

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНСТИТУТ ГІРНИЦТВА ТА ГЕОЛОГІЇ  
КАФЕДРА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА АЕРОЛОГІЇ

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
щодо організації самостійної роботи студентів з  
нормативної навчальної дисципліни циклу  
професійної та практичної підготовки

**ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ**

Напрямок підготовки: 6.050503 „Машинобудування”  
Спеціальність: 7.0505311 Металургійне обладнання  
8.0505311 Металургійне обладнання

**РОЗГЛЯНУТО**

Протокол засідання кафедри  
охорони праці та аерології  
від «13» травня 2010 р. № 11

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Протокол засідання  
Навчально-видавничої  
Ради ДонНТУ  
від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 р. № \_\_\_\_

Донецьк, 2010 р.

ББК 68.9

УДК 62-784

Охорона праці в галузі. Методичні вказівки до самостійної роботи/Укладачі: Н.С. Біла, Г.М. Бутузов -Донецьк: ДонНТУ, 2010. – 30 с.

Наведені програма курсу і методичні вказівки до вивчення розділів курсу, а також літературні джерела.

Призначені для студентів очної форми навчання спеціальності: 7.05050311 Металургійне обладнання, 8.05050311. Металургійне обладнання.

## 1. ОСНОВНІ ШЛЯХИ БОРОТЬБИ З НАДЛИШКОВИМ ТЕПЛОМ У ЧОРНІЙ МЕТАЛУРГІЇ

Найбільш характерними професійними шкідливостями в гарячих цехах являються теплові виділення і випромінювання, які погіршують умови роботи, викликають різні захворювання, знижують продуктивність праці. У гарячих цехах підприємств чорної металургії знаходиться велика кількість всіляких випромінювачів тепла :нагрітий і розплавлений метал, нагріті стіни печей і конструктивні елементи будівель і т. д. які у свою чергу стають вторинними джерелами тепловипромінювань. Тому для розробки ефективної системи оздоровчих заходів в основних гарячих цехах металургійної промисловості велике значення має з'ясування закономірностей біологічної дії випромінюваного тепла на організм людини.

Слідуює, проте, врахувати що в гарячих металургійних цехах дія випромінюваного тепла часто поєднується з високою температурою повітря і значною фізичною напругою що працює, що викликає у нього зміни температури тіла і шкіри підвищене потовиділення, зміна водно-сольового та вітамінного обміну, діяльності серцево-судинної системи, функціонального стану центральної нервової системи.

В результаті вилучення великої кількості тепла відбувається значне нагрівання окремих ділянок робочих місць, наприклад підлога на ділянці разливщиків нагрівається до 30 °С, а майданчик конвертера - до 58 °С.

Надмірне тепло в гарячих цехах шкідливо впливає також на будівельні конструкції будівлі і навіть викликає їх руйнування.

Надмірне тепло, що виникає в гарячих цехах внаслідок втрат його виробничими агрегатами, зумовлює зниження коефіцієнта їх корисної дії і завдає таким чином значних збитків підприємству. Ці втрати тепла вельми великі н складають не менше 50% всього тепла, що вноситься в агрегат. Наприклад, 500 мартенівська піч втрачає 15 млн. ккал/год, при цьому 10 млн. ккал виділяється у вигляді випромінюваного тепла.

У зв'язку з тим, що потужність печей зростає, кількість загубленого ними тепла настільки збільшується, що захист від нього аерацією і звичайними засобами промислової санітарії та вентиляції ускладнюється.

Оздоровлення умов праці працюючих н гарячих цехах металургійної промисловості здійснюється в наступних напрямках:

1) комплексної механізації та автоматизації технологічних процесів для виключення виконання робітниками виробничих операцій у зоні впливу променевої енергії;

2) попередження виходу або ослаблення інтенсивності надходять в цех потоків випромінюваного тепла (теплоізоляція випромінюючих поверхонь, застосування екранів - відвідних тепло, що відбивають або поглинають випромінюється тепло та ін);

3) видалення надлишків тепла аерацією та проведення заходів щодо поліпшення теплообміну (повітряні душі, охолодження поверхонь на робочих місцях та ін);

4) раціональної організації режиму праці н відпочинку (регламентація місця п тривалості роботи, введення коротких перерв у роботі, пристрій захищених від випромінюваного тепла та обладнаних повітряними душами місць відпочинку, пристрій спеціальних кабін плі кімнат відпочинку з охолодженими стінами та ін);

5) проведення заходів щодо особистої профілактики працюючих (раціональний питний режим, водяні душі, забезпечення раціональної спецодягом, спецвзуттям, окулярами і т. п.).

Науково-технічна конференція але захист від тепловиділень (1959 р.) Виробила ряд заходів, які передбачають здійснення при проектуванні нових металургійних агрегатів і процесів максимально можливої теплоізоляції і герметизації обладнання для зниження температури зовнішніх поверхонь обладнання до 40 °С і нижче; розробку типових рішень по теплоізоляції чинного металургійного та коксохімічного устаткування; вишукування технологічних рішень, спрямованих на усунення тепловиділень в гарячих цехах та ін

Проте ці заходи, не підкріплені відповідними адміністративними рішеннями та координаційними планами і через відсутність головної організації з цієї проблеми, залишилися нездійсненими.

Розрізненість зусиль окремих заводів та інститутів, відсутність цілеспрямованого методичного керівництва призвели до такого стану, що по суті проблемою теплозахисту жодна організація не займається. Треба віддати належне гігієністам, виявити і оцінити значимість цієї проблеми у справі оздоровлення умов праці на металургійних заводах: що ж стосується техніків, то їм ще належить багато чого зробити в цьому напрямку.

Галузеві науково-дослідні та проектні інститути при розробці нового теплового обладнання або технологічних схем питань локалізації тепла, що виділяється в робочий простір, також повинні приділити більше уваги.

об порядок витрачання сил і коштів на роботи по поліпшенню умов праці, очевидно, не обхідно виробити план чергових завдань, майбутніх для вирішення в найближчі роки, намітити і погодити виконавців, залучити господарські органи і підприємства до фінансування робіт.

Для ефективної боротьби з теплонадлишки необхідно намітити заходи для планомірного та методичного вирішення цієї проблеми, розробка і впровадження яких повинні здійснюватися спільними зусиллями науки і виробництва. До цієї роботи слід залучити і досвідчених інженерів заводських лабораторій з охорони праці.

Для методичного керівництва та ув'язки виникаючих питань слід вважати доцільним мати науковоординачіону рада з висококваліфікованих фахівців при одному з провідних інститутів, рекомендації та пропозиції якого необхідно систематично розглядати на засіданнях.

З метою підвищення кваліфікації фахівців заводів і проектних організацій необхідно ввести в практику періодичний скликання при головному інституті семінарів та нарад для обговорення актуальних питань з проблеми боротьби з надмірним теплом.

## 1.1 Принципи і засоби промислового теплозахисту

Прогрес техніки і поліпшення економічних показників в чорній металургії, пов'язаний з укрупненням агрегатів і інтенсифікацією процесів, вимагає впровадження агрегатів винятково великої теплової потужності.

Зростання потужностей призводить до високої питомої теплонапруженості гарячих цехів, що обумовлено значним збільшенням маси розплавленого і гарячого металу, а також площі дзеркал відкритих джерел і гарячих поверхонь металургійних печей і агрегатів. Загальний терморадіаційний фон в мартенівських Цехах становить 1-1,3 кал / ( $см^2$  хв).

Опромінення на окремих ділянках коливається від 3-7 кал/( $см^2$  хв) до 18-22 кал/( $см^2$  хв).

У результаті зрослих теплових навантажень будівельні несучі конструкції піддаються високим температурним діям. Наприклад, окремі колони в гарячих цехах нагріваються до 300 °С.

Дуже значні за абсолютною величиною втрати тепла відбиваються на економіці використання палива.

На більшості заводів пічне не мають захисних огорож, незважаючи на високу температуру їх поверхонь, що доходить до 250°С і більше. У результаті тепло-напруженість у цехах доходить до 250 ккал/( $м^3$  ч) і більше, хоча згідно з СН 245-63 цех вважається гарячим вже при теплонапруженості в 20 ккал/( $м^3$  ч).

За даними провідних інститутів гігієни праці є достатньо підстав вважати, що в гарячих цехах у формуванні мікроклімату і в несприятливому його впливі на організм вирішальна роль належить інфрачервоному, (тепловому) випромінюванню, у тому числі і від слабо нагрітих поверхонь. Особливе значення має кількісний, тобто спектральний, склад випромінювання, що поки не враховувалося в розробці практичних інженерних засобів захисту.

Таким чином, проблема захисту від теплових випромінювань має важливе оздоровче, економічне і виробниче значення.

Захист робітників від впливу тепловипромінювання вирішувалася гігієністами і сантехніками. Вони розробили ряд засобів по боротьбі з впливом тепла, що виділяється в робочий простір. Ці кошти засновані на асиміляції тепла і подальшому його розсіюванні.

Цими питаннями стала займатися нова дисципліна - промислова теплозахист, яка ґрунтується на теплоенергетиці, яка дозволяє вирішити питання про зниження тепловиділень в робочий простір шляхом влаштування локалізуючих огорож у джерел тепла.

Принцип асиміляції і розсіювання теплонадлишків доповнюється принципом локалізації тепловиділень, який заснований на застосуванні теплофізичних методів, що розробляються в теорії тепло-і масообміну. Принцип локалізації тепловиділень зажадав залучення до вирішення

завдання теплофізиків і теплоенергетиків. При цьому роль конструктора теплового обладнання стала однією з основних.

Цей принцип передбачає придушення тепловиділень в межах самого джерела, де вони виникають, поглинання їх і відвід. Нагріта поверхня є першопричиною високих температур, протягів і іноді вихолоджування приміщень в зимовий час, тому для зменшення тепловиділень слід знижувати температуру поверхні. Теплозахист, обмежуючи виділення тепла в приміщення цеху, таким чином сприяє зниженню потрібних потужностей для кондиціонування і полегшує умови для аерації цеху.

Отже, основний шлях захисту - поліпшення конструкцій теплових агрегатів пристроєм в стінах і склепіннях локалізуючих засобів, які дозволяють знизити температуру зовнішньої поверхні огороження стінки, а значить і втрати тепла.

Локалізація може бути здійснена: підвищенням опору потоку тепла від внутрішнього джерела і спрямованого його відводу (тепловідображувального екранування); асиміляцією тепла і її відведення теплопогинаючими екранами; трансформацією видів теплообміну в результаті переведення частини випромінювання в конвекцію; застосуванням матеріалів з низьким коефіцієнтом випромінювання; погіршенням коефіцієнта зовнішньої тепловіддачі; застосуванням методів динамічного захисту.

Перспективними в цьому напрямі будуть роботи по підвищенню відбивної здатності внутрішніх стін.

Локалізація діючих агрегатів здійснюється екрануванням зовнішніх стінок, тепловідвідними або тепловідображувальними екранами. Вони, локалізуючи виділення тепла, відводять його у вигляді теплої води або теплого повітря. Різниця між теплоізоляцією і екрануванням полягає саме в тому, що екранування дозволяє відводити потік тепла і використовувати його. Теплоізоляція, що створює лише опір потоку, в деяких випадках навіть протипоказана.

Проблема нормалізації мікроклімату в гарячих цехах вирішується трьома технічними засобами: теплозахистом, аерацією і кондиціонуванням. Вони повинні взаємно доповнювати одне інше.

У промисловому теплозахисті, окрім локалізації джерел випромінювання слідує виділити і захист робочих місць і конструкцій від дії зовнішніх джерел.

Захист робочих місць від опромінення здійснюється екрануванням (глухим або прозорим), здатним поглинати або розсіювати потік випромінювання (водяні або відбивні екрани, різні завіси, застосування обдування екранів і засобів індивідуального захисту), що падає.

Для захисту від дії високої температури доквілля використовують асиміляцію і розсіювання тепла за допомогою душирования кондиціонованим повітрям.

У системі захисту робочих місць дуже важливим моментом являється пристрій в різних кабінах (постів управління, кранів) прозорих екранів як ефективних перешкод потоку випромінювання, що падає.

Оглядові отвори кабін засклені безпечним загартованим склом, яке по своєму прямому призначенню є автосклом і застосовується в гарячих цехах через відсутність теплозахисного. Між тим не менше 40% енергії, що падає на кабінку, проникає всередину через оглядові отвори, що 40% енергії, що падає на кабінку, проникає всередину через оглядові отвори, що свідчить про необхідність різкого зниження цього потоку. Зайве тепло видаляється душуванням.

Наявність ефективних теплозахисних стекол в кабінах дозволить не лише покращити умови роботи операторів і кранівників, але і скоротити потрібні потужності кондиціонерів, що є важливим чинником. Тому створення промислового виду теплозахисного скла, стійкого до різких перепадів температур і досить ефективно знижує променистий потік (в 10-15 разів), дозволить вирішити технологічне завдання щодо поліпшення умов праці людей, що працюють в замкнутих обмежених обсягах.

Скло для захисту будівель від сонячного випромінювання є, необхідно створити скло для захисту від промислових випромінювань.

Не менш важлива завдання захисту будівельних конструкцій від дії теплового опромінення. Тут необхідна робота з конструювання різних типів екранів, за визначенням способів захисту та теорії розрахунку.

Напрямок з локалізації випромінювань в науковому відношенні характеризується дослідженнями з спектральної характеристики випромінювань різних промислових джерел, управління процесами тепловіддачі, що дозволить створити системи охолодження, вбудовані в конструкцію зовнішніх огорожень печей та інших агрегатів. Це зажадає конструктивної зміни загальноприйнятих схем огорожень технологічних агрегатів з пристосуванням до них систем використання вторинних теплових ресурсів.

Для захисту окремих робочих місць і будівельних конструкцій від впливу тепла ведуться дослідження щодо екранування, створення мікрооазисів, збільшення тепловіддачі обдувом, зміни теплофізичних показників за допомогою покриття конструкцій кремнійорганічними лаками. Для захисту елементів будівельних конструкцій перспективні розробка обмазок з відбивною поверхнею, відбивної металізації і, нарешті, зміна оптичних властивостей матеріалу за рахунок добавок.

Процеси впливу енергії випромінювання визначаються в основному поверхневими явищами на розділі двох фаз, тому їх дослідження мають велике значення.

В умовах сучасних гарячих цехів з потужними тепловими джерелами випромінювання і конвекція набувають особливого значення, так як вносять в аеродинаміку внутрішньоцехових повітряних потоків свої специфічні особливості. Облік їх стає обов'язковим при проектуванні цехів. Мабуть, слід враховувати конвективні потоки, що виникають біля стін джерел, особливо в тих випадках, коли швидкості потоків сумірні зі швидкостями аераційних притоків. Необхідно надати можливість природного перебігу конвективним потокам, які виникають у гарячих джерел, і виведення їх з робочих зон цеху,

що можливо при екранування. Таким чином, для локалізації конвективного потоку бажано не розсіювати і придушувати його, а, не порушуючи природного перебігу укріттям потоку, відводити його, не даючи можливості розтікатися за обсягом.

Природно вважати, що у вирішенні проблеми теплозахисту повинні взаємодіяти аерація, кондиціонування і локалізація.

Слід зазначити, що перераховані вище завдання слід вирішувати таким чином, щоб наукові методи боротьби з теплом втілювалися в інженерні конструкції різних теплозахисних засобів. Необхідно вести дослідницьку роботу з вишукування нових методів і шляхів локалізації тепла.

Слід посилити дослідження в області захисного екранування, водяних, водоповітряних і газових завіс, провести нормалізацію конструкцій різних екранів, розробити типові креслення різних захисних засобів.

В даний час є велика кількість робіт, здійснених на підприємствах. Необхідно їх систематизувати і приступити до складання вказівок і альбомів нормалей щодо їх застосування.

Основні комплексні роботи, які надалі належить виконати і включити в науковий план, наступні:

1) розробка та нормалізація способів зниження випромінювань від металургійних теплових агрегатів (зовнішні і вбудовані системи);

2) розробка промислових зразків теплозахисного та теплостійкого скла для застосування в кабінах постів управління і кранів;

3) способи поліпшення теплообміну в гарячих цехах в умовах негативних температур;

4) розробка та обґрунтування схем комбінованого використання тепловиділень;

5) розробка типової конструкції кабіни постів управління з нормалізованим мікрокліматом;

6) розробка типової системи теплозахисту кабіни кранів для гарячих цехів;

7) пошук індивідуального автономної системи теплозахисту для ремонтних робіт;

8) розробка методів захисту елементів будівельних конструкцій від температурних впливів.

Дуже важливо розробити гігієнічні норми теплового випромінювання в гарячих цехах, встановити роль випромінювання в вихолоджування цехів у зимовий час.

Слабо розробленою залишається поки область засобів індивідуального захисту.

Всі збільшується обсяг робіт із захисту від теплових випромінювань вимагає створення ряду лабораторій промислової теплозахисту.

Необхідно виробити оперативний план по здійсненню найбільш важливих першочергових завдань по теплозахисту на підприємствах.



## 2. ЗАХИСТ ВІД ТЕПЛОВИДІЛЕНЬ НАГРІВАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ ПРОКАТНИХ СТАНІВ ЗАВОДІВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

За останнє десятиліття наука і техніка зробили значні успіхи в області конструювання промислових печей. При рішенні цих завдань особливо важливі питання, пов'язані з оздоровленням праці, безпекою роботи і зручностями обслуговування нагрівальних пристроїв.

Нині на нових обтисккових станах продуктивністю 5,5-6 млн. т/рік будуються рекуперативні нагрівальні колодязі з одним верхнім пальником. Прийнята технологія нагріву зливків в колодязях пов'язана зі значними виділеннями тепла і випромінюванням при відкриванні кришок колодязів і при транспортуванні нагрітих зливків від колодязів до стану. При проектуванні нагрівальних колодязів обов'язковим є:

1) максимальна теплоізоляція усіх поверхонь, що віддають тепло усунення просочування газів через кришки колодязів шляхом футерування їх фасонною цеглиною і заливки згори розчином з пристроєм пісочних затворів у місцях зіткнення кришки із кладкою колодязя. Стіни, подина, камери рекуператорів і кабана містять у газонепроникну металеву обшивку;

2) спорудження нагрівальних колодязів у спеціальному, добре освітленім будинку з потужними ліхтарями на даху для забезпечення аерації відповідно до діючих санітарних норм;

3) постачання робочих місць на верхніх майданчиках і в жужільних коридорах приточної вентиляцією. У приміщенні теплових щитів улаштувати опалення й вентиляцію охолодженим повітрям;

4) забезпечення робочого місця машиніста колодцевого крана установкою кондиціонування повітря;

5) механізація всіх робіт, пов'язаних із чищенням поду колодязів, для чого використовують кліщовий кран і спеціальні лопати, керування якими здійснює машиніст із кабіни крана. У випадку видалення шлаків у рідкому виді жужільні льотки повинні бути закриті водоохлаждаємими екранами, що зменшують теплове випромінювання на робочім місці.

При проектуванні нагрівальних колодязів, побудованих за останні роки для нових обтисккових станів Челябінського й Криворізького металургійних заводів, був врахований накопичений досвід експлуатації старих колодязів. Прийнята конструкція колодязів з одного верхнім пальником дозволила повністю автоматизувати тепловий режим нагрівання злитків і механізувати всі трудомісткі роботи з ремонту й обслуговуванню. Персонал тільки спостерігає за роботою колодязів і обслуговує їх за допомогою механізмів і автоматичного регулювання. Усі ремонтні роботи роблять мостовими кранами й спеціальними механізмами. Відділення колодязів забезпечують складом для зберігання вогнетривів, обладнаним розчинною вузлом, від якого розчин подають по трубах до ремонтної групи колодязів.

Майданчик, на якому встановлені приміщення теплових щитів, розташовані пульти для керування крышечними кранами колодязів і перебуває обслуговуючий персонал, розміщують вище оцінки верху

колодязів на 6,5 м, удалині від джерела тепловиделений. Край майданчика з боку колодязів на висоту до 2 м обгороджують густою сіткою для захисту від теплових випромінювань при відкритих кришках колодязів. У сітках є спеціальні вікна із синіми стеклами, через які проглядаються злитки, що перебувають у цей момент у розпеченому колодязі.

Продуктивність проєктованих прокатних станів ухвалюють усе більш високої, що вимагає оснащення їх грубним господарством відповідної до продуктивності, яка може бути досягнута в результаті збільшення числа печей, потужності кожної печі й удосконалювання конструкції. Питома продуктивність печей росте порівняно повільно: за останні тридцять років вона була збільшена з 250-350 до 500 - 750 кг/( $M^2$ /ч), тобто приблизно у два рази. Габарити печей за цей період зросли приблизно в 5-10 раз у результаті збільшення їх довжини й особливо ширини. Якщо в 30- х роках площа поду печей не перевищувала 30- 60  $M^2$ , то в останні роки побудовані печі із площею поду 200-350  $M^2$ ; у цей час конструюються печі із площею поду більш 400  $M^2$ . Активна довжина цих печей близько 40 м, ширина 12 м, а розрахункова продуктивність більш 250 т/ч при холодному посаді. Теплова потужність такої печі становить більш 150 млн. ккал /год, що майже в півтора рази більше теплової потужності найбільшої 900-Т мартенівської печі.

Подальше вдосконалювання конструкції методичних печей спрямоване на укрупнення агрегатів, підвищення економічності роботи, поліпшення санітарних умов обслуговування печей, механізацію трудомістких операцій, створення умов для організації потокових процесів і комплексної автоматизації теплової роботи печі, а також для транспортування металу; при цьому облік, що нагріваються заготовок, що й прокочуються, повинен бути механізований.

Сприятливі санітарні умови при обслуговуванні печей забезпечуються в першу чергу правильним вибором висоти грубних прольотів і засобів аерації, а також відстанями між печами. Найважливішим заходом є зниження випромінювання від поверхні печей.

У сучасних методичних печах механізовані не тільки операції навантаження, транспортування й видачі виробів, але й операції по звільненню печі від виробів, що нагріваються, при ремонтах і чищенню подин. Однак чищення подини дотепер не механізоване й залишається год;резвычайночрезвычайно,чрезвычайно трудомісткою операцією.

При високій тепловій потужності сучасних печей тепловиділення в цех становлять значні величини й досягають 5-10 млн. ккал /год від кожної печі. Тому при проєктуванні печей передбачають ряд заходів:

1) кладку стін і горелочних тунелів здійснюють добором товщини стін з вогнетривких і ізоляційних матеріалів. Стіни печі укладені в газонепроникну металеву обшивку, на яку перед кладкою наклеюють азбестові аркуші;

2) для зменшення фільтрації продуктів згоряння через звід застосовують конструкції підвісного зводу з лабіринтовим ущільненням фасонних цегл і заливанням поверхні зводу газощільним розчином. Підвісні зводи, виконувані з обпаленої каолінової цегли, забезпечують гарну стійкість і надійність;

3) для зменшення вибивання продуктів згоряння з печі на бічних вікнах встановлюють заслінки, а на вікні завантаження - парові завіси. Конфігурація зводу у вікна завантаження виконується з різким підйомом, що також зменшує вибивання продуктів згоряння з вікна;

4) для зменшення тепловиделений і захисту робітників від опіків рами заслінок бічних вікон виконують водоохлаждаємыми; уздовж бічних стін печі встановлюють водоохлаждаємые екрани, що мають заслінки, розташовувані напроти заслінок печі й зблоковані між собою; у районі установки пальників нижніх зон нагрівання під подом печі також встановлюють водоохлаждаємые екрани; майданчика над гедзем у районі установки пальників виконують водоохлаждаємыми або ізолюють цеглою;

5) для створення сприятливих умов під час роботи із чищення монолітного поду й поду в зонах нижнього нагрівання в проектах передбачають душируючу обдування робочих місць охолодженим і очищеним повітрям. Слід зазначити, що дотепер немає думки, що встановилася, про місця установки крапок обдува. Існує думка, що подачу повітря треба здійснювати безпосередньо на робітника під час його роботи із чищення поду. Робітники металургійного заводу "Запорожсталь" і Ждановського заводу ім. Ілліча, уважають також, що під час важкої роботи із чищення поду подача повітря безпосередньо на робітника не полегшує умови, а в деяких випадках і погіршує їх, коли повітря, дійшовши до гарячої печі, відбивається від неї й б'є в особу. На думку робітників, крапки обдува треба ставити недалеко від місця роботи, для того щоб можна було після декількох хвилин роботи остудитися й віддихатися в струмені свіжого повітря. Душирующие установки для робочих місць проектує інститути "Сантехпроект" і "Гипромет" і, мабуть, слід їм доручити обстеження обдування робочих місць на печах, розробку рекомендацій з місць установки крапок обдува, підтримка постійної позитивної температури в приміщенні теплових щитів і вентиляцію кондиціонованим повітрям, спорудження просторих з вільними проходами й гарною аерацією прямиків під верхнім робочим майданчиком, де розташовані зони нижніх пальників, арматури газоздухопроводов, вентилятори, насоси і т.д. Вентилятори, як правило, розташовують у прямиках печей і воздухозабор в обсязі 50-200 тис  $M^3$ /год здійснюють із прямиків, у які повітря надходить із цеху через гратчасті настили майданчиків. У такий спосіб здійснюється безперервне інтенсивне багаторазове відновлення повітря в районі печей і в прямиках.

Методичні печі із крокуючим подом найбільше повно відповідають вимогам, пропонованим до сучасних нагрівальних печей, з погляду забезпечення як високої продуктивності і якості нагрівання, так і повної

механізації, автоматизації, оздоровлення й безпеки праці, і вони повинні знайти переважне застосування на знову проєктованих прокатних станах, що й споруджуються, заводів чорної й кольорової металургії.

### *2.1 Захист від надлишкового тепла нагрівальних печей у трубопрокатних цехах*

Нагрівальні печі є джерелами виділення у виробничі приміщення значної кількості тепла й газів. Тому для створення нормальних умов праці доводиться здійснювати різні заходи щодо захисту від надлишкового тепла, теплових випромінювань і газів. Але навіть потужна вентиляція, обладнання й експлуатація якої вимагають значних засобів, не завжди ефективно справляється із завданням видалення избытков тепла й газів, а інші заходи нерідко також виявляються малоефективними.

Причиною цього є особливості конструкцій і експлуатації печей; крім того, проєктувальники нерідко залишають без уваги питання безпеки робіт.

Розглянемо деякі конструкції печей трубопрокатних цехів.

При експлуатації побудованої в 1950 р. по проєкту Гипромеца кільцевої печі з повною механізацією й автоматизацією теплового режиму для нагрівання трубної заготовки агрегату 140 на Нікопольському Южнотрубном заводі внаслідок ряду конструктивних недоліків створюються тяжкі умови для роботи обслуговуючого персоналу, особливо усередині кільця печі. За рахунок втрат тепла через стіни печі температура на робочім місці усередині кільця доходить до 70°C.

Несприятливий вплив при роботі печі виявляють також недостатня товщина стін печі (348 мм шамотної цегли); недостатньо вільний обсяг на робочім місці (діаметр внутрішнього кільця 7,4 м); наявність суцільних залізобетонних фундаментів під опорними роликами рухливого поду, які перепиняють приплив холодного повітря ззовні; більші тепловиділення в кільцевих печей через звід (особливо підвісний) і від вибивання через робочі вікна.

Для оздоровлення умов роботи усередині кільця печі були створені теплоограждающие обладнання й споруджена приточная вентиляція, однак ці заходи не дали позитивних результатів. Згодом довелося відмовитися від роботи газових пальників усередині кільця печі, і в цей час вона працює з пальниками, установленими тільки на зовнішньому кільці.

При ремонті кільцевої печі агрегату 400 на Руставском металургійному заводі кладка внутрішнього кільця печі не була прикріплена до каркаса, хоча проєктом таке кріплення передбачається. У результаті цього під час роботи стінка печі відійшла від каркаса приблизно на 200 мм. Ця обставина привела до порушення роботи горелочних обладнань - горіння газу стало частково відбуватися між металевим кожухом і цегельною кладкою. У результаті інтенсивного випромінювання від розпеченого каркаса на робочих місцях також створилися тяжкі умови праці.

Враховуючи досвід експлуатації кільцевої печі на Нікопольському Южнотрубном заводі й на деяких інших підприємствах, Укргіпромез для забезпечення нормальних умов праці в грубних агрегатів передбачає здійснення наступних заходів: кладка стін кільцевої печі (рис. 1) повинна складатися із шару шамотної цегли класу А (232 мм), шаруючи легковагої шамотної цегли (232 мм) і шару діатомової цегли (116 мм); між металевим кожухом каркаса й цегельною кладкою слід укласти шар листового азбесту (10 мм); зовні кожуха, у внутрішньому кільці, необхідно встановлювати металеві екрани; підвісний звід печі слід ущільнювати шляхом заповнення швів глиняним розчином; під печі товщиною 695 мм викладають із шару шамотної цегли (348 мм), діатомової цегли (275 мм) і хромітового набивання (90 мм); для природнього припливу холодного повітря усередину кільця печі ззовні слід улаштувати спеціальні прорізи в залізобетонних стінах під опорні ролики рухливого поду й в робочих майданчиках, що примикають до каркаса печі.

Однак у зв'язку з великою частотою видачі заготовок на кільцевих печах (150-250 шт/ч) робочі вікна постійно відкриті, у результаті чого спостерігаються більші втрати тепла від вибивання. У проектах передбачаються заходи щодо зменшення вибивання димових газів через вікно завантаження й видачі заготовок шляхом обладнання парових або повітряних завіс, ефективність яких не викликає сумніву.

Гарні результати досягнуті при використанні повітряних завіс три тиску стисненого повітря 2 - 3 ати по проекту Укргіпромеза на досвідченій установці секційної печі швидкісного нагрівання для термообробки труб діам. 1020 мм Новомосковського металургійного заводу (рис. 2).

Досвід роботи кільцевих печей на трубопрокатному заводі ім. К-Либкнехта й у цеху № 3 Нікопольського Южнотрубного заводу показав, що зменшити теплові втрати печей можна стовщенням кладки, застосуванням вогнетривких матеріалів з малою теплопровідністю, захистом зовнішньої поверхні кладки теплоізоляційними матеріалами й екрануванням зовнішньої поверхні стін. Однак стовщення кладки не може виходити за певні межі, тому що здорожує будівництво, утяжеляє конструкцію печей. Обладнання спеціальних прорізів у фундаменті й майданчиках забезпечує надійну природню вентиляцію прямиків і внутрішнього кільця печей.

Необхідно на всіх діючих печах використовувати зазначені вище заходи й урахувувати їх у знову розроблювальних проектах конструкцій печей.

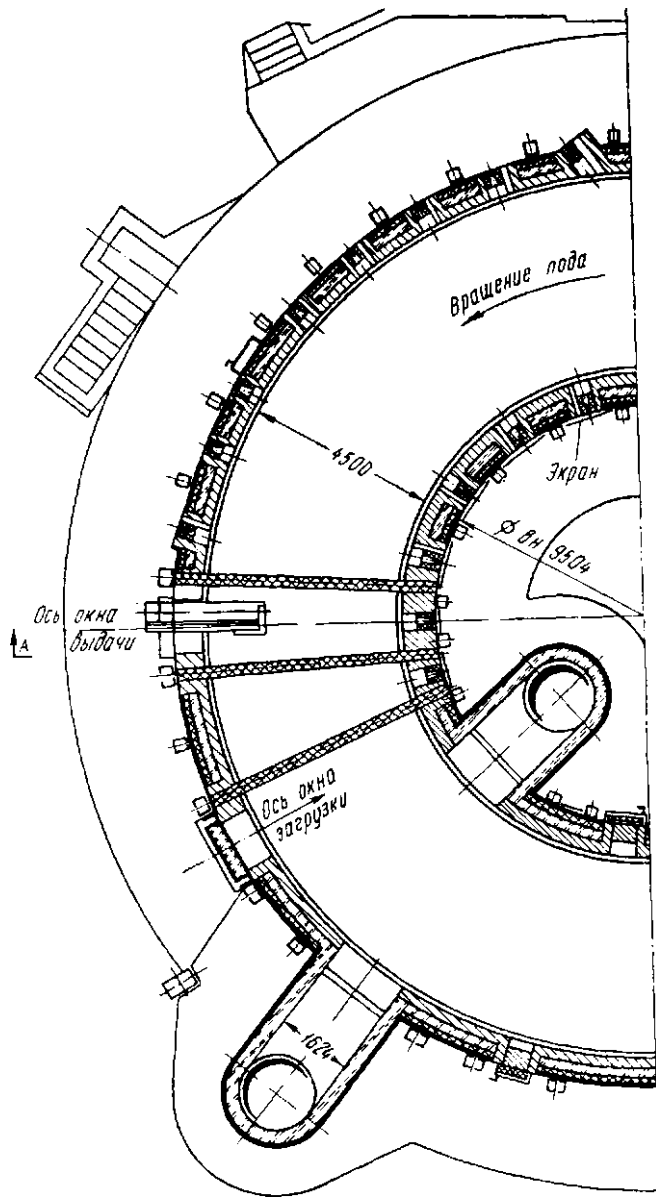


Рис. 1. Кольцевая печь для нагрева трубной заготовки цеха III завода им. К. Либкнехта

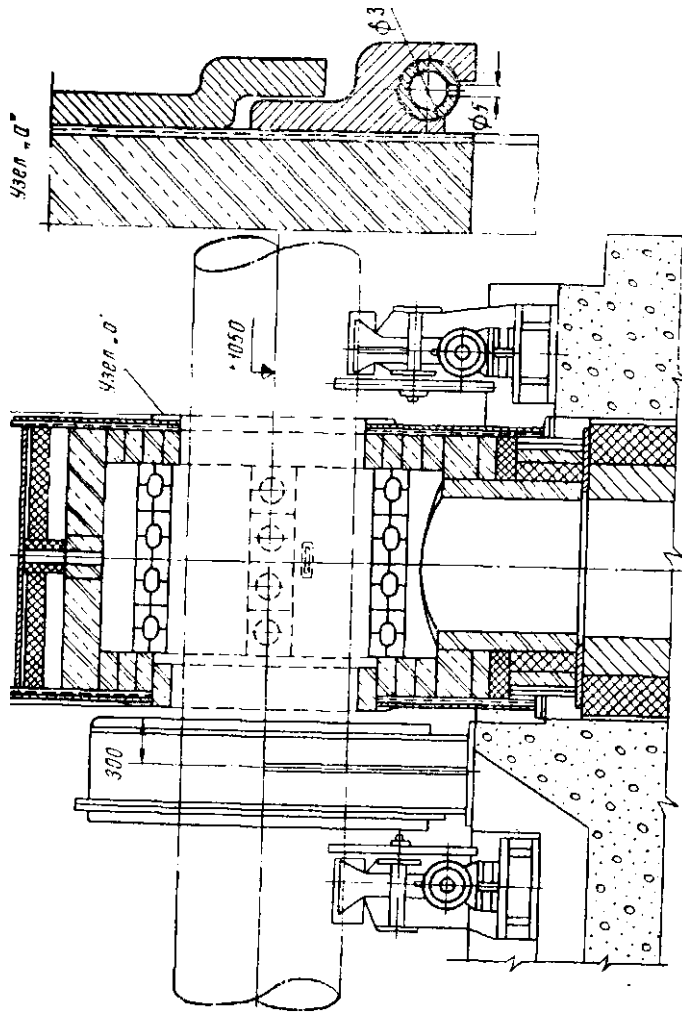


Рис. 2 Воздушна завіса на досвідній установці секційній печі для термообробці труб діам. 1020 мм

### 3. ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПЕРСОНАЛУ ВІД ШУМУ

#### 3.1 Зниження шуму звуковбирними конструкціями

Для оцінки акустичної ефективності звуковбирних і звукоізолюючих конструкцій, які знаходять усе більше поширення для захисту від шуму виробничого персоналу на підприємствах чорної металургії, необхідно знати, що відбувається зі звуком на шляху від джерела до вуха.

Розглянемо поширення звуку у вільнім звуковім полі - просторі, у яким поширюються звукові хвилі. Його вважають вільним, якщо в ньому немає огорожень, що відбивають звук. Залежно від геометричних умов поширення поздовжня звукова хвиля може бути плоскої, сферичної й циліндричної. Кожний тип хвилі характеризується певним законом зміни інтенсивності звуку у функції відстані від джерела. Поверхня, перпендикулярна напрямку поширення в кожній крапці, називається хвильовою поверхнею.

Прикладом плоскої звукової хвилі є звук, що поширюється в трубі. Звукова хвиля називається плоскою, тому що в цьому випадку хвильовою поверхнею є площина. Інтенсивність звуку в плоскій хвилі не змінюється в міру її поширення, тому що площа хвильової поверхні тут не міняється з відстанню. Не випадково на кораблях дотепер ще переговори часто ведуть по трубах. Цей надійний і простий спосіб дозволяє почути голос на більших відстанях без ослаблення його гучності.

У якості найпростішого джерела сферичних хвиль може служити надутий повітрям гумова куля. Якщо з насоса забрати ніпель, то при русі поршня вперед та назад повітря буде те нагнітатися, то відсмоктуватися з кулі. У такт цим рухам поверхня кулі буде періодично розширюватися й стискуватися, тобто пульсувати. Коливання пульсуючої сфери викликають коливання навколишнього шару повітря, яке у свою чергу передає їх далі, і, таким чином, буде поширюватися сферична звукова хвиля. Незважаючи на те що реальні випромінювачі звуку можуть мати різну форму й досить мало походити на пульсуючу сферу, багато джерел шуму можливо приблизно розглядати як сферичні випромінювачі, особливо у випадках, коли їх розміри малі в порівнянні з довжиною хвилі випромінюваного звуку. У сферичній хвилі по напрямкові будь-якого радіуса коливання відбуваються й поширюються зовсім однаково. Хвильовою поверхнею в будь-якій крапці буде сфера, що проходить через цю крапку, що й має центр спочатку. Інакше кажучи, усі хвильові поверхні будуть концентричними (тобто, що мають загальний центр) сферами.

Залежність зміни інтенсивності звуку від відстані для сферичної хвилі легко встановити. З вимоги закону збереження енергії очевидно, що енергія, що проходить в одиницю часу через будь-яку хвильову поверхню, повинна бути постійною. З геометрії відомо, що площа  $S$  поверхні сфери змінюється при збільшенні її радіуса  $r$  за формулою:

$$S=4\pi r^2 \quad (3.1)$$

Отже, інтенсивність звуку при збільшенні відстані між слухачем і джерелом звуку падає. Кожному збільшенню відстані вдвічі відповідає збільшення поверхні звукової хвилі в 4 рази, що приводить до зниження інтенсивності звуку, а отже, і рівня звукового тиску на 6 дБ. Інакше кажучи, інтенсивність звуку обернено пропорційна квадрату відстані ( $1/r^2$ ) від джерела. Це так званий закон зворотних квадратів, де  $r$  - відстань від центру випромінювача до даної крапки. На відстані  $r$  від джерела інтенсивність звуку дорівнює потужності джерела, помноженої на  $(1/4) \pi r^2$ . Переходячи до децибелів, одержимо

де  $L$  - рівень звукового тиску;  $L_p$  - рівень звукової потужності.

Однак далеко не завжди джерела звуку створюють настільки зручне для розрахунків сферично-симетричне випромінювання. Коли джерело звуку має



значні лінійні розміри, випромінюються так звані циліндричні хвилі. Ідеальним випромінювачем циліндричних хвиль є нескінченно довгий пульсуючий циліндр, чому й обумовлена така назва хвиль. Оскільки площа поверхні циліндра пропорційна його радіусу в першому ступені, зменшення рівня звукового тиску в поле циліндричних хвиль при подвоєнні відстані становить усього лише 3 дБ.

Металургійне встаткування поєднує названі види випромінювання. При відстані  $r$ , набагато меншому лінійного розміру джерела, будуть спостерігатися циліндричні хвилі, а на більших відстанях від нього форма хвиль знову наближається до сферичної й закон зворотних квадратів знову набирає чинності. Це справедливо лише для кожного напрямку окремо, оскільки в різних напрямках інтенсивність звуку може бути різної. Однак так це є тільки у вільнім звуковім полі, на відкритім повітрі.

Якщо звук поширюється не у вільнім звуковім полі, а в закритім приміщенні, то необхідно враховувати поглинання й відбиття звуку від конструкцій, що огорожують, приміщення. При падінні звукової хвилі на яку-небудь поверхню частина звукової енергії поглинається. Відношення поглиненої енергії до падаючої називається коефіцієнтом звукопоглинання цієї поверхні. Різні матеріали мають різні коефіцієнти звукопоглинання залежно від частоти. Повне поглинання даною ділянкою матеріалу визначається як добуток коефіцієнта поглинання на площу цієї ділянки, а повне поглинання в приміщенні дорівнює сумі таких величин для всіх ділянок поверхні приміщення. Середнім коефіцієнтом поглинання називається відношення цієї сумарної величини до повної поверхні приміщення.

У закритих приміщеннях картина розподілу звукової енергії навколо джерела звуку більш складна, чому у відкритому просторі. У закритім приміщенні звукові хвилі поширюються не тільки від джерела шуму (прямий звук), але, відбиваючись від поверхонь, що обмежують приміщення, здобувають найрізноманітніші напрямки. У результаті багаторазових відбиттів у приміщенні утворюється так зване дифузійне звукове поле. Дифузність звукового поля визначається тем, наскільки добре "змішані" відбиті звукові хвилі; у дифузійнім полі інтенсивність звуку в будь-якій крапці однакова. В умовах дифузійного звукового поля легко з'ясувати вплив відбитої звукової енергії на рівень шуму.

Розглянемо сферичне джерело звуку з рівнем звукової потужності 100 дБ. Згідно із законом зворотних квадратів, у відкритому просторі рівень звуку на відстані 3 м від такого джерела складе 79 дБ. Внесемо це джерело в приміщення розмірами, наприклад,  $15 \times 10 \times 6$  м, яке побудовано з оштукатуреного цегли або бетону. Коефіцієнт звукопоглинання стін, стелі й підлоги в цім приміщенні буде рівний 0,05. Прямий звук буде приходити безпосередньо від джерела до вуха, і рівень інтенсивності цього звуку складе 79 дБ. Після цього хвиля пробіжить далі й упаде на стіни, підлогу й потовк. Ці поверхні поглинуть 5% звукової енергії, а 95% відіб'ють назад. Звукові хвилі пробіжать назад, і цей процес буде повторюватися знову. Від

додавання всіх відбиттів інтенсивність звуку збільшується в  $1 - \alpha/\alpha$  раз, де  $\alpha$  - середній коефіцієнт поглинання поверхонь приміщення.

Сумарний рівень відбитого звуку рівний

$$L_0 = L_p + 101g \frac{4(1-\alpha)}{S\alpha} \quad (3.2)$$

де  $S$  - повна площа поверхонь приміщення.

Для зручності часто вводять так звану постійну приміщення  $B = S\alpha/(1-\alpha)$ . Тоді попередня формула прикмет вид.

$$L_0 = L_p + (101g \ 4/B) \quad (3.3.)$$

У більшій частині частотного діапазону подвоєння  $a$  дає зниження рівня на 3 дБ. Чим більше площа поверхонь приміщення, тобто його розміри, тем менше рівень відбитого звуку при тому ж значенні  $a$ . У розглянутому прикладі рівень потужності джерела рівнявся 100 дБ, поверхня приміщення мала площа  $540 \text{ м}^2$ , а середній коефіцієнт поглинання був прийнятий рівним 0,05. Підставляючи всі ці величини в отриману формулу, знаходимо

$$L_0 = L_p + 101g \frac{4(1-0,05)}{540 \cdot 0,05} = 92 \text{ дБ} \quad (3.4.)$$

Якщо врахувати, що той же джерело створювало на відстані 3 м рівень звукового тиску прямого звуку всього лише 79 дБ, то ясно, наскільки росте шум, створюваний джерелом, коли він перебуває в приміщенні.

У той же час завжди є присутнім і прямий звук, з обліком якого повна формула для сумарного рівня звуку приймає вид

$$L_{\Pi} = L_p + 101g \left( \frac{\Phi}{4\pi r^2} + \frac{4}{B} \right) \quad (3.5)$$

Аналіз формули показує, що якщо для зазначеного приміщення  $a$  збільшити від 0,05 до 0,1, то в приміщенні стане тихіше на 3 дБ. Якби вдалося одержати середній коефіцієнт звукопоглинання  $\alpha = 0,5$ , то стало б тихіше на 13 дБ.

У звичайних умовах малого коефіцієнта поглинання для визначення зниження шуму при збільшенні коефіцієнта поглинання немає необхідності розраховувати постійну приміщення. Досить знати, у скільки раз виросла величина  $S \alpha$ , тому що поліпшення дорівнює десятикратному логарифму цієї величини. За одиницю повного звукопоглинання ухвалюється  $1 \text{ м}^2$  відкритого вікна (передбачається, що звук, вишедший з кімнати у вікно,

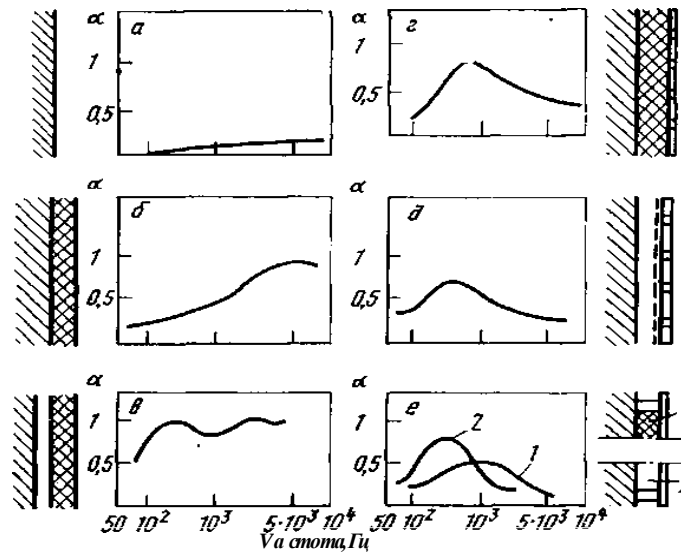


Рис. 4. Схеми звукопоглинаючих конструкцій та їх ефективність

назад уже не вертається, а це для даного приміщення рівноцінно повному поглинанню звуку).

Розглянемо характеристики звуковбирних матеріалів (рис. 4). Для порівняння вкажемо, що звукопоглинання твердої, гладкої, позбавленої пор стіни (рис. 4) досить мало й обумовлене тертям і теплообміном у шарі повітря близько її поверхні. Такі стіни фактично поводяться як акустичні дзеркала й відбивають 95-99% "ударяючого" про них звуку. Таке велике відбиття нас не влаштовує, і розробка різних звуковбирних матеріалів і конструкцій - це спроба змусити поверхні, що відбивають, поглинати можливо більшу частину падаючого на них звуку, а не відсилати його назад. Дія цих матеріалів стає особливо ясным з наступної аналогії. Якщо оклеить потовк і стіни побіленої кімнати темними шпалерами, то при тих же джерелах світла в ній стане темніше. Це відбувається тому, що освітленість складається із прямого світла, що виходить безпосередньо від джерел, і відбитого - від внутрішніх поверхонь приміщення. Темні поверхні майже цілком поглинають падаючий на них світло, і залишається тільки пряме світло від джерел, без збільшення відбиттів. Приблизно те же відбувається й зі звуковими хвилями. Звуковбирні матеріали й конструкції - це всього лише "акустичні шпалери".

Широке застосування знаходять пористі звуковбирні матеріали: із твердим кістяком (пемзолит, гіпсовий і цементний фіброліт і т.п. ); з напівжорстким кістяком (древесноволокнистые, мінераловатні й скловолокнисті плити); із гнучким кістяком (поролон, прошиті й обгорнені в тканину мати з капронового волокна й т.п. ). Випускаються пористі матеріали у вигляді плит, асортименти й зовнішній вигляд яких досить різноманітний: вони бувають перфоровані й без отворів, пофарбовані й незабарвлені. Багато хто з них мають приємний декоративний вид. Гарні звуковбирні властивості таких матеріалів пов'язані з їхньою пористістю (пори повинні бути наскрізними) і сильно розвинутою поверхнею й обумовлюються втратами енергії звукових хвиль у порах.

Механізм поглинання звукової енергії відбувається в такий спосіб. Звукова хвиля, падаючи на поверхню пористого матеріалу, приводить повітря усередині пор у коливальний рух. Маленькі пори створюють великий опір потоку повітря, у силу чого рух часток повітря в порах гальмується й у результаті грузлого тертя відбувається перехід кінетичної енергії коливань повітря в теплову. У пористих матеріалах з напівжорстким і гнучким кістяком втрати звукової енергії відбуваються також завдяки деформаціям кістяка і його активному опору змушеним коливанням, що виникають під дією падаючих звукових хвиль.

При дуже пухкому матеріалі поглинач (більші пори) тертя в порах незначно, що приводить до малого звукопоглинання, а якщо волокна в мату покладені занадто тісно, його поверхня виявиться зайво щільною й хвилі будуть відбиватися від зовнішньої поверхні мату. Отже, при виборі щільності матеріалу поглинач потрібно знайти якийсь компромісний розв'язок. Як з'ясувалося, найбільш ефективні волокнисті матеріали із щільністю  $50-200 \text{ кг/м}^3$ .

Ефективність поглинання звуку пористим матеріалом суттєво залежить від частоти. Для низькочастотних звуків з довжиною хвилі в кілька метрів поглинання у волокнистому шарі товщиною 30-50 мм незначно, але, якщо товщина шару порівнянна з довжиною хвилі або навіть перевищує її, що має місце на середніх і високих частотах, поглинач стає надзвичайно ефективним.

Для одержання високого поглинання в області низьких частот необхідна більша товщина пористого матеріалу. Збільшення товщини шару на великій площі обійдеться дуже дорого. Однак можна значно поліпшити поглинання на низьких частотах, відсунувши пористий мат від поверхні, що відбиває. Оскільки втрати на тертя тим більше, чим вище коливальна швидкість часток повітря в порах, звуковбирний матеріал вигідно розташовувати в пучности хвилі, тобто на відстані  $1/4$  довжини звукової хвилі  $\lambda$  від стінки.

Для захисту звуковбирних матеріалів від механічних ушкоджень і з декоративними цілями їх закривають перфорованими екранами. Останні виготовляють із перфорацією у вигляді круглих отворів або паралельних щілин. Екран суттєво міняє характер поглинання пористого матеріалу. На високих частотах звукопоглинання знижується, тому що менша кількість звукової енергії проникає через перфорацію в пористий матеріал. На низьких частотах звукопоглинання трохи підвищується, оскільки звукові хвилі, що приводять екран у коливальний рух, поглинаються. Якщо сумарна площа перфорації становить не менш 20% площі екрана, то вони є акустично прозорими й не впливають на частотну характеристику звукопоглинання пористого матеріалу. Цікаво, що перфорований екран і без пористого звуковбирного матеріалу продовжує поглинати звук. Така конструкція називається резонансним звукопоглотителем. Подібна резонансна система, що полягає з порожнини, з'єднаної з навколишнім повітрям отвором - горлечком, була розглянута німецьким фізиком Германом Гельмгольцем і

зветься резонатора Гельмгольца. Будь-яка посудина, наприклад пляшка, не заповнений рідиною, теж резонатор. Переконатися в цьому неважко. Повітряна пробка в горлі від стіни або стелі приміщення встановити більш-менш товстий перфорований лист. Отвори в листі грають роль горлечок резонаторів Гельмгольца, а простір між листом і стінкою - роль порожнин. Частотна характеристика звукопоглинання такої конструкції має максимум на резонансній частоті, яка зменшується зі збільшенням відстані між листом і стінкою і зменшенням отворів у листі.

Якщо перфоровану панель замінити суцільний гнучкою плитою, отримаємо інший різновид резонансного поглинача, так званий мембранний поглинач. Маса панелі грає тут роль вантажу на пружині, а її жорсткість і пружність шару повітря ззаду панелі спільно діють як пружина. Характеристика такого мембранного поглинача дуже схожа з характеристикою резонатора Гельмгольца, але тільки для набагато більш низьких частот. Поглинання звуку зумовлено внутрішнім тертям у матеріалі плити та в повітряному проміжку. Розміщення в повітряному проміжку пористого матеріалу збільшує максимальне значення коефіцієнта звукопоглинання і зрушує положення максимуму в бік більш низьких частот.

До цих пір розглядалося тільки дифузне звукове поле; проте припущення про дифузності звукового поля в закритому приміщенні в більшості практичних випадків не відповідає дійсності. Особливо це відноситься до виробничих цехах, в яких горизонтальні розміри в десятки разів перевищують висоту. У цих випадках можна вважати, що приміщення нескінченно довге й широке, а єдино істотний розмір - його висота. Як видно на рис. 14, на порівняно невеликих відстанях від джерела (не більше 3-4 м) шлях прямого звуку набагато коротше шляху, прохідного відбитими хвилями. Найбільш сильними відбитими хвилями будуть ті, які відбилися від підлоги і стелі тільки один раз. Тому поблизу джерела прямий звук переважає над відбитим і останнім можна знехтувати: у цій області поле з точки зору слухача має спрямований характер.

Якщо висота приміщення дорівнює близько 15-20 м, то прямий звук переважає на більшій площі цеху. Починаючи з певної відстані від кожного джерела відбиті хвилі, рівень яких убуває при подвоєнні відстані всього на ЗдБ, перевершають за інтенсивністю прямий звук. У цій області звук оточує слухача з усіх сторін. Зона відбитого звуку розташовується зазвичай поблизу відображають звук поверхонь.

У цілому рівень навколишнього шуму в цеху залежить не тільки від його розмірів, але і від числа одночасно працюючих джерел шуму та їх взаємного розташування.

Обробка приміщень звукопоглинальними матеріалами доцільна в тих випадках, коли робочі місця розташовані в зоні відбитого звуку, а до облицювання середній коефіцієнт звукопоглинання поверхонь приміщення на частоті 1000 Гц не перевищував 0,25. Якщо приміщення має висоту не більше 6-8 м, то звукопоглинальні облицювання розміщують на стелі і верхніх частинах стін. Рекомендується облицювати не менше 60% загальної площі

поверхонь, що обмежують приміщення. У вузьких і дуже високих приміщеннях звукопоглинальні облицювання розташовують на стінах, залишаючи нижні їх частини на висоті до 2 м необлицьовану.

Максимальна величина зниження рівня шуму з помістю звукопоглинальних облицювань в зоні відображеного звуку Досягає 8 - 10 дБ, тому у виробничих приміщеннях їх зазвичай застосовують у поєднанні з іншими заходами щодо зниження рівня шуму.

### *3.2. Звукоізоляція робочих місць і обладнання*

Звукоізоляція робочих місць та обладнання, що містить пристрої звукоізолюваних постів керування і звукоізолюючих кожухів, є одним з найбільш ефективних способів захисту від шуму виробничого персоналу. Їх широке застосування в цехах чорної металургії стало можливим завдяки автоматизації виробничих процесів з використанням дистанційного управління роботою металургійних агрегатів. Правильно запроектований і якісно виконаний пост управління або звукоізолюючий кожух забезпечує зниження шуму допустимих норм значень практично за будь-яких рівнях звукового тиску у цеху.

Розглянемо, що таке звукоізоляція і від яких параметрів вона залежить. Коли звукова хвиля падає на поверхню будь-якого огороження (допустимо стіну приміщення, в якому знаходиться джерело шуму), то вона частині відбивається назад в приміщення, частково поглинутої стіною, а частково проходить крізь стіну. Оскільки повна енергія звукових хвиль не повинна змінюється, часто вважають, що, максимально збільшуючи поглинання звуку стінами, можна добитися мінімальної інтенсивності відбитого і минулого звуків. Але справа йде не так просто. Як відомо, щоб отримати ефективно згасання звуку, товщина шару поглинаючого матеріалу повинна бути порівнянна з довжиною звукової "хвилі". Так як на практиці довжини звукових хвиль сягають кількох метрів, ясно, що звукопоглинаючі матеріали в якості безпосередніх ізоляторів звуку не придатні.

Механізм передачі звуку через огорожу полягає в тому, що звукова хвиля, що падає на огорожу, приводить його в коливальний рух з частотою, рівною частоті коливань частинок повітря у хвилі. У результаті цього захисна конструкція сама стає джерелом звуку і випромінює його в навколишній простір. Однак величина випромінюваної звукової потужності більш ніж у сотні разів менше звукової потужності, падаючої на огорожу з боку джерела шуму. Звукоізолююче дію огорожувальної конструкції обумовлено тим, що велика частина звукової енергії відбивається від огорожі. Ясно, що матеріали, які добре поглинають звук, є в той же час і хорошими провідниками його.

Які ж матеріали слід застосовувати для звукоізоляції? Товста, щільна кам'яна стіна - найкращий ізолятор звуку. Вона добре відбиває звук і володіє значною масою, в результаті чого її важко розгойдати. Так, цегляна стіна

товщиною 120 мм забезпечує зниження звуку на високих частотах більш ніж на 60 дБ, тобто інтенсивність минулого звуку зменшується в мільйон разів.

Інтуїтивно можна було припустити, що маса огорожі грає істотну роль в його звукоізоляції. Теоретично кожне подвоєння маси огорожі або частоти звуку повинно призводити до зростання звукоізоляції на 6 дБ (рис. 5, крива 1). Однак на практиці цей так званий закон маси далеко не завжди. Пов'язано це з тим, що будь-яка перегородка має не тільки масу, але і определенной пружністю і, отже, має власну частоту коливань. Якщо частота падаючої хвилі дорівнює або близька власній частоті, то перегородка

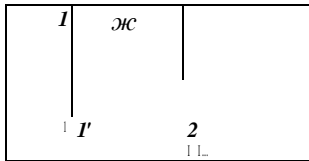


Рис. 5. Типова частотна характеристики звукоізоляції однешарової перегородки: / - область резонансів; // - закон маси; / / - область ефекту совпадиння; / - теоретична крива звукоізоляції за законом мас; / - реальна крива звукоізоляції по закону мас; 2 - крива звукоізоляції в області ефекту збіги; 2' - те ж, з урахуванням вібропоглищення

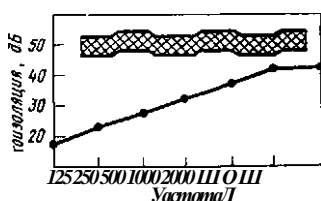
буде сильно розгойдуватися під дією цієї хвилі і передача звуку буде відбуватися дуже інтенсивно. Оскільки перегородка може резонувати на багатьох частотах, погіршення звукоізоляції спостерігається в досить широкій області частот, і замість поліпшення ізоляції на 6 дБ при подвоєнні частоти вдається домогтися не більше 4: -5 дБ (рис. 15, крива 1'). Але й цього мало. Виявляється, в деякій області частот має місце ще один додатковий резонанс, так званий резонанс хвильового збіги. Це просторовий резонанс, що виникає на частоті, коли довжина хвилі звуку стає рівною довжині згинальної хвилі в перегородці. Цю частоту називають граничної (рис. 5, крива 2). При явищі хвильового збіги розподіл тиску в падаючій хвилі точно відповідає розподілу зміщень перегородки на власних частотах. У результаті відбувається інтенсивне зростання її коливань і звукоізоляція різко зменшується. На частотах вище граничної істотне значення набуває жорсткість огорожі, від якої залежать гранична частота і внутрішнє тертя в матеріалі конструкції.

З усього сказаного випливає, що внаслідок явищ резонансу і збіги перегородка, що володіє навіть досить великою масою на одиницю площі, має у відносно широкому діапазоні частот малу величину звукоізоляції. Причому резонанс збіги обумовлює досить суперечливу картину залежності звукоізоляції від товщини огорожі: збільшення товщини, відповідно до закону маси, збільшує звукоізоляцію, але одночасно зростає згинальна жорсткість огорожі, в результаті чого резонанс збігу проявляється на більш низьких частотах і звукоізоляція знову зменшується.

Для підвищення звукоізоляції огорожі слід пересувати граничну частоту (тобто область явища збіги) за межі нормованого діапазону частот. З цією метою, наприклад, в перегородці з дерева можна зробити тонкі пропили на певну глибину. Маса огорожі, при цьому залишиться майже незмінною, а згинальна жорсткість за рахунок пропилів різко зменшиться, в результаті

гранична частота резонансу збігу переміститься в більш високу область частот і звукоізоляція огорожі підвищиться.

Існує, однак, більш практичний спосіб підвищення звукоізоляції одношарового огорожі. Це – застосування вибропоглощаючих покриттів.



Вібропоглинання зменшує амплітуди резонансних коливань і за рахунок цього звукоізоляція в області ефекту збігу підвищується (рис. 5, крива 2'). Ще ефективніше конструкція огорожі, що представляє собою листкову конструкцію типу «сендвіч». Наприклад, широке поширення останнім часом отримали профільовані панелі, які складаються з двох сталевих листів товщиною 0,8 мм кожний і шару пінополіуретану товщиною 60 мм між ними (рис. 16). Відмінною особливістю таких панелей є, з одного боку, висока жорсткість при згині, а з іншого - звукоізоляція за законом маси в усьому нормованому діапазоні частот.

На високих частотах їх звукоізоляція досягає 40 дБ.

У деяких випадках може знадобитися значно більша величина звукоізоляції. Якщо збільшуватися масу перегородки, то, щоб підвищити звукоізоляцію навіть на 5 дБ, доведеться, як це впливає із закону мас, застосувати перегородку в 2 рази більше товсту. При цьому невиправдано підвищується витрата матеріалів. Тим більше, при необхідності поліпшення звукоізоляції, скажімо на 15 дБ, буде потрібно збільшити масу перегородки вже у 8 разів, що може виявитися взагалі неприпустимим з конструктивних міркувань. Тому ясно, що цей шлях підвищення звукоізоляції є мало перспективним.

Для отримання високої звукоізоляції поступають таким чином: додатково до першої ставлять другу перегородку, залишаючи між ними повітряний проміжок. Сумарна маса буде вдвічі більше, як якщо б ми просто подвоїли товщину першої перегородки, однак за рахунок додаткового переходу звуку з повітря у другу перегородку і з неї знову в повітря подвійна перегородка виявляється значно ефективнішою, ніж одношарова перегородка подвійної маси. Ефект досягається завдяки додатковому неузгодженню хвильових опорів на межі повітря - друга перегородка - повітря. Хвильовий опір (добуток щільності матеріалу на швидкість звуку в ньому) повітря набагато менше хвильового опору перегородки. Чим більше розходження хвилевої опору двох середовищ, тим більше відображення і тим менша частка падаючої хвилі проходить з одного середовища в інше.

Якщо плити подвійного огорожі не мають жорстких зв'язків по контуру і повітряний проміжок між ними достатньо великий (не менше 80 мм), величина додаткової звукоізоляції становить зазвичай від 10 дБ на низьких частотах до 30 дБ і більше на високих. При цьому враховується, що в



подвійній перегородці, як і раніше залишається проблема резонансу хвильового збіги і, крім того, з'являється новий резонанс: на частотах, при яких по товщині повітряного проміжку укладається ціле число півхвиль в повітрі, виникають резонанси повітряного прошарку. Це також призводить до зниження звукоізоляційних якостей подвійного огорожі. Якщо повітряний проміжок заповнити яким - бо пористим матеріалом, зазначені резонанси зникають.

На практиці часто не вдається усунути зв'язок між плитами по контуру. Якщо між плитами подвійного огорожі прокласти по контуру смуги з м'якої листової гуми, то величина додаткової звукоізоляції буде лише на 5-6 дБ нижче, ніж у відсутність зв'язків. При абсолютно жорстких зв'язках між плитами (наприклад, при з'єднанні плит шпильками) додаткова звукоізоляція становить лише 6 дБ, тобто мало відрізняється від звукоізоляції одношарового огорожі подвоєною маси. Передача звуку через таке подвійне огороження відбувається в основному через елементи кріплення плит. Товщина повітряного проміжку або від пружного шару між плитами не впливають тут на звукоізоляцію огорожі. Істотний вплив на звукоізоляцію огорожувальних конструкцій надають щілини і отвори. Якщо діаметр отвору порівнюємо або більше довжини хвилі, то пройшла через отвір звукова енергія пропорційна площі отвору. Несприятливий вплив отвори на величину звукоізоляції огорожі тим більше, чим вище його власна звукоізоляція. При досить великій її величиною загальна звукоізоляція огорожі з отвором дорівнює десятикратному логарифму відношення площі глухої частини огорожі до площі отвору і не залежить від власної звукоізоляції огорожі. Так, якщо у розглянутій, нами вище цегляній стіні з власної звукоізоляцією, рівної 60 дБ, зробити отвір, площа якого складає всього 1 / 500 частина площі стіни, то такий отвір знизить звукоізоляцію стіни на високих частотах на 33 дБ. Через малі отвори з діаметром, меншим довжини звукової хвилі, при дифузному падінні звуку проходить більше звукової енергії, ніж це відповідає її площі. Ясно, як важливо ретельно заливати отвори і щілини, коли необхідна хороша звукоізоляція. Яким чином це здійснюється на практиці, буде показано при розгляді конструкцій звукоізолюваних постів керування і звукоізолюючих кожухів.

Звукоізолювані пости керування. За способом виконання вони поділяються на стаціонарні і переносні (збірні).

У першому випадку пост виготовляють з цегли, бетону, шлакобетону і подібних будівельних матеріалів, а в другому - з профільованих панелей типу "сендвіч". Збірні пости легкі, технологічні, можуть швидко монтуватися з готових блочних елементів, але їх звукоізолююча здатність менше, ніж у стаціонарних постів, і тому вони застосовуються, коли необхідна величина зниження рівня шуму на робочому місці не перевищує 25-35 дБ на середніх і високих частотах. Конструкція типового звукоізолюваного поста управління схематично показана на рис. 7. Внутрішні поверхні глухої частини стіни і стеля поста повинні бути обов'язково облицьовані звукопоглинальними матеріалами.

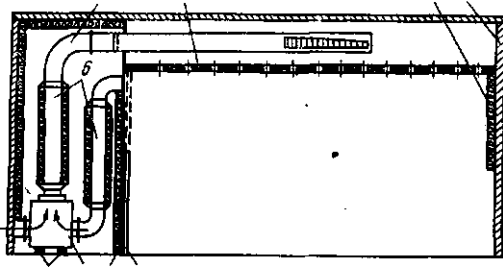


Рис. 7. Схема звукоізолюваному поста управління:

1 - Звукопоглинальний підвісна стеля; 2 - звукоізолююча перегородка; 3 - помилкова стінка з рециркуляційної ґратами; 4 - віброізолятори; 5 - кондиціонер, 6 - глушники шуму; 7-воздуховод припливної вентиляції; 8 - стіна;9 - звукопоглинаюча облицювання

Це необхідно з наступних причин. У приміщеннях постів управління звукове поле при проникненні шуму зовні має дифузний характер, а отже, ефективність стін поста, як ізоляторів звуку, залежить не тільки від величини їх власної звукоізоляції, але й від ступеня поглинання звуку в приміщенні. Дійсно, відбиті хвилі збільшують випромінюваний стінами прямий звук усередині приміщення, і зменшення шуму  $\Delta l$ , обумовлене стіною, дорівнюватиме

$$\Delta l = R + 10lg\alpha \quad (3.6)$$

де  $R$  - Власна звукоізоляція стінки посту.

Отже, при малому  $\alpha$  звукоізоляція стін поста управління істотно знизиться. Наприклад, при  $\alpha = 0,05$  (звичайна цегляна або бетонна нештукатурена стіна) зниження ізолюючого дії огорожі становитиме 13 дБ.

Як звукобірною облицювання стін зазвичай використовуються оздоблювальні акустичні плити «з набризком», які мають приємний декоративний вигляд і добре поглинають звук. Плити встановлюються без повітряного проміжку і тільки у верхній частині стін на висоті 1,5 м від підлоги. Звукопоглинальний підвісну стелю виконується з перфорованих акустичних гіпсових плит, через які здійснюється роздача кондиціонованого повітря в піст. Кондиціонер встановлюється на віброізолюване підставі в суміжному з постом приміщенні.

Віброізолюване підставу являє собою масивну залізобетонну плиту, яка вільно спирається на гумові або краще гумовані гумою пружинні віброізолятори. Помітне ослаблення передачі вібрацій на фундамент від кондиціонера або будь-який інший машини буде тільки в тому випадку, якщо частота власних коливань установки на віброізолюване підставі хоча б у два рази менше її змушує робочої частоти. Як відомо, частота власних коливань знижується зі збільшенням коливается маси і зменшенням жорсткості пружного елемента. Тому, з точки зору ефективності віброізоляції, маса залізобетонної плити повинна бути якомога більшою, а сумарна жорсткість гумових віброізоляторів або їх число - якомога меншими. Межею тут можуть служити тільки конструктивні можливості.

Для зниження проникаючого в пост управління повітряного шуму від кондиціонера в повітропровід припливної вентиляції встановлюють глушники шуму.

Приведені конструктивні елементи вікна та двері з підвищеною звукоізоляцією. Вікно виконано у вигляді подвійного вітража з силікатних полірованих стекел товщиною 7 мм з повітряним проміжком 100 мм. Скло в раму вставлені через ущільнювальні прокладки з м'якої гуми. Двері поста представляє собою багат шарову конструкцію і складається із сталевих листів товщиною 2-3 мм і деревостружкових плит товщиною 15 мм. Простір між плитами заповнено скловатою. У притворі Контур двері ущільнений прокладками з пористої гуми. Звукоізолююча способцітової двері. Кімнати відпочинку для виробничого персоналу в цеху виконуються аналогічно постам управління.

Екран-будка. Нерідко робочі місця захищені від шуму лише частково, оскільки закриті не з усіх сторін. Якщо внутрішні поверхні такої частково відкритої будки облицювати звукопоглинаючими матеріалами, то це може призвести до істотного зниження шуму на робочих місцях. Наприклад, при співвідношенні площ поверхні будки і відкритій частині, що дорівнює чотирьом, і середньому коефіцієнті звукопоглинання її внутрішнього облицювання  $\alpha = 0,9$  акустична ефективність частково відкритої будки становить близько 7 дБ. Якщо встановити за відкритою частиною будки екран зі звукопоглотітелем або орієнтувати відкритий отвір у бік стіни, облицьованої звукопоглотітелем, то додаткове зниження рівня шуму на робочому місці становитиме від 5 до 10 дБ. Таку екрановану будку називають екран-будкою. Вона дуже зручна в експлуатації, її установка не вимагає примусової вентиляції.

Звукоізолюючі кожухи. Для захисту виробничого персоналу від шуму машин її повністю закривають герметичним звукоізолюючим кожухом, який виготовляють зазвичай із сталевих листів товщиною 2-3 мм, а внутрішні поверхні облицьовують звукопоглинальними матеріалами. Якщо це не зробити, то за рахунок хорошої відбивної здатності сталевих листів рівень шуму всередині кожуха різко підвищиться і його фактична звукоізоляція виявиться зменшеною на 18-20 дБ. Кожухи можуть бути знімними або розбірними, мати оглядові вікна, двері, які відкриваються, а також отвори для введення комунікацій. Звукоізолюючий кожух встановлюють на пружних прокладках, а машину ретельно віброізолюючих від фундаменту, не допускаючи жорстких контактів між машиною і кожухом. Отвори для циркуляції повітря і проходу комунікацій забезпечуються глушниками шуму або герметизуються сальниками.

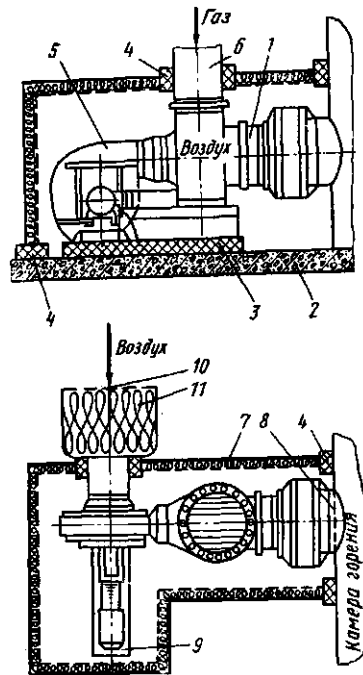


Рис. 9. Конструктивні елементи звукоізолюючого кожуха газового пальника воздухонагрівача доменної печі:

1 / - Циліндричний корпус, 2 - плита перекриття; 3 - амортизатор; 4 - ущільнюючі прокладки, 5 - відцентровий вентилятор; 6 - газопровід; 7 - звукопоглинаюча облицювання; 8-пальник; 9-двигун вентилятора; 10 - воздухоза-борне отвір; // - глушник шуму

В якості прикладу на рис.9 показані конструктивні елементи звукоізолюючого кожуха для газового пальника воздухонагрівача доменної печі. Газовий пальник складається з циліндричного корпусу і відцентрового вентилятора з двигуном. Повітря засмоктується вентилятором з приміщення цеху через вхідний отвір, а газ надходить з газопроводу. Змішування газу і повітря відбувається в камері горіння повітрянагрівача. Внаслідок високої швидкості повітря і газу на зрізі конфузора пальника виникає турбулентний рух, що призводить до появи інтенсивного шуму. Застосування герметичного звукоізолюючого кожуха дозволяє знизити шум на робочій майданчику до санітарних норм. Кожух зварений із сталевого листа товщиною 2 мм і забезпечений звуковбирною облицюванням, глушником шуму і ущільнювальними прокладками з гуми. Вентилятор пов'язаний з плитою перекриття за допомогою амортизаторів.

У ряді випадків, немає необхідності укладати в звукоізолюючий кожух всю машину або весь агрегат. Достатньо закрити кожухом тільки найбільш шумлячий частину агрегату.

Прикладом цього може служити звукоізолюючий кожух над диском пилки для різання прокату (рис. 10).

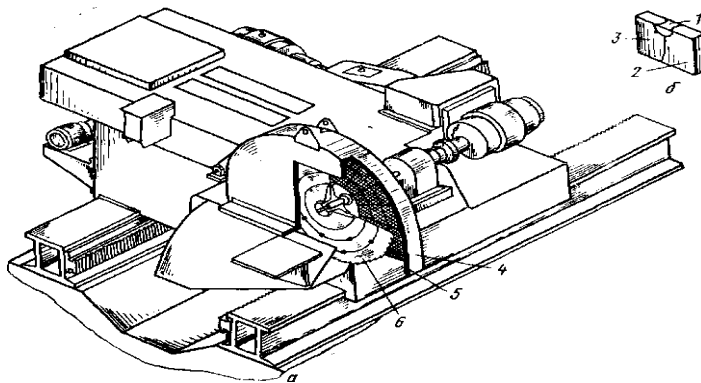


Рис. 10. Конструкція звукоізолюючого кожуха над диском пилки: а - загальний вигляд дискової пилки зі звукоізолюючим кожухом; б - конструкція складеного диска; 1 - заклепка; 2-зовнішнє кільце; 3 - внутрішнє кільце; 4 - звукоізолюючий кожух, 5 - звукопоглинальний матеріал; 6 - складовою диск пили

Саме диск пили, резонансні вібрації якого виникають при ударах зубів про розрізаємо заготовку, є найбільш інтенсивним джерелом шуму пилки. Звукоізоляція диска знижує шум пилки на середніх і високих частотах на 8-10 дБ (рис.11), незважаючи на те що для забезпечення нормального огляду зони різку приблизно 1/6 частину площі диска залишається незакритим кожухом. Необхідно ретельно віброізолювати кожух від рами пилки.,

Слід зауважити, що додаткове зниження шуму пилки на 10-15 дБ може бути досягнуто за рахунок уста – новки віброізолюючих елементів на самому диску. З цією метою його виготовляють складовим; він складається з центрального диска з надітими на нього кільцями, які з'єднані з диском і один з іншим по лініях роз'єму заклепками. Зниження рівня шуму такої конструкції відбувається внаслідок ослаблення передачі вібрації від ріжучої кромки до диску. Звукозахисні екрани. Якщо звукові хвилі зустрічають на своєму шляху перешкоду, розміри яких більше довжини хвилі, то звук відбивається або розсіюється перешкодою у багатьох напрямках, а за перешкодою утворюється звукова тінь. Цю особливість звукових хвиль використовують для захисту від шуму, встановлюючи між джерелом шуму і працюючим акустичний екран (рис. 23). Проте використання екранів ефективно не у всіх випадках. Якщо звукові хвилі мають можливість

відбиватися від поверхонь приміщень (рис.23, а), то зниження рівня шуму на робочому місці за екраном не перевищує 2-3 дБ. Звук, відбиваючись від стелі, як би огинає екран.

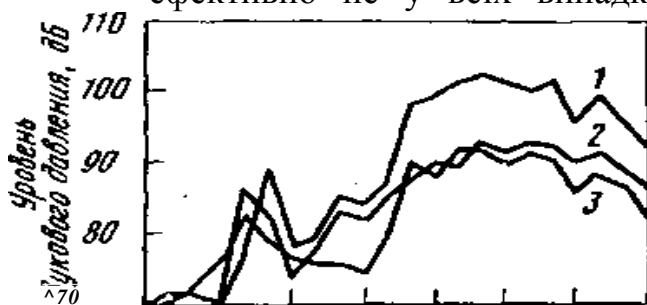


Рис. 11. Частотні характеристики рівня шуму дискової пилки: 1 - зі звичайним кожухом; 2 - з складовим диском пилки; 3 - зі звукоізолюючим кожухом

## **Список рекомендованої літератури**

### **Основна література**

1. В.М.Злобинский «Охрана труда в металлургии». – М.: Металлургия, 1968-460с.
2. Производственная санитария. Справочное пособие. 1968-688с.
3. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование, справочник О.Ф. Партолина и др.: Под ред. С.В.Белова – М.: Машиностроение, 1989-368с., 1991. – 286 с.
4. Безопасность труда на производстве. Справочное пособие. Производственная санитария под ред. БВ. Злобинского, 1969.
5. Охрана труда на промышленном предприятии. К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно и др. – К.:Техника, 1991-286с.
6. Сборник «Защита от тепловых излучений на предприятиях черной металлургии» под ред. Б.А.Бурова. М: Металлургия. 1969-212с.
7. А.Ф.Бабалов. Промышленная защита в металлургии. М.: Металлургия. 1971-360с.
8. Защитные устройства. Справочное пособие. Под ред. проф. Б.М.Злобинского.- М.Металлургия, 1971. – 455 с.
9. И.М.Халецкий. Вентиляция и отопление заводов черной металлургии. Справочник. М.: Металлургия, 1981-239с.
10. К.В.Лебедева. Охрана труда на предприятиях цветной металлургии. М.: Металлургия, 1981-216с.

### **Додаткова література**

1. Законодательство Украины об охране труда.: Сборник нормативных документов. (в трех томах). – Киев., 1995.
2. Справочник по охране труда на промышленном предприятии. К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно и др.- К: Техника, 1991.- 286 с.
3. ГОСТ 12.1.003-88. Шум. Общие требования безопасности.
4. СНиП П – 4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.- М.: Стройиздат, 1980.- 48 с.
5. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
6. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.
7. Довідник нормативних документів у сфері охорони праці, пожежної безпеки, гігієни праці та соціального страхування від нещасних випадків. – К., Вектор 2009. – 244 с.

## ЗМІСТ

1. ОСНОВНІ ШЛЯХИ БОРОТЬБИ З НАДЛИШКОВИМ ТЕПЛОМ У ЧОРНІЙ МЕТАЛУРГІЇ.....	3
1.1. Принципи і засоби промислового теплозахисту.....	5
2. ЗАХИСТ ВІД ТЕПЛОВИДІЛЕНЬ НАГРІВАЛЬНИХ ПЕЧЕЙ ПРОКАТНИХ СТАНІВ ЗАВОДІВ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ.....	9
2.1. Захист від надлишкового тепла нагрівальних печей у трубопрокатних цехах.....	12
3. ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПЕРСОНАЛУ ВІД ШУМУ.....	15
3.1. Зниження шуму звуковбирними конструкціями.....	15
3.2. Звукоізоляція робочих місць і обладнання.....	22
Список рекомендованої літератури.....	30