

ГАШЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ШВЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Романов В.Е., Топорова Е.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю.

Романов Виталий Евгеньевич, Топорова Ева Александровна
Ивановский государственный политехнический университет,
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21.
E-mail: vitaliy.romanov.29@mail.ru, evatorog@mail.ru

Киселев Вячеслав Валериевич
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Иваново, Россия. 153040, Ивановская область, г. Иваново, пр. Строителей, 33.
E-mail: slavakis76@mail.ru

Колобов Михаил Юрьевич
Ивановский государственный химико-технологический университет,
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7.
E-mail: mikhailkolobov@rambler.ru

В статье обозначена проблема вибрационных колебаний в швейном оборудовании, представлены результаты измерения вибрационных характеристик на краеобметочной швейной машине GN-1. Значения некоторых из них выходят за пределы, регламентируемые стандартом на различные виды оборудования. Повышенный уровень вибрации узлов швейных машин может привести к преждевременному износу и выходу из строя дорогостоящего оборудования из-за ослабления резьбовых соединений сопряженных деталей. Кроме этого, снижается качество выпускаемой продукции. В работе предлагается способ гашения колебаний при помощи специально сконструированного механического поглотителя вибраций. Использование разработанного устройства показало хороший результат. На частотах вращения главного вала машины, соответствующих скоростям, наиболее часто используемым в технологических операциях обработки срезов ткани, вибрации снижаются.

Ключевые слова: краеобметочная машина, виброгаситель, частота вращения, вибрационные колебания.

DAMPING VIBRATION VIBRATIONS OF SEWING EQUIPMENT

Romanov V.E., Toporova E.A., Kiselev V.V., Kolobov M.Yu.

Romanov Vitaly Evgenievich, Toporova Eva Aleksandrovna
Ivanovo State Polytechnic University,
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 21.
E-mail: vitaliy.romanov.29@mail.ru, evatorog@mail.ru

Kiselev Vyacheslav Valerievich
Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Ivanovo, Russia. 153040, Ivanovo region, Ivanovo, Stroiteley ave., 33.
E-mail: aapokrovsky@mail.ru, slavakis76@mail.ru

Kolobov Mikhail Yurievich
Ivanovo State University of Chemical Technology,
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 7.
E-mail: mikhailkolobov@rambler.ru

The article identifies the problem of vibration vibrations in sewing equipment and presents the results of measuring vibration characteristics on a GN-1 overcasting sewing machine. The values of some of them go beyond the limits regulated by the standard for various types of equipment. An increased level of vibration of sewing machine components can lead to premature wear and failure

of expensive equipment due to loosening of the threaded connections of mating parts. In addition, the quality of the products is reduced. The work proposes a method for damping vibrations using a specially designed mechanical vibration absorber. The use of the developed device showed good results. At rotational speeds of the main shaft of the machine, corresponding to the speeds most often used in technological operations for processing tissue sections, vibrations are reduced.

Key words: overcasting machine, vibration damper, rotation speed, vibration vibrations.

Как известно, вибрация – это механические колебания в различных технических устройствах, которые могут возникать из-за внешних или внутренних динамических усилий, разбалансировке деталей машин или из-за некорректной установки и монтажа оборудования. Вибрация в машинах – это негативный процесс, действие которого нужно стремиться минимизировать.

В данной работе исследование посвящено анализу механизма привода игловодителя в отечественных промышленных и бытовых швейных машинах. Экспериментально доказано, что процессу вибрации подвержено не только отечественное швейное оборудование, но и дорогостоящее импортное [1-5]. Так у прямострочной швейной машины именитого производителя Jack значения вибрационных характеристик были сопоставимы с отечественными аналогичными машинами. Это подтверждает актуальность проводимого исследования.

В конструктивном плане механизмы привода игловодителя могут различаться, так как у разных типов стежка (челночный, цепной, обметочный, декоративный) имеются свои особенности формирования строчки. В связи с этим, траектории, по которым перемещается игла в горизонтальной плоскости, могут отличаться друг от друга. Однако, вертикальное (или наклонное) движение игловодителя всегда является возвратно-поступательным.

Такой тип движения создает изменяющиеся по знаку ускорения в движущихся частях машины, что влечет за собой знакопеременные инерционные нагрузки. В силу этого, появляются вибрации в корпусе швейной машины, что негативно сказывается на работе узлов, может привести к разрушению резьбовых соединений и оказывать негативное воздействие на здоровье оператора машины. Особенно опасны вибрационные колебания, возникающие при резонансе, то есть при совпадении частоты движения игловодителя (вынуждающей силы) с собственной частотой колебаний корпуса швейной машины. В таком случае амплитуда колебаний оборудования увеличивается, что может привести к негативным последствиям [3]. На рис. 1 приведён общий вид краеобметочной машины GN-1.

Машина может быть смонтирована на промышленном столе с использованием трёхфазного асинхронного электродвигателя.



Рис. 1. Общий вид краеобметочной машины GN-1
Fig. 1. General view of the edge overcasting machine GN-1

Эксперимент по измерению вибрационных колебаний корпуса краеобметочной машины GN-1 проводился с использованием преобразователя частоты, который подключался к асинхронному электродвигателю машины. Подключение преобразователя частоты позволяло точно выставить скорость вращения ротора электродвигателя.

Измерение вибрационных характеристик производилось с использованием виброметра. Снимались показания виброскорости, виброускорения и виброперемещения. Виброметр устанавливался на корпусе краеобметочной машины в непосредственной близости к игловодителю, поскольку именно данный узел является одним из основных источников вибрации (рис. 2).



Рис. 2. Измерение вибрационных характеристик краеобметочной машины GN-1
Fig. 2. Measuring the vibration characteristics of the GN-1 edge overcasting machine

Таблица 1

Средние значения вибрационных характеристик
Table 1. Average values of vibration characteristics

Частота вращения ротора электродвигателя, Гц	Частота вращения главного вала машины, об/мин	Виброскорость, мм/с	Виброускорение мм/с ²	Виброперемещение, мм
1	150	1,54	5	0,016
3	450	1,56	5,3	0,016
5	740	1,58	5,8	0,017
6	900	1,64	6,3	0,017
7	1050	1,84	9,06	0,02
8	1200	2,12	9,52	0,022
9	1350	2,4	10,32	0,028
10	1500	2,96	12,06	0,033
11	1650	3,44	13,68	0,048
12	1800	3,46	13,72	0,05
13	1950	3,56	13,89	0,065
14	2100	3,72	14,22	0,071

В таблице 1 представлены средние значения вибрационных характеристик, снятых с краеобметочной машины GN-1 при различных частотах вращения главного вала машины. Таблица 1 составлена в соответствии с частотами вращения главного вала машины, которые наиболее часто используются при технологических операциях обработки срезов ткани, что соответствует технологическим скоростям 0,76 см/с – 10,61см/с. Частоту вращения главного вала машины можно определить по формуле:

$$n = \frac{60 \cdot L \cdot m}{t},$$

где L - длина участка строчки, см;

m – частота строчки (количество стежков на 1 см), ст/см; t – время прокладывания строчки, с.

Из таблицы 1 видно, что на достаточно высоких частотах вращения главного вала машины, наблюдается некоторое превышение виброскорости. При дальнейшем увеличении частоты вращения ротора электродвигателя, происходит увеличение вибрационных характеристик. Согласно [6], для машин класса 1 (малые машины), виброскорость, превышающая 2,8 мм/с, входит в зону С (неудовлетворительно, табл. 2).

Таблица 2

Критерии оценки вибрационного состояния машин различных типов
Table 2. Criteria for assessing the vibration state of various types of machines

v, мм/с	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
0,28	А	А	А	А
0,45				
0,71				
1,12	В	В	В	В
1,8				
2,8	С	С	С	С
4,5				
7,1				
11,2	D	D	D	D
18				
28				
45				

Одним из путей решения проблемы вибрации является установка на головку краеобметочной машины механического поглотителя вибрационных колебаний [7]. Поглотитель вибраций представляет собой тонкий стержень с прикрепленным к нему грузом. Для проведения эксперимента была использована шпилька с диаметром $d = 8$ мм, длиной $l = 1$ м. На конце шпильки был закреплен груз массой 0,5 кг. Данный эксперимент был также проведен с использованием преобразователя частоты. Преобразователь подключался к асинхронному электродвигателю краеобметочной машины для изучения вибрационных колебаний с учетом частоты вращения главного вала машины. На рис. 3 показан установленный на корпус механический поглотитель вибраций [8].

Частота вращения ротора электродвигателя краеобметочной машины варьировалась от 1 Гц до 14 Гц. При этом, учитывая передаточное отношение клиноременной передачи ($u=0,4$), выходные частоты на главном валу краеобметочной

машины соответствовали тем, что приведены в таблице 3.

В таблице 3 приведены результаты эксперимента с использованием механического поглотителя вибраций.



Рис. 3. Механический поглотитель вибраций
Fig. 3. Mechanical vibration absorber

Таблица 3

Средние значения вибрационных характеристик с использованием механического поглотителя вибрационных колебаний
Table 3. Average values of vibration characteristics using a mechanical vibration absorber

Частота вращения ротора электродвигателя, Гц	Частота вращения главного вала машины, об/мин	Виброскорость, мм/с	Виброускорение мм/с ²	Виброперемещение, мм
1	150	0,7	1,81	0,015
3	450	0,82	1,92	0,016
5	740	0,89	2,01	0,011
6	900	0,89	2,21	0,012
7	1050	1,24	2,82	0,017
8	1200	1,81	3,51	0,021
9	1350	1,48	3,94	0,021
10	1500	1,81	5,46	0,025
11	1650	1,85	5,82	0,022
12	1800	2,34	6,04	0,046
13	1950	2,42	7,52	0,052
14	2100	2,52	7,88	0,060

Сравнение экспериментальных данные с поглотителем вибрационных колебаний и без его использования показывают, что вибрации поглощаются в среднем на 30-50% (по виброскорости и виброускорению). Таким образом, использование виброгасителя подобной конструкции технически оправдано.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. **Узакова Л.П., Амонов М.И.** Повышение скоростных параметров современных швейных машин путём устранения колебаний и вибрации. *Global Science and Innovations IV: Conference Proceedings*, София, Болгария, 31 октября 2018 года. Editor-in-Chief Emin Atasoy. София, Болгария: ИП "Евразийский центр инновационного развития DARA", 2018. С. 169-174.
2. **Узакова Л.П., Файзиев С.Х., Мухаммедова М.О.** Изыскание возможностей снижения уровней вибрации в промышленных швейных машинах. *Молодой ученый*. 2014.
3. **Скрехин А.П., Жукова Е.А., Тувин А.А.** Обоснование выбора закона движения толкателя кулачкового привода исполнительных механизмов ткацких станков типа СТБ. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2021. № 3(67). С. 94–97. DOI: 10.6060/snt.20216703.00013
4. **Блиничев В.Н., Лабутин А.Н. и др.** Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирования и оптимального управления. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66, вып.7. С. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j
5. **Ибрагимова Р.С., Головкин Д.С.** Выявление приоритетных направлений развития текстильной промышленности на основе форсайт-исследований. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством»*. № 01(47). 2021. С. 87-97. DOI 10.6060/ivecofin.20214701.521
6. ГОСТ ИСО 10816-1-97 Межгосударственный стандарт. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях.
7. **Куцубина Н.В., Санников А.А.** Теория виброзащиты и акустической динамики машин: учебное пособие. Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. Ун-т, 2014. 167 с.
8. **Хайруллаев Н.** Научный подход к выбору методов защиты и устранения вибрации высокоскоростных швейных машин. *Вестник магистратуры*. 2021. № 5-6(116). С. 31-33.
1. **Uzakova L.P., Amonov M.I.** Increasing the speed parameters of modern sewing machines by eliminating oscillations and vibration. *Global Science and Innovations IV: Conference Proceedings*, Sofia, Bulgaria, October 31, 2018. Editor-in-Chief Emin Atasoy. Sofia, Bulgaria: IP "Eurasian Center for Innovative Development DARA", 2018. P. 169-174.
2. **Uzakova L.P., Fayziev S.Kh., Mukhamedova M.O.** Investigating opportunities to reduce vibration levels in industrial sewing machines. *Young scientist*. 2014.
3. **Skrekhin A.P., Zhukova E.A., Tuvin A.A.** Justification for the choice of the law of motion of the pusher of the cam drive of the actuators of weaving machines of the STB type. *Modern high technology. Regional application*. 2021. N 3(67). P. 94–97. DOI: 10.6060/snt.20216703.00013
4. **Blinichev V.N., Labutin A.N. et al.** Problems of development of energy- and resource-saving processes, reactor systems and equipment of intensive action, modeling and optimal control. *Izv.vuzov. Chemistry and chemical technology*. 2023. Vol. 66, issue 7. P. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j
5. **Ibragimova R.S., Golovkin D.S.** Identification of priority areas for the textile industry development based on fore-sight research. *News Of Higher Educational Institutions. Series «Economy, Finance And Production Management»*. N 01(47). 2021. С. 87-97. DOI 10.6060/ivecofin.20214701.521 (in Russian)
6. GOST ISO 10816-1-97 Interstate standard. Monitoring the condition of machines based on the results of vibration measurements on non-rotating parts.
7. **Kutsubina N.V., Sannikov A.A.** Theory of vibration protection and acoustic dynamics of machines: textbook. Ekaterinburg: Uralsk. state forestry engineering Univ., 2014. 167 p.
8. **Khairullaev N.** Scientific approach to the selection of methods for protecting and eliminating vibration of high-speed sewing machines. *Bulletin of magistracy*. 2021. N 5-6(116). P. 31-33.

Поступила в редакцию 08.01.2024
Принята к опубликованию 11.02.2024

Received 08.01.2024
Accepted 11.02.2024