

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РОБОТИ НА ТЕМПЕРАТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНІ ПНЕВМАТИЧНОГО РУЧНОГО МОЛОТКА

Вступ. У структурі професійних захворювань в Україні перше місце стабільно належить хворобам органів дихання, друге – захворюванням опорно-рухового апарату, а третє, в останні 10 років, належить вібраційній хворобі. Відносна кількість випадків вібраційної хвороби за останні 5 років зросла на 5 % з 4 до 9 % [1]. Зростання кількості випадків захворювання вібраційною хворобою відмічається у промислово розвинених регіонах України: Донецькій, Харківській, Луганській, Волинській, Львівській, Дніпропетровській, Запорізькій областях. Однією з основних причин захворювань вібраційною хворобою є шкідливий вплив локальної вібрації, джерелом якої у більшості випадків є ручний механізований інструмент [2]. Найбільш небезпечними серед них є пневматичні ручні інструменти ударної дії, які відрізняються широкосмуговим спектром високих рівнів локальної вібрації та шуму. До них відносяться клепальні та рубильні пневматичні молотки, перфоратори та ін.

Відомо, що одним з факторів, який посилює шкідливу дію локальної вібрації на людину, є охолодження, тобто знижена температура [3,4]. Пневматичні молотки працюють в повторно-короткочасному режимі. Тому вихідний тепловий стан молотка під час роботи може бути різним і температура по поверхні не однакова [5-9]. Таким чином, при роботі з пневматичним ручним молотком посилююча дія низької температури його поверхні може бути обумовлена нестабільним тепловим станом інструмента, а також зниженою температурою навколишнього повітря. Температура навколишнього повітря залежить від умов праці (робота в приміщенні чи поза ним, пора року та ін.). Тепловий стан, а значить температурні характеристики поверхні пневматичного інструмента, залежать як від температури навколишнього середовища, так і від режимів роботи молотка. До цього часу досліджень по зміні

температурних характеристик поверхні пневматичних інструментів в процесі роботи не проводилися, і таких даних у доступній літературі немає.

Мета і завдання. Метою є проведення експериментальних досліджень по зміні температури поверхні молотка ПП-4010 в трьох точках (1, 2, 3) в процесі рубки сталі (рис.1). Точки були обрані з урахуванням експериментальних досліджень, проведених попередньо, які дозволили виявити зони молотка, що безпосередньо контактують з руками людини, і мають найбільш нестабільні температурні характеристики.

Виміри проводились при роботі молотка в певному часовому інтервалі (1-3 хвилини), що пов'язано з заміною сталевий пластины та режимом роботи інструмента. Дані умови є максимально моделюючими роботу обрубника в реальних виробничих умовах, де період безперервної роботи з молотком становить 1-3 хвилини з зупинками на 1-2 хвилини. З експериментальних даних отримані залежності, які побудовані в координатах температура поверхні молотка в певній точці заміру - час роботи молотка.



Рис. 1. Зони (точки) поверхні пневматичного молотка ПП-4010, в яких проводились заміри температури

Результати дослідження. Для точки 1 (зона стовбура молотка, захищена гумовою муфтою) дослідження з вимірювання температури проводились на молотках ПП-4010 (I серії) і ПП-4010 (II серії) в різних температурних умовах навколишнього середовища (16,5 ° C та 14 ° C) .

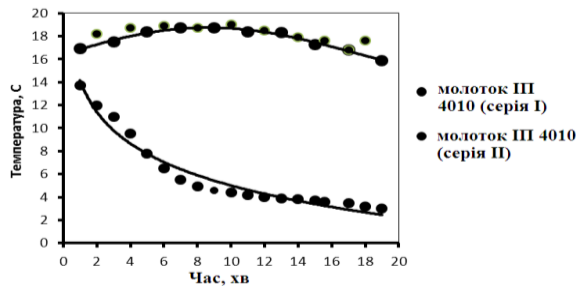


Рис. 2. Зміна температури поверхні пневматичного молотка в точці 1

Як видно з рис. 2, при різанні сталеві пластини молотком III 4010 серії I в період роботи (від 1 до 20 хвилин) спостерігається деяка інерційність у зміні температури. При температурі навколишнього середовища 16,5 °С спостерігається поступове зниження температури поверхні стовбура молотка приблизно на 5% і за 20 хвилин експерименту вона не знизилась менше 16 °С. Для молотка III 4010 серії II, що працює при початковій температурі навколишнього середовища близько 14 °С спостерігається різке зниження температури поверхні стовбура в момент часу від 1 до 8 хвилин. Надалі спостерігається стабілізація температури. Установлено, що до кінця експерименту, температура поверхні молотка III 4010 серії II за 20 хвилин знизилася на 80% і досягла абсолютного значення 3 – 4 °С.

Таким чином, зміна температури поверхні молотка в точці 1 має досить нерівномірний характер, суттєво залежить від початкової температури навколишнього середовища і, в якійсь мірі, виключає різку зміну температури поверхні молотка під час роботи, що, безумовно пов'язано з наявністю на поверхні гумової муфти, передбаченої комплектацією молотка III 4010. Також необхідно відзначити, що незалежно від початкових температурних умов, температура поверхні молотка в точці 1 знижується, що є фактором, який збільшує шкідливу дію вібрації на працюючу людину. У точці 1 при роботі з молотком працюючий підтримує стовбур інструменту лівою рукою. Тому негативний охолоджуючий фактор в цьому випадку буде впливати саме на ліву руку.

Експериментальні значення температури поверхні для точки 2 (руків'я пневматичного молотка - зона контакту поверхні з правою рукою людини) представлені на рис. 3. Дослідження проводилися для пневматичного молотка III 4010 у двох варіантах: руків'я у звичайній комплектації, тобто без будь-яких захисних засобів, і руків'я, оброблене віброзахисним покриттям на основі епоксигідроксиуретанової полімерної композиції [10, 11].

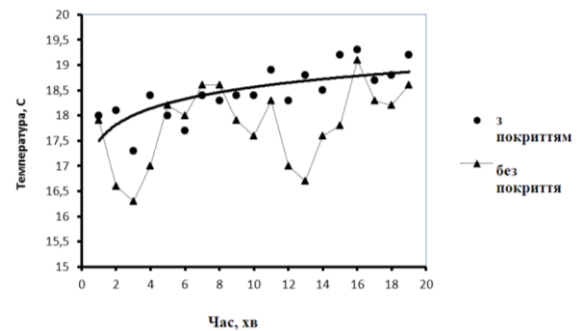


Рис. 3. Зміна температури поверхні пневматичного молотка в точці 2

Як видно з рис. 3 при роботі молотка в точці 2 спостерігається стрибкоподібна зміна температури в обох випадках. Це пов'язано з охолодженням поверхні руків'я в період роботи (в результаті процесу розширення стисненого повітря) і нагріванням поверхні молотка в паузах між роботою (зупинках). На основі отриманих результатів була розрахована швидкість зміни (збільшення чи зниження) температури поверхні руків'я молотка. Розраховані дані представлені в таблиці 1.

З даних табл. 1 можна зробити висновок, що в процесі роботи пневматичного молотка температура поверхні руків'я є надзвичайно нестабільною - вона знижується в періоди роботи зі швидкістю 0,64 °С і зростає в періоди зупинок зі швидкістю 0,84 °С. Швидкість підвищення температури перевищує швидкість охолодження поверхні молотка. Цією обставиною можна скористатися для регулювання температурних характеристик поверхні руків'я на практиці (для зниження посилюючої дії охолоджуючого фактора), скоригувавши режим роботи молотка (розра-

БУДІВНИЦТВО

хувавши тривалість і періодичність зупинок). Однак, це пов'язано з додатковими вимогами до працюючої.

Таблиця 1 - Швидкість зміни температури поверхні руків'я (точка 2)

№	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, \text{хв}$	$\Delta T/\Delta t, ^\circ\text{C}/\text{хв}$
Зміна (зниження) температури поверхні руків'я без віброзахисного покриття в періоди роботи молотка			
1	1,7	2	0,85
2	1	2	0,5
3	1,6	2	0,8
4	0,8	2	0,4
Середнє значення $\Delta T/\Delta t, ^\circ\text{C}/\text{хв}$			0,64
Зміна (зниження) температури поверхні руків'я з віброзахисним покриттям в періоди роботи молотка			
1	0,8	1,5	0,53
2	0,8	2	0,4
3	0,3	1	0,3
Середнє значення $\Delta T/\Delta t, ^\circ\text{C}/\text{хв}$			0,41
Зміна (підвищення) температури поверхні руків'я без віброзахисного покриття в періоди зупинок молотка			
1	1,9	2	0,8
2	0,6	1	0,6
3	0,6	1	0,6
4	0,9	1	0,9
5	1,3	1	1,3
Середнє значення $\Delta T/\Delta t, ^\circ\text{C}/\text{хв}$			0,84
Зміна (підвищення) температури поверхні руків'я з віброзахисним покриттям в періоди зупинок молотка			
1	1,1	1	1,1
2	0,6	1	0,6
3	0,5	1	0,5
4	0,6	1	0,6
5	0,7	1	0,7
Середнє значення $\Delta T/\Delta t, ^\circ\text{C}/\text{хв}$			0,7

З таблиці також випливає, що стабілізувати температурні характеристики поверхні руків'я молотка можна нанесенням віброзахисного полімерного покриття. Показано, що середні швидкості зростання і зниження температури поверхні руків'я з

віброзахисним покриттям зменшуються в порівнянні з руків'ям без покриття. Швидкість охолодження поверхні руків'я з покриттям в 1,6 разів менше, а швидкість нагрівання - в 1,2 рази менше. Таким чином, при роботі молотка ПІ 4010 з покриттям спостерігається стабілізація температури поверхні руків'я, як при охолодженні, так і при підвищенні температури, при цьому температура руків'я з покриттям зростає тільки на 5% протягом 20 хв.

На рис. 4 показана залежність температури поверхні зони між руків'ям і стовбуром молотка - зони контакту з правою рукою людини (точка 3) від часу роботи. Встановлено, що температурні характеристики поверхні молотка в цій зоні з покриттям більш стабільні, не спостерігається різких стрибків зниження і підвищення температури. При цьому через 20 хвилин роботи температура поверхні зросла приблизно на 14-15%. Температура поверхні без покриття має дуже нестабільний характер (коливання досягають 2°C), але в підсумку через 20 хвилин роботи нагрівання поверхні не перевищує 9-10%. Незначний нагрів обробленої віброзахисним покриттям поверхні обумовлений тим, що поглинаюча полімерним покриттям коливальна механічна енергія перетворюється на теплову, забезпечуючи віброзахисну функцію.

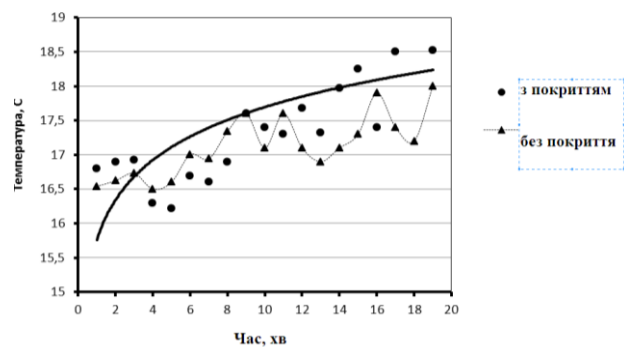


Рис. 4. Зміна температури поверхні пневматичного молотка в точці 3

Висновки. Таким чином, проведені експериментальні дослідження, дозволили визначити деякі закономірності зміни температурних характеристик поверхні пневматичного ручного молотка ПІ-4010 в процесі його роботи (при рубці сталеві пластини) в зонах, де руки людини контактують з інструментом. Установлено, що в

зоні контакту лівої руки робітника - на стовбурі молотка (незважаючи на наявність гумової муфти, передбаченої конструкцією молотка), температура поверхні в процесі роботи може знижуватися на 80% і істотно залежить від температури навколишнього середовища. Встановлено, що в зоні контакту правої руки - на руків'ї і між руків'ям та стовбуром, температура поверхні в процесі роботи молотка надзвичайно нестабільна і змінюється стрибкоподібно відповідно до режиму роботи (число і тривалість зупинок). Показано, що швидкість зниження температури поверхні молотка (в період роботи) менше швидкості росту температури (в період зупинки) в 1,4-1,5 рази. Такий температурний режим є безумовним додатковим фактором, що збільшує шкідливу дію локальної вібрації. При використанні віброзахисного полімерного покриття це значення становить 1,7-1,8 разів. Тобто при однакових режимах роботи поверхню молотка з обробленим покриттям руків'ям нагрівається швидше. Це підтверджується отриманими експериментальними даними. Так, через 20 хвилин роботи поверхня обробленого руків'я нагрівається приблизно на 10% швидше, ніж не обробленої, що дозволяє зменшити ступінь охолодження поверхні в процесі роботи. Крім того, обробка полімерним покриттям дозволяє значною мірою стабілізувати температурні характеристики поверхні молотка - перепад температури не перевищує 0,5-0,8°C, на відміну від необробленої поверхні, де коливання температури досягають 1,5-2°C. Всі представлені експериментальні дані корелюють між собою і показують, що застосування віброзахисного полімерного покриття для обробки руків'я пневматичного молотка ПП-4010 дозволяє стабілізувати температурні характеристики її поверхні і таким чином суттєво зменшити посилюючу дію охолоджуючого фактора на ступінь негативного впливу локальної вібрації. Отримані результати можуть бути використані для регулювання режимів роботи обрубників з пневматичним ручним молотком. Це сприятиме, з одного боку, зменшенню посилюючої дії низької температури поверхні молотка на шкідливий

вплив локальної вібрації, а з іншого, підвищенню безпеки праці обрубників.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Офіційний сайт Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.social.org.ua>
2. Андронов В.А. Сучасні шляхи зниження рівнів професійної патології у робітників, які підлягають впливу локальної вібрації / В.А. Андронов, О.М. Бухман // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – №60(1102). – С.167-173.
3. Бухман О.М. Прогнозування виникнення професійної патології у робітників, що підлягають впливу локальної вібрації / О.М. Бухман // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Науковий журнал. – Северодонецьк, 2015. - №3(220). – С. 23-28.
4. Фролов К.В. Избранные труды: в 2-х томах / К.В. Фролов. – М.: Наука, 2007. – 349 с.
5. Глазов А.Н. Влияние эксплуатационных параметров на характеристики пневматических молотков / А.Н. Глазов // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т.310, №2. – С.60-63.
6. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч.1. Методика исследования и рабочие процессы / А.Н. Глазов // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т.313, №2. – С.42-44.
7. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч.2. Изменение температуры поверхности по времени / А.Н. Глазов // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т.313, №2. – С.45-47.
8. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч.3. Температурное поле поверхности / А.Н. Глазов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т.314, №2. – С.108-111.
9. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч.4. Влияние температуры сжатого воздуха / А.Н. Глазов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т.314, №2. – С.111-114.

10. Андронов В.А. Эффективность использования вибропоглощающего полимерного покрытия для снижения локальной вибрации / В.А. Андронов, Ю.М. Данченко, А.В. Скрипинец, О.М. Бухман // Научный вестник НГУ. – 2013. - №6(138). – С.85-91.

11. Андронов В.А. Полімерна композиція з комплексним наповнювачем для віброзахисту пневматичного ручного інструменту / В.А. Андронов, Ю.М. Данченко, А.В. Скрипинец, О.М. Бухман // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Дн-ск: ГВУЗ «ПГАСА», 2015. – Вып.83 – С.12-22.

УДК 666.97.003.16

Нестеренко М.П.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛИВАНЬ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТІНОК ФОРМИ НА УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ПРОСТОРОВИХ КОЛИВАННЯХ ВІБРАЦІЙНОЇ ПЛОЩАДКИ

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Досить широкого розповсюдження при формуванні залізобетонних виробів набуло розроблене у ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка вібраційне обладнання з просторовими коливаннями робочого органа [1], удосконалення котрого може проводитися на підставі аналітичних досліджень з урахуванням фізико-механічних характеристик ущільнюваного середовища і визначенням на їхній основі раціональних параметрів вібраційної площадки та її динамічних характеристик.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. У розрахунках вібраційного обладнання для формування залізобетонних виробів використовуються різні підходи до складення математичних моделей, про що свідчать публікації різних років. Відомі математичні моделі можна умовно розподілити на дві групи: плоскі динамічні моделі руху робочого органа, що розглядають рух у вертикальній або горизонтальній площині [2 – 7], та просторові, які розглядають рух робочого органа у просторі [8 – 9].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У «плоских» математичних моделях розглядається вплив бетонної суміші на поглинання енергії з урахуванням її реологічних

властивостей. У математичних моделях вібраційних машин із просторовими коливаннями робочого органа бетонна суміш враховується у вигляді твердого тіла як приєднана маса до коливальної системи. Але у реальних віброплощадках із просторовими коливаннями робочого органа частина енергії витрачається на тертя бетонної суміші по піддону форми, інша частина поглинається бетонною сумішшю при її ущільненні. Раціональні параметри віброплощадки можна встановити шляхом визначення енергетичних витрат на основі вивчення закону руху даної динамічної системи, включаючи рух як рухомої рами віброплощадки, днища форми та її торців, так і рух ущільнюваного середовища у горизонтальному напрямку

Метою даної роботи є проведення аналітичних досліджень впливу коливань вертикальних стінок форми на ущільнення бетонної суміші при просторових коливаннях на основі динамічної системи «віброплощадка – бетонне середовище», що дозволить урахувати фізико-механічні характеристики ущільнюваного середовища і визначити раціональні динамічні параметри вібраційної площадки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення характеру впливу коливань вертикальних стінок форми на ущільнення бетонної суміші при просторових коливаннях досліджуємо динамічну систему «віброплощадка – бе-