تحقيق الراحة الحرارية مع ترشيد الطاقة إعتماداً على التصميم الجيد للغلاف الخارجي والمعالجات المناخية

دراسة على مباني الجامعات

إعداد

أيمن سمير محمود السيد

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة –جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم

في الهندسة المعمارية

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الجيزة – جمهورية مصر العربية

٢٠١٨

تحقيق الراحة الحرارية مع ترشيد الطاقة إعتماداً على التصميم الجيد للغلاف الخارجي والمعالجات المناخية

دراسة على مباني الجامعات

إعداد

أيمن سمير محمود السيد

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم

في الهندسة المعمارية

تحت إشراف

أ.د. هشام سامح حسين

أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة–جامعة القاهرة

د.م أحمد سيد يوسف

المدرس بقسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة بشبرا جامعة بنها

كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الجيزة –جمهورية مصر العربية

٢٠١٨

تحقيق الراحة الحرارية مع ترشيد الطاقة إعتماداً على التصميم الجيد للغلاف الخارجي والمعالجات المناخية

دراسة على مباني الجامعات

إعداد

أيمن سمير محمود السيد

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة –جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم

في الهندسة المعمارية

يُعتمد من لجنة الممتحنين:

الأستاذ الدكتور: **هشام سامح حسين** المشرف الرئيسي

أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية –كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور: **محمد رضا عبد الله** الممتحن الداخلي

أستاذ العمارة المساعد بقسم الهندسة المعمارية –كلية الهندسة – جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور: **شريف محمد صبري العطار** الممتحن الخارجي

أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية -كلية الهندسة - جامعة الفيوم

كليــة الهندســة -جامعــة القاهــرة

الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

٢٠١٨

مهندس: أيمن سمير محمود السيد

تاريخ الميلاد: ١٢ / ١٢ / ١٩٨٦

الجنسية: مصري

تاريخ التسجيل: ١ / ١٠ / ٢٠١٣

تاريخ المنح: / /٢٠١٨

القسم: الهندسة المعمارية

الدرجة: ماجستير العلوم

المشرفون:

أ.د. هشام سامح حسين أستاذ العمارة –كلية الهندسة – جامعة القاهرة.

د.م أحمد سيد يوسف المدرس بكلية الهندسة بشبرا جامعة بنها.

الممتحنون:

أ.د. هشام سامح حسين أستاذ العمارة –كلية الهندسة – جامعة القاهرة **(المشرف الرئيسي)**

أ.م.د محمد رضا عبد الله أستاذ العمارة المساعد –كلية الهندسة – جامعة القاهرة **(الممتحن الداخلي)**

أ.د. شريف محمد صبري العطار أستاذ العمارة –كلية الهندسة – جامعة الفيوم **(الممتحن الخارجي)**

عنوان الرسالة:

تحقيق الراحة الحرارية مع ترشيد الطاقة إعتماداً على التصميم الجيد للغلاف الخارجي والمعالجات المناخية

دراسة على مباني الجامعات

الكلمات الدالة:

الراحة الحرارية – ترشيد الطاقة – الغلاف الخارجي – المعالجات المناخية – مباني الجامعات

ملخص البحث:

يتناول البحث دراسة سبل تحقيق الراحة الحرارية مع ترشيد الطاقة داخل مباني الجامعات وذلك من خلال دراسة للغلاف الخارجي وتأثيره علي التهوية داخل مباني الجامعات وكيفية تحقيق الراحة الحرارية وعلاقتها بترشيد الطاقة مع دراسة تأثير المواد الحديثة في تشكيل واجهات مباني الجامعات، ثم دراسة الاشعاع الشمسي وتأثيره على الاكتساب الحراري داخل المبنى، ثم ننتقل الي دراسة تحليلية لنماذج جامعات قائمة بهدف تحليل التقنيات والمعالجات المستخدمة لتحسين البيئة الحرارية وترشيد الطاقة، ثم ننتقل الي دراسة تطبيقية على نموذج قائم لاحدي الكليات وحساب الاكتساب الحراري المؤثر علي المبنى بالطرق الحسابية مع عمل محاكاة للمبني.

إهداء

أحمد الله تعالي الذي وفقني ومكنني من إنهاء هذا العمل، وأتوجه بخالص الشكر والتقدير الي أفراد أسرتي:

وأخص الإهداء إلى أمي الغالية وأبى المخلص وأخواتي الذين شاركوني هذا الحلم حتى تحقق ولما تحملوه معي من مشقة وعناء ودعمهم لي ماديا ومعنويا.

أتقدم بإهداء هذا البحث لكل من دعمني وساندني من أجل إتمام هذا البحث.

إلى كل إنسان تعلمت منه شيئاً أو قرأت له سطراً أو نقلت عنه علماً.

إلى أساتذتي الأفاضل الذين ما بخلوا عليَّ بعلمٍ أو جهدٍ أو وقتٍ أو توجيه.

كما أتقدم بأهداء الي من تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعطاء، وبرفقتهم في دروب الحياة الحلوة والحزينة سرت، الي من كانوا معي على طريق الخير، الي من عرفت كيف أجدهم وعلموني ألا أضيعهم، الي اخوتي الذين لم تلدهم أمي الي أخي الاكبر ومعلمي **المهندس نزار فؤاد مكي والمهندس أحمد نبيل حسن والمهندس عمر محمد سيد والمهندس هيثم محمد بهجت** علي ما قدموه من تشجيع ومساندة ودعاء دائم لإتمام هذا البحث راجياً من الله عز وجل أن يبارك فيهم ويجعل ذلك في ميزان حسناتهم.

الي رفيقة دربي وصديقتي الى من ساندتني بكل ما أوتيت من قوة وكانت نعم العون لي الي زوجتي **المهندسة أمنية أحمد إسماعيل** بارك الله فيها واطال عمرها ووهبها الصحة والعافية.

الباحث

مهندس أيمن سمير محمود

شكر وتقدير

أحمد الله تعالي الذي وفقني ومكنني من إنهاء هذا العمل، وأتوجه بخالص الشكر والتقدير لكل من ساهم وكان عونا لي طوال فترة البحث وأتوجه بخالص الشكر والتقدير الي أساتذتي الكرام:

الأستاذ الدكتور / هشام سامح حسين سامح

أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

الدكتور / أحمد سيد يوسف

المدرس بقسم الهندسة المعمارية بكلية الهندسة بشبرا جامعة بنها.

على كل ما قدماه من عون ونصائح وتوجيهات كانت لها الفضل في إخراج هذا البحث في هذه الصورة، ومساعدتي في تخطى أي عثرات صادفت البحث، داعياً الله لهم بمزيد من التوفيق.

كما أتوجه بالشكر إلى أساتذتي الكرام الذين تشرفت بتقييمهم لهذا العمل:

الأستاذ الدكتور/ محمد رضا عبد الله

أستاذ العمارة المساعد بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة القاهرة.

الأستاذ الدكتور / شريف محمد صبري العطار

أستاذ العمارة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الفيوم.

على قبولهما الدعوة بالحضور لمناقشة هذا البحث داعياً الله ان يلقى قبولاً، فلهما مني كامل الاعتزاز والتقدير.

كما أتوجه بجزيل الشكر والتقدير الي أستاذي الذي ساندني كثيراً بعلمة ووقته

الأستاذ الدكتور / أحمد مدحت أحمد فهيم

أستاذ هندسة القوى الميكانيكية والطاقة بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

ولحضراتكم جزيل الشكر والتقدير وجزاكم الله خير الجزاء

الباحث

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
قائمة المحتويات	ج
قائمة الأشكال	ط
قائمة الجداول	س
المقدمة	ع
المشكلة البحثية	ف
أهداف البحث	ف
منهجية البحث	ص
هيكل البحث	ق
ملخص البحث	ر
الفصل الأول: مفاهيم وأسس تحقيق التهوية الطبيعية في مباني الجامعات	
مقدمة	٢
١-١ تعريف التهوية	٢
١-٢ طرق التهوية المختلفة للفراغ	٢
١-٢-١ تهوية طبيعية	٣
١-٢-٢ تهوية صناعية	٣
١-٢-٣ تهوية مشتركة بين الطبيعية والصناعية	٤
١-٣ معدلات التهوية الملائمة للفراغات الداخلية	٥
١-٤ وظائف التهوية داخل مباني الجامعات	٧
١-٥ العوامل المؤثرة على جودة التهوية الطبيعية على مستوى الغلاف الخارجي للمبني الجامعي	٨
١-٦ محددات البيئة الداخلية لمباني الجامعات	١٠
الخلاصة	١١
الفصل الثاني: ترشيد استهلاك الطاقة مع تحقيق الراحة الحرارية في مباني الجامعات	
مقدمة	١٣
٢-١ أهمية الطاقة	١٣
٢-٢ محاور ترشيد استهلاك الطاقة في مباني الجامعات	١٣
٢-٣ الراحة الحرارية	١٥

٢-٤ أساليب الفقد والاكتساب الحراري لجسم الانسان	١٧
٢-٥ محددات الراحة الحرارية داخل مباني الجامعات	١٧
٢-٦ العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية للمستخدمين داخل مباني الجامعات	١٨
٢-٦-١ عوامل متعلقة بالبيئة	١٨
٢-٦-٢ عوامل متعلقة بالمستخدمين	٢١
٢-٧ نظم التهوية البيئية السالبة المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية	٢٤
٢-٧-١ الافنية	٢٤
٢-٧-٢ ملاقف الهواء	٢٥
٢-٧-٣ المداخن الشمسية	٢٦
٢-٨ تحقيق الراحة الحرارية من خلال التصميم الجيد للإضاءة	٢٧
الخلاصة	٣١
الفصل الثالث: دور التقنيات الحديثة لمواد البناء في تكسيات واجهات مباني الجامعات	
مقدمة	٣٣
٣-١ العناصر المكونة لواجهات مباني الجامعات	٣٣
٣-٢ الاجزاء المصمتة بالواجهات	٣٤
٣-٣ مواد إنشاء الاجزاء المصمته من الواجهة	٣٥
٣-٣-١ الطوب الطفلى	٣٦
٣-٣-٢ الطوب الأسمنتي	٣٦
٣-٣-٣ الطوب الجيرى الرملى	٣٧
٣-٤ مواد التشطيب العناصر المصمته من الواجهات	٣٧
٣-٤-١ البياض الخارجي بأنواعه	٣٨
٣-٤-٢ الكسوات الخارجية بأنواعها	٣٩
٣-٥ المواد العازلة للحرارة في الغلاف الخارجي للمبنى	٤٥
٣-٦ الأجزاء الشفافة بالواجهات	٤٧
٣-٦-١ الانواع الحديثة للزجاج المستخدم في فتحات مباني الجامعات	٤٧
٣-٧ اللدائن المستخدمة في الواجهات	٥١
٣-٨ الخواص الحرارية لبعض المواد المستخدمة في أغلفة مباني الجامعات	٥٢
الخلاصة	٥٣
الفصل الرابع: الاشعاع الشمسي وتأثيره على الغلاف الخارجي لمباني الجامعات	

مقدمة	٥٦
٤-١ الغلاف الخارجي للمبنى	٥٦
٤-٢ وظائف الغلاف الخارجي	٥٧
٤-٣ مكونات الغلاف الخارجي للمبني	٥٨
٤-٤ استراتيجيات تصميم غلاف المبنى الخارجي المتوافق بيئياً	٦٠
٤-٤-١ الأسقف النهائية للمبنى	٦٠
٤-٤-٢ الحوائط الخارجية	٦٤
٤-٤-٣ الفتحات الخارجية للمبنى	٦٦
٤-٥ الإشعاع الشمسي وتأثيره على المباني	٧٠
٤-٦ طرق الانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبني	٧٣
٤-٦-١ التبادل الحراري عن طريق التوصيل	٧٤
٤-٦-٢ التبادل الحراري عن طريق الإشعاع	٧٤
٤-٦-٣ التبادل الحراري عن طريق الحمل	٧٥
٤-٦-٤ التبادل الحراري عن طريق التبخير	٧٥
٤-٦-٥ التبادل الحراري عن طريق التكثيف	٧٥
٤-٧ اساليب التحكم في الانتقال الحراري عبر غلاف المبنى الجامعي	٧٦
الخلاصة	٧٦
الفصل الخامس: دراسة تحليلية للتقنيات المستخدمة لتحسين جودة البيئة الحرارية وترشيد استهلاك الطاقة في مباني الجامعات	
مقدمة	٧٩
٥-١ منهجية الدراسة التحليلية	٧٩
٥-٢ أهداف الدراسة التحليلية	٨٠
٥-٣ منهج الدراسة التحليلية	٨٠
٥-٤ معايير اختيار عينة الدراسة	٨١
٥-٥ اختيار أدوات البحث	٨١
٥-٦ الجامعة الامريكية بالقاهرة -التجمع الخامس	٨٢
٥-٦-١ نبذة عن المشروع	٨٢
٥-٦-٢ تحليل المناخ	٨٣
٥-٦-٣ دراسة الغلاف الخارجي	٨٥

٥-٦-٤ دراسة الراحة الحرارية	٨٦
٥-٦-٥ دراسة ترشيد استهلاك الطاقة	٨٧
٥-٦-٦ دراسة نظم التهوية	٨٧
٥-٦-٧ دراسة نظم الإضاءة	٨٩
٥-٧ جامعة الملك عبد الله للعلوم والتكنولوجيا KAUST	٩٢
٥-٧-١ نبذة عن المشروع	٩٢
٥-٧-٢ أقسام الجامعة	٩٢
٥-٧-٣ تحليل المناخ	٩٢
٥-٧-٤ دراسة الغلاف الجوي	٩٣
٥-٧-٥ دراسة الراحة الحرارية	٩٣
٥-٧-٦ دراسة ترشيد استهلاك الطاقة	٩٤
٥-٧-٧ دراسة نظم التهوية	٩٥
٥-٧-٨ دراسة نظم الإضاءة	٩٧
الخلاصة	١٠٠
الفصل السادس: دراسة تطبيقية لتحسين كفاءة الاداء الحراري للغلاف الخارجي لإحدى مباني الجامعات	
مقدمة	١٠٢
٦-١دراسة تطبيقية لمبنى كلية الهندسة بالأكاديمية الحديثة للهندسة والتكنولوجيا	١٠٢
٦-١-١ تعريف النموذج التطبيقي	١٠٤
٦-١-٢ توصيف النموذج التطبيقي	١٠٤
٦-١-٣ تحليل المناخ	١٠٨
٦-١-٤ دراسة نظم التهوية	١١٠
٦-١-٥ دراسة نظم الاضاءة	١١١
٦-١-٦ تحليل عناصر الغلاف الخارجي للمبنى	١١٢
٦-١-٧ فرضيات الدراسة	١١٢
٦-١-٨ دراسة كثافة الإشعاع الشمسي على واجهات المبنى	١١٢
٦-٢ حساب الاكتساب الحراري عبر واجهات المبنى بالطريقة الحسابية	١١٣
٦-٣ حساب الاكتساب الحراري عن طريق التوصيل عبر العناصر المصمتة(حوائط-أسقف-ارضيات)	١١٥

٦-٣-١ حساب مساحة الجزء المعرض من كل واجهة من واجهات المبني (A)	١١٥
٦-٣-٢ حساب معامل الانتقال الحراري لحوائط المبنى (U)	١١٥
٦-٣-٣ حساب معامل الانتقال الحراري لسقف المبنى (U)	١١٦
٦-٣-٤ حساب معامل الانتقال الحراري لبلاطة الدور الأرضي (U)	١١٧
٦-٣-٥ حساب فرق درجات الحرارة ما بين وسطين (ΔT)	١١٧
٦-٣-٦ حساب معدل الانتقال الحراري بالتوصيل عبر الغلاف الخارجي للمبنى	١١٩
٦-٤ حساب الاكتساب الحراري للعناصر الشفافة من الواجهات	١٢٠
٦-٤-١ الاكتساب الحراري عن طريق التوصيل	١٢١
٦-٤-٢ الاكتساب الحراري عن طريق التسريب	١٢٢
٦-٤-٣ الاكتساب الحراري عن طريق الإشعاع	١٢٢
٦-٤-٣-١ الإشعاع الحراري من خلال النوافذ والابواب الشفافة	١٢٢
٦-٤-٣-٢ الإشعاع الحراري الصادر من مستعملي الفراغ	١٢٢
٦-٤-٣-٣ الإشعاع الحراري الصادر من الادوات والمولدات الكهربائية	١٢٣
٦-٤-٣-٤ الإشعاع الحراري الصادر من وحدات الإضاءة الداخلية	١٢٣
٦-٤-٣-٥ اجمالي الاكتساب الحراري داخل المبني بالطريقة الحسابية	١٢٣
٦-٥ المقترحات البيئية للمبني باستخدام برنامج المحاكاة Design Builder	١٢٤
٦-٥-١ التعريف ببرنامج Design builder	١٢٤
٦-٥-٢ الهدف العام من استخدام برنامج Design builder في التحليل	١٢٤
٦-٥-٣ حسابات تصميم التبريد	١٢٤
٦-٥-٤ مقترحات برنامج (Design builder) لتحسين اداء الطاقة داخل المبني	١٢٤
٦-٥-٤-١ الزجاج المستخدم للنوافذ	١٢٥
٦-٥-٤-٢ عناصر التظليل	١٢٥
٦-٥-٤-٣الاسقف الخضراء	١٢٥
٦-٦ خطوات عمل المحاكاة على برنامج Design builder	١٢٦
٦-٦-١ رصد الوضع الحالي للتبريد cooling	١٢٧
٦-٧ المقترح الأول: استخدام زجاج مزدوج منخفض الانبعاثيه	١٢٨
٦-٧-١ نتائج المقترح الأول	١٢٩
٦-٨ المقترح الثاني: تصميم كاسرات للشمس لتقليل الاكتساب الحراري	١٣٠

٦-٨-١ نتائج المقترح الثاني	١٣٠
٦-٩ المقترح الثالث: الاعتماد على زراعة سطح المبنى لتقليل الاكتساب الحراري	١٣١
٦-٩-١ نتائج المقترح الثالث	١٣١
٦-٩-٢ مقارنة بين الوضع القائم للمبني وبين المقترح الأول والثاني والثالث من حيث خفض معدلات الاكتساب الحراري وترشيد استهلاك الطاقة	١٣٢
٦-١٠ المقترح الرابع: يشتمل دمج المقترحات الثلاثة في مقترح واحد	١٣٢
٦-١٠-١ نتائج المقترح الرابع	١٣٣
٦-١٠-٢ مقارنة بين الوضع القائم للمبني والمقترح الرابع	١٣٣
نتائج الدراسة التطبيقية	١٣٤
الفصل السابع: النتائج والتوصيات	
النتائج	١٣٥
التوصيات	١٣٧
الدراسات المستقبلية	١٣٨
المراجع	١٤٠

قائمة الأشكال

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول: مفاهيم وأسس تحقيق التهوية الطبيعية في مباني الجامعات	
شكل ١-١: تأثير شكل سقف المبني على مسار حركة الرياح	٨
شكل ١-٢: تأثير استخدام الاسقف المزدوجة على تقليل الاكتساب الحراري للمبنى	٨
شكل ١-٣: تأثير الفتحات العلوية على حركة الهواء داخل الفراغ	٩
الفصل الثاني: ترشيد استهلاك الطاقة مع تحقيق الراحة الحرارية في مباني الجامعات	
شكل ٢-١: العوامل التي تؤثر بها البيئة على الانسان	١٦
شكل ٢-٢: طرق انتقال الحرارة بين الانسان والبيئة المحيطة	١٧
شكل ٢-٣: استخدام الافنية لتهوية الفراغات الداخلية	٢٤
شكل ٢-٤: استخدام أبراج الرياح لتهوية فراغات المبنى الداخلية	٢٥
شكل ٢-٥: أبراج طاردة للهواء الساخن	٢٦
الفصل الثالث: دور التقنيات الحديثة لمواد البناء في تكسيات واجهات مباني الجامعات	
شكل ٣-١: استخدام التشكيلات المعمارية والمعالجات مثل المشربيات وكاسرات الشمس في واجهة إحدى مباني الجامعة الامريكية	٣٣
شكل ٣-٢: قطاعات حوائط خارجية لأربعه فراغات لهم نفس التوجيه في مدينة القاهرة	٣٤
شكل ٣-٣: الطوب الطفلى المصمت والمفرغ بأشكالة المختلفة	٣٦
شكل ٣-٤: الطوب الأسمنتي المصمت والمفرغ	٣٧
شكل ٣-٥: الطوب الجيرى الرملى	٣٧
شكل ٣-٦: تصنيف مواد النهو الخارجي لمباني الجامعات	٣٨
شكل ٣-٧: أحدى أشكال الطوب الحرارى	٤٠
شكل ٣-٨: أحدى أشكال الحجر الهاشمى	٤٠
شكل ٣-٩: أحدى أشكال المايكا	٤١
شكل ٣-١٠: بعض أنواع الرخام المختلفة	٤١
شكل ٣-١١: بعض أنواع الجرانيت المختلفة	٤١
شكل ٣-١٢: واجهه من الحشوات المعدنية المركبة	٤٢
شكل ٣-١٣: حشوات الالومنيوم في الواجهات	٤٣
شكل ٣-١٤: الخرسانة سابقة الصب على شكل شرائح وجدران كاملة مفرغة	٤٤
شكل ٣-١٥: بعض التصميمات المختلفة لوحدات ال GRC	٤٥
شكل ٣-١٦: اللواح الاستيروبور	٤٥
شكل ٣-١٧: البولى ريثان الرغوى	٤٦
شكل ٣-١٨: الصوف الصخرى	٤٦
شكل ٣-١٩: الصوف الزجاجى	٤٦

شكل ٣-٢٠: اللباد العازل	٤٧
شكل ٣-٢١: الفلين النباتى	٤٧
شكل ٣-٢٢: سقوط الاشعاع الحرارى على الزجاج	٤٨
شكل ٣-٢٣: الزجاج المعالج حراريا	٤٩
شكل ٣-٢٤: الزجاج المنخفض الإنبعاثية	٤٩
شكل ٣-٢٥: الزجاج متعدد الانعكاس	٥٠
شكل ٣-٢٦: الزجاج الضوئى	٥٠
شكل ٣-٢٧: بعض الاشكال والالوان المختلفة للبولى كربونيت	٥١
شكل ٣-٢٨: أمكانية عمل أسقف منحنية من اللواح البولى كربونيت بسهوله	٥١
الفصل الرابع: الإشعاع الشمسي وتأثيره على الغلاف الخارجي لمباني الجامعات	
شكل ٤-١: قطاع توضيحي لعناصر الغلاف الخارجي للمبنى	٥٧
شكل ٤-٢: عناصر العوامل الخارجية المؤثرة على الغلاف الخارجي والبيئة الداخلية للمبنى	٥٨
شكل ٤-٣: العلاقة بين المناخ المحيط وتصميم الغلاف الخارجي للمبنى	٥٩
شكل ٤-٤: طرق الانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى	٥٩
شكل ٤-٥: معدل نفاذ الحرارة خلال مواد الانشاء بطيئة النفاذ الحراري أثناء النهار	٦١
شكل ٤-٦: طرق معالجة الاسقف مناخياً	٦٢
شكل ٤-٧: طرق معالجة الاسقف مناخياً	٦٣
شكل ٤-٨: استخدام الاسقف المنحنية والقباب لتقليل الاحمال الحرارية داخل الفراغ	٦٤
شكل ٤-٩: الطرق المختلفة للانتقال الحراري عبر الغلاف الخارجي للمبنى	٦٥
شكل ٤-١٠: الطرق المختلفة لمعالجة الحوائط الخارجية بهدف تقليل الاحمال الحرارية	٦٦
شكل ٤-١١: دور كاسرات الشمس في توفير الظلال على واجهة المبنى	٦٧
شكل ٤-١٢: بعض أشكال المشربيات	٦٩
شكل ٤-١٣: يوضح أنواع الاحمال الحرارية المارة عبر الغلاف الخارجي للمبنى	٧٠
شكل ٤-١٤: طرق انتقال الحرارة عبر الغلاف الخارجي للمبنى	٧٣
الفصل الخامس: دراسة تحليلية للتقنيات المستخدمة لتحسين جودة البيئة الحرارية وترشيد استهلاك الطاقة في مباني الجامعات	
شكل ٥-١: المنهجية المتبعة في الدراسة التحليلية	٧٩
شكل ٥-٢: منظور عام للجامعة الامريكية بالقاهرة الجديدة	٨٢
شكل ٥-٣: يوضح موقع الجامعة الامريكية بالتجمع الخامس	٨٢
شكل ٥-٤: المخطط العام للجامعة الامريكية بالتجمع الخامس	٨٣
شكل ٥-٥: لدرجات الحرارة على مدار العام ونسبة الرطوبة المكافئة	٨٣
شكل ٥-٦: نسبة الاشعاع الشمسي على الاسطح الخارجية على مدار العام	٨٤
شكل ٥-٧: عجلة الرياح	٨٤

شكل ٥-٨: استخدام الحجر الرملي والمشربيات وكاسرات الشمس في واجهات المباني	٨٥
شكل ٥-٩: استخدام انماط العمارة التراثية في واجهات المباني	٨٥
شكل ٥-١٠: استخدام الحجر الرملي في الغلاف الخارجي لمباني الجامعة مع استخدام المشربيات وكاسرات الشمس	٨٥
شكل ٥-١١: استخدام المشربيات وكاسرات الشمس والاحجار في الغلاف الخارجي للمبنى	٨٦
شكل ٥-١٢: استخدام المعالجات التراثية في تقليل الاكتساب الحراري وترشيد الطاقة داخل المباني	٨٧
شكل ٥-١٣: استخدام الافنية لتحقيق التهوية الطبيعية مع استخدام المشربيات الخشبية لتحقيق الظلال على النوافذ وتقليل الاكتساب الحراري داخل الفراغات	٨٧
شكل ٥-١٤: تحقيق التهوية من خلال الاعتماد على فرق الضغط بين مدخل ومخرج الهواء في الممرات الرئيسية	٨٨
شكل ٥-١٥: الاعتماد على الافنية وملاقف الهواء في تحقيق التهوية	٨٩
شكل ٥-١٦: بعض الطرق لتحقيق الإضاءة الطبيعية داخل المبنى بهدف توفير الطاقة وتحسين البيئة الداخلية	٨٩
شكل ٥-١٧: بعض الاشكال المختلفة لوحدات الإضاءة المستخدمة داخل مباني الجامعة	٩٠
شكل ٥-١٨: منظور عام لمشروع جامعة الملك عبد الله	٩٢
شكل ٥-١٩: تصميم البرج الشمسي من الداخل لتحقيق الراحة الحرارية وسحب الحرارة من داخل الفراغات	٩٣
شكل ٥-٢٠: استخدام الخلايا الشمسية فوق أسقف المباني لترشيد استهلاك الطاقة	٩٤
شكل ٥-٢١: استخدام الأبراج الشمسية لسحب الهواء الساخن بطرق سلبية وتقليل الطاقة المستخدمة في عملية سحب الهواء وتبريد المبنى	٩٥
شكل ٥-٢٢: نظام التهوية السالبة باستخدام الأبراج الشمسية وفناء التبريد السالب	٩٦
شكل ٥-٢٣: الفلاتر "المرشحات" المستخدمة في التحكم في شدة الإضاءة الطبيعية	٩٧
الفصل السادس: دراسة تطبيقية لتحسين كفاءة الاداء البيئي للغلاف الخارجي لإحدى مباني الجامعات	
شكل ٦-١: محاور دراسة الاحمال الحرارية المؤثرة على المبني	١٠٣
شكل ٦-٢: الواجهة الرئيسية للمبني	١٠٤
شكل ٦-٣: الموقع العام لكلية الهندسة مبنى عمارة بالأكاديمية الحديثة للهندسة والتكنولوجيا	١٠٤
شكل ٦-٤: مسقط افقي للدور الأرضي	١٠٥
شكل ٦-٥: مسقط أفقي للدور الاول	١٠٥
شكل ٦-٦: مسقط أفقي للدور الثاني	١٠٦
شكل ٦-٧: مسقط أفقي للدور الثالث	١٠٦
شكل ٦-٨: مسقط أفقي لدور البدروم	١٠٧
شكل ٦-٩: مسقط أفقي لدور السطح	١٠٧