Journal of Engineering Sciences
Assiut University
Faculty of Engineering
Vol. 42
No. 5
September 2014
PP. 1270–1293

الضوضاء الداخلية فى الوحدات السكنية ووسائل تخفيضها

أدهم مختار مصطفى، مجدى محمد رضوان، أيمن هاشم عبد الرحمن، محمد عبد الوهاب العزازى

أعضاء هيئة تدريس بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط

تاريخ الورود 3 أغسطس 2014 ; تاريخ القبول 13 سبتمبر 2014

ملخص البحث

ركز هذا البحث على مصادر الضوضاء داخل الوحدة السكنية نظرا لسهولة السيطرة على أغلبها دون الحاجة الى وسائل فنية معقدة أو مكلفة. ومن خلال البحث قيست مستويات الضوضاء التى تصدرها معظم الأجهزة المنزلية والتى ينتج عنها إزعاجاً واضحاً داخل الفراغ وقد تم تجاهل الأجهزة الكهربية التى وجد أن تأثيرها ضعيف، وتم قياس هذه الضوضاء عند الترددات المختلفة. كما تم قياس تأثير عناصر الفرش الموجودة فى الفراغات السكنية من ستائر وسجاد على مستوى الضوضاء داخل الفراغ. ومن خلال هذه القياسات حددت المصادر الأكثر إزعاجا كما حددت خصائص الضوضاء التى تنتج عنها. وإقترح البحث عددا من الحلول لتخفيض تأثير ضوضاء هذه المصادر على مستخدمى الوحدة السكنية معتمدا على النتائج التى توصل إليها البحث مع مراعاة ملائمة هذه المقترحات للواقع المحلى فى المدن المصرية من الناحية الإقتصادية أو التقنية أو الجمالية.

مقدمة

تؤدى الضوضاء الزائدة عن الحد المسموح به إلى العديد من المشاكل سواء الصحية، النفسية، الإجتماعية، الإقتصادية. لذلك فإنه من اللازم التأكد من إنخفاض مستوى الضوضاء لتصل للدرجة الملائمة فى المنازل ومراعاة عدم تخطيها لفترات طويلة من الزمن.

المشكلة البحثية

تعتبر الضوضاء الخارجية والداخلية أحد المؤثرات السلبية على سكان الوحدات السكنية والتى يعانى من أثارها الكثيرون دون توافر وسائل حماية ملائمة وقد يتفاقم الأمر مع وجود نقص كبير في المعلومات الخاصة بمستوى الضوضاء الصادرة من الأجهزة المنزلية وغيرها من المصادر الداخلية والعوامل المرتبطة بها.

هدف البحث

إقتراح عدداً من الحلول لمنع أو تقليل تأثير ضوضاء المصادر الداخلية (الأجهزة المنزلية) مع مراعاة ملائمة هذه المقترحات للواقع المحلى في المجتمع المصرية من الناحية الإقتصادية أو التقنية أو الجمالية.

* *عنوان المراسلة.*
قسم الهندسة المعمارية – كلية الهندسة – جامعة أسيوط

منهج البحث

يعتمد البحث على القياسات الميدانية مستخدما أجهزة قياس الصوت، وذلك لتقدير مستوى الضوضاء لأنواع مختلفة من الأجهزة المنزلية والمتوافرة غالبا في معظم الوحدات السكنية مع دراسة خصائصها الصوتية، ثم تحليل هذه القيم لوضع مقترحات ملائمة للحد من التأثير السلبى الناتج عنها.

1. العناصر المسببة للضوضاء في الوحدات السكنية

تنقسم عناصر الضوضاء التى يتعرض إليها شاغلى الوحدات السكنية إلى قسمين:

أولا: عناصر الضوضاء الخارجية: وهى الضوضاء القادمة من خارج المبنى والتى تدخل إليه من المنافذ المختلفة كالنوافذ والأبواب وغيرها، مثل ضوضاء الطرق ووسائل المواصلات المختلفة، مواقع الهدم والبناء والضوضاء الصادرة من ملاعب الأطفال وكذلك الصادرة عن مستعملى الشوارع والمحلات التجارية والورش وغيره.

ثانيا: عناصر الضوضاء الداخلية: وهى الضوضاء الناتجة من داخل الوحدة السكنية أو المبنى السكنى عن طريق الأجهزة المستخدمة بشكل يومى من قبل ساكني الوحدة السكنية والقادمة من الجيران وتؤثر سلبياً على الفراغات المختلفة.

ومن أمثلة الضوضاء الداخلية الوسائل الميكانيكية المستخدمة داخل المبنى السكنى كالمصاعد، أجهزة تكييف الهواء، مواتيير رفع المياه. وكذلك الأجهزة المنزلية مثل أجهزة التليفزيون والمذياع، المكانس الكهربائية، الغسالات الكهربائية، الخلاطات، الشفاطات.

وعلى الرغم من إرتفاع مستوى الضوضاء الذى قد تصدره مصادر الضوضاء الخارجية إلا أنه فى العديد من الحالات تكون مصادر الضوضاء الداخلية أكثر تأثيرا فمصادر الضوضاء الخارجية قد تكون بعيدة بمسافة عن المستخدم وقد يحول بينها وبين المستخدم حواجز بينما تكون الضوضاء الداخلية عادة قريبة من المستخدم لأنها عادة تتواجد فى نفس الفراغ أو فراغ مجاور كما إنه قد لا يوجد أية حاجز ليحول دون وصول الضوضاء مما يؤكد على أهمية معالجة الضوضاء الزائدة التى تنتج من هذه المصادر. وتشير العديد من الدراسات[1] إلى أهمية الحفاظ على مستوى ملائم من الضوضاء داخل المنازل ومراعاة عدم تخطيه لأوقات طويلة من الزمن لتفادى آي آثار سلبية قد تنجم عن الضوضاء. ويتراوح مستوى الضوضاء الملائم داخل الشقة السكنية مابين40-45 dBA[1] طبقا للنشاط الممارس فى الفراغ كما أنه من الناحية التشريعية ينص القانون المصرى على ألا تتجاوز الضوضاء الداخلية فى المناطق السكنية 35-45 dBA فى المساء[2]. ويتم في هذا البحث دراسة الضوضاء الداخلية التى تنشأ نتيجة إستعمال السكان للأجهزة الموجودة في الوحدة السكنية وقياسها للتعرف على مستويات الضوضاء التى تنتج عنها ومن ثم الوصول إلى مقترحات للحد من تأثير الضوضاء السلبى على ساكن الوحدة وتكون ملائمة لواقع المدن المصرية.

2. رصد وقياس مصادر الضوضاء الداخلية

تتمثل مصادر الضوضاء الداخلية فى الأجهزة التى يتعامل معها سكان الوحدة بشكل يومى أو دورى وتنقسم هذه المصادر إلى قسمين رئيسيين هما التالى :

---

[1] Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H Schwela, April 1999, GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE, World Health Organization, Geneva.

[2] القانون المصرى رقم 4 لسنة 1994، في شأن البيئة، ولائحته التنفيذية، ملحق رقم (7)، جمهورية مصر العربية

- **مصادر خارج الوحدة السكنية وداخل المبنى:** وهى التى تلحق بالمبنى وتركب عادة فى المناور أو الحدائق الخارجية للمبنى أو على واجهات المبانى أو أسطح العمارات ومنها مواتير المياه ومضخات التكييف ومواتير المصاعد وغيرها.
- **مصادر داخل الوحدة السكنية:** وهى التى توجد داخل الوحدة ومنها أجهزة التليفزيون والخلاطات والمكانس الكهربائية والشفاطات وغيرها من الأجهزة المختلفة.

1.2. إجراءات القياس

تتمثل الصعوبة فى قياس هذه المصادر فى إنها متغيرة الشدة حسب أسلوب الإستخدام وطريقة تعامل الساكن معها ولذلك روعى أن يتم القياس عندما يكون استخدام هذه الأجهزة بشكل ضوضائى وقد تم تجاهل بعض الأجهزة التى وجد أن تأثيرها ضعيف ولهذا سيتم قياس مستوى الضوضاء الأعلى عند السرعة القصوى لهذه الأجهزة وأما مستوى الضوضاء الأدنى فسيتم قياسه عند السرعة المنخفضة.

وروعى أن يتم القياس على بعد 1 متر من المصدر المقاس للتأكد من عدم وجود تداخل مع أي أصوات مرتدة مع التأكد من عدم وجود أجهزة آخرى ذات ضوضاء بالقرب من الجهاز المقاس حتى لا يؤثر صوتها على عملية القياس.

إستعمل فى القياس Sound Level Meter من نوع (Bruel & Kjaer) طراز 2230 وإستغرق القياس مدة 15 دقيقة لكل جهاز من الأجهزة المصدرة للضوضاء.

وقيست كل من المعاملاتL_{eq} –SEL[1] والتى تعبر عن متوسط مستوى الضوضاء بشكل عام للجهاز المقاس. وقيس أيضا كل من L_{min}- L_{max}[2] لتحديد كل من مستويات الضوضاء القصوى والصغرى التى قد يصل إليها الجهاز المقاس أثناء عمله. كما قيست مستويات الضوضاء عند الترددات المختلفة لكل مصدر والذى يمكن من خلاله تحديد مستوى الإزعاج الناتج عن كل مصدر.

2.2. نتائج القياس

يظهر في الجدول التالي جدول (1) نتائج القياسات التى أجريت على مختلف مصادر الضوضاء الداخلية مع توضيح الإجراءات التى روعيت عند قياس بعضها.

جدول (1): قياسات L_{min}-L_{max}- L_{eq}- SEL لمصادر الضوضاء الداخلية[3]

الجهاز (مصدر الضوضاء)	**القياس**				**إجراءات القياس**
	SEL dBA	L_{eq} dBA	L_{max} dBA	L_{min} dBA	
التليفزيون	70.3	53.4	65.9	32.6	تم قياس الضوضاء المنبعثة من التليفزيون وروعى أن يكون مستوى الصوت في المستوى المعتاد، حتى يتم الحصول على قياس يعبر عن أقصى ضوضاء قد يصدرها التلفزيون
المكانس الكهربائية	82.4	63.1	68.1	53	تم قياس الضوضاء الصادرة من إستخدام المكانس الكهربية بسرعات مختلفة.
غسالة الملابس الكهربائية	63.4	43.4	62.4	31.8	تم قياس الضوضاء الصادرة من الغسالات الكهربية أثناء أوضاع التشغيل المتغيرة للغسالة.

[1] **مستوى الضوضاء المكافئ Leq:** وهو يمثل المتوسط العام لقيمة مستوى ضغط الصوت بالديسيبل في فترة معينة للقياس.
مستوى التعرض الصوتى SEL: وهو مستوى ثابت فى dB(A) والذى يستمر لمدة ثانية واحدة، وله نفس قيمة الطاقة الصوتية المعطاه في مجال الضوضاء الموزونة بالمقياس (A) .

[4] **أعلى مستوى ضوضائى L_{max}:**وهو يمثل أعلى قيمة لقياس مستوى الضوضاء في فترات القياس ، وهو يسمى حدثا صوتيا. **أقل مستوى ضوضائى L_{min}**:وهو يمثل أقل قيمة لقياس مستوى الضوضاء في فترات القياس.

[3] الباحث

الجهاز (مصدر الضوضاء)	**القياس**				**إجراءات القياس**
	SEL dBA	L_{eq} dBA	L_{max} dBA	L_{min} dBA	
شفاط الهواء الكهربائى	67.6	50.4	59.2	48.8	تم قياس الضوضاء الصادرة من الشفاط. وقد وجد إنه يوجد أنواع هادئة من حيث الضوضاء وأخرى مرتفعة الضوضاء. وتم قياس الضوضاء لأحد الأنواع المرتفعة الصوت.
الخلاط الكهربائى	88.3	70.3	82.2	64.9	تم قياس الضوضاء الصادرة من الخلاط ووجد أيضا أنه يوجد تباين فى مستويات الضوضاء التى تصدر من الخلاطات حسب النوع والحجم. وروعى أثناء القياس وضع الخلاط على مسافة متر من الحائط حتى لا تؤثر على القياس.
الثلاجة الكهربائية	50.9	39.4	59.6	34.5	قيست الضوضاء الصادرة من الثلاجة أثناء عملية التبريد والتى يصدر عنها أقصى ضوضاء نتيجة لعمل ماتور التبريد.
المايكروويف	57.2	42.6	58.2	28.1	روعى وضع جهاز المايكروويف فى مكان بعيد عن الحوائط لضمان صحة القياس.
أجهزة التكييف (الوحدات الداخلية)	53.5	39.4	59.6	34.5	روعى القياس أثناء قيام جهاز التكييف بضخ الهواء داخل الفراغ حيث يصدر أقصى ضوضاء فى هذا الوضع.
مراوح السقف	58.1	42.5	58.4	34.5	روعى أثناء القياس إبعاد جهاز القياس عن مسار الهواء حتى لا يؤثر على سلامة القراءة.
مراوح	66	49.4	63.2	41.5	

ويظهر في جدول (2) نتائج قياسات مستوى الضوضاء SPL) التى أجريت في الترددات المختلفة.

جدول (2): قياس مصادر الضوضاء الداخلية في الترددات المختلفة[1]

الجهاز	مستوى الضوضاء SPL بالdBA عند الترددات المختلفة Hz									dBA
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	
التليفزيون	24.5	24.8	27.3	46.9	50.8	57.7	41.3	35.8	25.6	26.9	59
المكانس الكهربائية	18.6	19.3	31.8	54.4	53.9	63.4	53.7	52	44.4	36.1	65
غسالة الملابس الكهربائية	15	23	16	32.4	39.2	34.2	41.9	21.2	17.2	14.2	45
شفاط الهواء الكهربائى	20.8	17.8	22.9	25.4	29.2	26.2	22	17.6	10.7	10.6	34
الخلاط الكهربائى	24.3	17.8	37.4	48.2	62.5	63.6	60.5	56.4	57.6	57.4	68
الثلاجة الكهربائية	17.5	12.8	25.8	22.7	21.8	37.1	25.1	20.5	11.7	11.4	38
المايكروويف	15.1	15.6	26.8	36.6	41.8	29.4	25	31.6	12.3	13.1	44

[1] الباحث

الجهاز	مستوى الضوضاء SPL بالdBA عند الترددات المختلفة Hz										dBA
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	
أجهزة التكييف (الوحدات الداخلية)	15.4	16.7	18.6	25.7	27.2	30.2	20.4	15.6	12.8	24.9	34
مراوح السقف	56.9	45	48	35.2	27.4	32.1	33.2	18.7	14.4	22	58
مراوح	32.1	26.7	31.7	37.9	27	36.9	38.8	34.4	27.4	13.9	44
موتور المياه	21	20.7	24.7	24.6	35.7	33.1	38.4	39.5	30.3	28.6	44

وركز البحث أيضا على تأثير بعض عناصر الفرش الداخلية كالستائر والسجاد بإعتبارها مواد ماصة قد يكون لها تأثير على إحساس المستخدم بالضوضاء الداخلية لذلك قام البحث بالمقارنة بين مستوى الضوضاء فى حالة وجود هذه العناصر من عدم وجودها.

أولاً: الستائر أختيرت عدة غرف مختلفة الأبعاد وذات فرش متوسط الكثافة ووضع مصدر ثابت للضوضاء فى أحد أطراف الغرفة وعلى بعد لا يقل عن 1 متر من الحائط من جميع النواحى وكذلك من أي عنصر فرش رئيسي لتفادى أي إنعكاسات مؤثرة وقيس مستوى الضوضاء فى الطرف المقابل من الغرفة فى حالتين، وجود ستارة على النافذة وحالة عدم وجودها للمقارنة بينهما. روعى إستخدام ستائر ذات كتلة سطحية متوسطة (مصنوعة من مواد متوسطة الكثافة) وبعرض 2 متر وبإرتفاع 2.60 لتعبر عن الستائر الموجودة عادة بالمنازل مع التأكد من عدم وجود ضوضاء خارجية عن طريق غلق الأبواب والنوافذ وإختيرت أوقات ملائمة للقياس (إبتداء من الساعة 12 مساء) لضمان عدم وجود أصوات أو ضوضاء خارجية أضافية قد تؤثر على صحة القياس. قيس مستوى الضوضاء SPL عند الترددات المختلفة لمعرفة تأثير الستائر عند كل منها كما يظهر بجدول (3).

جدول (3): قياس الضوضاء فى الفراغات المختلفة عند الترددات المختلفة[1]

	مستوى الضوضاءSPL بالdBA عند الترددات المختلفة Hz									dBA
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	
الفراغ الأول: فراغ بأبعاد 4.50*5.00										
وجود ستائر	11.2	12.4	22.9	46.5	47.5	48.6	32.9	22.1	10	60
بدون ستائر	25.3	13.5	24.6	47.8	49	50.2	35	23.4	16.4	61.8
الفراغ الثانى: فراغ بأبعاد 3.00*4.50										
وجود ستائر	11.6	18.2	31.2	51.6	56	51.9	33	20.5	11.9	61
بدون ستائر	11.4	20.7	28.7	58.4	53.8	50.7	30.3	21.2	18.4	61.2
الفراغ الثالث: فراغ بأبعاد 3.50*4.50										
وجود ستائر	14.7	17.1	27.8	50	48.2	49.9	31.6	24.2	11.9	58.6
بدون ستائر	15.9	14.1	32.5	53	51.1	48.8	32.6	25.8	19	59.9

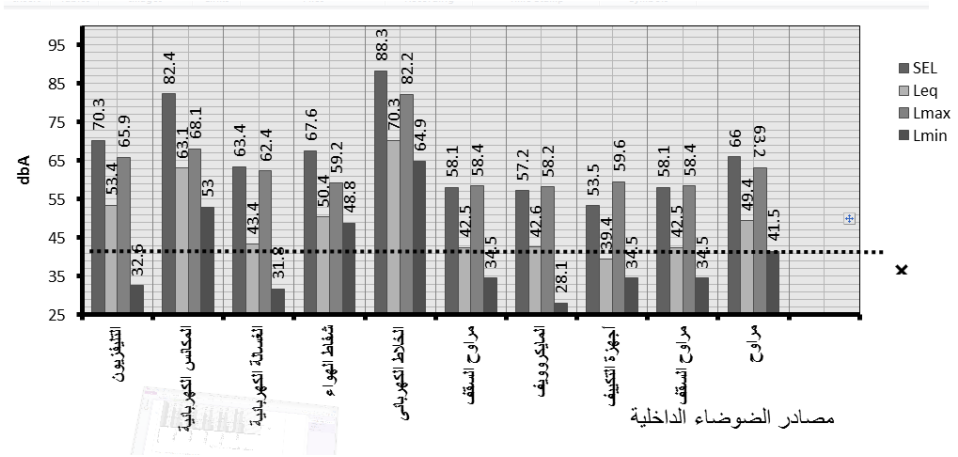
السجاد: أتبعت نفس الإجراءات السابقة التى أستخدمت وذلك لقياس تأثير السجاد على مستويات الضوضاء. كما بجدول (4)

جدول (4): قياس الضوضاء فى الفراغات المختلفة عند الترددات المختلفة[1]

	مستوى الضوضاء SPLعند الترددات المختلفة Hz								dBA
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	
الفراغ الأول: فراغ بأبعاد 4.50*5.00										
وجود سجاد	16.3	18.2	16.7	52.2	51.6	52.7	41.1	32.2	21.5	66.4
بدون سجاد	19.6	14.6	22.4	26.7	51.7	59.9	39.7	40.1	31.1	68.4
الفراغ الثانى: فراغ بأبعاد 3.00 * 4.50										
وجود سجاد	19.5	17.2	27.1	46.6	52.2	52.6	50.7	29.9	18.1	61.4
بدون سجاد	23.6	25.3	37	48.8	52.3	54.7	54	33.2	23.6	63.8
الفراغ الثالث: فراغ بأبعاد 3.50*4.50										
وجود سجاد	62.3	20.8	33.7	49.4	50.1	58.5	49.8	38.6	29.3	62.3
بدون سجاد	28.7	20	48.4	50.6	49.8	58.6	59.2	40	30.3	65.3

3. تحليل النتائج

أوضحت القياسات التى أجريت على مستويات الضوضاء التى تصدرها معظم مصادر الضوضاء الداخلية خصائص كل منها من حيث تأثيرها والتركيب الطيفى لها ويوضح الشكل (1) مستويات الضوضاء الصادرة عن المصادر الداخلية. وساهمت هذه الخصائص والقياسات فى الوصول إلى حلول مقترحة لتخفيض الضوضاء داخل الوحدات السكنية من خلال التوصل إلى عدة أمور منها التالى:

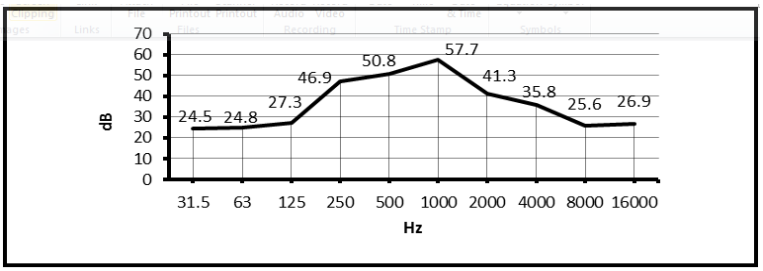


شكل (1): مستويات الضوضاء الصادرة عن المصادر الداخلية [1]

[1] الباحث

- يوضح شكل (1) أن كل الأجهزة السابق ذكرها تصدر ضوضاء أعلى من أقصى مستوى ضوضاء موصى به داخل المنازل (40dBA)، طبقا لمنظمة الصحة العالمية W.H.O. والموضح في الشكل بالرمز (x).
- ومن النتائج السابقة وجد أن أعلى الأجهزة التى تصدر ضوضاء هى المكانس الكهربائية Leq= 63.1 (dBA) والخلاطات الكهربائية (Leq= 70.3 dBA) كما يظهر في شكل (1)، ويكون عادة مستوى الضوضاء الصادر منهما بدرجة عالية ومزعجة على الرغم من عدم تشغيلهما بشكل دائم داخل الوحدة السكنية. وقد يرجع الإحساس بالإنزعاج من هذه الضوضاء إلى عدد من العوامل إضافة إلى مستوى الضوضاء الصادر منها فمثلا تكون الضوضاء الصادرة من الخلاط أو المكنسة عادة عالية التردد كما إنها تكون متقطعة مما يزيد من الإحساس بالضيق ويزداد الإحساس بالضوضاء كلما زاد مقدار الترددات العالية فى التركيب الطيفى للضوضاء وكلما أصبح نقيا (كلما تركزت الضوضاء عند ترددات معينة بمقدار أكبر من باقى الترددات).
- تصدر عن باقى الأجهزة المقاسة فى البحث ضوضاء مرتفعة نسبيا كالشفاط الكهربائى Leq= 50.4 dBA ولكنها فى الحدود المقبولة خاصة فى أوقات النهار، نظراً لوجود مصادر ضوضاء خارجية عادة أعلى من ضوضاء الشفاط. وتصدر بعض هذه الأجهزة ضوضاء مقبولة بدرجة كبيرة فى حالة ما إذا وضعت على مستوى تشغيل منخفض خاصة إنها ذات تردد منخفض إذا ما قورنت بضوضاء بعض الأجهزة الآخرى.
- بعض الأجهزة الكهربائية يكاد يكون تأثيرها معدوما على باقى الفراغات بالمنزل إذا ما أغلق باب الغرفة الموجود به الجهاز كالشفاط الكهربائى مثلا.
- كما شرح سابقاً فإنه يوجد عدد من العوامل التى قد تؤثر على مدى الإنزعاج من المصدر منها نقاء نبرة المصدر وحدته كما يتضح في جدول (1) ولذلك فمن خلال قياس منسوب شدة الضوضاء عند الترددات المختلفة لكل مصدر يمكن تفسير مدى الإنزعاج من بعض الأجهزة المقاسة عن أجهزة أخرى على الرغم من تقارب مستويات L_{eq} وSEL لكل منهم كالتالى :

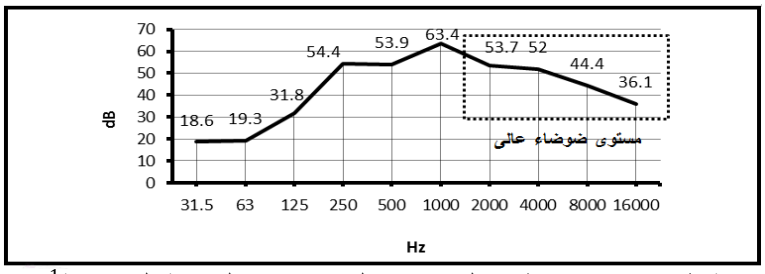
التليفزيون: يصدر التليفزيون ضوضاء عند مدى كبير من الترددات كما يتضح في شكل (2) إلا أنها تتركز عند الترددات المتوسطة (Hz2000-250) كما أنه لا يصدرعنه ضوضاء مرتفعة عند الترددات العالية مقارنة بباقى الترددات وبالتالى تعتبر ضوضاء التليفزيون متوسطة النقاء من حيث التردد وذات نبرة متوسطة من حيث حدتها مما يفسر عدم الإنزعاج من ضوضاء التليفزيون بدرجة كبيرة إلا عند تشغيله على مستوى مرتفع مقارنة ببعض الأجهزة الأخرى.



شكل (2): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن التليفزيون[1]

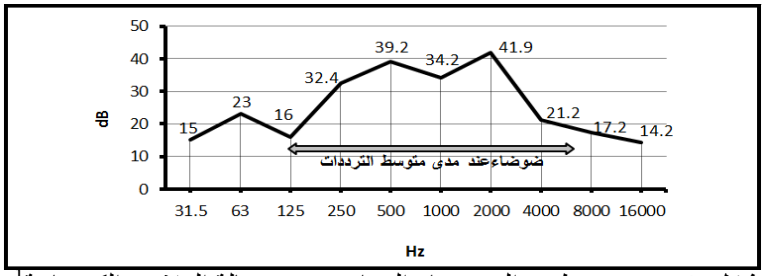
المكنسة الكهربائية: تسبب المكنسة الكهربائية إزعاجاً كبيراً مقارنة بباقى الأجهزة. وتصدر عنها ضوضاء تحتوى على مدى كبير من الترددات (إبتداء من Hz250 حتى Hz16000) مما يجعلها ضوضاء ذات نبرة غير نقية ولذلك فمن المفترض إنها أقل إزعاجاً، ويرجع مدى إزعاج المكنسة الكهربية إلى إنها تصدر ضوضاء مرتفعة بدرجة كبيرة عند الترددات العالية كما يتضح بشكل (3) ويضاف إلى هذه العوامل أنه عادة ما تكون هذه الضوضاء متقطعة مما يؤدى إلى مزيد من الشعور بالإزعاج.

[1] الباحث



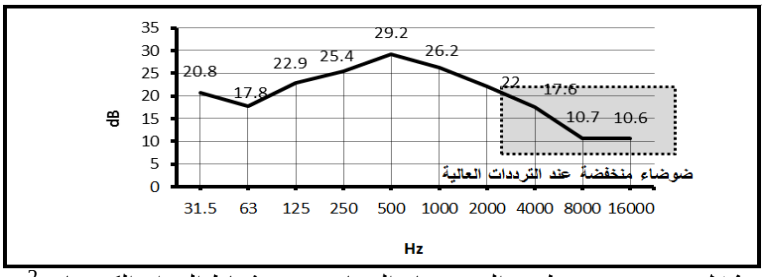
شكل (3): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن المكنسة الكهربائية[1]

غسالة الملابس الكهربائية: تعتبر غسالة الملابس الكهربائية متوسطة الإزعاج فهى تنتج ضوضاء متوسطة النقاء من حيث التردد ويصدرعنها ضوضاء مرتفعة عند الترددات المتوسطة (إبتداء من 250 Hz حتى 2000 Hz) كما يتضح بشكل (4) ولا يصدرعنها ضوضاء مرتفعة عند الترددات العالية وقد تكون الضوضاء التى تصدر عنها متقطعة مما قد يزيد من الإحساس بالضوضاء.



شكل (4): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن غسالة الملابس الكهربائية[1]

شفاط الهواء الكهربائى: يمكن إعتبار شفاط الهواء الكهربائى من الأجهزة الهادئة (التى لا يصدر عنه إزعاجاً كبيراً عند تشغيله حتى على مستوى مرتفع) فهو يصدر ضوضاء فى مدى كبير من الترددات وتكون أغلبها فى الترددات المنخفضة وتقل الضوضاء الصادرة عنه عند الترددات العالية بدرجة كبيرة كما يتضح بشكل (5) وتكون الضوضاء الصادرة عنه مستمرة إلى حد كبير (غير متقطعة).

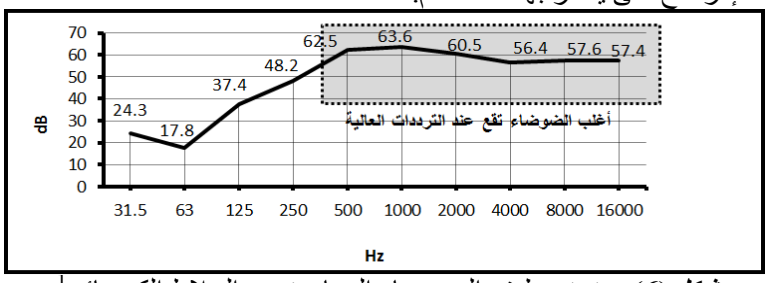


شكل (5): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن شفاط الهواء الكهربائى[2]

الخلاط الكهربائى: يؤدى الخلاط الكهربائى إلى إصدار ضوضاء مزعجة بدرجة كبيرة على الرغم من إحتواءه على مدى كبير من الترددات مما يجعلها ضوضاء غير حادة النبرة ويرجع ذلك إلى تركز الضوضاء التى تصدر عن الخلاط عند الترددات العالية بدرجة كبيرة كما يتضح بشكل (6) وإنخفاضها عند الترددات

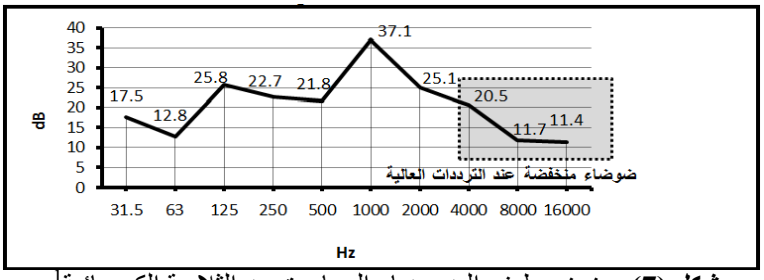
[1] الباحث
[2] الباحث

المنخفضة (تبدأ ترتفع عند تردد500 Hz حتى16000Hz). كما أنه عادة ما تكون هذه الضوضاء متقطعة مما يزيد من درجة الإنزعاج التى يشعر بها المستخدم.



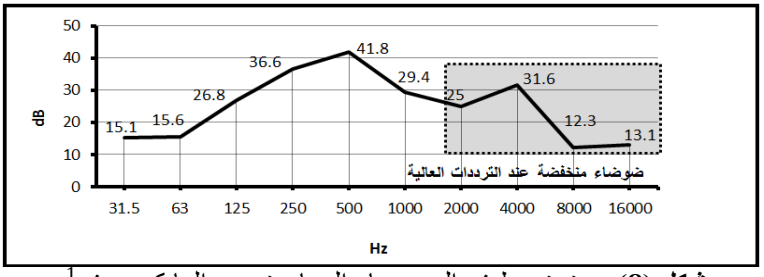
شكل (6): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن الخلاط الكهربائى[1]

الثلاجة الكهربائية: لا تؤدى الثلاجة الكهربائية إلى وجود ضوضاء مزعجة فبالإضافة إلى إنخفاض مستوى الضوضاء الذى يصدر عنها مقارنة بباقى الأجهزة فهى تصدر ضوضاء ذات مدى كبير من الترددات ومنخفض عند الترددات العالية كما يتضح في شكل (7) مما يجعلها ضوضاء غير حادة كما أنها عادة ما تكون مستمرة مما يقلل من الإحساس بالإنزعاج.



شكل (7): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن الثلاجة الكهربائية[1]

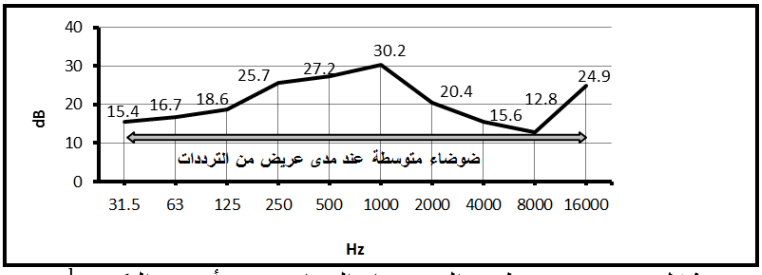
المايكروويف: يمكن إعتباره أيضا من الأجهزة الهادئة فهو يصدر ضوضاء عند مدى كبير من الترددات وتنخفض هذه الضوضاء بدرجة كبيرة عند الترددات العالية كما يتضح بشكل (8) ويصدرعنه ضوضاء مستمرة (غير متقطعة).



شكل (8): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن المايكروويف[1]

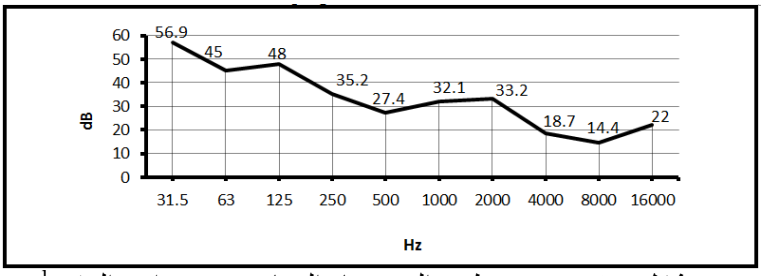
أجهزة التكييف: تصدر الوحدات الداخلية من أجهزة التكييف ضوضاء بمدى كبير من الترددات كما يتضح في شكل (9) مما يجعلها ضوضاء غير مزعجة على الرغم من وجود ضوضاء عند الترددات العالية.

[1] الباحث



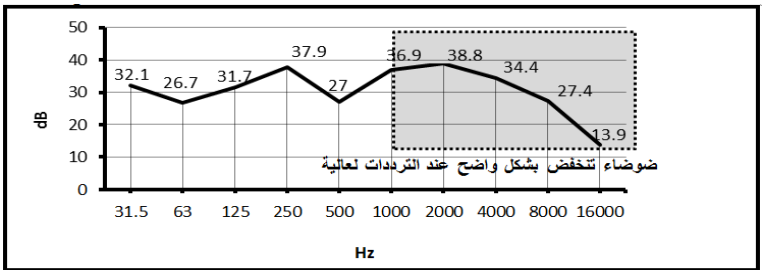
شكل (9): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن أجهزة التكييف[1]

مراوح السقف: يمكن إعتبارها من أكثر الأجهزة هدوءاً حيث أنها تصدر ضوضاء منخفضة كلما زاد التردد مما يجعلها ضوضاء ذات نبرة منخفضة كما يتضح في شكل (10).



شكل (10): منحنى طيف الضوضاء الصادرة عن مراوح السقف[1]

المراوح: تنتج المراوح ضوضاء غير مزعجة إلى حد كبير نتيجة وجود الضوضاء عند مدى كبير من الترددات بالإضافة إلى إنخفاضها عن الترددات العالية بصورة واضحة كما يوضح شكل (11).



شكل (11): منحنى طيف الضوضاء الصادرعن المراوح[1]

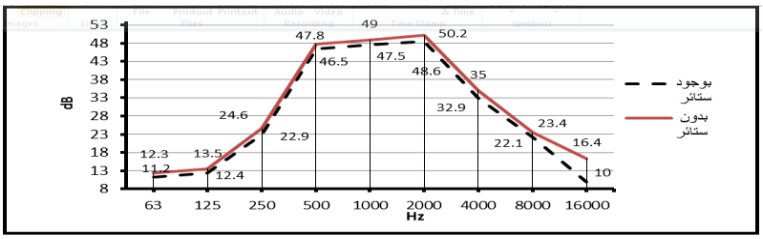
ويوضح جدول (3) تأثير ترددات الضوضاء(عالية: مركزة عند الترددات المرتفعة أو منخفضة: مركزة عند الترددات المنخفضة) ونبرة الأجهزة (ضوضاء مركزة عند ترددات معينة أو ضوضاء موزعة على مدى كبير من الترددات) التى تصدرها على مدى الإحساس بالإنزعاج منها.

[1] الباحث

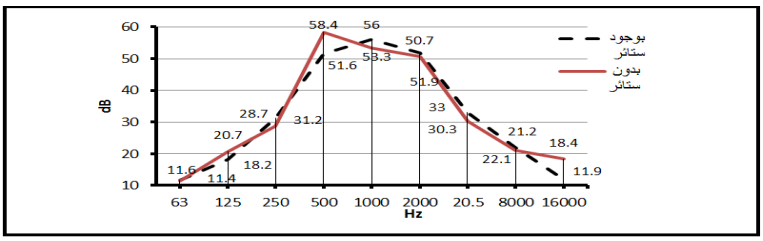
جدول (3): علاقة الترددات ونبرة الضوضاء بالإزعاج الناتج عن المصادر المقاسة[1]

الجهاز	الترددات (عالية / منخفضة)	نبرة الضوضاء (مركزة / موزعة)	مدى الإزعاج الناتج
التليفزيون	متوسطة	متوسطة	متوسط
المكنسة الكهربائية	عالية	متوسطة	مرتفع
غسالة الملابس	عالية	مدى كبير من الترددات	متوسط
شفاط الهواء الكهربائى	منخفضة	مدى كبير من الترددات	منخفض
الخلاط الكهربائى	عالية	متوسطة	مرتفع
الثلاجة الكهربائية	منخفضة	مدى كبير من الترددات	منخفض
المايكروويف	منخفضة	مدى كبير من الترددات	منخفض
أجهزة التكييف	متوسطة	مدى كبير من الترددات	منخفض
مراوح السقف	منخفضة	مدى كبير من الترددات	منخفض
المراوح	منخفضة	مدى كبير من الترددات	منخفض

تأثير الستائر: تساعد الستائر على الحد من الإحساس بالإنزعاج من الضوضاء فهى على الرغم من إنها لا تعتبر مادة عازلة إلا أنها تمتص الضوضاء مما يحد من تأثيرالضوضاء. ومن القياسات السابقة يعتبر تأثير الستائر ضعيفا مقارنة بالمواد الماصة للضوضاء المتخصصة ويتضح إيضا زيادة تأثيرها عند ترددات معينة (عادة من Hz500-Hz2000) عن باقى الترددات مما يتفق مع خصائص بعض المواد الماصة المسامية. ويتضح من القياسات الموضحة فى شكل (12) أيضا زيادة تأثير الستائر فى هذه الغرفة (الأكبر)عن باقى الغرف وقد يرجع ذلك إلى كبر أبعاد الغرفة الأولى عن الغرف الباقية مما يساعد على الحد من تأثير إرتداد الضوضاء عن الحوائط بينما الغرف الأصغر مساحة تكون الحوائط أكثر قربا وبالتالى يزيد تأثير الضوضاء المرتدة كما يوضح شكل (13) مما قد يكون له تأثير على أداء الستائر بالإنخفاض.

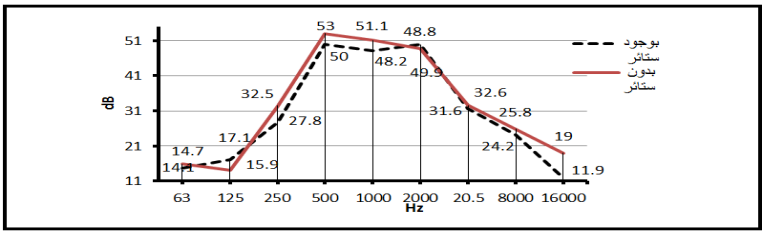


شكل (12): تأثير الستائر على مستوى الضوضاء عند الترددات المختلفة فى الفراغ (الغرفة الأولى) [1]



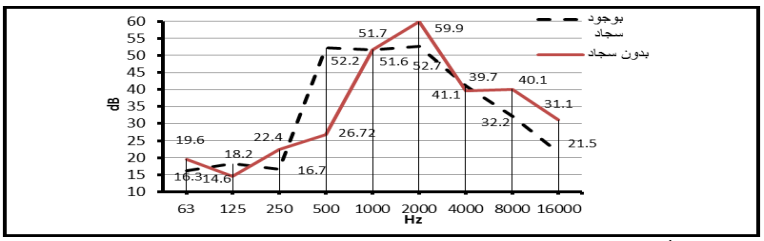
شكل (13): تأثير الستائر على مستوى الضوضاء عند الترددات المختلفة فى الفراغ (الغرفة الثانية)[1]

[1] الباحث

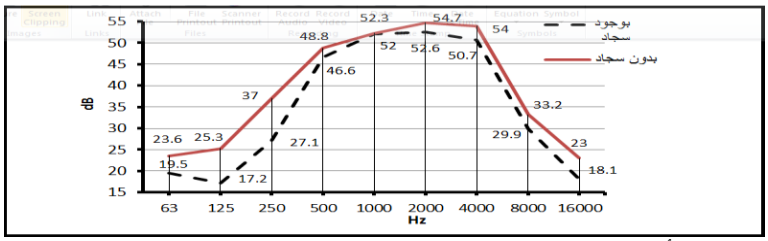


شكل (14): تأثير الستائر على مستوى الضوضاء عند الترددات المختلفة فى الفراغ (الغرفة الثالثة)[1]

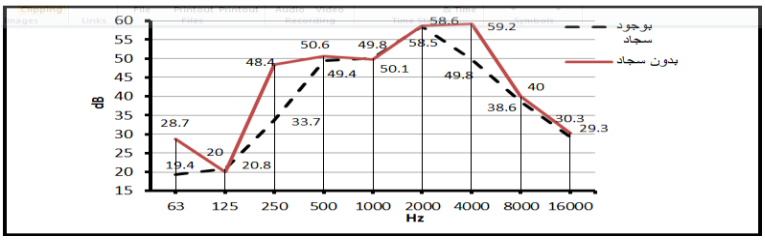
تساعد السجاجيد على الحد من الإنزعاج من الضوضاء كما يوضح شكل (15) عن طريق إمتصاص جزء منها. ويلاحظ أنها ذات تأثير أكبر من الستائر ويرجع ذلك لعدة عوامل منها زيادة سمك السجاد مع كثافتها المرتفعة بالإضافة إلى زيادة مساميتها وكبر مساحة السجادة عن الستائر مما يرفع من كفاءتها كمادة ماصة للضوضاء.



شكل (15): تأثير السجاد على مستوى الضوضاء عند الترددات المختلفة فى الغرفة الأولى[1]



شكل (16): تأثير السجاد على مستوى الضوضاء عند الترددات المختلفة فى الغرفة الثانية[1]



شكل (17): تأثير الستائر على مستوى الضوضاء عند الترددات المختلفة فى الغرفة الثالثة[1]

4. وسائل التحكم فى الضوضاء الداخلية

تنقسم وسائل التحكم فى مستوى الضوضاء عموما إلى وسائل التوعية والتشريعات والوسائل الفنية ولكل منها دور هام كما يلى:

[1] الباحث

JES, Assiut University, Faculty of Engineering, Vol. 42, No. 5,September 2014, pp. 1270–1293

1.4. التوعية

تلعب التوعية دورا رئيسيا فى التحكم فى مستوى الضوضاء داخل الوحدة السكنية. فمثلا سوء إستخدام الأجهزة المنزلية وعدم الوعى بمدى الضرر الذى قد يسببه هذا السلوك، يكون مسئولا عادة عن وجود مستوى ضوضاء زائدة عن الحد. (فمثلا قد يلجأ العديد من ساكنى الوحدات السكنية إلى زيادة مستوى صوت التليفزيون عن الحد المنطقى أو المطلوب دون داعى) وهذا يشير إلى مدى أهمية التوعية بمشاكل ومخاطر الضوضاء على ساكنى هذه الوحدات. ويمكن زيادة الوعى بمشاكل الضوضاء عن طريق عدد من الإجراءات منها وسائل الدعاية المرئية والمسموعة والمحاضرات وحملات التوعية للسكان والعاملين بأجهزة الدولة المعنية بمكافحة الضوضاء وما شابه.

2.4. التشريعات

من اللازم وجود التشريعات التى تمنع زيادة الضوضاء عن الحد المسموح به فى كل شقة حتى لا تؤثر على الشقق المجاورة لها وتوجد هذه التشريعات وتطبق إلى حد كبير فى معظم الدول الأجنبية إلا إنها على الرغم من وجود معظمها فى مصر[1] من خلال التشريعات المتعلقة بالبيئة إلا أنه لا يتم تفعيلها بشكل مؤثر ويرجع ذلك لإنخفاض الوعى بمشاكل وآثار الضوضاء كما شرح سابقا حتى لدى الجهات المعنية والمسئولة عن تنفيذ الإجراءات القانونية المتعلقة بالضوضاء من غرامات أو مصادرة للأجهزة التى تصدر ضوضاء زائدة عن الحد المسموح به، كما أن الأفراد والجمعيات الأهلية مثلا لايقومون بالشكوى من الضوضاء.

3.4. الوسائل التقنية

فى غياب أو ضعف الوعى والتشريعات كما ذكر سابقا فيما يتعلق بمشاكل الضوضاء تصبح الوسائل الفنية والتقنية ذات أهمية كبيرة للحد من الضوضاء. وتتميز الوسائل الفنية والتقنية بالقدرة على تخفيض أو منع الضوضاء بشكل مؤثر وقوى وتعتبر الوسائل الإقتصادية منها والتى لا تحتاج إلى تقنيات معقدة للتطبيق بشكل عملى أهم الوسائل الفنية لملائمتها للواقع المحلى للمدن المصرية.

ويركز هذا البحث على عدد من هذه الوسائل كمقترحات لتخفيض مستوى الضوضاء والحد من الأثار السلبية للضوضاء.

5. مقترحات لمقاومة الضوضاء الداخلية

كما ذكر سابقا فإن هذه المصادر يقصد بها الأجهزة التى يتعامل معها الساكن بشكل يومى وعلى رأسها الأجهزة الكهربائية ومنها الخلاطات والشفاطات وغيرها. وتتمثل الصعوبة فى تقليل ضوضاء تلك الأجهزة فى أن طبيعة عملها قد تعتمد على الضوضاء كأجهزة التلفزيون والراديو ومكبرات الصوت، كما إنه بطبيعتها تكون موجودة داخل المنزل مما يجعل من الصعب التحكم فى الضوضاء الصادرة منها(بالنسبة للجيران). كما يعتمد مقدار الضوضاء التى قد تصدر منها بشكل كبير على إسلوب وعادات المستخدم ودرجة وعيه بمشاكل الضوضاء مما يمثل ركنا أساسيا فى الوصول إلى حلول فعالة بشكل كبير.

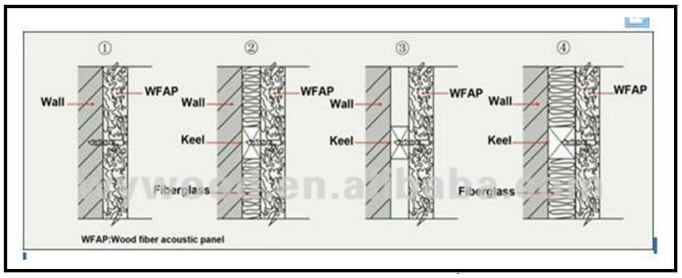
وقد يتطلب التحكم فى الضوضاء الصادرة من تلك الأجهزة عمل تغييرات فى أسلوب تصميم الوحدة نفسها وإستخدام المواد المناسبة لتشطيب الحوائط. ويقترح البحث عدد من الحلول منها التالى:

1.5. معالجة بعض الحوائط الملاصقة للأجهزة الكهربية

إستخدام المواد العازلة والمواد الماصة بجوار وخلف الأجهزة الكهربية التى تصدر ضوضاء لمنع نفاذ الضوضاء الصادرة منها إلى الغرف الآخرى وتصنع بعض الشركات مواد خصيصا لهذه الأغراض ذات شكل جيد

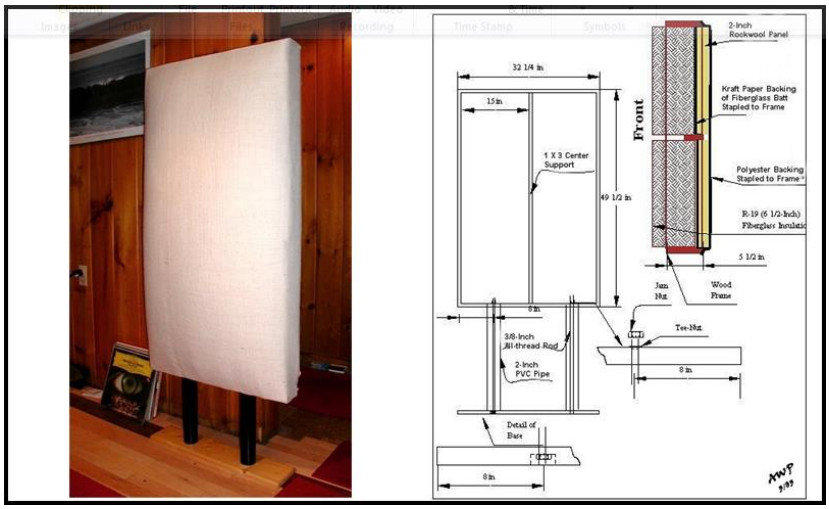
[1] القانون المصرى رقم 9 لسنة 2009 م في شأن البيئة، الفصل الأول التنمية والبيئة مادة 42 و44 والباب الرابع: العقوبات 87، جمهورية مصر العربية.

من الناحية الجمالية[1] وتركب هذه المواد بسهولة بعدة طرق فمنها ما يركب بالمسامير ومنها ما يلصق بمواد خاصة وقد تتنوع مكوناتها من حيث عدد الطبقات وأنواعها ويوضح شكل (18) بعض من أساليب تركيب هذه المواد.



شكل (18): أحد طرق تركيب المواد العازلة و الماصة [2]

ويمكن أيضا تركيب هذه المواد بطرق تسمح بتغيير مكانها مع تغيير نشاط الغرفة لتحقيق المرونة وتخفيض تكلفة إستخدام هذه المواد وتكون المواد فى هذه الحالة على صورة بانوهات قابلة للفك والتركيب كما يوضح شكل (19). وعلى الرغم من فاعلية هذه المواد إلا إنها لا تزال غير مستعملة أو غير معروفة للبعض وقد يرجع هذا لعدم إنتشار الوعى الكامل لمشاكل ومخاطر الضوضاء.



شكل(19): مواد ماصة قابلة للفك والتركيب لتحقيق المرونة وتخفيض التكلفة[3]

ومن اللازم معرفة خصائص الجهاز المصدر للضوضاء من ناحية الترددات التى يصدرها لتحديد نوع المادة العازلة أو الماصة المناسبة للإستخدام، فمثلا الأنظمة ذات الأوجه المثقبة (هى مواد مسامية مغطاة بأسطح ذات ثقوب لسهولة الإستخدام ولا تمنع امتصاص الصوت في نفس الوقت) وهى أكثر كفاءة فى امتصاص الترددات المتوسطة والعالية، بينما الألواح المهتزة التى تعتمد على إهتزازها لإمتصاص الصوت أكثر فعالية عند إمتصاص الترددات المنخفضة بينما الأنظمة الرنينية (رنات هلموهلتز) تكون عادة فعالة في إمتصاص ترددات

[1] Soundservice (Oxford) Ltd 2003 – 2011 http://www.soundservice.co.uk/. Accessed December 2013.
[2] http://www.alibaba.com. Accessed January 2014.
[3] http://mysite.verizon.net/vze22yzp/index.html. Accessed March 2014

محددة[1]. وتعتبر بعض هذه المواد مكلفة إلى حد ما إذا ما قورنت بتكلفة مواد التشطيب العادية مما يعوق إنتشارها بالدرجة المطلوبة ويفضل حساب خصائص المواد الماصة المستخدمة حتى تصل لأقصى كفاءة فى الإمتصاص. وتعتبر معالجة الحوائط من العوامل الهامة للحد من إنتقال الضوضاء بين الفراغات المختلفة. وعلى الرغم من توافر أساليب تقنية حديثة لمعالجة الحوائط من الناحية الصوتية إلا أنها تعتبر مكلفة إذا ما قورنت بتكلفة الحوائط العادية. ويمكن الإستغناء عن هذه المعالجات للحد من التكلفة عن طريق التركيز على عدة عوامل منها زيادة سمك الحائط كلما أمكن وإستخدام أنواع من الطوب ذات كتلة عالية. فمثلا كلما زادت كتلة الحائط أو الحاجز زادت مقاومته للحركة وبالتالى زادت مقاومته للتذبذب وزادت قدرته على العزل الصوتى[1] ومن اللازم حساب الكتلة السطحية المثلى للحائط حتى يكون له المقدرة على عزل الضوضاء التى تصدر من الأجهزة الموجودة بالفراغ فمثلا من المفترض للحوائط ذات القدرة الجيدة على العزل توفير فقد فى إنتقال الضوضاء يبلغ (TL= 50 dBA)[1] و بالتالى فعند إستخدام حائط فى غرفة تحتوى على تلفزيون -حيث أقصى ضوضاء له عند التردد f=1000Hz كما فى شكل (2)- يمكن حساب الكتلة السطحية كالتالى[2]:

$$\mathbf{TL = 20 \log M + 20 \log f - 47 \quad dB}$$

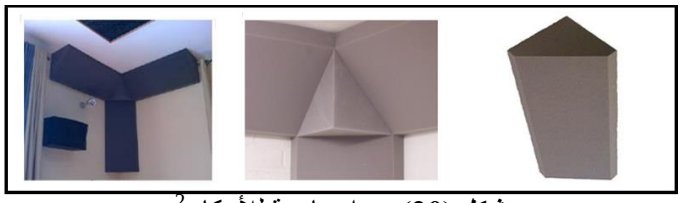
الوزن السطحى بالكجم/م^2= M

التردد بالهرتز= f

وبالتالى فإن الكتلة السطحية المناسبة للحوائط لتقاوم ضوضاء التلفزيون تبلغ 70.79 كجم/م^2 وبنفس الطريقة يمكن حساب الكتل السطحية الملائمة لكافة الفراغات بالمنزل تبعا لنوع الأجهزة الموضوعة به ومن ثم تحديد نوع الطوب الأمثل للإستخدام ولا يشترط إستخدام نفس نوع الطوب فى كافة الفراغات فمثلا يمكن إحاطة الفراغات المتوقع صدور ضوضاء عالية فيها بأنواع من الطوب تحقق كتلة سطحية عالية وإستخدام أنواع أخف فى باقى الفراغات.

2.5. معالجة ركن الغرفة

إستخدام المواد الماصة فى ركن الغرف خاصة الغرف الكبيرة الحجم لمنع صدى الصوت الذى قد يكون له تأثير سلبى. وتوجد مواد ماصة مصممة خصيصا لهذا الغرض كما في شكل (20) وتعتبر هذه المواد أيضا غير مستخدمة بشكل كبير إلا فى ظروف خاصة. ويعيبها أيضا الإرتفاع النسبى فى التكلفة كما إنها قد لا تلائم الطابع العام للفراغ



شكل (20): مواد ماصة للأركان[2]

3.5. إتخاذ عدد من التدابير الملائمة عند إستخدام بعض الأجهزة المنزلية المختلفة كالتالى

التلفزيونات: قد تصل ضوضاء أجهزة التلفزيون إلى 70 dBA وهو ما يعتبر مستوى ضوضاء ذو خطورة كبيرة على المستخدم. لذلك يجب إختيار فراغ ملائم لوضع التلفزيون بحيث يكون في فراغ معزول عن الفراغات الهادئة كغرف النوم مع إستخدام مواد عازلة وماصة والتى قد يصل تأثيرها إلى تقليل الضوضاء النافذة إلى 50dBA تبعا لنوع المادة المستخدمة. ومن خلال قياس الترددات التى يصدرها التلفزيون وجد أنه يصدر بشكل أساسى ضوضاء متوسطة التردد مع قدر من الترددات العالية (من 500Hz إلى 2000Hz) مما يشير إلى أنه من الأمثل إستخدام مواد ماصة تعتمد على فكرة الأنظمة ذات الأوجه

[1] د.م/ أحمد الخطيب ،2003 ، "الصوتيات المعمارية ، النظرية والتطبيق"، مكتبة الأنجلو المصرية، جمهورية مصر العربية.

[2] Soundservice (Oxford) Ltd 2003 – 2011 http://www.soundservice.co.uk Accessed December 2013

المثقبة وهى أكثر كفاءة فى امتصاص الترددات المتوسطة والعالية لتحيط بالمناطق التى يوجد بها التلفزيون. ومن الإجراءات المهم إتخاذها أيضا هى زيادة سمك الحائط فى الفراغات التى يوجد بها التلفزيون بشكل أساسى. وتحتاج مصادر الضوضاء التى تصدر ضوضاء عالية التردد إلى حوائط ذات كتلة عالية مع جساءة منخفضة. ويعتبر سلوك مستخدم الجهاز مؤثرا حيث يلجأ البعض إلى زيادة إرتفاع مستوى الصوت عن اللازم وبالتالى فإن التوعية لها دور قوى في الحد من الضوضاء.

المكنسة الكهربائية: تصدر المكنسة الكهربائية ضوضاء عالية جدا مقارنة بباقى الأجهزة فى المنزل حيث تصل إلى Leq=82.4 dBA كما ذكر فى القياسات التى أجريت كما إنها تصدر ضوضاء عالية (عند الترددات من 1000 Hz فأكثر) مما يزيد من الإحساس بالإنزعاج منها وعلى الرغم من خطورة هذا المستوى من الضوضاء إلا أنه لا يمثل مشكلة نتيجة عدم إستمرار هذه الضوضاء حيث تستمر عادة لبضع دقائق تبعا للحاجة. وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن تخفيض الإزعاج الناتج عن المكنسة الكهربية عن طريق إختيار الأوقات الملائمة لإستخدامها وأختيار مستوى التشغل الملائم وغلق الغرفة التى تستخدم فيها لعزلها عن باقى الغرف.

غسالة الملابس الكهربائية: يمكن التحكم فى الضوضاء التى تصدر من الغسالات الكهربائية بسهولة بدون الحاجة للجوء إلى أساليب فنية متطورة أو مكلفة فمثلا يمكن وضع الغسالة على قاعدة مرنة (من المطاط) لإمتصاص الإهتزازات الناتجة والتأكد من غلق الأبواب فى الفراغ الموجودة بها الغسالة فيحد ذلك بشكل كبير وفعال من الضوضاء الصادرة منها خاصة أنها تصدر ضوضاء منخفضة إذا ما قورنت بباقى الأجهزة بالمنزل طبقا للقياسات فى جدول (1) Leq=43.4dBA. ومن منحنى طيف الضوضاء شكل (4) وجد أنها تصدر ضوضاء متوسطة التردد مع إنخفاضها عند الترددات العالية وبالتالى فيمكن تخفيض مستوى الضوضاء الصادر منها عن طريق زيادة سمك حائط الحمام أو المطبخ بالطوب العادى أو عمل حائط مزدوج مفصول بالهواء أو بمواد مسامية مثل الصوف الزجاجى لفصل الفراغات الحساسة كغرفة النوم عن مصدر الضوضاء وتصميميا يفضل الفصل بين الحمامات والمطابخ بفراغات أقل حساسية للضوضاء مثل المعيشة الداخلية أو طرقات.

شفاط الهواء الكهربائى: يمكن التحكم أيضا فى الضوضاء التى تصدر من الشفاطات الكهربائية بسهولة دون اللجوء إلى أساليب معقدة أو مكلفة كتركيب الشفاط على إطارات مرنة لإمتصاص الإهتزازات الناتجة عنه وتركيبه فى أماكن ملائمة لا تؤدى إلى زيادة الإحساس بالضوضاء (فمثلا تركيب الشفاط على النوافذ المطلة على المناور يؤدى إلى وصول الضوضاء إلى مختلف الأدوار). ويتميز الشفاط الكهربائى بإصدار ضوضاء ذو ترددات منخفضة إلى حد كبير وبالتالى يمكن إستخدام أنواع متعددة من المواد الماصة والتى تعمل بكفاءة عند الترددات المنخفضة مثل المواد الليفية المغطاه بغشاء غير منفذ والمواد الليفية المغطاة بغشاء مثقب والأنظمة الرنينية (رنات هلمو هلتز Helmholtz)[1]

الخلاط الكهربائى: يصدر الخلاط الكهربائى ضوضاء عالية جدا طبقا لنتائج القياسات فى جدول (1). ويستخدم الخلاط الكهربائى فى المطبخ ويمكن بالتالى التحكم فى الضوضاء الصادرة منه بدون إستخدام وسائل معقدة فبمجرد إستخدام أبواب محكمة الغلق يمكن تخفيض مقدار الضوضاء الذى يصل لباقى أجزاء المنزل بمقدار واضح. كما يمكن وضع الخلاط على قاعدة مرنة لتمنع نقل الإهتزازات التى تصدر منه ولايشترط إستخدام مواد خاصة ولكن يمكن إستخدام أى مواد متوافرة بالمنزل (أقمشة سميكة مثلا). ويؤدى الخلاط الكهربائى إلى إصدار ضوضاء عالية التردد بدرجة كبيرة وبالتالى فى حالة إستخدام مواد ماصة فى المطبخ فمن اللازم إستخدام الأنظمة ذات الأوجه المثقبة مع إمكانية زيادة سمك الحائط بإستخدام الطوب ذات الكتلة العالية ليكون أكثر كفاءة فى منع الترددات العالية.

[1] د.م/ أحمد الخطيب ،2003 ، "الصوتيات المعمارية ، النظرية والتطبيق"، مكتبة الأنجلو المصرية، جمهورية مصر العربية.

JES, Assiut University, Faculty of Engineering, Vol. 42, No. 5,September 2014, pp. 1270–1293

الثلاجة الكهربائية، التكييف، المايكروويف، المراوح:لا تؤدى هذه الأجهزة إلى وجود ضوضاء عالية بدرجة واضحة مقارنة بالأجهزة السابق ذكرها. كما تتمتع بإنخفاض الترددات الناتجة عنها مما يساعد على عدم الإحساس بالإنزعاج منها بدرجة كبيرة. إلا أنه قد ينتج بعض الضوضاء من التكييف مثلا نتيجة عدم تثبيتة بشكل ملائم أو عدم إجراء أعمال الصيانة اللازمة مما ينتج عنه إهتزازات تصدر ضوضاء ويمكن معالجتها عن طريق تثبيته بشكل جيد، وينطبق هذا على باقى الأجهزة. ويمكن عند الحاجة إستخدام مواد ماصة تعمل بكفاءة عند الترددات المنخفضة مثل المواد الليفية المغطاه بغشاء غير منفذ والمواد الليفية المغطاة بغشاء مثقب والأنظمة الرنينية (رنات هلموهلتز Helmholtz). يمكن أيضا زيادة سمك الحائط لمزيد من تخفيض الضوضاء ولا يشترط لهذه الأجهزة إستخدام حوائط من مواد خاصة لإنخفاض الترددات الناتجة عنها ويمكن إستخدام مواد متوسطة الكتلة (كالطوب العادى).

4.5. تثبيت الأجهزة

يفضل تثبيت أو وضع الأجهزة التى ينتج عنها إهتزازات قوية على قواعد مرنة لمنع الإهتزاز الذى قد يؤدى إلى إنتشار الضوضاء حيث قد يؤدى وضع جهاز ما يصدر إهتزازات على طاولة أو قاعدة غير مثبتة بشكل جيد إلى تضخيم الإهتزازات وبالتالى زيادة مشكلة الضوضاء كما هو موضح في شكل(21)

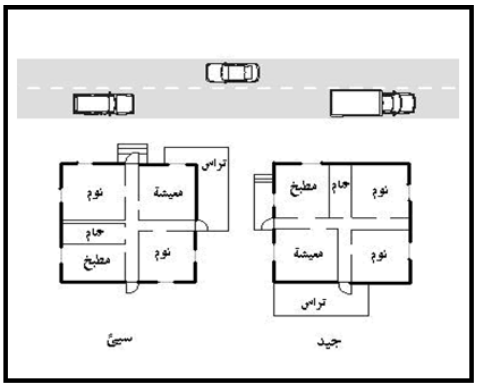
شكل(21): قواعد مرنة لمنع إهتزاز الأجهزة[1]

5.5 تصميم الشقة

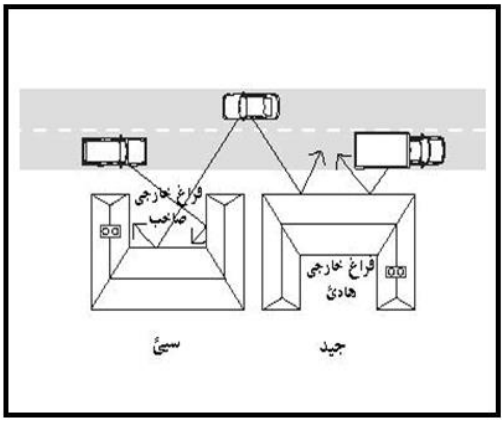
تقسيم الوحدة السكنية إلى مناطق حسب مستوى الضوضاء المناسب لها والفصل بينها بإستخدام مواد عازلة للضوضاء سواء فى الحوائط أو الأرضيات والهدف منع وصول الضوضاء إلى الأماكن التى تحتاج إلى قدر كبير من الهدوء مثل غرف النوم ويمكن تحقيق ذلك أيضا عن طريق وضع العناصر غير الحساسة على الواجهات الخارجية فى الشوارع المتوقع وجود ضوضاء عالية بها لحماية العناصر التى تحتاج إلى هدوء كما يتضح بشكل (22) ومن اللازم أيضا الأخذ فى الإعتبار الشكل الخارجى لكيلة المبنى حتى لا تؤدى إلى وجود مشاكل صوتية كما يوضح شكل (23).

ويقع على المعماريين المصممين للمبانى السكنية دور وضع التصميمات الملائمة التى تأخذ فى إعتبارها مشكلة الضوضاء وتدعيمها بإستخدام المواد الصوتية الملائمة مما يؤكد على أهمية التوعية. ويعتبر هذا الإقتراح مهماً لإمكانية تنفيذه بسهولة دون تكاليف تذكر.

[1] http://www.soundproof from www.soundservice.co.uk. Accessed December 2013



شكل (22):العناصر التى تتأثر سلباً بالضوضاء وضعت بعيدا عن الشارع وحُجبت بالعناصر التى لا تتأثر بها.[1]



شكل (23): تشكيل المبنى له دور فى تحديد مقدار الضوضاء فى الفراغات الخارجية[1]

6.5. توظيف عناصر الفرش

كما أوضحت القياسات فإن عناصر الفرش كالستائر والسجاد وغيرها لها تأثير على إمتصاص الضوضاء داخل الفراغ وبالتالى فمن المقترح توظيفها بشكل جيد للإستفادة من هذه الخصائص كالتالى:

الستائر: كما أوضحت القياسات فإن تأثير الستائر ضعيف مقارنة بالمواد الصوتية المختصة إلا إنها يمكن أن تكون مفيدة وذلك بزيادة مساحة الستائر لأكبر قدر ممكن لزيادة المساحة التى تقوم بالإمتصاص كما ينصح بإستخدام ستائر من مواد كثيفة (ثقيلة) ومنطبقة على بعضها لتشكل مادة ماصة مناسبة ترفع من كفاءة إمتصاص الستائر.

السجاد: أوضحت القياسات تأثير السجاد على مستوى الضوضاء داخل الفراغ حيث وضح أن لها القدرة على إمتصاص جزء مؤثر من الضوضاء لذلك ينصح بإستخدامها بكثرة خاصة فى الفراغات الكبيرة كما يقترح إيضا زيادة مساحتها وسمكها والكثافة كلما أمكن لرفع كفاءتها.

[1] "Model Ordinance Language for Addressing Traffic Noise", Feb 2009, PENNDOT, USA.

كما يعتبر الأثاث من العناصر التى قد يكون لها تأثير قوى على مستوى الضوضاء فقد يساعد على إمتصاص قدر كبير من الضوضاء خاصة إذا إستخدم فيه مواد خشبية أو مواد مسامية كالأقمشة إلا أنه يوجد العديد من أنواع الأثاث التى لا تؤثر على مستوى الضوضاء والتى تحتوى على مواد صلبة أو غير مسامية كالزجاج أو الحديد مثلا.

7.5. معالجة الشبابيك والأبواب

إستخدام أنواع محكمة من الأبواب كما هو موضح بشكل (24) والتى تمنع نفاذ الصوت من غرفة لأخرى ففى حالة وجود شقوق حول الابواب سواء في الحلوق المحيطة بها أو الاعتاب، يؤدى ذلك إلى مرور الهواء وبالتالى مرور الضوضاء وتسربها إلى داخل الفراغ.[1] وإستخدام التركيبات التى تساعد على غلق المنافذ التى تسرب الضوضاء من خلالها حول الشبابيك والأبواب كما يتضح بشكل (25) وهذا الإقتراح يعتبر مهما نظرا لسهولة تنفيذه حيث يمكن تدعيم الأبواب والنوافذ الموجودة بالمبانى بسهولة بإستخدام وسائل متوفرة محليا لكى تقاوم الضوضاء مما له أثر قوى على تخفيض مستوى الضوضاء بين الفراغات التى تصدر ضوضاء والفراغات الحساسة للضوضاء. ولا تعتبر هذه التغيرات مكلفة بدرجة كبيرة مقارنة بباقى المقترحات السابق ذكرها.

شكل (24): أبواب خاصة تمنع نفاذ الضوضاء.[2]

شكل (25): تركيبات تساعد على غلق الفواصل المسربة للضوضاء[1]

كما يوجد أنواع خاصة من الأبواب مصممة خصيصا لمنع نفاذ الضوضاء من خلالها ولها أشكال متعددة كما بشكل (26) ومنها ما بلغ مقدار عزل الضوضاء له STC 56 [3] طبقا لبعض الشركات المتخصصة فى هذا المجال وهو مقدار عزل قوى قريب من درجة عزل بعض الحوائط الصوتية. ومع التقدم فى المواد العازلة أصبحت تأخذ هذه الأبواب شكل الأبواب العادية.

ويمكن إستخدام هذه الأنواع الخاصة من الأبواب فى الفراغات التى قد تكون ذات حساسية للضوضاء كغرف النوم والمكاتب ولا يشترط إستخدامها فى باقى الفراغات كالمعيشة والطعام والتى لا تتأثر بالضوضاء للحد من التكلفة.

---

[1] عبد العظيم، حاتم جلال، 1992، دراسة تحليلية عن أثر الضوضاء على تصميم وتخطيط المواقع السكنية في المدينة المصرية، رسالة الماجستير،جامعة أسيوط، جمهورية مصر العربية.

[2] Soundservice (Oxford) Ltd 2003 – 2011 http://www.soundservice.co.uk Accessed December 2013

[3] ESIONX, USA http://esionx.com Accessed January 2014.

شكل(26) أبواب مغلفة بمواد عازلة لمنع الضوضاء[1]

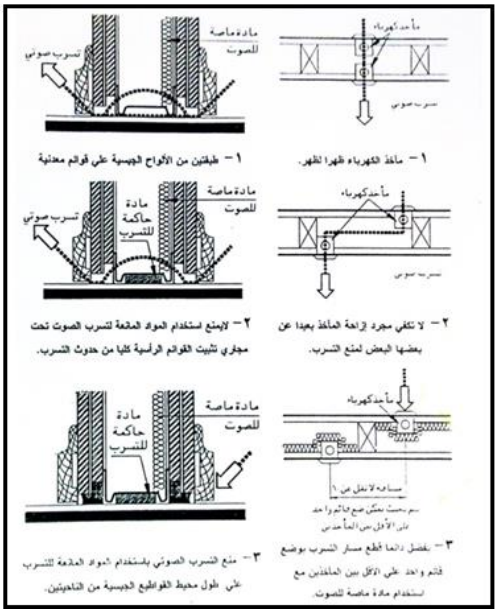
ومن الممكن أيضا تركيب ألواح زجاج إضافية للشبابيك مصنوعة من زجاج سميك على الألواح الزجاجية الموجودة لزيادة كفاءة العزل ويتم ترك مسافة فاصلة بين اللوح الجديد والقديم تبلغ 3.75سم وتصل إلى 12.5سم عند الحاجة، وتركب بواسطة اللصق أو بالمسامير[1]. ومن الضرورى فى هذا النوع من المعالجات مراعاة اللصق بشكل جيد خاصة فى الحواف حتى لا تتسرب الضوضاء من خلالها مما قد يؤثر بشكل سلبى على مقدار العزل. وقد تبلغ الزيادة فى تخفيض الضوضاء نتيجة هذا الإجراء إلى إضافة من 6 - 3 STC على العزل الأصلى[2]. وتلائم هذه المعالجات الإستخدام بالمدن المصرية لسهولة التنفيذ على الرغم من إرتفاع تكاليف بعض هذه المعالجات.

5-8 معالجة أسقف الفراغات: إستخدام المواد الماصة فى أسقف الفراغات الكبيرة مثل الصالات والصالونات للحد من وجود صدى للصوت مما يساعد فى تقليل الضوضاء خاصة أن العديد من هذه المواد ذات شكل معمارى مناسب. إلا أنه قد يعوق إستخدامها إرتفاع تكلفة بعضها وإحتياجها إلى وسائل فنية خاصة للتركيب وبالتالى قد يقتصر إستخدامها على بعض القاعات والفراغات الخاصة.

5-9 منع تسرب الضوضاء بين الفراغات: يحدث هذا التسرب في بعض التفاصيل المعمارية مثل الفواصل نتيجة وجود ثقوب وفتحات في الفاصل أو حين تكون المادة المالئة داخل الفاصل أو حول محيطة غير كافية أو تحوى فجوات صغيرة تركت أثناء تركيبه، فينتقل الصوت خلالها مع فقد صغير في طاقته. وتسرب الصوت – كتسرب المياه – يجب إتخاذ كافة الوسائل لمنعه كما يوضح (27). وكلما كان التخفيض الصوتى للفاصل أكبر كلما زادت خطورة تأثير التسرب الصوتى فوجود فتحة مساحتها 100/1 في فاصل من الألواح الجبس يقلل التخفيض الصوتى من 50 dBA إلى 39 dBA كما يمكن لفتحة قدرها 1% في فاصل من الألواح الجبسية أن تقلل قيمةTL بمقدار حوالى 15 ديسيبل، بينما قد تسبب نفس نسبة هذه الفتحة في حائط من الطوب الثقيل نقصا يصل إلى حوالى 40dB. ويمكن التغلب على وجود المشاكل التى تؤدى إلى وجود التسرب بسهولة دون الحاجة إلى تقنيات معقدة مما يجعل هذا المقترح ملائم لواقع الشقق السكنية فى المدن المصرية خاصة مع تعرض عدد كبير منها إلى هذه المشاكل مع سوء التنفيذ.

[1]SOUNDPROOF WINDOWS Inc,USA, 1998-2014 http://www.soundproofwindows.com. Accessed Dec. 2013

[2]Wakefield LTD.2006, City of Vancouver Noise Control Manual, City of Vancouver, USA, Accessed Dec. 2013



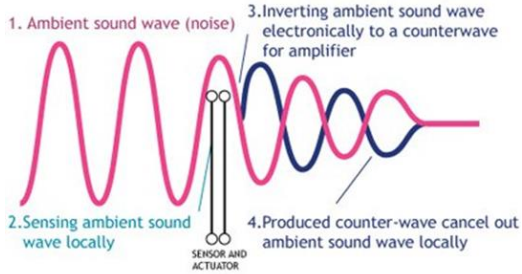
شكل (27):أمثلة على أشهر طرق التسرب وعلاجها[1]

10.5. منع الضوضاء الناتجة عن لعب الأطفال

من الصعب التحكم بهذا النوع من الضوضاء بسهولة إلا أنه يمكن إتخاذ بعض الإجراءات للحد من تأثيرها فيمكن تخصيص فراغ بالمنزل لهذا الغرض مع تزويده بالمعالجات الصوتية التى سبق توضيحها. كما يمكن التحكم فى الضوضاء التى تنجم عن الأرضية بإستخدام أنواع ثقيلة من السجاد ويمكن فى حالة تخصيص فراغ خاص بلعب الأطفال اللجوء إلى بعض المعالجات الخاصة مثل استخدام مواد صوتية ماصة تحت الأرضيات الخشبية أو الموكيت.

11.5. الأنظمة الألكترونية الحديثة

إستخدام أنظمة إلغاء الضوضاء وهى أنظمة ألكترونية حديثة لا يزال جزء كبير منها تحت التجربة. وتعتمد فكرتها على وجود أجهزة إلكترونية قادرة على قياس الضوضاء وإصدار ضوضاء مماثلة لها ومضادة وبالتالى تكون النتيجة إنعدام الصوت كما هو مبين بشكل (28) وعلى الرغم من تصنيع هذه الأجهزة بشكل أساسى لتمنع الضوضاء الخارجية[2] إلا أنه طورت أنواع منها لتقاوم مصادر الضوضاء الداخلية.



شكل (28): الخطوات التى تحدث داخل الأجهزة لإلغاء الضوضاء.[2]

[1] د.م/ أحمد الخطيب ،2003 ، "الصوتيات المعمارية ، النظرية والتطبيق"، مكتبة الأنجلو المصرية، جمهورية مصر العربية.

[2] http://www.nbcnews.com/technology/noise-canceling-window-sensor-helps-you-enjoy-silence-amid-cacaphony-8C11391267. Accessed November 2013.

5. النتائج

- قد تؤدى الضوضاء الزائدة داخل الوحدة السكنية إلى العديد من الأثار من الناحية الصحية وقد تكون خطيرة عند مستويات الضوضاء العالية أو المستمرة فترات طويلة من الزمن. وتنصح العديد من الأبحاث بعدم تجاوز dBA 45-40 داخل الشقق السكنية وخاصة غرف النوم والأماكن التى تحتاج إلى قدر كبير من الهدوء.
- تؤدى معظم الأجهزة الكهربائية فى المنزل إلى ضوضاء عالية وعلى رأسها الخلاطات الكهربائية والشفاطات والمكنسة الكهربائية وغيره. وقد تؤثر طريقة الإستعمال بشكل كبير على مستوى الضوضاء الصادر من تلك الأجهزة (فمثلا تختلف الضوضاء التى قد تصدر من المكنسة تبعا لمستوى تشغيلها).
- يوجد عدد من العوامل التى تؤثر على مدى الإحساس بالإنزعاج من المصدر كنبرة المصدر وحدته ومن اللازم أخذ هذه العوامل فى الإعتبار أثناء إختيار الأسلوب المثالى لمنع هذه الضوضاء.
- تعتبر التوعية والتشريعات المتعلقة بالضوضاء والوسائل الفنية من أهم أساليب مقاومة الضوضاء.
- من اللازم أخذ التدابيير الملائمة لمقاومة تأثير الضوضاء الداخلية. ومن اللازم عمل المعالجات التى تضمن تخفيض مستوى الضوضاء الصادر منها.

6. التوصيات

يقترح البحث من خلال ما سبق شرحه عدد من الإجراءات الفنية التى من اللازم إتباعها حتى يمكن الوصول إلى مستوى ضوضاء ملائم داخل الشقة السكنية ومن أهم تلك الإجراءات ما يلى:

-الحد من ضوضاء الأجهزة المنزلية: من خلال إستخدامها بإسلوب ملائم وتشغيلها على مستوى ملائم كالمكنسة مع أختيار أوقات ملائمة للعمل بها وخاصة مع الأجهزة ذات الترددات العالية والتى ينتج عنها إزعاج كبير. كما ينصح بغلق الفراغ أثناء العمل بالجهاز للحد من إنتقال الضوضاء للفراغات المختلفة.

- إستخدام مواد ماصة وعازلة لمعالجة الحوائط: مع التركيز على الفراغات التى يستعمل بها الأجهزة ذات الضوضاء العالية أو الأجهزة الموجودة بصفة دائمة كالتلفزيون. ومن اللازم إختيار المواد الملائمة تبعا للجهاز المراد منع الضوضاء الصادرة عنه كما شرح سابقا. ويقترح أيضا زيادة سمك الحوائط فى الفراغات التى ينتج عنها ضوضاء عالية كالمعيشة للحد من تأثيرها على الفراغات المجاورة. ومن الأمور الهامة أيضا إستخدام أنواع من الطوب لبناء الحوائط تكون ذات كثافة ملائمة لتحقيق عزل جيد ويمكن حساب الكتلة السطحية المطلوبة بسهولة كما ذكر سابقا.

- توظيف عناصر فرش الفراغ لمقاومة الضوضاء: كما ظهر من القياسات تساهم عناصر الفرش فى الحد بدرجة متوسطة من الإحساس بالضوضاء نتيجة عملها كمادة ماصة. ويقترح إستخدام ستائر من مواد كثيفة (ثقيلة) لرفع كفاءتها من ناحية إمتصاص الضوضاء مع محاولة زيادة مساحتها قدر الإمكان داخل الفراغ. ويقترح أيضا إستخدام السجاجيد ذات السمك الكبير لتعمل كمادة ماصة أيضا. ويعمل الفرش ذو الأسطح المرنة كمواد ماصة أيضا.

- معالجة الأبواب والفتحات: حيث يساعد إحكام غلق هذه الأبواب والنوافذ على الحد من إنتقال الضوضاء من الخارج أو من فراغ لأخر مما يساعد على الحد من تأثير الضوضاء بشكل قوى. كما يمكن إستخدام الأبواب المصنوعة من مواد صوتية والتى تحقق كفاءة أعلى فى منع الضوضاء فى الفراغات الأكثر ضوضاء كالمعيشة وللحصول على كفاءة أعلى فى الحد من الضوضاء.

المراجع

[1] القانون المصرى رقم 9 لسنة 2009 م في شأن البيئة، الفصل الأول التنمية والبيئة مادة 42و44 والباب الرابع: العقوبات 87، جمهورية مصر العربية
[2] م/ أحمد الخطيب ،2003 ، "الصوتيات المعمارية ، النظرية والتطبيق"، مكتبة الأنجلو المصرية، جمهورية مصر العربية.
[3] القانون المصرى رقم 4 لسنة 1994، في شأن البيئة، ولائحته التنفيذية، ملحق رقم (7)، جمهورية مصر العربية
[4] عبد العظيم، حاتم جلال، 1992، دراسة تحليلية عن أثر الضوضاء على تصميم وتخطيط المواقع السكنية في المدينة المصرية، رسالة الماجستير،جامعة أسيوط، جمهورية مصر العربية.
[5] J. Paul Guyer, 2009, An Introduction to Noise Control in Buildings, Unified Facilities Criteria, USA.
[6] "Model Ordinance Language for Addressing Traffic Noise", Feb 2009, PENNDOT, USA.
[7] Wakefield LTD., 2006, City of Vancouver Noise Control Manual, City of Vancouver, USA.
[8] Birgitta Berglund, Thomas Lindvall, Dietrich H Schwela, April 1999, GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE, World Health Organization, Geneva.
[9] Kinetics noise control,Inc., Dublin 2014, http://www.kineticsnoise.com, Accessed January 2014.
[10] ESIONX, USA http://esionx.com, Accessed January 2014
[11] SOUNDPROOF WINDOWS Inc, USA 1998-2014 http://www.soundproofwindows.com, Accessed January 2014
[12] http://www.flexshield.com.au, Accessed December 2013.
[13] http://www.illinoisbrick.com/default.aspx, Accessed December 2013.
[14] Sound service (Oxford) Ltd. 2003-2011. http://www.soundservice.co.uk/, Accessed December 2013
[15] http://www.nbcnews.com/technology/noise-canceling-window-sensor-helps-you-enjoy-silence-amid-cacaphony-8C11391267, Accessed November 2013.
[16] http://www.alibaba.com, Accessed January 2014.
[17] http://mysite.verizon.net/vze22yzp/index.html , Accessed March 2014.
[18] http://www.soundproof from www.soundservice.co.uk, Accessed March 2014

STUDY OF INTERNAL NOISE SOURCES IN RESIDENTIAL BUILDINGS AND REDUCTION METHODS

ABSTRACT

This paper focuses on the study of internal noise sources in residential buildings and their control measures without resorting to highly complex or expensive methods. Sound levels from most significant noise sources inside dwellings were measured at different frequencies. The effect of furniture elements such as curtains or carpets on noise levels was also measured.

The paper then concluded to several solutions to minimize the sound level of these sources and to contain their effect on residents taking in account the technical, economical and architectural capabilities of Egyptian cities.