, которые изменяются в диапазоне от 4,3 до 19,8 Дж, а также перемещений их конструктивных элементов в зависимости от технологического усилия, варьируемого в пределах 4000...10 000 Н. Максимальные перемещения наиболее податливого элемента составили 4,5 мм при нагрузке 10 000 Н.

3. Проведенные расчеты показывают, что энергия деформации несущей системы и скал составляет около 25 % от полезной, что указывает на необходимость увеличения жесткостных характеристик несущей и скальной систем.

4. Предложена модернизированная конструкция станка для выработки плотных тканей, в которой предусмотрено введение дополнительных опор для неподвижного скала и подскальной трубы с опиранием на переднюю связь.

5. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что для станка модернизированной конструкции величина энергии деформации значительно снижается. Так, при нагрузке 4000 Н энергия деформации составила 0,3 Дж, а при нагрузке 10 000 Н – 0,85 Дж.

Список литературы

1. Подгорный Ю.И. Методы исследования заправок, их синтез и разработка критериев оптимальности условий эксплуатации ткацких станков при формировании плотных тканей: дис. ... д-ра техн. наук: 05.19.03; 05.02.13: защищена 20.05.1990: утв. 07.12.1990. – Кострома, 1990. – 541 с.

2. Подгорный Ю.И., Афанасьев Ю.А. Исследование и проектирование механизмов технологических машин: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 191 с.

3. Подгорный Ю.И., Афанасьев Ю.А., Кириллов А.В. Исследование и выбор параметров при синтезе и эксплуатации механизмов технологических машин: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 196 с.

4. Кириллов А.В. Исследование и разработка конструктивных элементов остовов ткацких станков СТБ: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13: защищена 24.04.2002: утв. 12.07.2002. – М., 2002. – 187 с.

5. Саввин О.А. О деформации основных нитей на скале и дуге ее распространения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2007. – № 2 (297). – С. 45–48.

6. Саввин О.А. Понятие геометрической и реальной деформации. Геометрическая деформация ветвей основы при поступательном движении скала // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2007. – № 3 (298). – С. 55–59.

7. Саввин О.А., Селезнева Е.В., Сергеева А.В. Определение деформации ветвей основы, огибающих скало, методом элементарных перемещений // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 4 (309). – С. 52–55.

8. Саввин О.А., Кузнецов Г.К., Герасимова С.Ф. Система заправки ткацкого станка как механическая система с переменными параметрами // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 2 (314). – С. 33–36.

9. Саввин О.А. Влияние сил трения основы по скалу на его взаимодействие с системой заправки ткацкого станка // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 3 (316). – С. 35–38.

10. Саввин О.А. Влияние сил сухого трения в опорах на движение скальной системы станка СТБ-175 и о допущении В.А. Гордеева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 4 (318). – С. 47–51.

11. Саввин О.А., Титов С.Н., Герасимова С.Ф. Особенности вычисления обобщенных сил и деформаций ветвей основы при изучении динамики скальной системы // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 4С (319). – С. 33–36.

12. Саввин О.А. Связь между деформацией ветви основы, огибающей скало, и плечом силы ее натяжения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 2 (331). – С. 34–37.

13. Степанов С.Г., Волков И.И. Влияние силы прибора, дозировки уточной нити на параметры формирования ткани и изменение этих параметров в течение времени прибора // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 1 (305). – С. 30–35.

14. Селиверстов В.Ю., Гречухин А.П. Исследование процесса формирования тканей с переменной плотностью по утку на станке СТБ с товарным регулятором периодического действия // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 4С (310). – С. 62–64.

15. Исследование и пути стабилизации натяжения нитей основы в процессе формирования ткани на бесчелночном ткацком станке / А.С. Шлыков, Р.В. Быкадоров, И.С. Бобылькова, Н.М. Сокерин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 6 (335). – С. 42–48.

16. Макаров В.А., Хозина Е.Н., Ковалева О.С. К вопросу о повышении производительности ткацких машин с малогабаритными прокладчиками утка // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 2 (306). – С. 93–99.

17. Распределение энергии в системе прокладывания утка ткацких машин с малогабаритными прокладчиками в вероятностном аспекте / В.В. Петров, Е.Н. Хозина, В.А. Макаров, О.С. Ковалева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 5 (311). – С. 83–89.

18. Степанов О.С., Романычев Н.К., Моторин Л.В. Ткань из высокомодульных технических нитей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 3 (316). – С. 41–44.

19. Черняева О.Е., Карева Т.Ю. Сравнительное исследование напряженности конструктивно-заправочной линии нитей основы в процессе выработки баллистической ткани на станках СТБ и Dornier // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 1 (322). – С. 50–54.

20. Макаров В.А., Сурков Б.А., Хозина Е.Н. Сила прибора как часть вектора суммарного натяжения ветвей зева основы, пределы ее ограничения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 1 (343). – С. 120–125.

21. Назарова М.В., Романов В.Ю. Оценка напряженности заправки ткацкого станка при изготовлении тканей различного переплетения // Известия высших

учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 2 (344). – С. 63–67.

22. Богатырева М.С., Старинец И.В. Исследование жесткости системы заправки ткацкого станка // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 3 (345). – С. 644–66.

23. Wang X.R., Jin J.Q., Li Y.Z. The harmonic response analysis of workover rig platform base on ANSYS Workbench // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 945–949. – P. 766–769. – doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.766.

24. Integration of production steps on a single equipment / V. Skeebea, V. Pushnin, I. Erohin, D. Kornev // Materials and Manufacturing Processes. – 2015. – Vol. 30, iss. 12. – P. 1408–1411. – doi: 10.1080/10426914.2014.973595.

25. Zhang X., Chen Y., Yao W. Relationship between bridge natural frequencies and foundation scour depth based on IITD method // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. – 2013. – Vol. 6, iss. 1. – P. 102–106.

26. Определение основных параметров технологического оборудования / Ю.И. Подгорный, Т.Г. Мартынова, В.Ю. Скиба, В.Н. Пушкин, Н.В. Вахрушев, Д.Ю. Корнев, Е.К. Зайцев // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2013. – № 3 (60). – С. 68–73.

27. Integrated processing: quality assurance procedure of the surface layer of machine parts during the manufacturing step “Diamond Smoothing” / V.Yu. Skeebea, V.V. Ivancivsky, D.V. Lobanov, A.K. Zhigulev, P.Yu. Skeebea // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 125. – P. 012031. – doi: 10.1088/1757-899X/125/1/012031.

28. Методика уравнивания роторов технологических машин / Ю.И. Подгорный, Т.Г. Мартынова, В.Ю. Скиба, Д.В. Лобанов, А.А. Жирова, А.Н. Бредихина, А.С. Косилов, Н.С. Печоркина // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2016. – № 2 (71). – С. 41–50. – doi: 10.17212/1994-6309-2016-2-41-50.

29. Моделирование несущих систем технологических машин / Ю.И. Подгорный, В.Ю. Скиба, А.В. Кириллов, В.Н. Пушкин, И.А. Ерохин, Д.Ю. Корнев // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2014. – № 2 (63). – С. 91–99.

30. Выбор конструктивных параметров несущих систем машин с учетом технологической нагрузки / Ю.И. Подгорный, В.Ю. Скиба, А.В. Кириллов, О.В. Максимчук, Д.В. Лобанов, В.Р. Глейм, А.К. Жигулев, О.В. Саха // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2015. – № 4 (69). – С. 51–60. – doi: 10.17212/1994-6309-2015-4-51-60.

OBRABOTKA METALLOV

(METAL WORKING AND MATERIAL SCIENCE)

N 4 (73), October – December 2016, Pages 24–33

Determination of the rigidity and deformation energy of the technological machine load-carrying systems

Podgorniy Yu. I.^{1,2}, D.Sc. (Engineering), Professor, e-mail: pjui@mail.ru

Skeeba V. Yu.¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: skeeba_vadim@mail.ru

Kirillov A.V.^{1,3}, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: kirillovalvs@mail.ru

Maksimchuk O. V.², Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: ovmak@mail.ru

Martynova T.G.¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: tatyana martynova1511@gmail.com

Lobanov D. V.⁴, D.Sc. (Engineering), Professor, e-mail: mf_nauka@brstu.ru

Filatov I. S.¹, Master's Degree student, e-mail: zaharchenko-ilya@mail.ru

Skeeba P. Yu.¹, Student, skeeba@rambler.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Prospect K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russian Federation

²Novosibirsk Technological Institute (branch) Moscow State University of Design and Technology, 35 Krasny prospect (5 Potaninskaya st.), Novosibirsk, 630099, Russian Federation

³Novosibirsk State Pedagogical University, 28 Viluiskaya st., Novosibirsk, 630126, Russian Federation

⁴Bratsk State University, 40 Makarenko st., Bratsk, 665709, Russian Federation

Abstract

Problems of determining deformation energy in load-carrying systems of technological machines and energetic relations between them during technological operations are discussed. The goal of this study is to develop recommendations for modernization of the construction of load-carrying systems using the STB loom for production of dense fabrics as an example. The analysis of scientific literature on this problem indicates that sufficient attention is not devoted to the effect of load-carrying system elements on the loom feeding system. This study is urgent due to the lack of a general approach making it possible to set the parameters of load-carrying systems with the account of technological requirements and quality of obtained product. To determine deformation energy, a computational model of a loom for production of dense fabrics including a stationary tension bar and a tension tube as a support for warp threads is examined. The deformation energies of the load-carrying and tension systems of STB-180 loom and movements of construction elements depending on the technological force varied in the range of 4000-10000 N is determined using SolidWorks CAD system and finite-element CAE complex ANSYS. The analysis of the calculation results indicates that the deformation energy of the load-carrying system and tension tubes is about 25% of the effective energy used for the fabric production. This fact indicates that it is necessary to improve the rigidity of the load-carrying and tension systems. An improved construction of the loom of production of dense fabrics is suggested based on the results of the studies. This model includes additional supports for the stationary tension bar and tension tube basing on the front tie. The analysis of the calculation results with the account of the suggested improvement of construction elements showed that the deformation energy for the modernized loom has been significantly reduced. The obtained results allowed us to suggest specific recommendations for improvement of the constructions of the load-carrying and tension systems in STB looms for production of dense and technical fabrics.

Keywords

load-carrying system, tension system, the loom feeding system, technological machine, finite-element method, deformation energy, the technological loading, STB loom.

DOI: 10.17212/1994-6309-2016-4-24-33

References

1. Podgorniy Yu.I. *Metody issledovaniya napravok, ikh sintez i razrabotka kriteriev optimal'nosti uslovii ekspluatatsii tkatskikh stankov pri formirovanii plotnykh tkanei*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Research methods refills, their synthesis and development of criteria of optimality conditions looms in the formation of dense tissue. Dr. eng. sci. diss.]. Kostroma, 1990. 541 p.

2. Podgornyi Yu.I., Afanas'ev Yu.A. *Issledovanie i proektirovanie mekhanizmov tekhnologicheskikh mashin* [Research and design of production machines mechanisms]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2000. 191 p.
3. Podgornyi Yu.I., Afanas'ev Yu.A., Kirillov A.V. *Issledovanie i vybor parametrov pri sinteze i ekspluatatsii mekhanizmov tekhnologicheskikh mashin* [Research and selection of parameters in the synthesis and operation mechanisms of technological machines]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2002. 196 p.
4. Kirillov A.V. *Issledovanie i razrabotka konstruktivnykh elementov ostovov tkatskikh stankov STB*. Diss. kand. tekhn. nauk [Research and development of structural elements cores looms STB. PhD eng. sci. diss.]. Moscow, 2002. 187 p.
5. Savvin O.A. O deformatsii osnovnykh nitei na skale i duge ee rasprostraneniya [Warp threads' deformation on the warp guide beam and on its arc spreading]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2007, no. 2 (297), pp. 45–48.
6. Savvin O.A. Ponyatie geometricheskoi i real'noi deformatsii. Geometricheskaya deformatsiya vetvei osnovy pri postupatel'nom dvizhenii skala [Geometric and actual deformation of warp sheets in translation motion of beam]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2007, no. 3 (298), pp. 55–59.
7. Savvin O.A., Selezneva E.V., Sergeeva A.V. Opredelenie deformatsii vetvei osnovy, ogibayushchikh skalo, metodom elementarnykh peremeshchenii [Definition of warp branches' deformation under the forward motion of warp roller using the method of elementary movements]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2008, no. 4 (309), pp. 52–55.
8. Savvin O.A., Kuznetsov G.K., Gerasimova S.F. Sistema zapravki tkatskogo stanka kak mekhanicheskaya sistema s peremennymi parametrami [Feeding system of a loom as a mechanical system with variable parameters]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2009, no. 2 (314), pp. 33–36.
9. Savvin O.A. Vliyanie sil treniya osnovy po skalu na ego vzaimodeistvie s sistemoi zapravki tkatskogo stanka [Influence of friction forces between warp and warp roller on the roller interaction with the filling system of a loom]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2009, no. 3 (316), pp. 35–38.
10. Savvin O.A. Vliyanie sil sukhogo treniya v oporakh na dvizhenie skal'noi sistemy stanka STB-175 i o dopushchenii V.A. Gordeeva [The influence of dry friction forces on the movement of roller system of the STB-175 loom and on the V.A. Gordeyev's assumption]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2009, no. 4 (318), pp. 47–51.
11. Savvin O.A., Titov S.N., Gerasimova S.F. Osobennosti vychisleniya obobshchennykh sil i deformatsii vetvei osnovy pri izuchenii dinamiki skal'noi sistemy [Calculation features of generalized forces and deformations branches basis for studying the dynamics of the rock system]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2009, no. 4 (319), special issue, pp. 33–36.
12. Savvin O.A. Svyaz' mezhdu deformatsiei vetvi osnovy, ogibayushchei skalo, i plechom sily ee natyazheniya [Connection between deformation of a warp branch bending around a tension bar and a shoulder of force of its tension]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2011, no. 2 (331), pp. 34–37.
13. Stepanov S.G., Volkov I.I. Vliyanie sily priboya, dozirovki utochnoi niti na parametry formirovaniya tkani i izmenenie etikh parametrov v techenie vremeni priboya [The influence of beating force and warp thread dosage on the fabrics' forming parameters and the changing of these parameters during the time of beating]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2008, no. 1 (305), pp. 30–35.
14. Seliverstov V.Yu., Grechukhin A.P. Issledovanie protsessa formirovaniya tkanei s peremennoi plotnost'yu po utku na stanke STB s tovarnym regulatorom periodicheskogo deistviya [Process research of fabrics formation with variable weft density at the STB type loom with batch action cloth regulator]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2008, no. 4 (310), special issue, pp. 62–64.

15. Shlykov A.S., Bykadorov R.V., Bobyl'kova I.S., Sokerin N.M. Issledovanie i puti stabilizatsii natyazheniya nitei osnovy v protsesse formirovaniya tkani na beschelnochnom tkatskom stanke [Research and ways of stabilization of warp threads tension in the process of fabric forming on a shuttleless loom]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2011, no. 6 (335), pp. 42–48.

16. Makarov V.A., Khozina E.N., Kovaleva O.S. K voprosu o povyshenii proizvoditel'nosti tkatskikh mashin s malogabaritnymi prokladchikami utka [About the problem of increasing of shuttleless looms productivity]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2008, no. 2 (306), pp. 93–99.

17. Petrov V.V., Khozina E.N., Makarov V.A., Kovaleva O.S. Raspredelenie energii v sisteme prokladyvaniya utka tkatskikh mashin s malogabaritnymi prokladchikami v veroyatnostnom aspekte [Distribution of energy in the system of weft laying at the looms with small layers in the probabilistic aspect]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2008, no. 5 (311), pp. 83–89.

18. Stepanov O.S., Romanychev N.K., Motorin L.V. Tkan' iz vysokomodul'nykh tekhnicheskikh nitei [Fabric made of highly modular technical threads]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2009, no. 3 (316), pp. 41–44.

19. Chernyaeva O.E., Kareva T.Yu. Sravnitel'noe issledovanie napryazhennosti konstruktivno-zapravochnoi linii nitei osnovy v protsesse vyrabotki ballisticheskoi tkani na stankakh STB i Dornier [Comparative research of the strain of the constructional-setting up line for the warp threads during the manufacturing of the ballistic fabric on the looms STB and DORNIER]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2010, no. 1 (322), pp. 50–54.

20. Makarov V.A., Surkov B.A., Khozina E.N. Sila priboya kak chast' vektora summarnogo natyazheniya vetvei zeva osnovy, predely ee ogranicheniya [Effect of a beating as the part of the vector of total tension of the branches of a warp jaw, the bounds of its limitations]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2013, no. 1 (343), pp. 120–125.

21. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. Otsenka napryazhennosti upravki tkatskogo stanka pri izgotovlenii tkanei razlichnogo perepleteniya [Evaluation of weaving equipment tension during producing the fabrics of various interweaving]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2013, no. 2 (344), pp. 63–67.

22. Bogatyreva M.S., Starinets I.V. Issledovanie zhestkosti sistemy upravki tkatskogo stanka [The study of rigidity of the system filling looms]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti – Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2013, no. 3 (345), pp. 64–66.

23. Wang X.R., Jin J.Q., Li Y.Z. The harmonic response analysis of workover rig platform base on ANSYS Workbench. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 945–949, pp. 766–769. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.766

24. Skeebe V., Pushnin V., Erohin I., Kornev D. Integration of production steps on a single equipment. *Materials and Manufacturing Processes*, 2015, vol. 30, iss. 12, pp. 1408–1411. doi: 10.1080/10426914.2014.973595

25. Zhang X., Chen Y., Yao W. Relationship between bridge natural frequencies and foundation scour depth based on IITD method. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2013, vol. 6, iss. 1, pp. 102–106.

26. Podgorniy Yu.I., Martynova T.G., Skeebe V.Yu., Pushnin V.N., Vakhrushev N.V., Kornev D.Yu., Zaitsev E.K. Opredelenie osnovnykh parametrov tekhnologicheskogo oborudovaniya [Determination of the main parameters of the processing equipment]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science*, 2013, no. 3 (60), pp. 68–73.

27. Skeebe V.Yu., Ivancivsky V.V., Lobanov D.V., Zhigulev A.K., Skeebe P.Yu. Integrated processing: quality assurance procedure of the surface layer of machine parts during the manufacturing step “diamond smoothing”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2015, vol. 125, p. 012031. doi: 10.1088/1757-899X/125/1/012031

28. Podgorniy Yu.I., Martynova T.G., Skeebe V.Yu., Lobanov D.V., Zhirova A.A., Bredikhina A.N., Kosilov A.S., Pechorkina N.S. Metodika uravnoveshivaniya rotorov tekhnologicheskikh mashin [The methods of technological machines' rotors balance]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science*, 2016, no. 2 (71), pp. 41–50. doi: 10.17212/1994-6309-2016-2-41-50

29. Podgornyj Yu.I., Skeebe V.Yu., Kirillov A.V., Pushnin V.N., Erokhin I.A., Kornev D.Yu. Modelirovanie nesushchikh sistem tekhnologicheskikh mashin [Modeling of the technological machines support systems]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science*, 2014, no. 2 (63), pp. 91–99.

30. Podgornyj Yu.I., Skeebe V.Yu., Kirillov A.V., Maksimchuk O.V., Lobanov D.V., Gleim V.R., Zhigulev A.K., Sakha O.V. Vybory konstruktivnykh parametrov nesushchikh sistem mashin s uchetom tekhnologicheskoi nagruzki [Selection of form factors of machine carrying systems in reliance on the process duty]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science*, 2015, no. 4 (69), pp. 51–60. doi: 10.17212/1994-6309-2015-4-51-60

Article history

Received 17 August 2016

Revised 23 September 2016

Accepted 18 October 2016