

ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

УДК 630*363.7

А. О. Германович

Белорусский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИБРОУСКОРЕНИЙ МОБИЛЬНОЙ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ «АМКОДОР 2904»

В настоящее время во многих странах мира наблюдается повышение интереса к возобновляемым источникам энергии. Это связано с непрерывно уменьшающимися запасами ископаемых энергоносителей, ухудшением экологии, связанной с газовыми выбросами, приводящими к парниковому эффекту, а также стремлением многих стран к энергонезависимости и энергобезопасности. Одним из таких источников энергии является древесина. Переработка отходов лесозаготовок при помощи мобильных рубильных машин является одной из наиболее доступных и в то же время эффективных технологий переработки древесины на топливную щепу. В процессе измельчения древесного сырья к резцам прикладываются усилия, величины которого зависят от сопротивления резанию. Усилие, которое приложено к резцу, в процессе резания изменяется. Оно достигает максимума при внедрении и падает до наименьшего значения в момент отделения щепы от древесного сырья. Такое изменение усилий резания приводит к вынужденным колебаниям рубильной установки. Возмущающее воздействие от периодически изменяющихся сил резания описывается в виде гармонической функции. Основными параметрами колебаний являются частота, амплитуда колебаний, колебательная скорость и колебательное ускорение, а к нормируемым параметрам на рабочих местах относятся уровень виброскорости, уровень виброускорения.

Ключевые слова: биоэнергетика, измельчение, колебания, рубильная машина, щепа, эксперимент.

A. O. Hermanovich

Belarusian State Technological University

DETERMINATION OF VIBRATION ACCELERATION OF MOBILE CHIPPER MACHINES “AMKODOR 2904”

Currently, in many countries of the world there is an increasing interest in renewable energy sources. This is due to continuously decreasing reserves of fossil energy sources, environmental degradation associated with gas emissions, leading to the greenhouse effect, as well as the desire of many countries for energy independence and energy security. Wood is one such energy source. Recycling waste logging using mobile chipping machines is one of the most affordable and at the same time effective technologies for processing wood for fuel chips. In the process of grinding wood raw material, efforts are applied to the cutters, the magnitudes of which depend on the resistance to cutting. The force that is applied to the cutter changes during the cutting process. It reaches a maximum when introduced and falls to its lowest value at the time of the separation of chips from wood raw materials. Such a change in cutting forces leads to forced vibrations of the chipper installation. The disturbing effect of a periodically varying cutting force is described as a harmonic function. The main parameters of oscillations are frequency, amplitude of oscillations, oscillatory speed and oscillatory acceleration, and normalized parameters at workplaces include the level of vibration velocity, vibration acceleration level.

Key words: bioenergetics, shredding, vibration, chipper, chips, experiment.

Введение. В процессе заготовки древесины, а также ее первичной переработки на лесозаготовительных предприятиях образуются отходы, которые в дальнейшем могут использоваться в

производстве. Одним из путей решения задачи комплексного использования древесины является переработка древесных отходов на щепу при помощи рубильных машин. Существует

множество типов данной техники, а их работа связана с резкопеременным характером воздействия технологической или полезной нагрузки, вследствие этого при измельчении древесного сырья появляются колебания. Длительное воздействие вибрации вызывает негативные изменения физиологических функций человека, а также ведет к снижению производительности мобильной рубильной машины в целом [1].

Основная часть. Колебания, возникающие в процессе измельчения древесного сырья в щепу мобильной рубильной машиной, формируют актуальную задачу необходимости проведения экспериментальных исследований. Основной целью экспериментального исследования являлось определение движения системы в процессе работы рубильной машины, т. е. нахождение независимых, изменяющихся во времени координат (степеней свободы), определяющих положение всех масс данной системы [2–6].

Объектом исследовательских испытаний являлась мобильная рубильная машина «АМКОДОР 2904», изготовленная заводом «Дормаш» ОАО «АМКОДОР» – управляющая компания холдинга (рис. 1). Самоходная рубильная машина на мобильном шасси предназначена для измельчения в щепу стволовой низкокачественной древесины, порубочных остатков, отходов лесопиления и другого древесного сырья.



Рис. 1. Объект исследовательских испытаний – мобильная рубильная машина «АМКОДОР 2904»

Рубильная машина состоит из соединенных шарниром переднего тягового и заднего технологического модулей базовой машины и технологического оборудования: гидроманипулятора, рубильной установки, автономного двигателя.

В состав базовой машины входят: передняя и задняя полурамы, шарнир, кабина, двигатель с системами, трансмиссия, передний и задний ведущие мосты, приводы управления, тормозная система, электрооборудование, гидросистема.

При определении параметров общей вибрации опытного образца мобильной рубильной

машины производились измерения уровней виброускорений рубильной установки, рамы, кабины и кресла оператора. Для записи параметров использовалась измерительная аппаратура в составе портативного переносного компьютера со специальным программным обеспечением PULSE (рис. 2), анализатора PULSE 3560-С (портативного блока сбора данных) (рис. 3) и четырех вибродатчиков (акселерометров) [7, 8]. Измерительная аппаратура подсоединялась по схеме подключения, представленной на рис. 4.

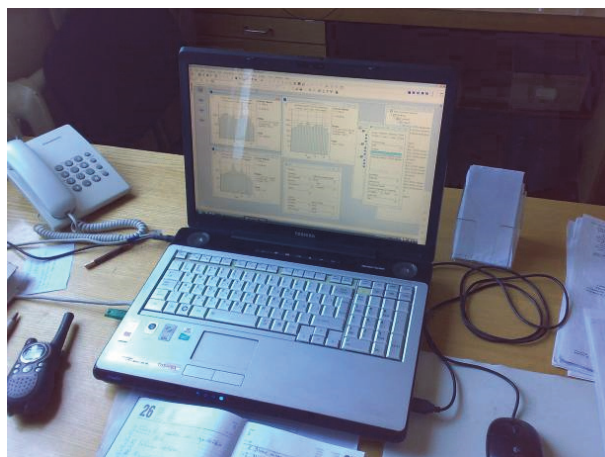


Рис. 2. Портативный переносной компьютер со специальным программным обеспечением PULSE



Рис. 3. Анализатор PULSE 3560-С

Анализатор PULSE 3560-С представляет собой портативную систему сбора данных с блоком питания, работающую от аккумуляторных батарей или источника постоянного тока. Через модуль управления осуществляется связь с компьютером, в то время как модуль ввода/вывода обрабатывает поступающие сигналы измерений и выдает тактовые импульсы для взятия отсчетов.

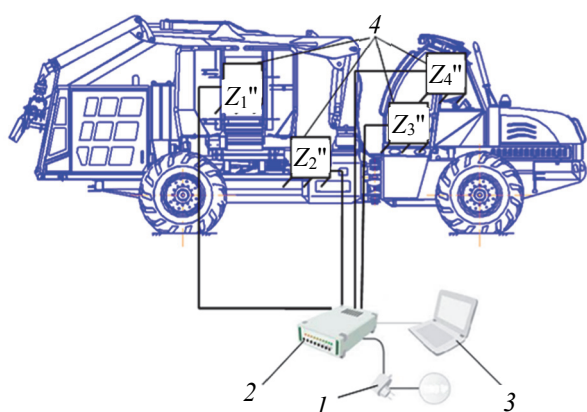


Рис. 4. Схема подключения и места установки датчиков:
1 – блок питания; 2 – анализатор спектра;
3 – портативный компьютер; 4 – вибродатчик

Регистрация измеряемых параметров производилась трехкоординатным и однокоординатным акселерометрами (рис. 5). Однокоординатный акселерометр использовался для определения виброускорений рубильной установки, рамы и кабины машины, а трехкоординатный – кресла оператора.

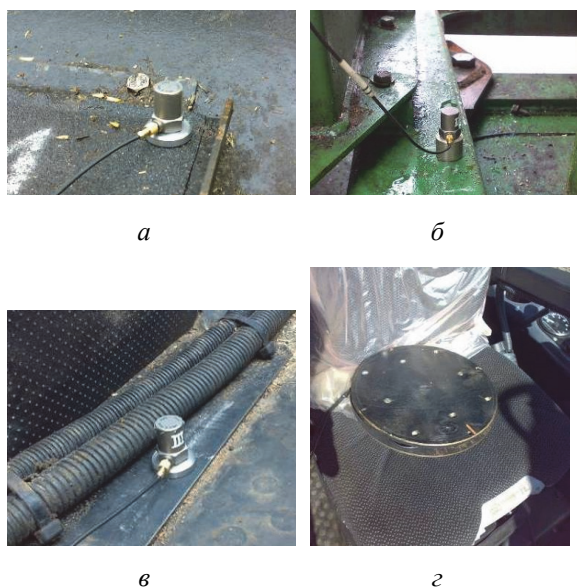


Рис. 5. Места установки акселерометров:
а, б, в – однокоординатный акселерометр 4383;
г – место установки трехкоординатного акселерометра AP2082

Однокоординатный акселерометр 4383 (рис. 5 а, б, в) состоит из пьезоэлектрических дисков или пластинок, нагруженных и зафиксированных зажимным приспособлением. Когда акселерометр подвергается воздействию вибрации, масса пластинок действует на чувствительный элемент силой. Вследствие пьезоэлектрического эффекта сила порождает

соответствующий электрический заряд. Заряд, производимый пьезоэлектрическим элементом, пропорционален ускорению механических колебаний поверхности объекта, на котором закреплен акселерометр.

Для преобразования механических колебаний объекта в электрический сигнал, пропорционально вибрационному ускорению механической системы, одновременно в трех составляющих пространственного ускорения, использовался вибродатчик (акселерометр) AP2082, который крепился в специальном деревянном диске и монтировался на кресле оператора (рис. 5, г). Вибропреобразователь подключался к портативному блоку сбора данных PULSE 3560-С, который подсоединялся к портативному переносному компьютеру (ПК). Запись измеряемых параметров производилась на жесткий диск компьютера и сопровождалась графической визуализацией процесса.

Перед началом проведения замеров вибрации на кресле оператора определялась порода измельчаемого древесного сырья, замерялись его геометрические параметры при помощи мерной ленты (рулетки), а также его влажность (рис. 6, а, б, в). Измельчаемым сырьем являлась древесина сосны влажностью 20%.

Влажность измельчаемой стволковой древесины измерялась при помощи влагомера МГ 4 (рис. 6, в). Влагомер МГ 4 предназначен для оперативного контроля влажности древесины по ГОСТ 16588. Принцип действия прибора основан на корреляционной зависимости диэлектрической проницаемости материала от содержания в нем влаги при положительных температурах.

При проведении экспериментальных исследований соблюдались требования техники безопасности, в соответствии с которыми измерительное оборудование располагалось на расстоянии 20 м от места проведения работ [9–12].

Испытания проводились в соответствии с методикой исследовательских и приемочных испытаний экспериментального образца мобильной рубильной машины «АМКОДОР 2904», разработанной сотрудниками кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок БГТУ и КБ ЛПМ ОАО «АМКОДОР» – управляющая компания холдинга.

Замер общей вибрации на рабочем месте оператора проводился на испытательной площадке ИЦИДМ завода «Дормаш» ОАО «АМКОДОР» – управляющая компания холдинга (рис. 1). Испытания проводились в сухую погоду (температура окружающего воздуха составляла +26°C). Измерения общей вибрации проводились в соответствии с методикой по п. 7.3.2.6; 7.3.2.7; 7.3.2.9; 7.3.2.10 ГОСТ 12.2.102–89.



а



б



в

Рис. 6. Определение параметров (замер) измельчаемой стволовой древесины: а – диаметра; б – длины; в – влажности

Общая вибрация при выполнении технологических операций измерялась на различных режимах: 1 – при включенном только двигателе базовой машины (работающего на холостом ходу); 2 – при включенных двигателе базовой машины и автономном двигателе привода рубильного агрегата (оба двигателя работали в режиме холостого хода); 3 – при работе рубильного агрегата без нагрузки (автономный двигатель на рабочих оборотах (1300–1500 об/мин)); 4 – при измельчении пачки сортиментов объемом 0,32 м³; 5 – при измельчении пачки сортиментов объемом 0,21 м³; 6 – при измельчении одного сортимента диаметром 0,2 м и длиной 2 м. В транспортном режиме общая вибрация измерялась на всех четырех передачах движения.

Перед каждым замером проводилась проверка работоспособности оборудования. Включение и выключение измерительной аппаратуры

производились перед каждым дублированием замера. После замера имелась возможность просмотра полученного результата [13–15].

Заключение. В результате проведенных замеров уровней локальной вибрации были получены спектры вертикальных виброускорений рамы, рубильной установки, кабины и кресла оператора на различных режимах работы рубильной машины (рис. 7, 8).

Наибольший уровень локальной вибрации наблюдается на рубильной установке, ее значение выше на 88% относительно уровня локальной вибрации рамы рубильной машины. Такой уровень вибраций объясняется тем, что рубильная установка является основным источником вынужденных колебаний.

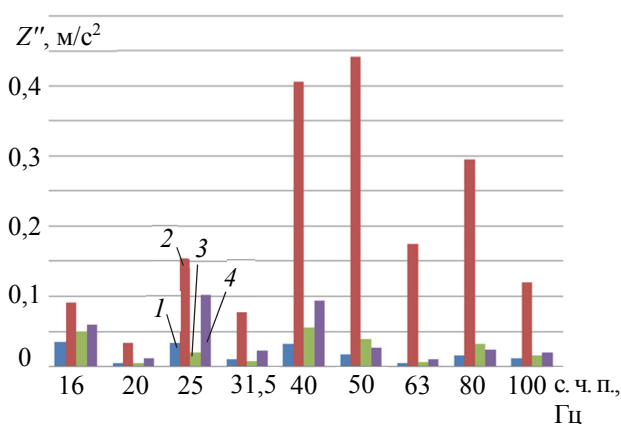


Рис. 7. Спектры вертикальных виброускорений при работе рубильной установки без нагрузки: 1 – спектр вертикальных виброускорений рамы; 2 – спектр вертикальных виброускорений рубильной установки; 3 – спектр вертикальных виброускорений кабины; 4 – спектр вертикальных виброускорений кресла оператора

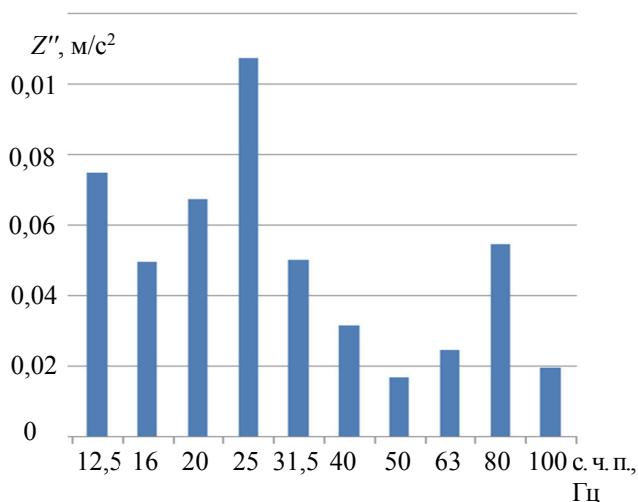


Рис. 8. Спектр вертикальных виброускорений кресла оператора при измельчении пачки сортиментов объемом 0,21 м³

Спектры вертикальных виброускорений рабочего места оператора, полученные при выполнении технологических операций на различных режимах, распределены практически равномерно, без ярко выраженных пиковых значений. В результате анализа экспериментальных данных была установлена тенденция увеличения значений виброускорений в среднем на 9% по всем частотным спектрам при увеличении объема измельчаемой пачки сортиментов на 0,11 м³, т. е. максимальные

уровни виброускорений (0,110–0,125 м/с²) были зафиксированы при измельчении наибольшей пачки сортиментов (0,32 м³).

Проведенные экспериментальные исследования позволили изучить влияние на возмущение колебаний машины различных параметров измельчаемого древесного сырья, а также установить, что характеристики машины соответствуют требованиям ТЗ, ТУ и п. 2.1.9 ГОСТ 12.2.102–89 (п. 2.7 ГОСТ 12.1.012–90), СанПиН от 26.12.2013 № 132.

Литература

1. Германович А. О. Обоснование параметров мобильной рубильной машины на базе многофункционального шасси для производства топливной щепы: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Минск, 2015. 26 с.
2. Бершадский А. Л., Цветаева Н. И. Резание древесины. Минск: Выш. шк., 1975. 303 с.
3. Facello A., Cavallo E., Spinelli R. Chipping machines: disc and drum energy requirements // *Journal of agricultural engineering*, 2013. Vol. XLIV (s2): e75. P. 378–380.
4. Вальщиков Н. М. Рубительные машины. СПб.: Машиностроение, 1970. 328 с.
5. Германович А. О. Динамическая модель работы мобильной рубильной машины // *Автомобиль и электроника. Современные технологии*. 2013. № 2 (5). С. 75–78.
6. Арико С. Е. Обоснование параметров валочно-сучкорезно-раскряжевой машины для рубок промежуточного лесопользования: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Минск, 2012. 25 с.
7. Германович А. О. Экспериментальное исследование вынужденных колебаний рубильной машины при выполнении технологических операций // *Вестник ХНАДУ*. 2013. Вып. 63. С. 31–35.
8. Мохов С. П., Симанович В. А., Германович А. О. Негативное влияние вибраций на рубильную машину // *Материалы 61-й науч.-техн. конф. студентов и магистрантов, Минск, 19–24 апр. 2010 г.: в 4 ч.* / Белорус. гос. технол. ун-т. Минск, 2010. Ч. 1. С. 193–195.
9. Бычек А. Н. Обоснование параметров бесчokerной трелевочной машины на базе трактора МТЗ-82: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Минск, 2000. 20 с.
10. Жуков А. В. Теория лесных машин. Минск: БГТУ, 2001. 640 с.
11. Рахманов С. И., Гороховский К. Ф. Машины и оборудование лесоразработок. М.: Лесная пром-сть, 1967. 532 с.
12. Пищов С. Н. Применение двигателя комбинированного типа для повышения тягово-цепных свойств лесных погрузочно-транспортных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Минск, 2008. 20 с.
13. Лой В. Н., Германович А. О. Влияние различных характеристик древесного сырья на энергонасыщенность рубильной машины // *Труды БГТУ*. 2012. № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 21–24.
14. Германович А. О., Лой В. Н. Выбор мощности автономного двигателя рубильной машины // *Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 17–18 нояб. 2011 г.* / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Могилев, 2011. С. 145.
15. Влияние характеристик древесного сырья на энергозатраты рубильной машины с верхним выбросом щепы / А. О. Германович [и др.] // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–22 апр. 2012 г.: в 2 ч.* / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Могилев, 2012. Ч. 2. С. 13–14.

References

1. Germanovich A. O. *Obosnovaniye parametrov mobil'noy rubil'noy mashiny na baze mnogo-funktional'nogo shassi dlya proizvodstva toplivnoy shepuy*. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Parameters substantiation of mobile chipper based on multifunctional chassis for wood chips production. Abstract of thesis cand. of engineer. sci.]. Minsk, 2015. 26 p.
2. Bershadskiy A. L., Tsvetaeva N. I. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1975. 303 p.
3. Facello A., Cavallo E., Spinelli R. Chipping machines: disc and drum energy requirements. *Journal of agricultural engineering*, 2013, vol. XLIV (s2): e75, pp. 378–380.

4. Val'shchikov N. M. *Rubitel'nyye mashiny* [Chippers]. St. Petersburg, Mashinostroeniye Publ., 1970. 328 p.
5. Germanovich A. O. The dynamic model of the mobile chipper. *Avtomobil' i elektronika. Sovremennyye tekhnologii* [Car and electronics. Modern technology], 2013, no. 2 (5), pp. 75–78 (In Russian).
6. Ariko S. Ye. *Obosnovaniye parametrov valочно-suchkorezno-raskryazhevochnoy mashiny dlya rubok promezhutochnogo lesopol'zovaniya. Avtoref. dis. cand. tekhn. nauk* [Justification harvester parameters for intermediate forest cuttings. Abstract of thesis cand. of engineer. sci.]. Minsk, 2012. 25 p.
7. Germanovich A. O. Experimental study of forced vibrations of the chipper when performing technological operations. *Vestnik HNADU* [Bulletin of HNADU], 2013, no. 63, pp. 31–35 (In Russian).
8. Mokhov S. P., Simanovich V. A., Germanovich A. O. Negative effect of vibrations on the chipper. *Materialy 61-y nauch.-tekhn. konf. studentov i magistrantov* [Materials 61 scientific and technological conference of students and undergraduates]. Minsk, 2010, part 2, pp. 193–195 (In Russian).
9. Bychek A. N. *Obosnovaniye parametrov beschokernoy trelevochnoy mashiny na baze traktora MTZ-82. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [Justification settings beschokernoy skidder on the basis of MTZ-82. Abstract of thesis cand. of engineer. sci.]. Minsk, 2000. 20 p.
10. Zhukov A. V. *Teoriya lesnykh mashin* [The theory of forest machines]. Minsk, BGTU Publ., 2001. 640 p.
11. Rakhmanov S. I., Gorokhovskiy K. F. *Mashiny i oborudovaniye lesorazrabotok* [Machinery and equipment lumbering]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1967. 532 p.
12. Pishchov S. N. *Primeneniye dvizhitelya kombinirovannogo tipa dlya povysheniya tyagovo-stsepykh svoystv lesnykh pogruzochno-transportnykh mashin. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk* [The use of propeller type combined to enhance traction characteristics of forest cargo transport vehicles. Abstract of thesis cand. of engineer. sci.]. Minsk, 2008. 20 p.
13. Loy V. N., Germanovich A. O. Effect of various characteristics of raw wood on energy saturation of the chipper. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 20–23 (In Russian).
14. Germanovich A. O., Loy V. N. Selection of power independent engine chipper. *Materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. molodykh uchenykh "Novyye materialy, oborudovaniye i tekhnologii v promyshlennosti"* [Materials of the International scientific and technical conference of young scientists "New materials, equipment and technologies in the industry"]. Mogilev, 2011, p. 145 (In Russian).
15. Germanovich A. O., Loy V. N., Ariko S. E., Golyakevich S. A. Influence of characteristics of wood raw material to the energy chipper with overhead discharge chips. *Materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. molodykh uchenykh "Materialy, oborudovaniye i resursosberegayushchiye tekhnologii"* [Materials of the International scientific and technical conference of young scientists "Materials, equipment and resource-saving technologies"]. Mogilev, 2012, part 2, pp. 13–14 (In Russian).

Информация об авторе

Германович Александр Олегович – кандидат технических наук, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: germanovich@belstu.by

Information about the author

Hermanovich Aliaksandr Olegovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: germanovich@belstu.by

Поступила 01.10.2019