الأكاديمية العربية الدولية

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - العراق
الجامعة التقنية الشمالية

"الصوت والتحكم في الضوضاء"

تاليف

د. عماد توما بني كرش

2015

المحتويات

المقدمة	**3**
الأصوات التي تسمعها أذن الإنسان	**4**
المواد المستخدمة في العزل الصوتي:	**5**
معيار مقياس العزل الصوتي sound level meter	**5**
وسائل انتقال الضوضاء بالمباني	**6**
عزل الصوت sound insulation	**7**
تأثيرات الضغط الجوي Atmospheric effects	**7**
قياس كفاءة الصوت المحمول بالهواء	**7**
طرق عزل الصوت	**10**
دراسة الناحية الصوتية للمباني	**12**
توليد الصوت	**12**
أنواع المواد الماصة التي يمكن أن تستخدم في المطاعم مثلا	**13**
الضجيج والتحكم بالضوضاء:	**14**
انتقال الضجيج في المباني:	**15**
العزل الصوتي	**15**
الخاتمة	**17**
المصادر	**18**

المقدمة

هو احد صور الطاقة وينتقل الصوت من مكان لآخر بواسطة أمواج ميكانيكية وأمواج تضاغط تحدث ذبذبات في الهواء أو المواد البنائية وتقاس بالميكرو بار ويمكن التمييز بين صوت حديث شخصين وصوت موسيقى مثلا بواسطة الأذن الآدمية أو الأجهزة الصوتية وعلم الصوت Acoustics يصف مصدر الصوت وانتقاله والاحساس به ولكي ندرك مدى قدرة الانسان على الشعور بحاسة السمع في البيئة المحيطة به يجب دراسة جهازه السمعي لتقدير ذلك ، ونظرا لأن الأصوات المستمرة والمتقطعة المحيطة بالإنسان تمثل طاقة خاصة قد تؤدي إلى توتره العصبي وتؤثر على طريقة سلوكياته وتصرفاته لذلك كان علينا دراسة البيئة المحيطة بالإنسان سواء خارج المبنى أو داخله دراسة معمارية وتنفيذية للتحكم في تهيئة مستوى الأصوات المناسبة لمعيشته وعمله وهذا لا يتم إلا بالتحكم في شكل الفراغ الداخلي للمبنى سواء في التصميم المعماري أو التنفيذي بجانب حسن اختيار أنسب المواد العازلة للصوت ووضعها في مكانها الصحيح مع ضبط تشطيبها . كل ذلك يساعد على الحد من الأصوات الخارجية الغير مرغوب وصولها للإنسان بالإضافة الى التحكم في درجة مستوى الصوت الداخلي المناسب.

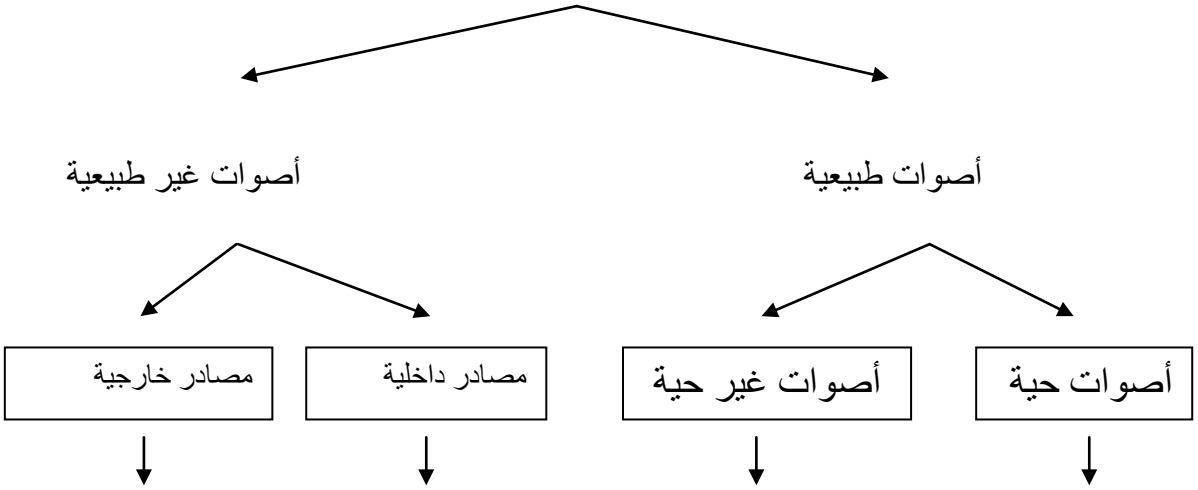
الصوت

هو وسيلة اتصال مهمة بين الكائنات الحية والحيوانات . وهو يشكل وسيلة إنذار ، طريقة للغزل ، نقل معلومات والمحافظة على مساحة العيش ومكان المعيشة . فالصوت يعتبر كوسيلة اتصال مركزية وأساسية يستعملها الإنسان لنقل المعلومات والتعبير عن المشاعر كذلك يستعمل في وسائل اتصاليه كثيرة كالهاتف التلفاز والراديو .

الضجيج

هو صوت غير مرغوب به لأذن الإنسان وهذا إحساس شخصي يتعلق بالحالة النفسية والجسمية وجيل الإنسان ، يمكن اعتباره كضرر محيطي نابع من التطور التكنولوجي للإنسان ولا يعتبر كملوث .

الأصوات التي تسمعها أذن الإنسان



حيوانات	رعد	صوت المصعد	مواصلات
إنسان	أمواج	صوت المكيف	قاعات الأعراس
تساقط أوراق	براكين	منظف الغبار	مراقص
إنذار		ثلاجة	صوت
حيوانات		خلاط غذاء	صفارات
		آلات موسيقية	ضجيج
		مضخة مياه	

الضوضاء: Noise : هي الصوت غير المرغوب فيه

يتوقف مدى اعتبار الصوت ضوضاء أم لا على عدة عوامل منها:

1. ارتفاع الصوت
2. التردد
3. التقطع والعشوائية
4. التعرف على المصدر
5. التلاؤم مع النشاط وغير متلفة عنه
6. الصوت غير المتوقع
7. الحالة النفسية ومزاج المستقبل ونوع النشاط الذي يمارسه

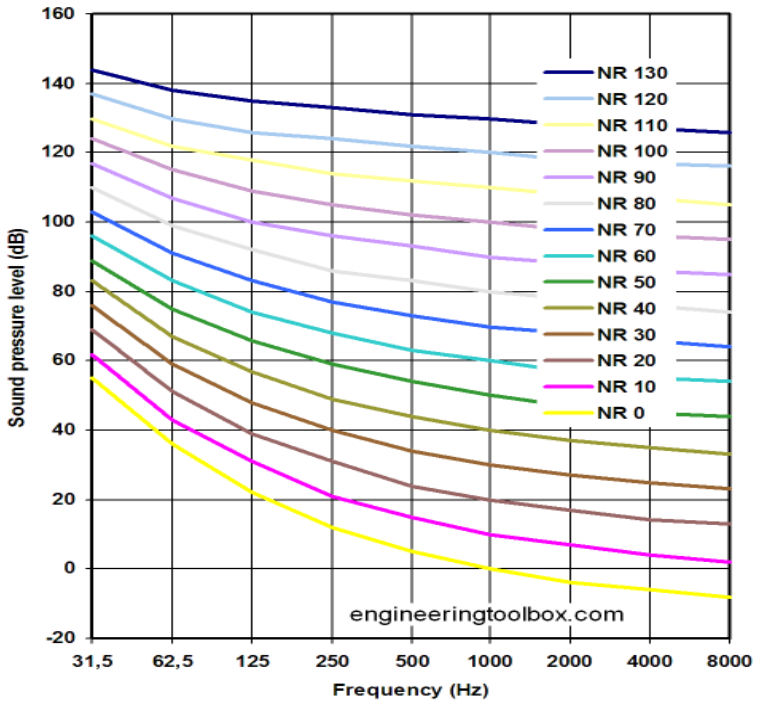
المواد المستخدمة في العزل الصوتي:

يستخدم في العزل الصوتي مواد انشائية خاصه مثل:

1. ألواح البولسترين المنبثق
2. ألواح الفلين
3. ألواح من الجبس
4. مونه رغويه خفيفة (الفوم)
5. الواح بيتومينية / خيش مقطرن / ورق مقطرن
6. رغوة البولي ويريثان فوم الصوتي
7. مواد اسمنتية مطورة تستخدم في عمل طبقة من اللياسة الاسمنتية

معيار مقياس العزل الصوتي sound level meter

1. معيار الضوضاء NC noise criteria
2. منحنيات معيار الضوضاء NC noise criteria curves
3. منسوب الضوضاء الخلفية Background Noise



وسائل انتقال الضوضاء بالمباني

ضوضاء محمولة مباشرة في الهواء

ضوضاء صادرة مباشرة في الهواء

- أصوات بشرية
- آلات موسيقية

تنتقل خلال ممرات الهواء: كالفتحـــات والأبـــواب مجاري التهوية ومواسير الكهرباء

- المعالجة: السواتر

ضوضاء محمولة إنشائياً

ضوضاء ناتجة عن الصدمات

- وقع الأقدام
- صفق الأبواب
- التركيبات الصحية

ضوضاء ناتجة عن الاهتزازات

- التركيبات الميكانيكية

تؤثر مباشرة على عناصر المبنى

المعالجة : المواد المرنة : كالسجاد والأرضيات الفلين والمطاط

أو وسائل التعليق والأرضيات العائمة

عزل الصوت sound insulation

عزل الصوت المحمول بالهواء

- يتوقف على التردد
- تركيب مادة الحائط
- وزن الحائط

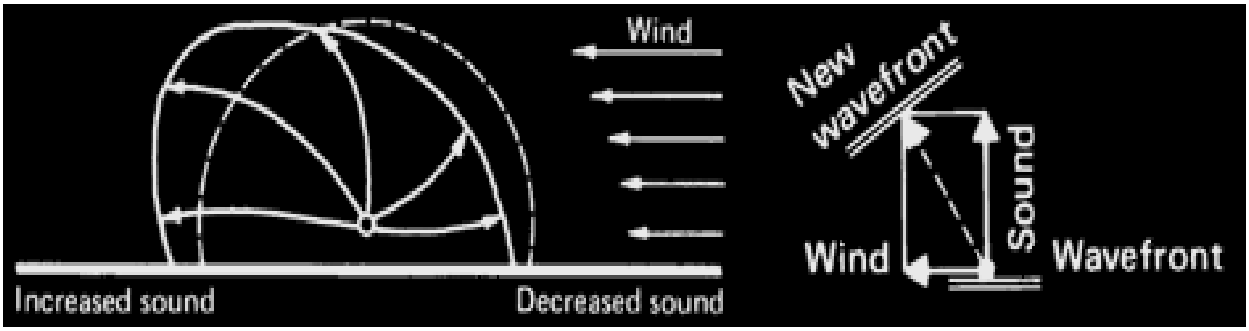
عزل الصوت التصادمي

- تركيب أغطية كاتمة أو ماصة للصوت على البلاط الخرساني كالسجاد- الأرضيات العائمة- الأسقف المستعارة

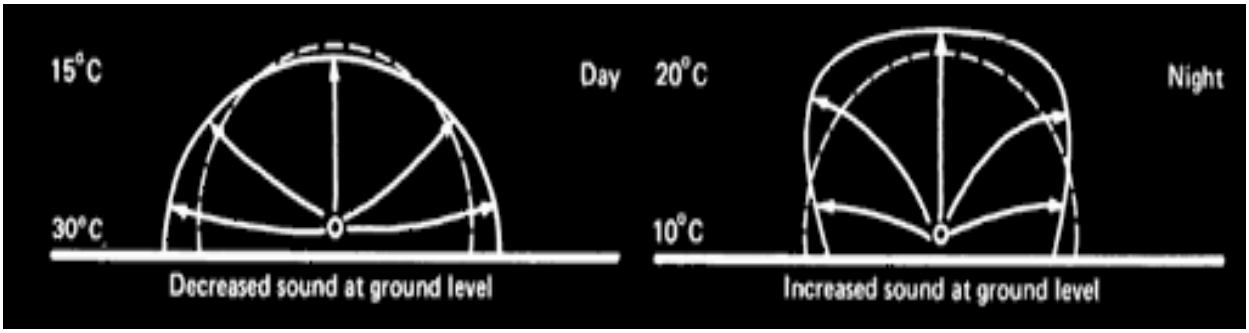
كلما زاد الوزن يتناسب طرديا مع صعوبة وضعه في حالة تذبذب (اهتزاز)

تأثيرات الضغط الجوي Atmospheric effects

الريح Wind



درجة الحرارة Temperature



أن سرعة الصوت تعتمد على درجة الحرارة، وارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى ارتفاع سرعة الصوت.

قياس كفاءة الصوت المحمول بالهواء

كلما زادت قيمة فقد الانتقال زادت كفاءة العازل

معامل الانتقال: هو النسبة بين قدرة الصوت التي تعبر عن الفاصل w_t المصطدم به w_c

أو هو النسبة بين قدرة الصوت المولدة بالهواء والمصطدمة بالفاصل وقدرة الصوت التي تعبر الفاصل لتشع في الجانب الآخر منه

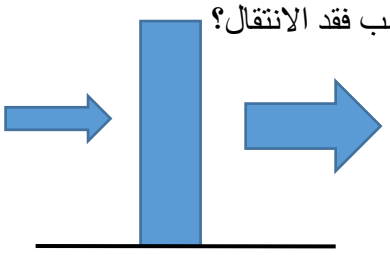
$$\tau = w_t / w_c$$

فقد الانتقال TL Transmission loss

فقد الانتقال عند تردد معين هو مقدار الانخفاض مقاسا بالد يسبل الذي يعانيه الصوت أثناء انتقاله خلال الفاصل

$$TL = 10\log 1/\tau \quad dB$$

مثال : إذا كان معامل الانتقال لفاصل قدرة الصوت له =90% .. احسب فقد الانتقال؟



الحل:

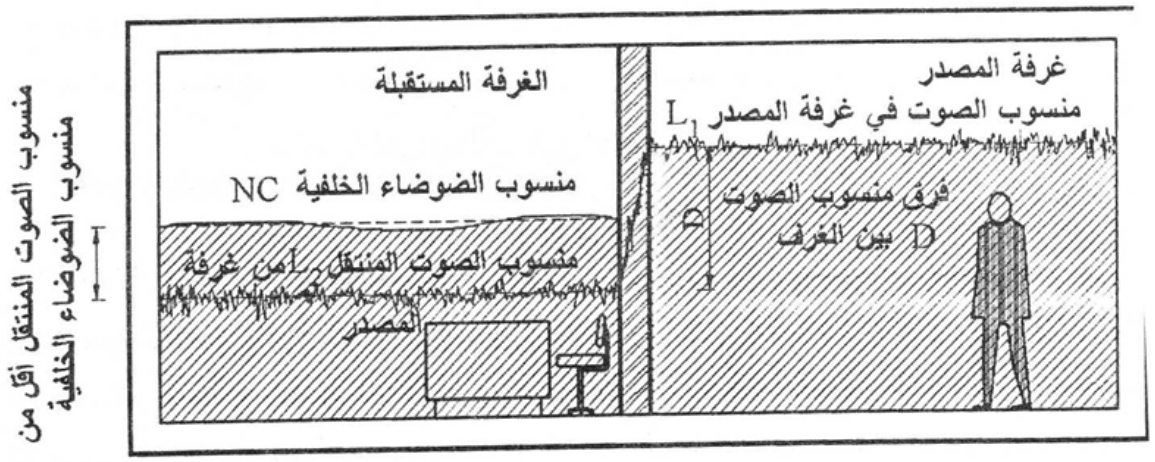
$\tau = 90\%$

$TL = 10\log 1/\tau$

$TL = 10\log 1/0.9 = 0.45dB$

في حالة أن فقد الانتقال لا يتم إلا من خلال فاصل مشترك ويتوقف TL على :

1.طبيعة الفاصل 2. التردد 3. زوايا الاصطدام



العزل السلبي .

فإن TLتحسب بالمعادلة:

- $TL= SPL_1-SPL_2+10logA/S$

- فإن A الامتصاص الكلي

S مساحة الفاصل

فرق منسوب الصوت بين فراغين (D)sound level difference

خفض الضوضاء Noise Reduction (NR)

يعتمد خفض الضوضاء Noise Reduction على عدة عوامل:

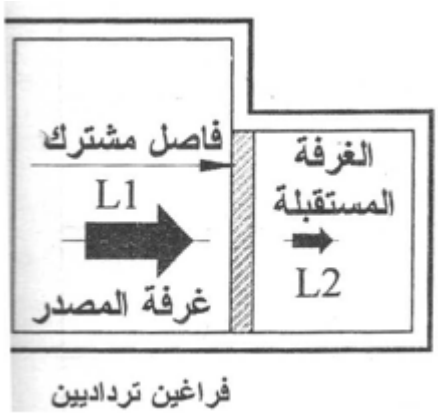
1. مساحة الحائط (الفاصل المشترك S)
2. الامتصاص في الغرفة المستقلة A بالسابين
3. قيمة فقد الانتقال لوحدة المساحة من الحائط المشترك بالد يسبل

D= TL+ 10log A/S

تتغير قيمة NR حسب الخواص الصوتية وطبيعة الفراغ

1. من غرفة إلى أخرى

2. فراغ داخلي إلى فراغ خارجي
3. فراغ خارجي إلى فراغ داخلي

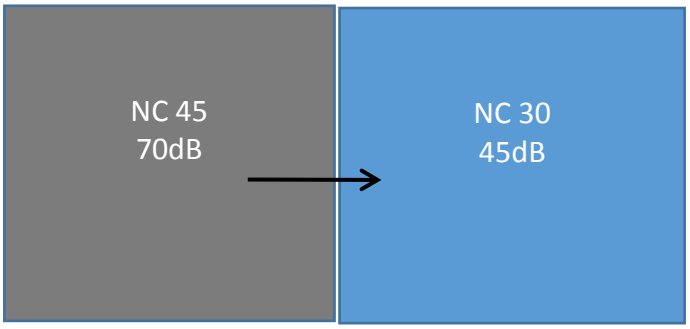


مثال: احسب مقدار فقد الانتقال بين الفراغين؟ علما بأن مقدار الامتصاص الكلي A للفاصل أبعاده 5*4م هو 47.5 سابين

الحل:

فرق المنسوب بين الفراغين =

D= 70-45= 25 dB



لحساب فقد الانتقال من المعادلة

D= TL+ 10log A/S

25= TL+ 10log 47.5/20

TL= 21 dB

من الجدول نحدد نوع الفاصل عند تردد 500 ... خشب أبلاكاج سمك5 /16 بوصة فما أعلى

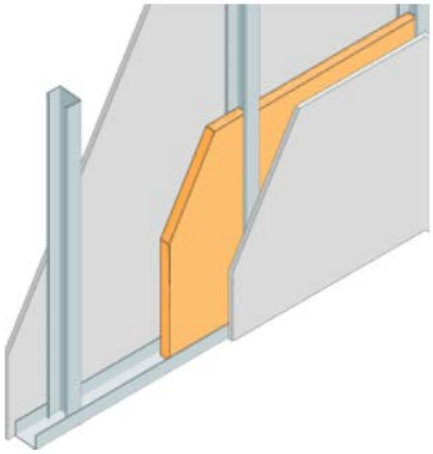
المواد	ترددات مراكز النطاقات الثمانية (بالهرتز)					
	125	250	500	1000	2000	4000
حائط مباني أحادى سمك ١٠,٢ سم ناعم الوجه	36	37	40	46	54	56
حائط مباني أحادى مبيض من الوجهين ١,٣/١٠,٢/١,٣ سم	34	36	41	51	58	60
حائط مباني مزدوج مبيض من الوجهين ١,٣/٢٠,٤/١,٣ سم	41	45	48	56	58	60
بلوكات خرسانية مفرغة سمك ١١,٥ سم – ناعمة الوجه	32	32	33	41	49	57
بلوكات خرسانية ناعمة الوجه سمك ٢١,٥ سم .	35	38	43	49	54	58
بلاطة خرسانة مسلحة سمك ١٠ سم	48	42	45	56	57	66
حجر سمك ٣٠ سم	45	50	55	60	65	68
ألواح خشبية سمك ١ بوصة	27	31	33	35	37	40
خشب أبلاكاج سمك ١٦/٥ بوصة	15	21	21	26	26	22
ألواح زجاجية سمك ٤/١ بوصة	-	32	30	33	34	-
حائط مزدوج مكون من وجهين من البلوكات الخرسانية مع فاصل هوائي سمك ٥ سم مع بياض من الوجهين بسمك ١,٣ سم	35	41	49	58	67	75
قاطوع مزدوج مكون من ألواح بياض سمك ١,٢٥ سم من الوجهين مع فاصل هوائي سمك ٥ سم مملوء كليا بالألياف الزجاجية.	24	37	44	42	43	44

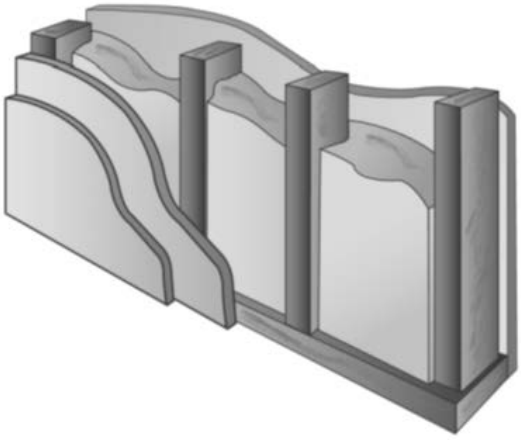
طرق عزل الصوت

العزل السلبي passive insulation: يعتمد على الكتلة massive wall لمنع انتقال الصوت

الفواصل المزدوجة double skin partition:	الفواصل الأحادية single skin partition	الفواصل المركبة composite construction
تتكون من طبقتين بينهما فاصل هوائي محبوس أو مادة تحتوي على تجاويف هوائية. وتعتمد على: ١. **عرض الفاصل الهوائي بين الطبقتين** ٢. **عدد الوصلات بين الطبقتين** ٣. **استخدام مواد ماصة داخل الفاصل الهوائي**	تتكون من مادة واحدة متجانسة بدون أي فاصل هواء بحيث تهتز كعنصر واحد عند اصطدام الموجات الصوتية بها وتتوقف على: ١. **الكتلة** ٢. **الجساءة** ٣. **نوع المادة وسمكها**	إذا اشتمل سطحه أكثر من مادة ذات خواص مختلفة كحائط يحوي باب ونافذة

- ويمكن ملء الفراغ بين الطبقتين و الدعائم بفرشات من الصوف الصخري و التي تساعد في امتصاص الصوت و منع انتقال الصوت من الطرفين خلال الفراغ الهوائي بينهما وتتحسن قيمة العزل الصوتية .





1. كلما زاد سمك الحائط زاد فقد الانتقال زاد العزل
2. كلما زادت مرونة المادة تتحسن كفاءة العزل
3. الفواصل الثقيلة كالخرسانة والطوب أكثر فاعلية في عزل الأصوات الناتجة عن الترددات المنخفضة كالآلات الموسيقية والمعدات الميكانيكية

4. بينما القواطع خفيفة الوزن فعالة عند عزل الضوضاء العالية الناتجة عن الحديث
5. تستخدم الفواصل المزدوجة لتحقيق عزل عالي<

العزل النشط active systems

يتم عمل وحدة قياس ضوضاء وتكوين جهاز يعمل على عكس الموجة الأصلية مما يؤدي إلى تلاشي الضوضاء

دراسة الناحية الصوتية للمباني

الصوت أحد الظواهر الطبيعية الفيزيائية التي وجدت مع الإنسان والطبيعة، ويعتبر الصوت وسيلة من وسائل الاتصال و التعبير عن الرأي. فالصوت عنصر أساسي يجب دراسته عند التصميم الداخلي للفراغات المعمارية أينما كان التصميم .
ومن المؤكد انه تقع على عاتق المهندس المعماري المسئولية الأولى والأهم في تصميم المطاعم والمباني والمستشفيات والجامعات وغيرها ، يستدعي الإلمام بمبادئ الدراسات الصوتية المتمثلة بصورة أساسية في سلوك الصوت في الفراغات المغلقة حيث يمكن من خلال هذه المعرفة اختيار شكل القاعة والتصميم الداخلي الأكثر ملائمة لنوع النشاطات المطلوب تخصيص المبنى فيها. وهذا ما يتضمنه هذا المشروع حيث سندرس سلوك الصوت في الأماكن المغلقة(الصالات الرياضية) و الأساليب المعمارية للتحكم في مستوى الصوت بالإضافة إلى دراسة الأداء الصوتي في الصالات الرياضية.

توليد الصوت

يحتاج الصوت إلى ثلاثة عناصر لحدوثه وهي:

1. المصدر الصوتي

2. وسط لانتقاله

3. المستقبل

والمصدر هو جسم فيزيائي يهتز بفعل مصدر طاقة خارجي، أما الوسط اللازم لانتقال الصوت قد يكون وسطا غازيا (الهواء) أو وسطا صلبا (الحديد)، أما المستقبل فهو عبارة عن أذن الإنسان أو أي جهاز الكتروني يستخدم لاستقبال الصوت.

إذا كان لدينا مصدر صوتي يرسل أمواج صوتية ساقطة على الجدار وبشكل عام فان الصوت يخضع لما يلي:

قسم منه ينعكس على هذا الجدار وقسم منه يمر عبر هذا الجدار وقسم من الصوت يتحول إلى اهتزازات في الوسط وجزء منها يتحول إلى اهتزازات رنينيه وجزء بسيط من الصوت الذي يمر والذي تحول إلى اهتزازات يتحول إلى حرارة.

أي أن السطح يتعامل مع الصوت الساقط عليه كما يلي:

يعكس قسما منه ، يمتص قسما منه ويمرر قسما منه

ولا بد أن نلاحظ أن جزءا من الصوت الممتص يتحول إلى حرارة لذلك يمكن التعامل مع مشكلة الصوتيات في المباني من ثلاث زوايا:

عازليه الصوت ، امتصاص الصوت و انتشار الصوت

أنواع المواد الماصة التي يمكن أن تستخدم في المطاعم مثلا

1. طبقات مسامية: يزداد الامتصاص فيها مع ازدياد التردد أما الامتصاص القوي للأصوات ذات التردد المنخفض فيتطلب مواد ذات ألياف رخوة وسماكتها كبيرة 10ملم لكل طبقة وأما ما يزيد عن ذلك فليس له تأثير وبالتالي فان الصفائح ذات الألياف الصلبة له امتصاص ضعيف لذلك فان إدخال فاصل هوائي أو وضع ألواح مسامية فوق ألواح خشبية يكون مفيد و في حالة الطلاء يجب عدم وضع طبقات متجانسة ومرصوصة.

2. الصفائح المثقبة: لها عدة أشكال منها صفائح من ألواح الخشب وأخرى من الجص على شكل شباك معدني للسقوف والتدفئة بالإشعاع.

3. المواص الفراغية: وهي عبارة عن أجسام فراغية تعلق بالسقف وتتكون من سطح من الخشب أو الالومنيوم أو البلاستيك المثقبة وتأخذ شكل المكعب أو المخروط أو الاسطوانة وتبطن بمواد ماصة مثل الصوف الصخري.

4. **المواص المتغيرة:** وتتناسب مع الفراغات المعمارية التي تستخدم لأكثر من غرض وهي عبارة عن سطحين احدهما ماص والآخر عاكس مع إمكانية التحكم في تعريض السطح المطلوب للموجات الصوتية وبالمساحة المناسبة للاستخدام.

5. **الأغشية الرنانة:** قادرة على الاهتزاز وتثبت على الجدار مع فراغ هوائي وتهتز بواسطة أمواج رنانة وبالتالي يمتص الصوت ويتعلق الرنين بوزن وطبيعة الصفائح وسمك الفراغ الهوائي الموجود بالخلف.

الترددية

وهي استمرار سماع الصوت بعد انقطاع الصوت المباشر من المصدر ويكون ذلك بسبب الانعكاسات التي لا تزال تتردد في المكان المغلق وعلى ذلك يستمر تلاشي الصوت تدريجيا، ويطلق على الزمن اللازم لانخفاض مستوى الصوت – بمقدار 60 ديسبل بعد انقطاع المصدر الأصلي- بزمن الارتداد، ويتوقف زمن الارتداد على كل من الامتصاص وحجم المكان المغلق فكلما زاد مقدار الامتصاص الكلى بالمكان المغلق كلما زاد الارتداد.

صدى الصوت

ينتج الصدى الصوتي بسبب وصول صوت منعكس بعد سماع الصوت الأصلي بفارق زمني يتوقف على طبيعة الصوت ويعتبر الصدى من أخطر العيوب الصوتية ويسمى بالصدى الركني ، إذا ما نتج من انعكاسين متتالين عند ركن تقابل جدارين أو جدار وسقف وهناك الصدى الرعاش وهو الذي ينتج عن تعاقب سريع لأصداء قصيرة تعقب صوتا شديدا وينشأ بسبب وجود جدارين عاكسن متوازيين يتوسطهما المصدر الصوتي.

التحكم الصوتي

يمكن تلخيص أهداف التحكم الصوتي أو ما يطلق عليه الصوتيات البيئية في هدفين أساسيين هما:
أولا: توفير الظروف المواتية لإصدار ونقل واستقبال المرغوب فيه ويسمى هذا الفرع (صوتيات الفراغ)
ثانيا: استبعاد أو تخفيف الضوضاء والاهتزازات ويطلق على هذا الفرع (التحكم في الضوضاء).

الضجيج والتحكم بالضوضاء:

يعتبر الضجيج noise**(الصوت الغير مرغوب فيه والذي يؤثر على الناس سلبا بعدة طرق)** من العوامل التي تؤثر سلبا على صحة وبيئة الإنسان وهو إما أن يكون ضجيج طبيعي ناتج عن الظواهر الطبيعية وضجيج اصطناعي أوجده الإنسان ناتج عن النشاط الإنساني وهو اخذ بالزيادة بسبب زيادة أدوات الإنتاج وتنوعها لذلك يعتبر الضجيج احد ملوثات الطبيعة.

أضرار الضجيج على الإنسان:

1. يحد من الراحة النفسية حيث يسبب القلق والتوتر النفسي.
2. الألم الجسدي حيث يضر الجهاز السمعي ويحد من حاسة السمع في سن مبكرة وقد يدمر الجهاز السمعي للإنسان.
3. التشويش وضعف المفهومية في الفراغات.

هناك قيم لمستوى الصوت تعتبر مؤذية للإنسان وهي ما تسمى بعتبة الألم ولا يستطيع الإنسان أن يتحملها وتساوي 150db،وأيضا فان تعرض الأذن لمصدر صوتي مقداره 140db لمدة دقيقة واحدة يسبب الماً للأذن.

ويبين الجدول التالي مستويات الصوت التي يتعرض لها الإنسان يوميا لمدة 5 ساعات بحيث لا يتعرض لخطورة فقد السمع.

ومن الجدول يتبن أن الضجيج يعتمد على التردد حيث تزداد خطورته كلما قل التردد ويعتبر قيمة الضجيج المقبول هو 80db لمدة 8ساعات يوميا.

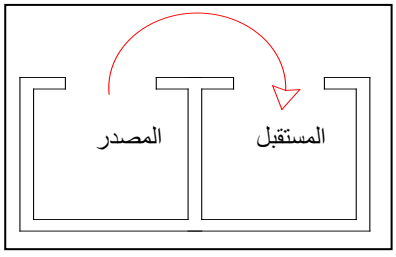
التردد(هيرتز)	القيمة بـ db
37.5-150	100
150-300	90
300-600	85
600-1200	85
1200-2400	80
2400-4800	80

انتقال الضجيج في المباني:

ينتقل الضجيج الي المبنى بعدة طرق وهي:

1. انتقال الضجيج عن طريق مسار هوائي Air- born transmission of sound:

وهو انتقال الصوت من فراغ إلى فراغ آخر عبر الفتحات المعمارية غير المعزولة مثال الأبواب والفتحات وهو بحاجة إلى مسار هوائي يربط ما بين المسارين ويمكن أن يكون بفعل اهتزاز الاجهزة الميكانيكية ومجاري الهواء.



انتقال الصوت عبر الفتحات المعمارية.

2. انتقال الصوت عبر العناصر الإنشائية structure air born :

وهو انتقال الصوت عن طريق نفاده من العناصر الإنشائية مثل الجدران والأسقف حيث يعتمد على نفاذية الفاصل،وهذا النوع لا يحتاج إلى مسار هوائي لانتقاله.

العزل الصوتي :

يقصد بالعزل الصوتي في المباني منع انتقال الصوت غير المرغوب به من غرفة إلى أخرى أو من شقة أو من طابق إلى طابق ، ويسمى كل صوت غير مرغوب به بالإزعاج (Noise).وتحدثنا في السابق عن الضجيج وخطورته وعن طرق انتقاله في المنشأ وسنتحدث الآن عن كيفية التخلص من الضجيج عن طريق العزل الصوتي. فكما ذكرنا إن هناك نوعين من انتقال الضجيج ولكل نوع طريقة في كيفية عزله صوتياً.

العزل الصوتي للضجيج الذي ينتقل عن طريق المسارات الهوائية

يتم عزل هذا النوع صوتيا عن طريق:

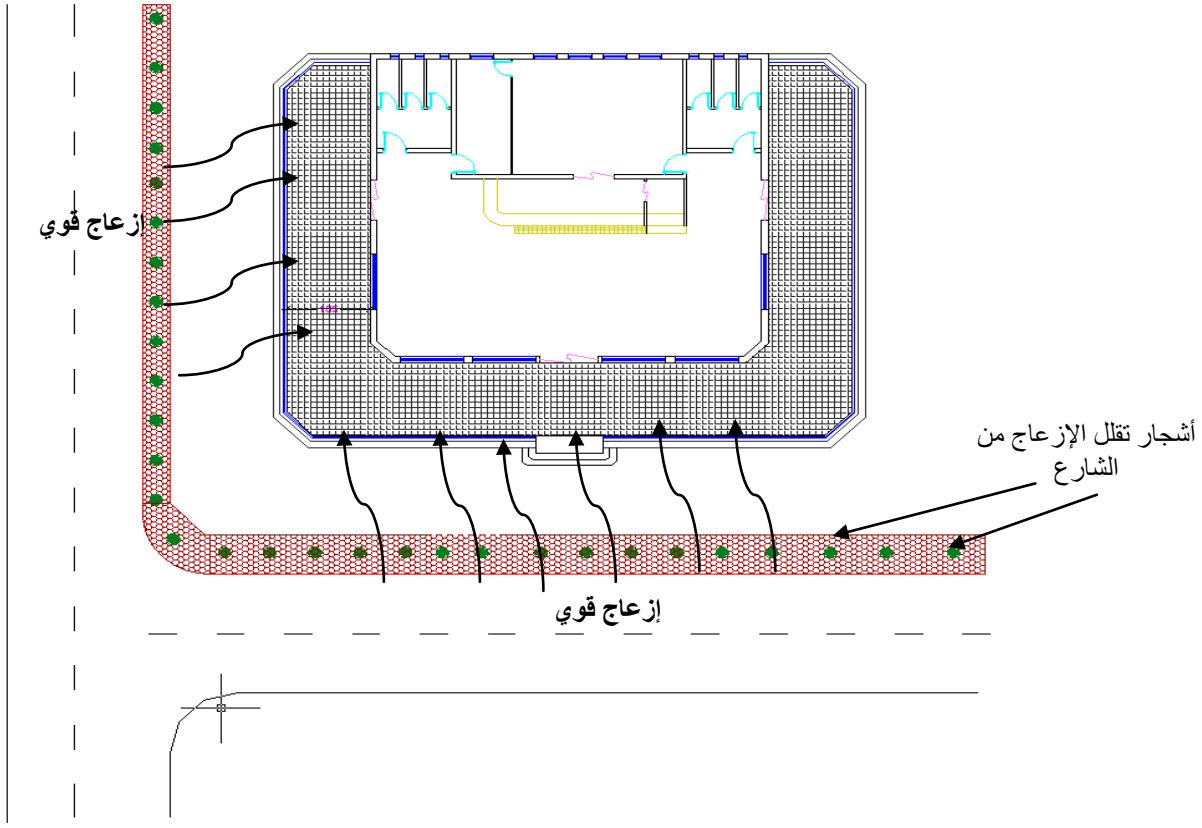
1. خمد الصوت عند المصدر ومنع انتقاله.
2. إحكام إغلاق الغرف عند إغلاق الشبابيك أو الأبواب وعدم وجود فتحات أو شقوق ينتقل الصوت من خلالها.ويتم ذلك بوضع إطارات مطاطية علي أطراف الأبواب والشبابيك تضمن إغلاق الشقوق تماما عند إغلاقها.
3. تخفيف الصوت عند المستقبل.
4. معالجة مسار انتقال الصوت(قطع مسار الصوت).
5. الإزعاج الناتج عن الأجهزة الميكانيكية فيعالج عن طريق التثبيت الجيد للأجهزة ومعالجة الفراغ المحتوي على المعدات.
6. الإزعاج النتاج عن الممرات يتم عن طريق تكسير الممر لحل مشكلة الأمواج الواقفة وإضافة مواد ماصة مثل النباتات لتقليل المواد العاكسة.

7. لحل مشكلة الإزعاج الناتج عن المجاري الهوائية المستخدمة في التكيف ؛ عن طريق تقليل سرعة الهواء وعدم استخدام زوايا قائمة واستخدام مجاري انسيابية واستخدام وصلات قابلة للحركة (flexible duct).

ولكن يمكن استعمال مواد ماصة للصوت بحيث تكون α عالية حيث قمنا بتلبيس الجدران بمواد عالية الامتصاص من قماش

ولكن لحل مشكلة الصوت من الشارع يمكن زراعة صف من الاشجار العالية على السياج المحيط بالبناء.

مثال على التحليل الصوتي:



الخاتمة

من الامور التي يجب ان تراعى أثناء تنفيذ اعمال العزل حيث لا يسمح بوجود اتصال مباشر بين الحائط المبني من الطابوق او المصبوب خرسانيا والارضية المبلطة حيث يجب الفصل بينها باستخدام نعلة راسية من العازل (وزره) تقوم بصد الصوت المنتقل افقيا عبر البلاط والذي بدوره ينتقل راسيا خلال الحائط وصولا الى الادوار السفلى .

ويجب توفير مواد عالية الامتصاص للصوت في الممرات لمنع انتقال الصوت في الغرف المجاورة قيم stc للغرف المجاورة يتجاوز 52 dp وهي افضل مما هو مسموح به عالميا.

أما بالنسبة لانتقال الصوت من الخارج مثلا إلى المدرسة او مستشفى يجب إضافة حاجز طبيعي عبارة عن سور

كثيف من الأشجار العالية (سرو) التي تضمن امتصاص الصوت بشكل فعال من الخارج إلى الداخل ومن الداخل الى الخارج بالإضافة إنها تعمل كفلتر لتنقية الهواء من الغبار وغيرها .

المصادر

1- الموسوعة العربية . مؤسسة اعمال الموسوعة للنشر والتوزيع.

2- مكتبة الاسرة في الفيزياء – الجزء الثالث .مكتبة بن سينا للنشر والتوزيع.

3- معهد الإمارات التعليمي http://www.uae.ii5ii.com

4. R. E. Halliwell and A. C. C. Warnock, Sound transmission loss: Comparison of conventional techniques with sound intensity technique, J. Acoust. Soc. Am. 77(6) 1985 2094-2103.

5. H. G. Jonasson, Sound intensity and sound reduction index, Appl. Acoust. 401993 281-293.

6. R. A. Novak, Sound insulation of lightweight double walls, Appl. Acoust. 371992 281-303.

7. J. C. S. Lai and D. Qi, Sound transmission loss measurements using the sound intensity technique - Part 1: The effects of reverberation time, Appl. Acoust. 401993 311-324.

8. R. V. Waterhouse, Interference patterns in reverberant sound fields, J. Acoust. Soc. Am. 27 1955 247-258.

9. ISO 3741:1999 (E) Acoustic –Determination of sound power level of noiseources Precision methods for reverberation rooms, International Organization for Standardization, 1999, Genève, Switzerland.

10. S. Uosukainen, On the use of the Waterhouse correction, J. Sound Vib. 186(2)1995 223-230.