

Получена: 15.09.2017 г.

Приета: 07.12.2017 г.

СЪЩЕСТВЕНИ МОМЕНТИ ПРИ ОСИГУРЯВАНЕ НА ВИБРАЦИОННАТА БЕЗОПАСНОСТ НА СТРОИТЕЛНА МЕХАНИЗАЦИЯ

П. Шушулов¹, К. Радлов², Л. Хрисчев³, Г. Иванов⁴

Ключови думи: строителни машини; вибрационна безопасност; безаварийна експлоатация; негативни въздействия

РЕЗЮМЕ

Настоящата разработка разглежда важни аспекти, свързани с вибрационната безопасност на строителната механизация и засягащи правилното разбиране на реалното ниво на създаваните вибрации в процеса на експлоатация на машините, както и приемането на нужните конструктивни и организационни мерки за осигуряване на вибрационната безопасност на машини и инструменти. Представени са основните положения, свързани с осигуряване на вибрационната безопасност на машината за безаварийна експлоатация и минимизиране на вредните въздействия върху работниците, като са съблюдавани основни норми и стандарти, които задават изисквания към вибрационната безопасност. Накрая са формулирани основни изводи за вибрационната безопасност, които имат важна роля за намаляване на негативните въздействия от вибрациите на машини и инструменти по време на тяхната експлоатация.

¹ Петър Шушулов, асистент инж., кат. „Технология и механизация на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: peter_shushulov@abv.bg

² Калин Радлов, доц. д-р инж., кат. „Технология и механизация на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kradlov@abv.bg

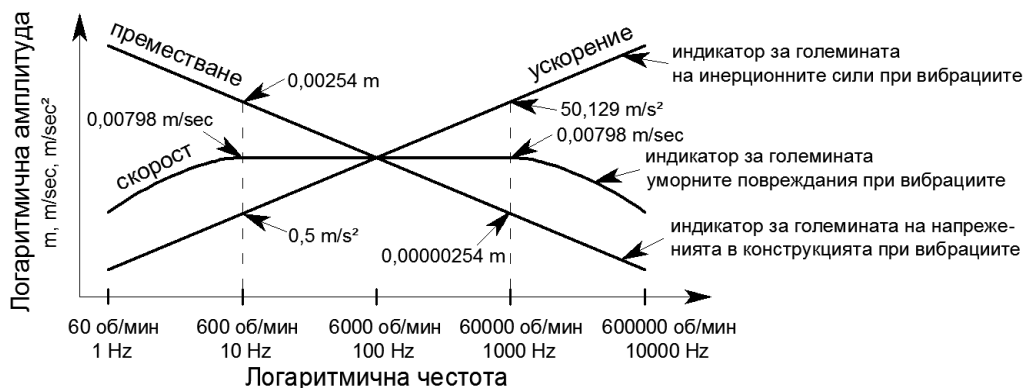
³ Лъчезар Хрисчев, доц. д-р инж., кат. „Технология и механизация на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: l.hrishev@abv.bg

⁴ Георги Иванов, докторант, кат. „Технология и механизация на строителството”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: givanov_fce@uacg.bg

1. Въведение

Строителната механизация интегрира в себе си голяма група машини, при които съществува потенциална опасност от повишено ниво на вибрации. Това е често срещано явление, както при по-тежките машини, така и при леките ръчни механизирани инструменти. Виброопасна машина се нарича такава машина, при която има опасност, с достатъчно голяма вероятност, по време на експлоатацията да се създадат по-високи от допустимите нива на вибрации и да не се потвърдят очакваните (предварително заявени) вибрационни характеристики на машината. Повишените нива на вибрации създават риск от възникване на редица негативни последствия, като: увреждания на здравето на работниците; аварии и откази при работа на машината; нарушение на ритъма на работния процес и намаляване на производителността; влошаване на експлоатационните характеристики на машината и др. Към основните задачи по осигуряването на вибрационната безопасност се отнасят както осигуряването на нужната виброустойчивост на конструкцията на машината в процеса на нейното проектиране и производство, така също и осигуряването на вибрационната безопасност по време на експлоатацията. Настоящата разработка разглежда основно въпросите на вибрационната безопасност, които са свързани с експлоатацията на строителните машини.

Осигуряването на вибрационна безопасност на машина по време на експлоатация се изразява основно в следните три насоки: 1. Предварително запознаване с вибрационните характеристики на използваната машина; 2. Предприемане на нужните инженерно-конструктивни мероприятия при изграждане на опорната конструкция (при необходимост) и монтаж на машината; 3. Осъществяване на нужния мониторинг и контрол на нивото на вибрациите по време на експлоатация.



Фиг. 1. Линии на равни нива на вибрациите при използване на различни параметри за оценка – преместване, скорост и ускорение

В зависимост от конкретния случай съществуват различни варианти за избор на параметър за оценка на вибрациите – ускорение, скорост или преместване. Скоростта на вибрациите е основен параметър за оценка на нивото на вибрациите от гледна точка на осигуряване на безаварийна работа на машината. Установено е, че настъпване на уморни повреждания в конструкциите на машините се наблюдават основно при вибрации в честотния диапазон между 10 Hz (600 об/мин) и 2000 Hz (120 000 об/мин). Това не изключва за „оценка на ниво на уморни повреждания“ в конструкцията да бъде използвано също и „ускорение“ или „преместване“, но в този случай е задължително да бъде указана също и честотата на трептенията. На фиг. 1 по-долу са показани три графики (на пре-

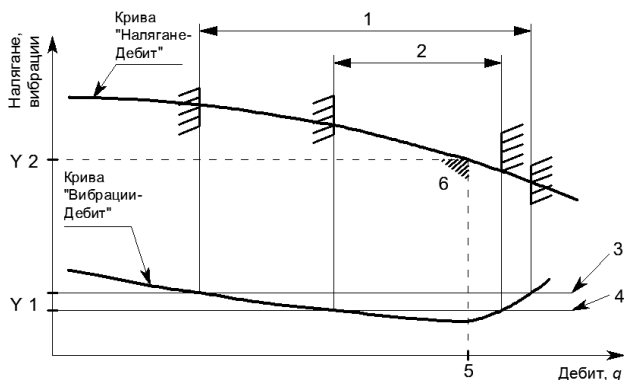
местване, скорост и ускорение), които илюстрират т.нар. „линии на равни нива на вибрациите“ при използване на различните параметри за оценка.

Дефиниране на нивото на вибрации чрез стойност на „ускорението“ се налага основно в случаите, при които е необходимо да се дадат данни, свързани с негативните въздействия на вибрациите върху оператора на машината или персонала.

Съгласно изискванията на „Наредба за съществените изисквания и оценяване съответствието на машините“ [1] производителят на машината вписва в техническата ѝ документация т.нар. „вибрационна характеристика“, но тя дава само обща представа за нивото на създаваните вибрации от машината при монтаж към абсолютно кораво основа. Следователно ползвателят на машината трябва да има предвид, че в конкретните експлоатационни условия на машината (начин на монтаж; начин на използване на машината; динамични характеристики на опорната конструкция; тип и свойства на обработваното от машината изделие; влажност; температура и други условия на околната среда) е възможно действителните създавани от машината нива на вибрации значително да се различават (и дори да бъдат в пъти по-високи) от предварително очакваните и указаните в техническата документация от производителя. Отговорността относно начина на разположение и монтаж на машината и динамичните свойства на опорната конструкция и фундамента пада именно върху ползвателя на машината. Доброто познаване и правилното разбиране на въпросите за вибрационната безопасност на строителните машини служи за постигането на три основни цели:

- осигуряване на нужната информация по отношение на действителното ниво на създаваните вибрации от машината по време на реалната ѝ експлоатация – това в повечето случаи изисква допълнителни анализи и оценки за нивото на вибрациите;
- свеждане до минимум на негативните вибрационни въздействия, които се индуцират от машината по време на нейната работа;
- подпомагане на процеса на оптимален избор на строителна машина от гледна точка на вибрационната ѝ безопасност.

2. Аспекти на вибрационната безопасност за безаварийна експлоатация и поддържане на нормални работни характеристики на машината



Фиг. 2. Зависимости „налягане-дебит“ и „ниво на вибрации-дебит“ за роторни помпи

Нивата на създаваните вибрации по време на работа на машината играят важна роля за осигуряването на нормална работа и поддържането на необходимите експлоатационни характеристики. Например стандартът БДС ISO 10816:2002 „Вибрации. Оценка на вибрациите на машини чрез измерването им на невъртящи се части” [2] дефинира т.нар. „гранични зони“ за нивата на създаваните вибрации от роторни помпи (с мощност над 1 kW), които се отнасят за „невъртящите се части“ на помпата (корпус, фундамент и др.) – фиг. 2.

На фиг. 2 са използвани следните означения: Y2 – налягане на течността (маслото) в помпата; Y1 – ниво на вибрации в конструкцията на помпата; q – дебит на течността (маслото) в помпата; 1 – допустима зона за експлоатация; 2 – препоръчителна зона за нормална експлоатация; 3 – максимално допустима граница на вибрациите; 4 – препоръчителна граница на вибрациите за нормална експлоатация; 5 – стойност на дебита, при който има максимална ефективност; 6 – точка на дебит и налягане, при която има максимална ефективност. От фиг. 2 се вижда, че с помощта на регулиране на дебита на помпата нивата на вибрациите трябва да бъдат поддържани в определена нормална работна граница, тъй като над нея се нарушава нормалната експлоатация на помпата. В конкретни условия на експлоатация на всякакъв род машини, при които има опасност от повишено ниво на вибрации, е препоръчително да бъдат установени т.нар. „допустими нива на вибрациите за нормална работа/експлоатация“, при надвишаването на които съществува потенциална вероятност да възникнат нарушения в експлоатационните характеристики и аварии. Тези „допустими нива“ представляват основната изходна база, с която се сравняват реално измерените нива на вибрации и въз основа на това се вземат решения за предприемане на съответните последващи действия (незабавен ремонт, допълнителни измервания, специален режим на наблюдение и др.). На същата база трябва да се разработват и съответните програми за поддръжка, следене и мониторинг на нивото на вибрациите за конкретната машина. Въпросните „допустими нива на вибрациите за нормална експлоатация“ обикновено са посочени в съответните норми и стандарти и/или биват указани от производителя на машината, но съществуват и други начини за тяхното установяване: чрез инженерни изчисления въз основа на допустимите стойности за хлабините в съединенията на машината; въз основа на утвърдени данни от дългосрочни наблюдения и мониторинг на нивото на вибрациите за конкретния тип машина; чрез извършване на сравнение между подобни типове машини, имащи сходни начини на използване и др. За по-удобно и бързо установяване на „допустими нива на вибрации за нормална експлоатация“ се разработват т.нар. „оценителни таблици и графики за нивата на вибрациите“. В общия случай те съдържат три степени на оценка: 1. Нормално ниво на вибрации; 2. Повишено ниво на вибрации; и 3. Наднормално ниво на вибрации, които предполагат и предприемането на различни видове последващи мерки за обследване, ремонт на машината и/или контрол на вибрациите. Съществуват множество разработки, основани на реално проведени измервания на вибрации върху стотици на брой машини и обобщаване на натрупания през годините опит [3], на база на които в техническата литература и стандартите са дадени различни модификации на въпросните „таблици/графики“, като например: с отчитане (или не) на честотата на вибрациите при оценката; със или без отчитане на типа, размера и мощността на машините; с отчитане на само един параметър или на няколко параметъра на вибрациите; с отчитане (или не) на начина по който се задвижват механизмите на машините (директно куплиране към двигателя; чрез ремъчна/верижна предавка; чрез редуктор и др.); със или без отчитане на начина на монтаж на машините и коравината на опорната конструкция и др. Важен елемент от въпросните „диаграми/таблици“ се явява осигуряването на нужната информация по отношение на това, за каква точно експлоатация се отнасят указаните в тях „допустими нива на вибрации“, а именно: за новомонтирана

машина (най-ниско ниво на вибрации; най-високи изисквания); за дългосрочна експлоатация на съществуваща машина или само за краткосрочна (ограничена) експлоатация на съществуваща машина.

3. Аспекти на вибрационната безопасност за предотвратяване на увреждания на персонала

3.1. Общи технически аспекти

По обясними причини в съществуващите нормативни документи и стандарти са по-силно засегнати въпросите, свързани с осигуряването на вибрационна безопасност от гледна точка на предотвратяване на увреждания на персонала. Основен стандарт в Р България по отношение на въздействащите върху цялото тяло вибрации е БДС EN 14253:2003+A1:2008 [4]. В „Наредба за съществените изисквания и оценяване съответствието на машините“ [1] също, дадени конкретни указания и изисквания. Така например, в чл. 29, ал. 1 е записано, че седалката на оператора на машината се проектира и изработва така, че вибрациите, които се предават на оператора, да бъдат намалени до най-ниското разумно предвидимо ниво. В същата наредба чл. 123, ал. 1 (както и в чл. 158, ал. 1) е записано, че инструкцията за експлоатация на машините трябва да съдържа информация за предаваните към оператора на машината вибрации, когато ускорението на вибрацията превишава $2,5 \text{ m/s}^2$, както и включена неопределеност на измерването. Съгласно чл. 123, ал. 2 стойностите на вибрациите могат да се измерват на конкретната машина или на друга технически сравнима машина (типопредставител). Нивото на предаваните към оператора на машината вибрации е от особена важност за ръчно водимите и/или ръчно държани машини (като например: ръчна електрическа трамбовка; вибрационна плоча, вибрационно устройство за уплътняване на бетонна смес и др.). Вибрационната характеристика на машината трябва да бъде установена за различните възможни местоположения, които са характерни по време на експлоатация, а именно: предавана вибрация към оператора на машината; предавана вибрация към близкостоящи хора и обекти; предавана вибрация към обработвания обект/изделие; предавана вибрация към работния орган на машината и др.

За случаите, при които работникът се намира в непосредствен контакт с вибриращата машина (например: трамбовъчна машина, еднокосов багер и др.) е най-важно да бъдат изследвани предаваните вибрации към оператора на машината за основните възможни режими на работа на машината, както и за различните типове възможни виброизолатори в мястото на контакт между работника и машината (седалки, ръкохватки). Оценява се също и вибрацията, с която машината въздейства върху близкостоящите хора, обекти и оборудване.

За случаите, при които работникът не се намира в непосредствен контакт с вибриращата машина (например: челюстна каменотрошачка, пресевна машина и др.) е необходимо да се изследват основно създаваните вибрации непосредствено в мястото на монтаж на машината, както и в близост около машината за основните възможни режими на работа, както и за различните типове възможни виброизолатори, с които машината се монтира към съответната опорна конструкция/фундамент. В повечето случаи допълнително бива изследвана също и предаваната вибрация към работния орган на машината, както и към други важни отделни компоненти на машината (двигател; хидравлична помпа и т.н.).

По отношение на процедурите за изследване/измерване на нивото на вибрациите са разработени множество стандарти ([5], [6] и др.), както и ръководства. Така например, подробни указания за измерване на ниво на вибрациите и направа на вибродиагностика при еднокошови багери са дадени в ръководството РД-15-14-2008 [7]. Съгласно това ръководство е задължително да се измерва нивото на вибрации за работното място на машиниста (седалката) при извършването на първоначалното техническо освидетелстване на еднокошовия багер, както и по време на експлоатацията на багера по време на извършването на планови обследвания на работната площадка. Минималният необходим честотен диапазон, в който трябва да бъде извършена вибродиагностика на еднокошов багер, е $\Delta f = (10 \div 1000)$ Hz.

За всички виброопасни машини е важно техният производител да укаже в техническата им документация т.нар. „вибрационни характеристики“, които в общия случай представляват реалните (измерени) вибрационни параметри на машината u [m/s^2], неопределеностите, при които са били получени тези параметри K [m/s^2], както и стандартът/кодът, в съответствие с който са били извършени изпитванията/измерванията на вибрациите и конкретните условия, при които са били извършени [8]. Например за вибрационна характеристика на ръчен винтоверт се изискват следните данни: тип; модел; конкретна стойност на вибрационната характеристика: u [m/s^2]; конкретна стойност на неопределеността: K [m/s^2]; стандартът, въз основа на който е била определена вибрационната характеристика; подробна информация за конкретните условия на провеждане на изпитването/измерването на вибрациите (например: операция на завинтване на винт на стенд, с осигуряване на постоянен момент на затягане $M = 1,5$ [N.m] в режим без приплъзване на съединителната муфа; упражнявана сила на вертикален натиск по време на завиването: $F = 20$ [N]).

Производителят на машината носи отговорност за заявените вибрационни характеристики на произвежданата от него машина, но ползвателят на машината е този, който извършва контрол за нивото на вибрациите на работното място. Не е допустимо да бъде експлоатирана такава ръчна машина, при която е извършен контрол на стойността на виброускорението и е било установено, че то е в пъти по-голямо от нормативно установената допустима стойност съгласно БДС EN ISO 5349 [9].

3.2. Изисквания и процедури за осигуряване на ЗБУТ съгласно националното и европейско законодателство. Добри практики

Известно е, че при продължително действие на локалните и общите вибрации възникват патологични промени, които определят картината на вибрационната болест, чието проявление зависи от редица фактори като характер, основни параметри, интензивност и посока на действие, времето на експозиция, индивидуални фактори на работещия и др. [12].

В Р България минималните изисквания за предпазване на работещите от съществуващи или потенциални рискове за здравето и безопасността, свързани с експозиция на вибрации при работа, са нормативно регламентирани в Наредба № 3 за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на вибрации [13]. По своето същество, Наредба № 3 транспортира в националното законодателство изискванията на Директива 2002/44/ЕО относно мини-

малните изисквания за здраве и безопасност, свързани с експозицията на работниците на рисковете от физически фактори (вибрации) [14].

От гледна точка на осигуряване на изискванията за ЗБУТ, свързани с експозиция на вибрации, както Наредба № 3, така и Директива 2002/44/ЕО, се определят два типа вибрации – вибрации, предавани на системата ръка-рамо и вибрации, предавани на цялото тяло.

Основните дефиниции съгласно [13] и [14] са както следва:

- вибрация ръка-рамо – механична вибрация, която при предаване на системата ръка-рамо води до рискове за здравето и безопасността на работещите, по-специално до съдови, костни, ставни, нервни или мускулни нарушения;
- вибрация на цялото тяло – механична вибрация, която при предаване на цялото тяло води до рискове за здравето и безопасността на работещите, по-специално до болки в кръста и травми на гръбначния стълб;
- експозиция – излагане на човешки организъм на въздействието на физични, химични или биологични агенти;
- дневна стойност на експозиция за предприемане на действие – стойността, при превишаването на която работодателят е длъжен да осигури здравно наблюдение и да предприеме технически и/или организационни мерки за отстраняване или намаляване на риска.

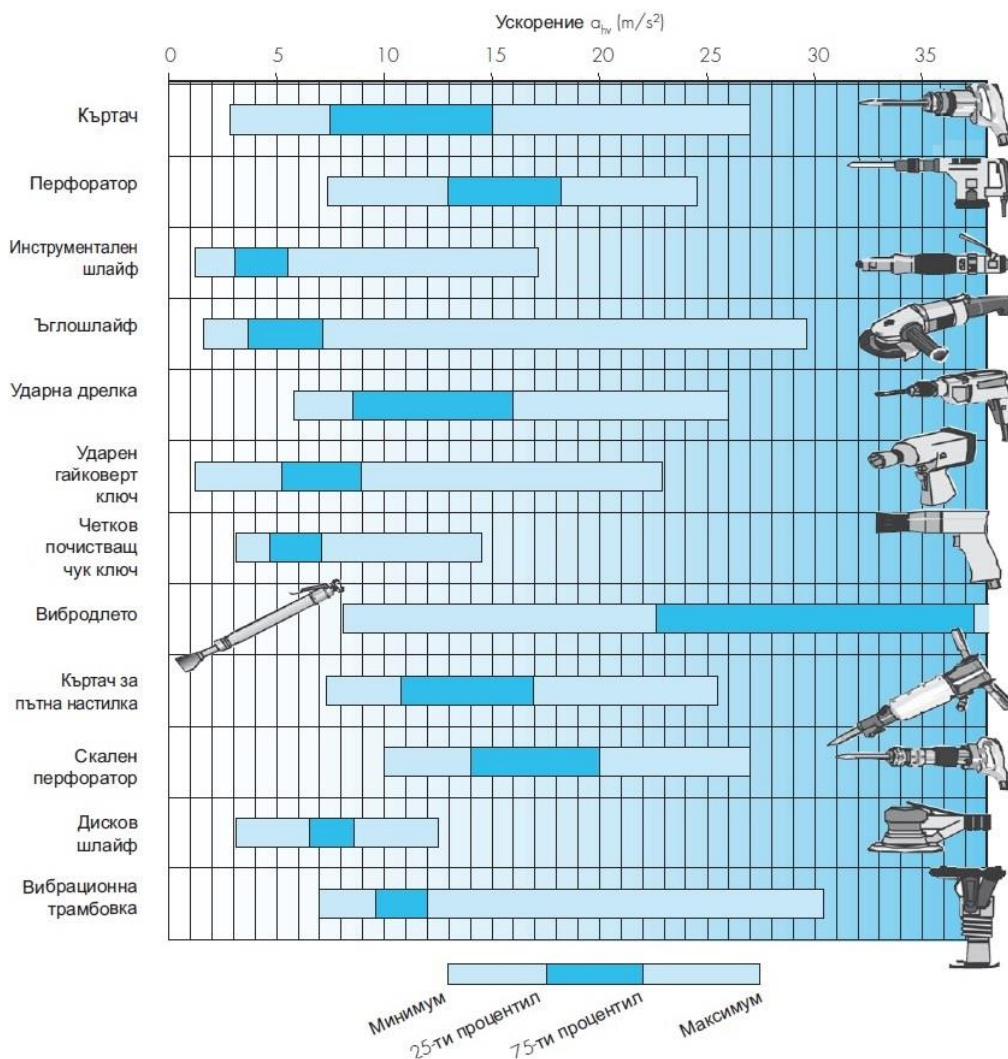
Съгласно нормативните изисквания, стойностите на вибрациите, предавани на системата ръка-рамо, не трябва да превишават: дневната гранична стойност на експозиция, определена за период 8 часа – 5 m/s^2 ; дневната стойност на експозиция за предприемане на действие, определена за период 8 часа – $2,5 \text{ m/s}^2$. Стойностите на вибрациите, предавани на цялото тяло, не трябва да превишават: дневната гранична стойност на експозиция, определена за период 8 часа – $1,15 \text{ m/s}^2$; дневната стойност на експозиция за предприемане на действие, определена за период 8 часа – $0,5 \text{ m/s}^2$.

Задължение на работодателя е да оцени и да измери нивата на вибрации, на които работещите са изложени. Нивото на експозиция на вибрации може да се оцени чрез: наблюдение на специфичните работни практики; информация за вероятната стойност на вибрациите, съответстваща на оборудването или на типа оборудване и на условията, при които то се използва; информация, предоставена от производителя на оборудването. Нивото на експозиция на вибрации се измерва със специална апаратура и по подходяща методология съгласно изискванията на стандартите и действащите нормативни документи. Така например, измервателните прибори за вибрации ръка-рамо трябва да отговарят на спецификациите на стандарт EN ISO 8041-1:2017 [10].

На фиг. 3 са дадени някои типични примери за диапазони на големините на вибрациите ръка-рамо при използвани в строителството работни инструменти. Следва да се има предвид, че данните са ориентировъчни и не са представителни за конкретните условия на използване на машините.

Оценката на експозицията на вибрациите, предавани на системата ръка-рамо, се основава на изчислението на дневната стойност на експозиция за период 8 часа $A(8)$ съгласно т. 4 и 5 и Приложение А на [9], като се вземат предвид общата стойност на вибрациите a_{hv} в m/s^2 (изчислено съгласно [13]), общата дневна продължителност на експозиция на вибрации T в h(s) и продължителността на работната смяна T_o – 8 h.

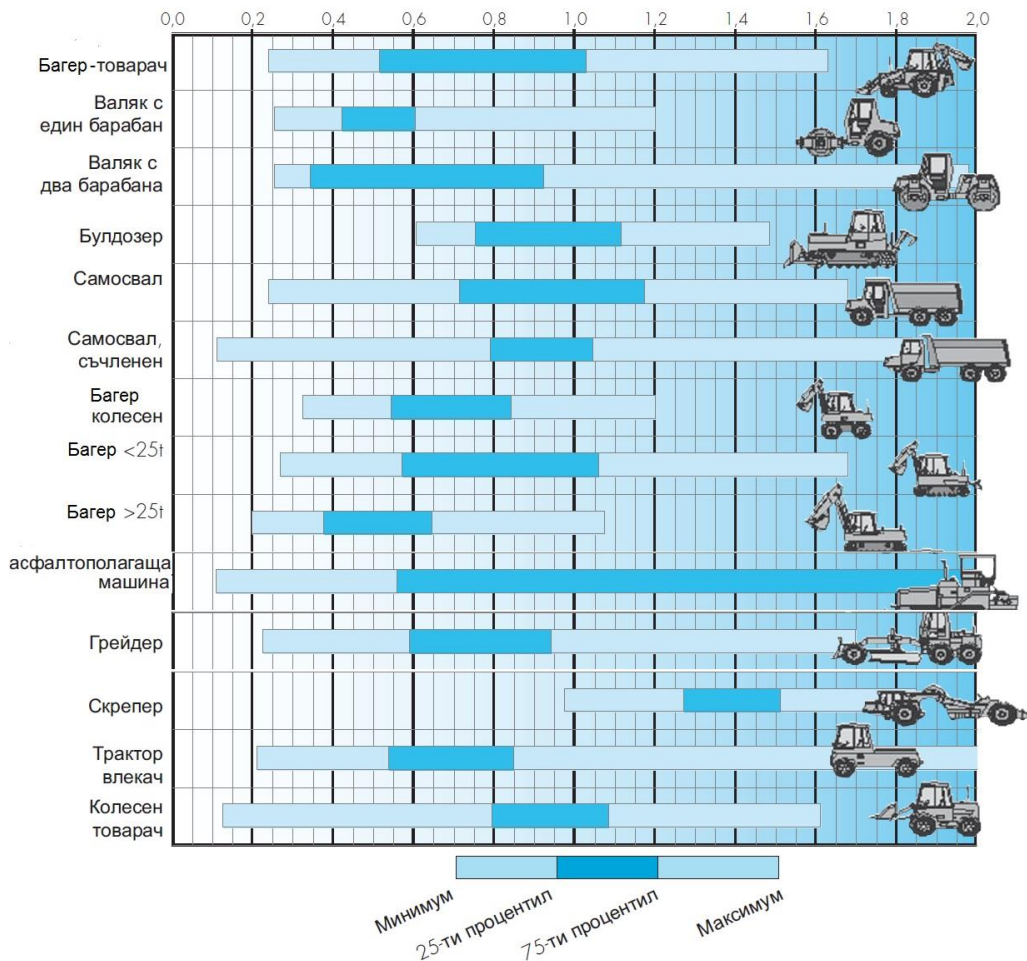
По отношение на вибрациите, предавани на цялото тяло, на фиг. 4 са представени примери за ориентировъчни стойности на вибрациите при някои строителни машини и транспортни средства.



Фиг. 3. Примери за диапазони на големините на вибрациите при типични работни инструменти, водещи до вибрации ръка-рамо [15]

Оценката на експозицията на вибрациите, предавани на цялото тяло, се основава на изчислението на дневната експозиция $A(8)$, изразена като еквивалентното постоянно ускорение за период 8 часа, изчислено като най-високата от ефективните стойности съгласно т. 5, 6 и 7, Приложение А и Приложение Б от стандарта БДС ISO 2631-1:2004 [11]. Тук се вземат предвид най-вече стойността на вибрациите a_w в една от трите ортогонални оси – x , y и z , продължителността или времето на експозиция на стойността на вибрациите T и продължителността на работната смяна T_o – 8 h.

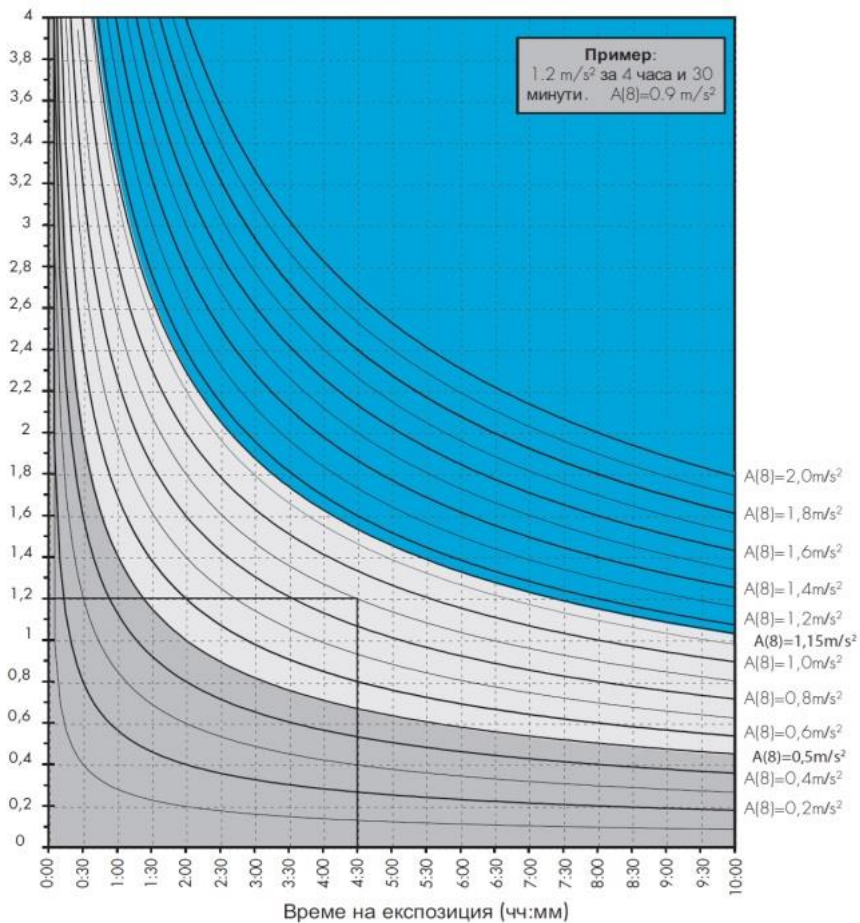
В практиката са разработени и намират приложение и някои уеб-базираны програми за изчисление, които опростяват процеса за изчисляване на дневните експозиции на вибрации (например [18]). Могат да се използват и алтернативни методи за установяване на дневните експозиции или частичните експозиции на вибрации, без необходимост от конкретни изчисления като номограми, диаграми и др.



Фиг. 4. Примери за диапазони на големините на вибрациите при някои строителни машини, водещи до вибрации, предавани на цялото тяло [15]

На фиг. 5 е представена именно такава диаграма, която представлява алтернативен метод и може да се използва за определяне наддневната гранична стойност на експозиция и дневната стойност на експозиция за предприемане на действие. Такива диаграми са налични и разработени както за вибрациите ръка-рамо, така и за вибрации, предавани на цялото тяло. Следващият съществен етап е извършването от страна на работодателя на оценката на риска, която се оценява съгласно Наредба № 5 за оценка на риска [16]. При оценяването на риска задължително се отчитат: нивото, видът и продължителността на експозиция; граничните стойности на вибрациите; информацията, предоставена от производителите на работното оборудване; специфичните условия на работа, като например ниски температури и др. На базата на оценката на риска, работодателят е длъжен да отстрани рисковете, произтичащи от експозиция на вибрации или да ги сведе до минимум. Това може да се постигне чрез разработване и прилагане на технически и организационни мерки за намаляване на нивото на експозиция на вибрации, включващи

едно или повече от следните мероприятия: избор на подходящо работно оборудване, генериращо възможно най-малко вибрации; осигуряване на допълнително оборудване, намаляващо риска от увреждания от вибрациите, като седалки, които ефективно намаляват вибрациите, предавани на цялото тяло, и ръкохватки, намаляващи вибрациите, предавани на системата ръка-рамо; подходящи програми за мониторинг и контрол на нивото на създаваните от машината вибрации по време на експлоатация; подходящи програми за поддържане на работното оборудване и работното място в нужното изправно състояние и подходяща организация на работното място; информация и обучение на работещите за правилното и безопасно използване на работното оборудване с цел да се сведе до минимум експозицията им на вибрации; ограничаване на продължителността и интензивността на експозицията съобразно работните планове и графици; подходяща организация на работното време с достатъчни периоди за почивка и др.



Фиг. 5. Диаграма на дневните експозиции на вибрациите, предавани на цялото тяло [15]

С цел превенция на здравето е необходимо също осигуряване на здравно наблюдение съгласно Наредба № 3 за медицинските прегледи на работниците [17]. Наблюдението се прилага, когато: експозицията на вибрации може да причини заболяване или увреждане на здравето; заболяването или увреждането на здравето могат да възникнат в

резултат на специфичните условия на труд и съществуват методи за откриване на заболяването или увреждането на здравето. Резултатите от здравното наблюдение трябва да се вземат предвид при всяко последващо планиране и прилагане на предпазни мерки за вибрационна безопасност на конкретното работно място.

4. Основни изводи за вибрационната безопасност

1. От гледна точка на поддържане на определени експлоатационни характеристики на машината не е възможно да бъдат установени „универсални допустими нива на вибрациите за нормална експлоатация“, които да важат за всички видове машини и условия на експлоатация. Те са различни при различните машини в зависимост от тяхното конкретно приложение и условия на работа. Например при общоизползваните машини за бетонови работи (бетонпомпи, бетоносмесители и др.) би могло да се установят доста по-високи допустими нива на вибрации, отколкото при специалните машини за бетонови работи (например: машините за „рязане по размер“ в инсталациите за производство на газобетонни блокове), където се изисква висока точност за поддържане на нужните експлоатационни характеристики.
2. При някои машини е съвсем резонно да се създават сравнително високи нива на вибрации, което в повечето случаи произтича най-вече от начина им на монтаж и от характера на извършваната работа – например при машини от типа на „чукови мелници“ или „челостни каменотрошачки“ е нормално да бъдат очаквани и предвидени сравнително високи допустими нива на вибрации, което важи също и при машините, които се монтират към еластични опори (пружини или гумени подложки).
3. Основен параметър за оценка на нивото на вибрациите от гледна точка на осигуряване на безаварийна работа на машината е „скоростта на трептенията“, а от гледна точка на опазване на здравето на работниците е „ускорението на трептенията“. Но освен за тях трябва също да се следи и за наличието на тенденция към изменение (увеличаване) на нивото на вибрациите. Тази „тенденция към увеличение“ е много важно да бъде оценявана в два аспекта: при увеличаване на честотата на въртене на двигателя и тенденция с течението на времето.
4. При провеждане на вибродиагностика и измерване на нивата на вибрациите в една машина в установен честотен диапазон се препоръчва да се използва следното основно правило за оценка: колкото е по-малка интензивността/скоростта на нарастване на нивото на вибрациите с увеличаване на честотата (в изследван честотен диапазон), толкова е по-добро техническото състояние, в което се намира въпросната машина от гледна точка на вибрационната безопасност и обратно.
5. По време на експлоатацията на машините могат да възникнат реални ситуации (основно при високите честоти на въртене), при които може да са налице много високи „ускорения“ на вибрациите, като в същия момент да бъдат отчитани сравнително ниски стойности на „преместванията“ и „скоростта“. Например: ако е налице проблем с редуктор на машина, то измерената скорост на вибрациите може да е сравнително ниска (например: равна

на 0,64 cm/s, което спада към нормалните нива на вибрации). Но ако въпросната скорост е реализирана при честота над 2000 Hz, това би могло да представлява съществен проблем, защото при тези условия може да бъде изчислено, че ускорението е около 40 g, което освен, че е вредно за здравето на работниците, е също и предпоставка за възникване на авария в машината. При тези ускорения е възможно да възникнат повишени местни напрежения вследствие на високи (ударни) инерционни натоварвания, които да предизвикат остатъчни деформации и повреди (счупване на зъби на редуктори и елементи на търкалящи лагери; разкъсване на слоя смазочна течност и предизвикване на високи сили на триене и др.).

- б. Всички въпроси, свързани с осигуряването на вибрационната безопасност на строителните машини, би трябвало да се решават комплексно, чрез отделяне на нужното внимание на различните нива – от ниво производствено предприятие (в което се произвеждат) до национално ниво (със съответното законодателство и нормативни изисквания). Поради тази причина по въпросите за вибрационната безопасност се наблюдава преплитане на интересите на няколко заинтересовани страни – държава, производител, монтажник (където е приложимо) и работодател, които носят отговорност за създаваното ниво на вибрации от машината, и най-вече за вибрациите с антропогенен характер.

5. Заключение

В съвременното строителство се наблюдава наличието на голямо разнообразие от строителни машини. Вибрационната безопасност при експлоатацията на строителната механизация трябва да е насочена основно към осъществяване на нужния мониторинг и контрол на нивото на вибрациите по време на експлоатация.

Въпреки наличието на редица европейски и национални нормативни документи и стандарти, се наблюдава известно подценяване на проблемите на вибрационната безопасност в строителния сектор у нас и свързаното с това ниво на осигуряване на здравето и безопасността на работещите.

Необходим е комплексен подход и извършването на целенасочени и конкретни изследвания и разработки, с цел определяне на експозицията на вибрациите на най-често използваните в нашата практика строителни машини, както от гледна точка на осигуряване на ефективната работа на самата механизация, така и на осигуряване на изискванията за здравословни и безопасни условия на труд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наредба за съществените изисквания и оценяване съответствието на машините. Обн., ДВ, бр. 61 от 8.07.2008 г.
2. БДС ISO 10816:2002 „Вибрации. Оценка на вибрациите на машини чрез измерването им на невъртящи се части”.
3. *Berry, James, E.* Technical Associates of Charlotte, Inc.; Charlotte, NC. “Vibration Signature Analysis I, Copyright 1993”.

4. БДС EN 14253:2003+A1:2008 „Вибрации. Измерване и изчисляване на вибрациите, въздействащи върху цялото тяло по време на работа, по отношение на здравето. Практически указания”.

5. БДС CEN ISO/TS 15694:2005 „Вибрации и удари. Измерване и оценяване на единични удари, предавани от ръчно-държани и ръчно-водими машини върху системата ръка-рамо“.

6. БДС CEN ISO/TS 8662-11:2005 „Преносими ръчни машини, задвижвани от двигател. Измерване на вибрациите на ръкохватката. Част 11: Машини за неподвижно закрепване”.

7. РД-15-14-2008 „Методическите рекомендации о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности карьерных однокошковых экскаваторов“.

8. ГОСТ 12.1.012-2014 „Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования“.

9. БДС EN ISO 5349 „Вибрации. Измерване и оценка на въздействието на вибрациите, предаващи се по ръката на човека“.

10. EN ISO 8041-1:2017 „Реакция на човека от въздействието на вибрации. Уреди за измерване. Част 1: Уреди за измерване на вибрация (вибромери) с общо предназначение“.

11. БДС ISO 2631-1:2004 „Вибрация и удар. Оценяване на излагането на вибрации на цялото човешко тяло. Част 1: Общи изисквания“.

12. *Младенов, Т., Д. Димитров и др.* Наръчник по здравословни и безопасни условия на труд. ИК „Труд и Право“, София, 2005.

13. Наредба № 3 за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на вибрации. Обн., ДВ, бр. 40 от 12.05.2005 г.

14. Директива 2002/44/ЕО относно минималните изисквания за здраве и безопасност, свързани с експозицията на работниците на рисковете от физически фактори (вибрации).

15. Европейска комисия. Незадължително ръководство за добра практика при прилагане на Директива 2002/44/ЕО относно минималните изисквания за здраве и безопасност, свързани с експозицията на работниците на рисковете от физически фактори (вибрации). Люксембург, 2007.

16. Наредба № 5 за реда, начина и периодичността за оценка на риска. Обн., ДВ, бр. 47 от 21.05.1999 г.

17. Наредба № 3 за задължителните предварителни и периодични медицински прегледи на работниците. Обн., ДВ, бр. 16 от 27.02.1987 г.

18. www.hse.gov.uk/vibration/hav.vibrationcalc.htm;
<http://www.db.umu.se/kalkylator.aspx?calc=hav&lang=en> и др.

ESSENTIAL ASPECTS REGARDING THE PREVENTION OF VIBRATION RISKS DUE TO CONSTRUCTION MACHINERY OPERATION

P. Shushulov¹, K. Radlov², L. Hrishev³, G. Ivanov⁴

Keywords: construction machinery, vibration risks, safety operation, harmful consequences

ABSTRACT

The present paper deals with essential aspects of vibration risk prevention regarding the real vibration severity level due to construction machinery operation. Furthermore, it deals with key measures for ensuring the safety operation of heavy machinery and powered tools. The most important aspects regarding the vibration dangerous effects that reduce the machine operational lifetime and cause harms to personnel health are reviewed. The main standards and normative documents which contain main requirements for machine safety operation are presented. In conclusion, important recommendations and deductions for vibration risk prevention and ensuring safety during construction machinery operation are defined.

¹ Petar Shushulov, Assist. Prof. Eng., Dept. "Construction Technology and Mechanization", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: peter_shushulov@abv.bg

² Kalin Radlov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Construction Technology and Mechanization", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: kradlov@abv.bg

³ Lachezar Hristchev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Construction Technology and Mechanization", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: l.hrishev@abv.bg

⁴ Georgi Ivanov, PhD student, Dept. "Construction Technology and Mechanization", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: givanov_fce@uacg.bg