

УДК 67.05

UDC 67.05

05.00.00 Технические науки

Engineering sciences

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ШУМА И ВИБРАЦИИ
ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ И МНОГОПИЛЬНЫХ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ****EXPERIMENTAL STUDY OF NOISE AND
VIBRATION OF THE BAND SAW FRAME
SAWS AND WOODWORKING MACHINES**

Литвинов Артем Евгеньевич

к.т.н., доцент

SPIN-код:9345-4185

Scopus author Id=36988041300

*Кубанский Государственный Технологический
Университет, Краснодар, Россия*

Litvinov Artem Evgenevich

Cand.Tech.Sci., associate professor

SPIN-code:9345-4185

Scopus author ID: 36988041300

*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Чукарин Александр Николаевич

д.т.н, профессор

SPIN-код: 5881-9764

*Ростовский Государственный Университет
Путей Сообщения, Ростов-на-Дону, Россия*

Chukarin Alexander Nikolaevich

Dr.Sci.Tech., professor

SPIN-code: 5881-9764

*Rostov State Transport University, Rostov-on-Don,
Russia*

В статье представлены результаты экспериментальных исследований шумообразования ленточнопильных и многопильных деревообрабатывающих станков. Проведенные исследования показали, что деревообрабатывающие станки пильной группы, как и металлорежущие, имеют общие закономерности в формировании спектрального состава, что позволяет подойти к разработке практических рекомендаций по снижению уровней звукового давления в рабочей зоне операторов до санитарных норм. Особо следует отметить то, что повышенные уровни шума создаются режущим инструментом. Выявлено влияние изменения параметров технологического процесса, в особенности, глубины резания и подачи на создаваемые инструментом уровни шума. Например, увеличение глубины резания в два раза приводит к увеличению уровней звукового давления на 5-8 дБ (теоретически полученная величина составляет 6 дБ), а уменьшение подачи в два раза снижает уровни звукового давления на 5 дБ. Достаточно высокая для инженерных целей сходимостью теоретических и экспериментальных уровней звукового давления и тот факт, что расчетные величины выше экспериментальных, позволяет рассчитывать и проектировать системы снижения шума рассматриваемых в работе станков не только находящихся в эксплуатации, но и при их проектировании

The article presents the results of experimental studies of band noise generation and multirip woodworking machines. The studies have shown that saw woodworking group, as well as metal, are general patterns in the formation of the spectral composition that allows to approach the development of practical recommendations to reduce sound pressure levels in the work area to the operators of sanitary norms. Of particular note is the fact that elevated levels of noise generated by the cutting tool. The effect of changes in process parameters, in particular, the depth of cut and feed to levels of noise generated by the tool. For example, increasing the depth of cut in half leads to an increase of sound pressure levels at 5.8 dB (theoretically obtained value is 6 dB), and supplying a halving of the sound pressure levels reduces by 5 dB. High enough for engineering purposes convergence of theoretical and experimental sound pressure levels and the fact that the calculated values above experimental, allows the calculation and design of the system to reduce the noise under consideration in the machine is, only in service but also in their design

Ключевые слова: ОТРЕЗНОЙ СТАНОК, ШУМ,
ВИБРАЦИЯ, ЗВУКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ

Keywords: CUTTING MACHINE, NOISE,
VIBRATION, SOUND PRESSURE

Doi: 10.21515/1990-4665-124-047

Существующие исследования шума пильных деревообрабатывающих станков ограничены мощностью до 7 кВт для ленточнопильных станков и однопильными круглопильными станками. Поэтому в качестве объектов исследования в данной работе выбраны тяжелые ленточнопильные станки с мощностями 75-160 кВт и многопильные круглопильные станки, технические характеристики которых приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Технические характеристики объектов исследования. (ленточнопильных станков)

Модель	Мощность, кВт	Скорость подачи, м/с	Толщина пилы	Длина пилы, мм	Скорость резания, м/с	Шаг зубьев
ЛПС-1	75	2.3	1.6	10250	45	50,60
ЛГ-190	75	1.3	1.8	12500	45	60
ЛБ-240	160	2	2.4	14450	45	60,80

Таблица 2 - Технические характеристики объектов исследования. (многопильных станков)

Модель*	Мощность, кВт	Число пил, шт	Диаметр пилы, мм	Частота вращения пилы, об/мин	Число зубьев**
ЦДК 5-1	10	5	400,250	3600	36,48,60
ЦМР-1	26	10	320,250	4615	72,96,120
Т-94	100	8	400-650	1470	48,72
А-727	28	27	600	2080	72,120
СЛ-1	95	6	1500	685	

* - ЦДК 5-1 - многопильный прирезной; ЦМР - 1 - многопильный раскройный; Т-94 - восьмипильный для развала брусьев; А -727 - торцовочный пильный; СЛ -1 - слепшер.

** - числа зубьев в верхнем ряду применяются для продольной распиловки, в нижнем - для поперечной.

Круглые пилы, используемые в этих станках, имеют малую толщину и большие диаметры. Поэтому они имеют очень большое количество собственных частот колебаний. Причем первые моды колебаний попадают даже в первую октаву. В частности, дисковые пилы диаметром 400 мм имеют 320 собственных частот, которые попадают в нормируемый

диапазон частот 22.4-11200 Гц. Пилы, диаметром 600 мм - 373 собственных частоты форм колебаний, а пилы диаметром 1500 мм - 4667.

Теоретический расчет уровней звукового давления выполнялся на ЭВМ, т.е. в программе расчета автоматически учитывается количество собственных частот и их сортировку по ширине полос соответствующих октав. Частоты силового возмущения, определяемые частотами возмущения пильных дисков и количеством зубьев пил приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Частоты силового воздействия дисковых пил, попадающих в октавные полосы.

Модель станка	Частоты силового воздействия дисковых пил (F_B), попадающих в октавные полосы.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	22.4	45	90	180	355	710	1400	2800	5600
	45	90	180	355	710	1400	2800	5600	11200
ЦДК 5-1							2160	2880 3600 4320	5760 7200
ЦМР-1							2772	3696 4620 5544	7392 9240
Т-94						880 1176	1470 1764 2352	2940	
А-727							1680 2520	4200	
СЛ-1					530	790 1320			

Спектры шума тяжелых ленточнопильных станков представлены на рисунке 1.

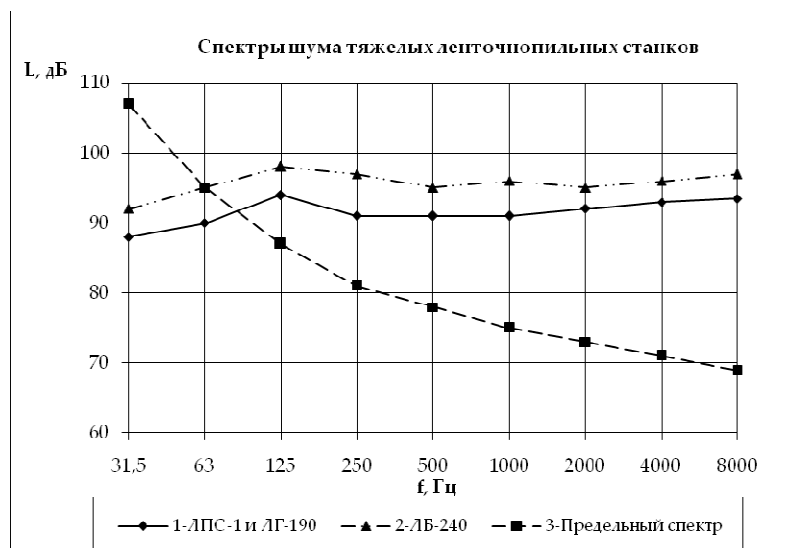


Рисунок 1 - Спектры шума тяжелых ленточнопильных станков: 1 - ЛПС-1 и ЛГ-190; 2 - ЛБ-240; 3 - предельный спектр.

Обработке на ленточнопильных и многопильных круглопильных станках подвергались различные породы древесины, включая заготовки из дуба. Измерение шума показывает, что разница в уровнях звукового давления составляет 1.5-3.5 дБ (теоретически рассчитанное значение составляет 2 дБ). Поэтому на спектрах шума приведены максимально зафиксированные уровни звукового давления.

В отличие от ленточнопильных металлообрабатывающих станков в данном случае спектр имеет равномерное распределение интенсивности излучаемой звуковой энергии в широкой полосе частот 125-8000 Гц. Собственно, в этом же интервале уровни звукового давления выше санитарных норм для всех типов станков, что показано на рисунке 2.

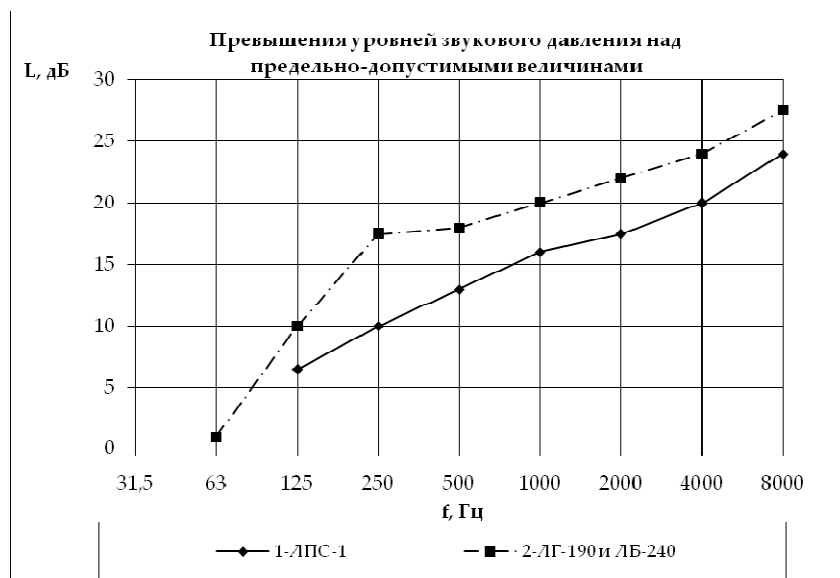


Рисунок 2 - Превышения уровней звукового давления над предельно-допустимыми величинами: 1 - ЛПС-1; 2 - ЛГ-190 и ЛБ-240.

Измерения показали, что у станков этих моделей превышения над санитарными нормами начинаются с третьей октавы и составляют 6 и 10 дБ для станков ЛС-1 и ЛГ-190 соответственно. По мере увеличения частот разница между санитарными нормами фактическими уровнями звукового давления возрастает и достигает значений 24 дБ для станка ЛС-1 и 27 дБ у станков ЛГ-190 и ЛБ-240. Скорости резания у станков вышеуказанных моделей одинаковы. Поэтому изменение сил резания определяется соотношениями мощностей резания. Согласно теоретическим расчетам увеличение уровней звукового давления составляет 7 дБ. Экспериментальное значение 4-5 дБ, что подтверждает правильность теоретических расчетов.

Характер спектров шума у круглопильных станков существенно отличается от ленточнопильных.

Спектры шума всех многопильных станков носят четко выраженный высокочастотный характер. измерения уровней звукового давления проводились при работе дисковых пил с числами зубьев 36 и 120.

Максимальные уровни звукового давления создаются в рабочей зоне станка ЦМР-1(показано на рисунке 3).

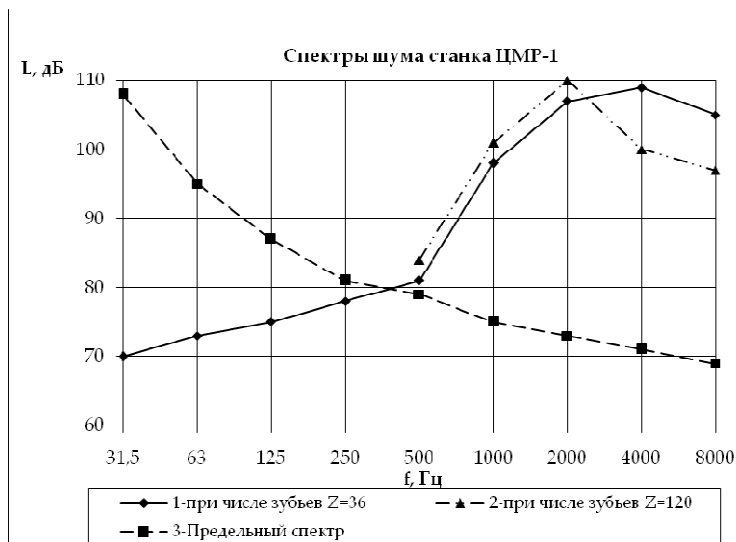


Рисунок 3 - Спектры шума станка ЦМР-1: 1 - при числе зубьев $Z=36$; 2 -при числе зубьев $Z=120$; 3 - предельный спектр.

Превышения уровней звукового давления начинаются с пятой октавы и составляют 3-7 дБ при числе зубьев 36 и 120 соответственно. В высокочастотной части спектра(1000-8000 Гц) уровни звукового давления достигают 110 дБ в октавах 7 и 8 (для дисковых пил с $Z=36$ и $Z=120$).

Превышение над предельно-допустимыми значениями составляют: 22 и 25 дБ в шестой октаве; 33 и 30 дБ - в седьмой октаве; 29 и 38 в восьмой октаве и 27 и 36 дБ в девятой.

Увеличение числа зубьев сопровождается смещением максимального уровня звукового давления в более высокочастотную часть спектра.

Аналогичные закономерности имеют и другие типы многопильных станков.

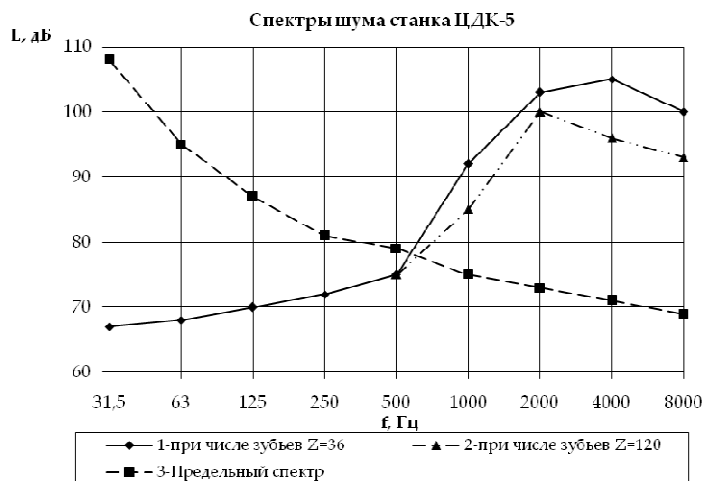


Рисунок 4 - Спектры шума станка ЦДК-5: 1 - Z=36; 2 - Z=120; 3 - предельный спектр.

У станка ЦДК-5 превышение уровня звукового давления (показано на рисунке 7) в пятой октаве меньше, чем у станка ЦМР и составляет 2-2.5 дБ. Превышения уровней звукового давления в шестой-девятой октавах составляют: 10-20 дБ, 27-30 дБ, 24-34 дБ и 25-31 дБ соответственно.

Спектр шума станка СЛ-1 характеризуется наличием максимальных уровней звукового давления в пятой и шестой октавах (показано на рисунке 5)

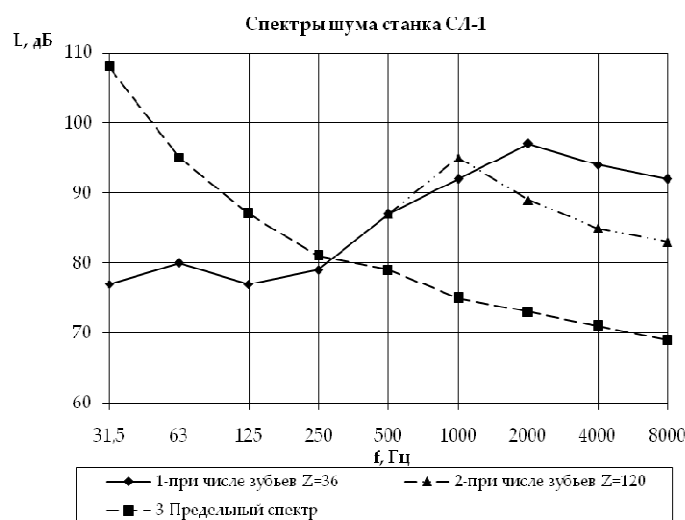


Рисунок 5 - Спектры шума станка СЛ-1: 1 - Z=36; 2 - Z=120; 3 - предельный спектр.

У данного станка уровни звукового давления при $Z=120$ ниже предельно-допустимого значения в четвертой октаве на 2-2.5 дБ. При $Z=36$ превышение составляет 5 дБ, что объясняется снижением частоты воздействия силового возмущения. В пятой-девятой октавах превышения составляют: 12-19 дБ; 20-25 дБ; 14-20 дБ; 6-11 дБ и 5-9 дБ соответственно.

У станка А727 (показано на рисунке 6) "характер" спектра шума в значительной степени напоминает станки ЦМР-1 и ЦДК-5.

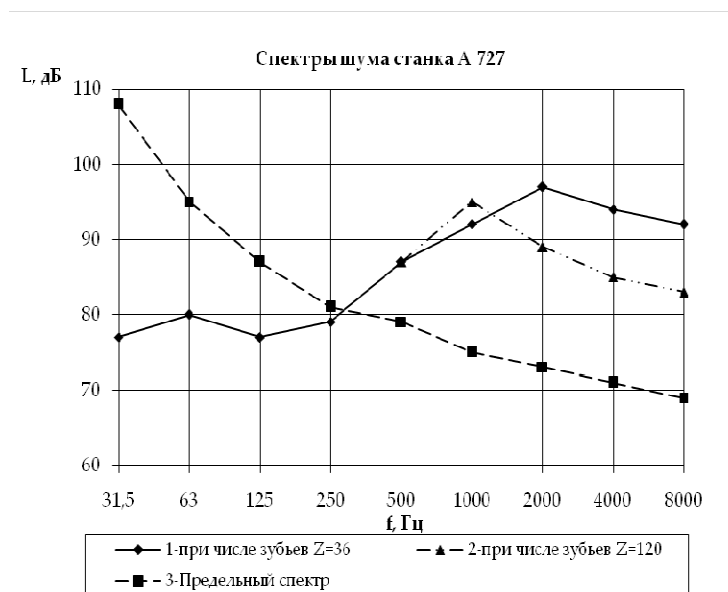


Рисунок 6 - Спектры шума станка А727: 1 - $Z=36$; 2 - $Z=120$; 3 - предельный спектр.

В пятой октаве уровни звукового давления при работе дисковой пилой с числом зубьев $Z=36$ на 5 дБ превышают норматив, а при числе зубьев $Z=120$ на 2 дБ. В шестой-девятой октавах превышения составляют: 15-20 дБ; 18-27 дБ; 19-27 дБ и 16-21 дБ соответственно.

Станок Т94 характеризуется наиболее плотным распределением интенсивности звукового излучения в седьмой-девятой октавах (показано на рисунке 7) в особенности при использовании пилы с числом зубьев $Z=120$.

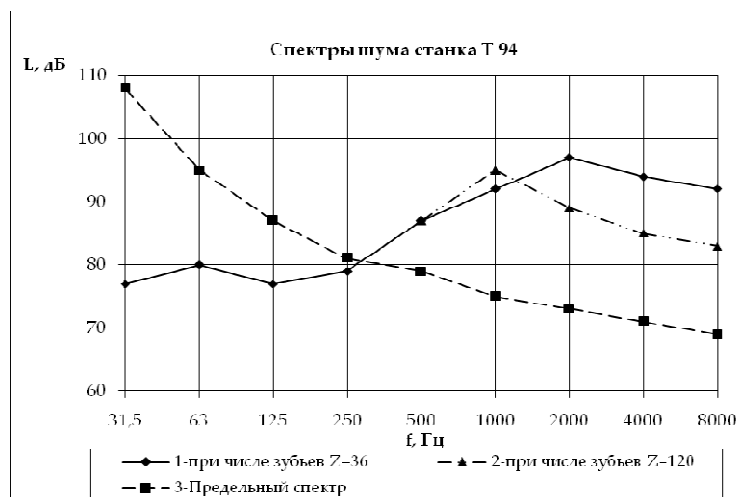


Рисунок 7 - Спектр шума станка Т94: 1 - Z=36; 2 - Z=120; 3 - предельный спектр.

Разница в уровнях звукового давления в этих октавах составляет 1.5-2 дБ, что фактически соизмеримо с точностью измерительной аппаратуры. Станок Т94 создает в сравнении с вышеуказанными значительно большее превышение уровня звукового давления в пятой октаве (на 9-10 дБ), что подтверждается расчетами, приведенными в таблице 1.

В шестой-девятой октавах превышение уровней звукового давления над нормативными величинами составляют: 16-18 дБ; 17-20 дБ; 14-22 дБ и 15-20 дБ соответственно.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили правильность теоретического подхода и моделирования процесса формирования спектров шума станков пильной группы и, в частности, то, что основным источником, создающим превышения уровней звукового давления над санитарными нормами является узел резания.

Сравнение расчетных и экспериментальных уровней звукового давления показано на примере станка ЦМР-1 (рисунок 8) как создающего наиболее высокие уровни шума.

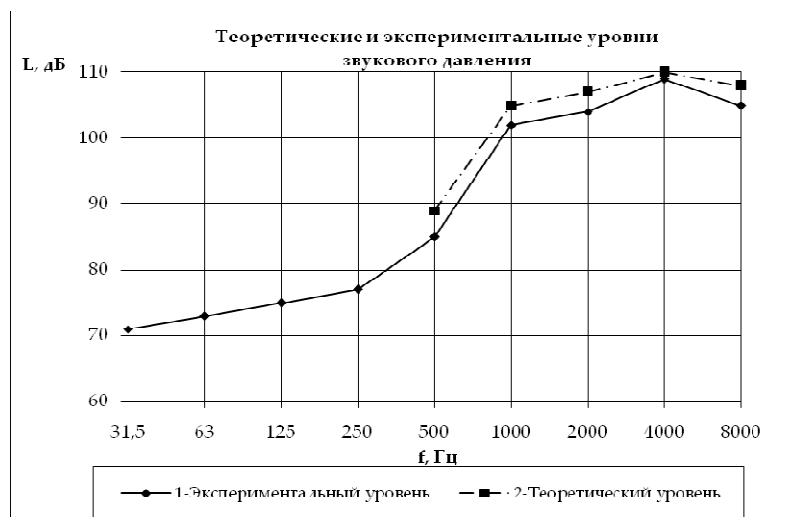


Рисунок 8 - Экспериментальные (1) и теоретические (2) уровни звукового давления.

Сходимость теоретических и экспериментальных уровней шума не превышает 3-4 дБ. Такая точность является достаточной для проведения инженерных расчетов, т.к. существующие методы расчета звукоизоляции имеют такую точность и точность измерительной аппаратуры составляет ± 2 дБ.

Следует отметить тот факт, что расчетные уровни звукового давления превышают полученные экспериментально. Объяснением этому факту служит то, что в расчетах задается коэффициент потерь колебательной энергии самих пил, а не всего пильного узла, у которого он естественно выше.[1-11]

Список литературы

1. Чукарин А.Н. Теория и методы акустических расчетов и проектирования технологических машин для механической обработки // А.Н. Чукарин. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2005. – 152 с.
2. Чукарин А.Н., Каганов В.С. Звукоизлучение заготовки при токарной обработке // Борьба с шумом и звуковой вибрацией. –М., 1993. – С. 21-24.
3. Балыков И.А., Чукарин А.Н., Евсеев Д.З. Влияние процессов резания на шум фрезерных станков // Новое в безопасности и жизнедеятельности и экологии: Сб. ст. докл. конф., Санкт-Петербург 14-16 октября. –Санкт-Петербург, 1996. – С. 222-223.

4. Балыков И.А. О расчёте шума, излучаемого заготовкой при фрезеровании / Донской гос. тех. ун-т. –Ростов-н/Д, 1996. –Деп. в ВИНТИ 16.08.96, № 2687-В96.
5. Чукарин А.Н., Балыков И.А. Экспериментальные исследования шума и вибрации фрезерных станков / Донской гос. тех. ун-т. –Ростов-н/Д, Деп. в ВИНТИ 16.08.96, № 2687-В96.
6. Литвинов А.Е., Чукарин А.Н., Корниенко В.Г. Экспериментальные исследования шумов и вибрации на ленточнопильных станках. Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ.-2011.-№69(05)
7. Литвинов А.Е., Сухонос Н.И., Корниенко В.Г. Ленточно-отрезной станок (патент) № 2548853 МПК В23D 55/08 (2006.01) по заявке № 2013154955/02 от 10.12.2013.
8. Litvinov A.E. Improving tool life and machining precision in band saws. Russian engineering research 2016 г. № 9 с.761-760
9. Литвинов А.Е. Некоторые аспекты шумообразования отрезных ленточнопильных станков. Сборник статей студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей международной конференции "Векторы развития науки" 2015 г. с 74-75
10. Литвинов А.Е. Методика расчета ленточной пилы на прочность и усилия натяжения для обеспечения устойчивости резания//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) №9(113)2015 г
11. Литвинов А.Е. Оценка влияния резонансной частоты колебаний системы “пила-направляющая пилы” на процесс резания ленточными пилами//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)№2(96)2014 г .

References

1. Chukarin A.N. Teorija i metody akustičeskikh raschetov i proektirovanija tehnoloģičeskikh mashin dlja mehaničeskoj obrabotki // A.N. Chukarin. – Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2005. – 152 s.
2. Chukarin A.N., Kaganov V.S. Zvukoizlučenie zagotovki pri tokarnoj obrabotke // Bor'ba s шумом i zvukovoj vibraciej. –M., 1993. – S. 21-24.
3. Balykov I.A., Chukarin A.N., Evseev D.Z. Vlijanie processov rezanija na шум frezernyh stankov // Novoe v bezopasnosti i zhiznedejatel'nosti i jekologii: Sb. st. dokl. konf., Sankt-Peterburg 14-16 oktjabrja. –Sankt-Peterburg, 1996. – S. 222-223.
4. Balykov I.A. O raschjote shuma, izlučhaemogo zagotovkoj pri frezerovanii / Donskoj gos. teh. un-t. –Rostov-n/D, 1996. –Деп. в VINITI 16.08.96, № 2687-В96.
5. Chukarin A.N., Balykov I.A. Jeksperimental'nye issledovanija shuma i vibracii frezernyh stankov / Donskoj gos. teh. un-t. –Rostov-n/D, Dep. в VINITI 16.08.96, № 2687-В96.
6. Litvinov A.E., Chukarin A.N., Kornienko V.G. Jeksperimental'nye issledovanija шумов i vibracii na lentochнопil'nyh stankah. Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal KubGAU.-2011.-№69(05)
7. Litvinov A.E., Suhonosov N.I., Kornienko V.G. Lentochno-otreznoj stanok (patent) № 2548853 МПК В23D 55/08 (2006.01) по заявке № 2013154955/02 от 10.12.2013.
8. Litvinov A.E. Improving tool life and machining precision in band saws. Russian engineering research 2016 g. № 9 s.761-760

9. Litvinov A.E. Nekotorye aspekty shumoobrazovanija otreznyh lentochnopil'nyh stankov. Sbornik statej studentov, aspirantov, molodyh uchenyh i prepodavatelej mezhdunarodnoj konferencii "Vektory razvitija nauki" 2015 g. s 74-75

10. Litvinov A.E. Metodika rascheta lentochnoj pily na prochnost' i usilija natjazhenija dlja obespechenija ustojchivosti rezanija//Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) №9(113)2015 g

11. Litvinov A.E. Ocenka vlijanija rezonansnoj chastoty kolebanij sistemy "pila-napravljajushhaja pily" na process rezanija lentochnymi pilami//Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU)№2(96)2014 g .