Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol.18, No. 68, July 2023, 670 - 681

FIRE PROTECTION AT DABAA NUCLEAR POWER PLANT ACCORDING TO REQUIREMENTS OF INTERNATIONAL AND LOCAL CODES

Sahar M. Housseiny*

Reinforced Concrete Structures Institute, Housing and Building National Research Center, Egypt.

***Correspondence:** sosm25@hotmail.com

Citation:

S. M. Housseiny, "Fire Protection at Dabaa Nuclear Power Plant According to Requirements of International and Local Codes", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, vol. 18, pp. 670 - 681, 2023.

Received: 20 Decamber 2022

Accepted: 7 April 2023

Copyright © 2023 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-SA 4.0)

ABSTRACT

Nuclear energy is one of the most promising energy sources in the Arab world. Since the fifties of the last century, the Arab Republic of Egypt was one of the first Arab countries to build the first atomic research reactor in the city of Anshas, and international agreements followed through for many years until 2022, when a building permit was issued for the first nuclear reactor to generate electric power in the city of El-Dabaa near the coast of the Mediterranean Sea, after being sure that the site is ready to start construction and that no risks will affect humans, the environment or property in accordance with the standards of the International Atomic Energy Agency. Among the potential risks, which constitute a very serious threat to the safety of nuclear facilities, is the outbreak of fires.

There are many international standards concerned with the protection of facilities from fires. Such as the guidelines of the International Energy Agency and some American and British specifications, as well as the Egyptian code for the foundations of design and implementation requirements to protect buildings from fire.

This research paper examines the appropriateness of applying this code when constructing El Dabaa nuclear plant.

KEYWORDS: Nuclear Power Plants 3rd Generation, Nuclear safety, El-Dabaa Nuclear Plant, Fire Safety.

الحماية من الحرائق في محطة الضبعة النووية وفقاً لمتطلبات الكودات العالمية والمحلية

سحر موسي حسيني*

معهد بحوث المنشآت الخرسانية ، المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، جمهورية مصر العربية

***البريد الاليكتروني للباحث الرئيسي:** sosm25@hotmail.com

الملخص

تعد الطاقة النووية من مصادر الطاقة الواعدة في الوطن العربي. منذ خمسينيات القرن الماضي ، كانت جمهورية مصر العربية من اوائل الدول العربية التي قامت ببناء المفاعل الذري الاول للابحاث في مدينة انشاص وتوالت الاتفاقيات الدولية عبر سنوات طويلة ، حتي العام 2022 حيث تم اصدار تصريح بناء لأول مفاعل نووي لتوليد الطاقة الكهربائية بمدينة الضبعة بالقرب من ساحل البحر الابيض المتوسط وبعد التاكد من جاهزية الموقع لبدء البناء وأنه لن تؤثر أي مخاطر على البشر أو البيئة أو الممتلكات ووفقا لمعايير الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

ومن المخاطر المحتملة والتي تشكل تهديدا بالغ الخطورة علي سلامة المنشات النووية هي اندلاع الحرائق.

وتعددت المواصفات الدولية التي تهتم بحماية المنشات من الحرائق . مثل الدلائل الاسترشادية للوكالة الدولية للطاقة الذرية وبعض المواصفات الامريكية والبريطانية والكودات العربية ومنها الكود المصري لاسس التصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشات من الحريق .وتبحث هذه الورقة البحثية مدي ملائمة تطبيق هذا الكود عند انشاء محطة الضبعة النووية.

الكلمات المفتاحية : مفاعلات الجيل الثالث ، محطة الضبعة ، الاستدامة ، الحماية من الحرئق.

1. المقدمة

يتزايد الاستخدام السلمي للطاقة النووية فى شتى مناحى الحياة، لتشمل المجالات الصناعية والطبية والزراعية وغيرها. ويعتبر توليد الكهرباء من الطاقة النووية أحد أهم هذه الاستخدامات من خلال توليد طاقة نظيفة ومنافسة اقتصاديا. كما أنها تقنية مستدامة تضمن حق الأجيال القادمة من الموارد الأحفورية نتيجة توافر وقودها لعقود طويلة، وتساهم محطات الطاقة النووية بنسبة عالمية تبلغ 10% فى مزيج الكهرباء، من خلال اكثر من 438 مفاعلا نوويا قيد التشغيل فى اكتر من 30 دولة حول العالم، وحاليا يوجد ما يقرب من 71 مفاعلا نوويا تحت الانشاء.

فالمفاعلات النووية هي عبارة عن محطة قوى تستخدم لتوليد تفاعل نووي متسلسل مُسْتَدَام ، ويتم التحكم في معدل سير هذا التفاعل النووي بحيث يمكن السيطرة عليه والاستفادة من الطاقة الناتجة عنه لفترة طويلة .

وتختلف انواع المفاعلات النووية حسب الغرض من انشائها، فالأنواع صغيرة الحجم تستخدم في البحوث العلمية ، اما الانواع كبيرة الحجم فتستخدم في توليد الكهرباء ويطلق عليها محطات توليد الطاقة، فهي تحول الطاقة التي يطلقها الانشطار النووي الخاضع للتحكم إلى طاقة حرارية؛ تلك الحرارة تسخن الماء الذي يتحول جزء منه إلى بخار تحت ضغط عال يُدير توربينات بخارية تنتج الكهرباء [1]. هذا وتنقسم المفاعلات النووية الكبيرة إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي مفاعل الماء الخفيف المضغوط ومفاعل الماء الثقيل المضغوط ومفاعل الماء المغلي الخفيف

وقد مرت تكنولوجيا مفاعلات القوى النووية منذ نشأتها بعدة تطورات بدءا من الجيل الأول وصولا لما يسمى بالجيل الثالث المتقدم ، وتتسم تصميمات الجيل الثالث المتقدم (VVER1200) باعتماد تقنيات حديثة للتشغيل الآمن في جميع مراحل دورة حياة محطة الطاقة النووية بما في ذلك إيقاف التشغيل ومعالجة النفايات مما انعكس ايجابا على معاملات الأمان والتكاليف لهذه المفاعلات [2]. ويشير الرمز VVER1200 إلى مفاعل القدرة المائي-المائي، ويعني ذلك أن للماء وظيفة مزدوجة كمهدئ للنيوترونات ومُبرّد للمفاعل ، وتبلغ الطاقة الكلية للمفاعل الواحد 1200 ميجاوات.

2. الامان النووي

يراعي عند تصميم المحطات النووية الجمع بين خمسة مستويات أمان مستقلة ومتتالية ;الهدف منها حماية الافراد والبيئة من الاثار الضارة في حال اخفاق احد هذه المستويات في مهمتها، فإذا أخفق أحد مستويات الحماية أو الحواجز يكون المستوى أو الحاجز التالي قيد التشغيل. ويسمى هذا المفهوم في التصميم بـ"الدفاع في العمق".تُوجه المستويات الأربعة الأولى نحو انشاء الحواجز المادية القوية المتتابعة لمنع اطلاق الإنبعاثات الإشعاعية ؛ أما المستوى الأخير يتعلق بتدابير الطوارئ خارج الموقع لحماية الجمهور في حالة اطلاق الإنبعاثات الإشعاعية. ويعتبر منع وقوع الحادثة هو الهدف الرئيسي والأسمى لجميع المعنيين بالطاقة النووية، وتقع مسئولية تحقيق الأمان النووي على عاتق الجهة القائمة علي تشغيل المفاعل النووي [3]. ويوضح الجدول (1) مستويات الدفاع في العمق والهدف منها.

جدول (1) مستويات الدفاع في العمق [4]

مستويات الدفاع في العمق	المستوي الاول	المستوي الثاني	المستوي الثالث	المستوي الرابع	المستوي الخامس
الهدف الأساسي	التخفيف من الآثار الإشعاعية للإطلاقات الكبيرة للمواد المشعة بالاستجابة للطوارئ خارج الموقع	التخفيف من عواقب الحوادث الشديدة بالإجراءات التكميلية وإدارة الحوادث	السيطرة على الحوادث ضمن اساسيات التصميم لضمان السلامة الهندسية وخطط الاستعداد للحوادث	التحكم في العمليات غير الطبيعية واكتشاف الأعطال بأنظمة التحكم والحماية و المراقبة	منع التشغيل غير الطبيعي والفشل بالتصميم الجيد والجودة العالية في البناء والتشغيل

3. تاريخ المحطات النووية في جمهورية مصر العربية

ظهرت فكرة انشاء برنامج للطاقة النووية في عام 1954، الا ان أول مفاعل نووي للأبحاث تم انشاؤه في عام 1958 بمدينة انشاص وقد حمل اسم مفاعل البحث والتدريب التجريبي الاول والذي تم الحصول عليه من الاتحاد السوفيتي ، وقد بدا العمل فعليا في هذا المفاعل في عام 1961. وقد توقف المشروع النووي لسنوات طويلة بسبب الصراعات والحروب في منطقة الشرق الاوسط . بحلول عام 1974 ، تم اقتراح تنفيذ مشروع محطة نووية لتوليد الكهرباء بسيدي كرير وتم طرحه علي الشركات الامريكية لكن توقف المشروع باكمله في عام 1979 اثر كارثة المفاعل النووي الامريكي في مدينة ثري مايل ايلاند. بعد حوالي عام من هذا الحادث تم اختيار موقع الضبعة علي ساحل البحر الابيض المتوسط في مدينة مطروح لانشاء محطة الضبعة النووية.

وتم طرح مناقصة عالمية في عام 1982 لانشاء المحطة وفاز الاتحاد السوفيتي بانشاء المشروع. ومرة اخري يتوقف المشروع النووي بعد حادثة تشرنيوبيل في الاتحاد السوفيتي عام 1986. وفي عام 1998 تم تركيب وتشغيل المفاعل البحثي التجريبى المصرى الثانى بأنشاص [1].

في عام 2015 تم توقيع اتفاقية حكومية دولية بين مصر وروسيا بشأن التعاون في مجال بناء وتشغيل وتزويد الوقود وتخزين الوقود المستهلك لأول محطة للطاقة النووية في مصر باستخدام التكنولوجيا الروسية. تم إصدار إذن قبول اختيار موقع الضبعة من هيئة الرقابة النووية والإشعاعية المصرية في عام 2019 وسيشمل المصنع أربعة مفاعلات من الجيل الثالث المتقدم بسعة إجمالية تبلغ 4800 ميجاوات كهربائية [5].

وقد تسببت الجائحة الدولية كوفيد-19 والتي استمرت لاكثر من ثلاثة اعوام في توقف المشروع مؤقتا ، وفي يونيو 2022 تم اصدار تصريح بناء أول مفاعل في محطة الضبعة للطاقة النووية بعد التاكد من جاهزية الموقع لبدء البناء وأنه لن تؤثر أي مخاطر على البشر أو البيئة أو الممتلكات. ويجري العمل الان على تشييد المباني الإدارية والمنطقة السكنية للموظفين وكذلك الأعمال التحضيرية في موقع محطة الطاقة النووية كما هو موضح بالشكل (1) و(2). ومن المتوقع الانتهاء من المحطة في غضون 12 عاما بحلول عام 2030 [6].

تأخذ أنظمة الأمان المبنية داخل مفاعلات الجيل الثالث المتقدم في الاعتبار العوامل الخارجية والظواهر الطبيعية الأخرى ، مثل الزلازل بقوة 9 ريختر والفيضانات ورياح العواصف والأعاصير وتساقط الثلوج والأعاصير ودرجات الحرارة المنخفضة والعالية ، بالإضافة إلى الأحداث التي يسببها الإنسان مثل تحطم طائرة تزن اربعة اطنان، والفيضانات الناجمة عن انكسارات أنابيب المياه ، مما يضمن في النهاية تشغيلًا مستقرًا أثناء الأزمات.

لا تثبت المفاعلات من الجيل الثالث المتقدم أنها أكثر أمانًا في حالة وقوع حادث فحسب ، بل هي أيضًا أكثر كفاءة في التكلفة والطاقة لأنها أصغر حجمًا ، ومصممة لإطالة عمر خدمة المفاعل ، وتقليل استهلاك المعادن [7]، فالعمرالتشغيلي المتوقع 60 عاماً يقضي منها فترة ست سنوات متقطعة لأغراض الصيانة وإعادة التزود بالوقود (معامل الكفاءة التشغيلية ويقدر بحوالي90% [8]. وهذا النوع من المفاعلات سيتم انشاؤه في محطة الضبعة المصرية.

الشكل (1) موقع محطة الضبعة ومكوناتها [1]

الشكل (2) يوضح تجهيزات الموقع وبعض المباني الإدارية في موقع محطة الضبعة [1]

4. نظام السلامة في مفاعلات محطة الضبعة النووية

أهداف الرئيسية الثلاثة لأنظمة السلامة النووية على النحو المحدد من قبل اللجنة التنظيمية النووية وهي علي الترتيب : إغلاق المفاعل ثم الحفاظ عليه في حالة إيقاف التشغيل مع منع انتشار المواد المشعة أثناء الحوادث. ويتم تحقيق هذه الأهداف باستخدام مجموعة متنوعة من المعدات والتي يؤدي كل منها وظائف محددة وهي كالاتي :

1.4 مصيدة الذوبان

حماية مصيدة الذوبان للمفاعلات هو نظام حماية لإغلاق المفاعلات في حالة الانبعاث الإشعاعي. وهي عبارة عن هيكل على شكل مخروطي مركب في قاع حفرة المفاعل مليء بمواد خاصة في حالة الطوارئ ، سوف تختلط هذه المواد بالوقود المنصهر من المنطقة النشطة لضمان توزيعها بشكل متساوٍ في جسم المصيدة. يمكن للجهاز الاحتفاظ بالذوبان لفترة غير محدودة ، دون السماح للمواد المشعة بالتسرب إلى البيئة [8]. ويوضح الشكل (3) هيكل مصيدة الذوبان.

الشكل (3) يوضح هيكل مصيدة الذوبان [8]

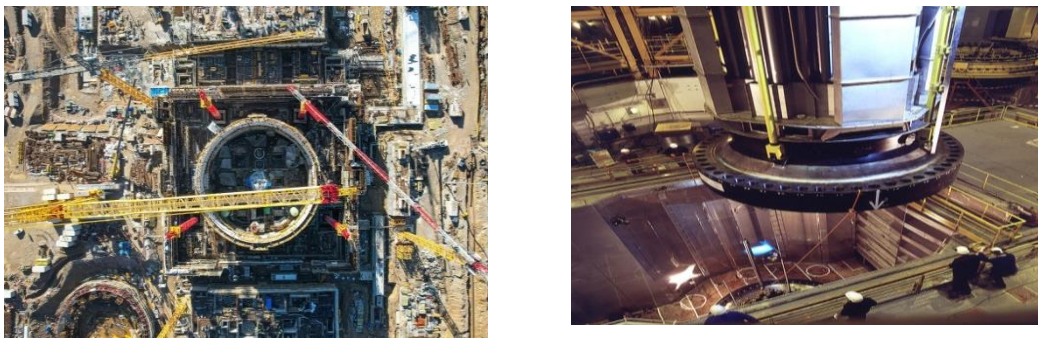
2.4 محركات الديزل

اذا تعرض المفاعل لحادثة من نوع الفقدان المفاجئ للقدرة الكهربائية القادمة من خارج المفاعل فإن بإمكان التوربينات الإستمرار بتوليد قدرة كهربائية تكفي لمدة مقدارها 30 ثانية بحيث يمكن إجراء إيقاف كامل للمفاعل. تبدأ محركات الديزل بالعمل مباشرة بطاقتها القصوى بعد هذه الثواني الثلاثين لتغذي مضخات التبريد بالقدرة اللازمة لإستمرار دوران الماء في قلب المفاعل وإزالة الحرارة المتولدة حتى بعد إيقاف التفاعل المتسلسل (حرارة الإشعاع) [9].

3.4 منطقة الاحتواء

مبنى الاحتواء عبارة عن هيكل من الصلب المقوى أو الرصاص يحيط بالمفاعل النووي. ويتم تصميمه لاحتواء تسرب البخار المشع او الغاز في حالات الطوارئ إلى أقصى ضغط في حدود 275 إلى 550 كيلو باسكال (40 إلى 80 رطل / بوصة مربعة). كما هو موضح بالشكل (4).

اما القشرة الخارجية للاحتواء فهي مصنوعة من الخرسانة المسلحة. نظرًا لأن الخرسانة لها قوة ضغط جيدة جدًا مقارنة بالشد، نظرًا لأن الجزء العلوي الثقيل للغاية من الاحتواء يمارس قوة ضغط كبيرة تمنع بعض إجهاد الشد إذا ارتفع ضغط الاحتواء فجأة. وهو عبارة عن مبني اسطواني طويل اومقبب. كما انها تم تصميمها علي مقاومة تحطم طائرة او الزلازل الشديدة [10].



الشكل (4) منطقة الاحتواء [10]

4.4 الاستدامة في محطات الطاقة النووية

الطاقة النووية لها دورًا مهمًا في تحقيق أهداف التنمية المستدامة لمنظمة الأمم المتحدة والتي تكفل تحسين نوعية الحياة للافراد والحصول على التعليم وخلق وظائف جديدة مرتبطة بتلك الصناعة المهمة مما يؤذر ايجابيا علي النمو الاقتصادي والتنمية

الصناعية والابتكار. كذلك الحفاظ علي البيئة بخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وبالتالي الحد من التغيرات المناخية و تقليل تلوث موارد المياه والتربة وتوفير الغذاء والمياه النظيفة للسكان. العمل علي إعادة تدوير جميع أنظمة الإمداد بالمياه الخاصة بمحطات الطاقة النووية حيثما أمكن باستخدام مياه الصرف بعد المعالجة .كذلك في حالة استخدام أنظمة التبريد المباشر حيث يتم إرجاع جميع المياه المأخوذة إلى مصدرها ،تم تصميم جميع مرافق سحب وتصريف المياه بطريقة لا تؤثر سلباً على البيئة. مع الاخذ في الاعتبار عدم البناء في المناطق الطبيعية المحمية حتي لا يحدث تأثير على التنوع البيولوجي [11].

5.4 السلامة المهنية

تم تصميم اتصي حد التعرض للاشعاع أثناء تشغيل المحطة الي أقل من 0.02٪ من الجرعة التي تنتجها مصادر الاشعاع الطبيعية. وعلي ذلك فان جرعة الحمل الاشعاعي على مكونات الأرض والأنظمة المائية تعتبر أقل من المستوى الآمن بحوالي خمس درجات فأكثر[12].

5. متطلبات الوكالة الدولية للطاقة الذرية للحماية من الحريق

1.5 المتطلب رقم 23 : تقييم الاخطار الطبيعية الاخري

يجب تقييم الظواهر الطبيعية المحيطة بموقع المحطة النووية مثل اخطار حرائق الغابات والجليد والجفاف والتي قد تؤثر علي سلامة الموقع [13].

2.5 المتطلب رقم 24 : الاخطار الناتجة من العنصر البشري

تشمل المخاطر الناتجة عن العنصر البشري حوادث النقل الجوي او البحري او النهري بالقرب من موقع المحطة النووية (حوادث الاصطدام و الانفجار). وكذلك الحرائق والانفجارات من المواقع الصناعية القريبة من موقع المحطة.وكذلك خطر التشويش الكهرومغناطيسي علي انظمة المحطة الالية.

كما يؤخذ في الاعتبار الانشطة التعدينية واستخراج المواد المختلفة التي قد تؤثر علي معالم الارض و زيادة النشاط الزلزالي للمنطقة المحيطة بالموقع. كما اشتمل هذا المتطلب علي ضرورة تقييم احتمالية وقوع حوادث تحطُّم الطائرات واصطدامها بالمفاعل ، وكذلك حركة المرور المستقبلية وتاثيرها علي الموقع العام للمحطة.

اما بالنسبة للاخطار الكيميائية فيتم تقييم حالة الموقع في حال تداول المواد الكيميائية الخطرة ونقلها وتخزينها واحتمالية تكوين سحب غازية او انفجارات بسببها. ويراعي الخطر الناتج عنها من زيادة درجة الحرارة والضغط والسمية علي العاملين في الموقع وزيادة اثر هذه المخاطر في حالة قرب المسافة وتقلب الظروف الجوية بالموقع [13].

3.5 المتطلب رقم 74: أنظمة الحماية من الحرائق

تضمن هذا المتطلب ضرورة توفيرأنظمة الكشف عن الحرائق والحرائق وأنظمة الإطفاء وحواجز احتواء الحريق وأنظمة التحكم في الدخان ، في جميع أنحاء محطة الطاقة النووية ، مع مراعاة نتائج تحليل مخاطر الحريق. وان تكون هذه الانظمة فعالة بشكل كاف للتعامل مع الحرائق بكافة انواعها وشدتها وبالاخص عند بداية الحريق.

مع استخدام خاصية التشغيل الالي لهذه الانظمة في الاماكن المناسبة كلما امكن. مع استخدام مواد غير قابلة للاحتراق أو مقاومة للحريق ومقاومة للحرارة في جميع أنحاء المحطة النووية ، وخاصة منطقة الاحتواء وغرفة التحكم [14].

6. الدلائل الاسترشادية للوكالة الدولية للطاقة الذرية

1.6 الحرائق الداخلية

تناول دليل أمان للحماية من المخاطر الداخلية في تصميم محطات الطاقة النووية رقم SSG-64 والصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية ، ومنها ضرورة وضع تدابيرالتصميم الحماية من الحرائق ومنع انتشارها ، حيث تحتوي محطات الطاقة النووية علي المواد القابلة للاحتراق كجزء من المبني أو المعدات أو السوائل أو الكابلات أو العناصر المتنوعة في المخازن [15]. ويتضمن الدليل النقاط التالية :

- **تحليل مخاطر الحريق**

- يجب إجراء تحليل مخاطر الحريق في المراحل الاولي من تصميم موقع المحطة لإثبات الملاءمة العامة لتدابير الحماية من الحرائق المختلفة.
- يجب أن يحدد التحليل تصنيف مقاومة الحريق اللازم لحواجز الحريق والاجهزة اللازمة للكشف عن الحرائق وإطفاءها .

- يتم اجاء هذ التحليل من قبل مهندسي أنظمة الحماية من الحرائق والمفاعلات النووية المؤهلين.
- يجب أن يبدأ تصميم تدابير الوقاية من الحرائق في المراحل الأولى من عملية التصميم. كل هذه التدابير يجب أن تنفذ بالكامل قبل وصول الوقود النووي إلى الموقع وتحديثها باستمرار مع تشغيل المحطة.
- يتكون نظام الحماية من الحرائق لمحطة الطاقة النووية من نظام الكشف عن الحرائق ونظام إطفاء الحريق. يستخدم نظام الكشف عن الحرائق لتحقيق الكشف والإنذار المبكر والإنذار عن الحريق من خلال الكشف المبكر عن خصائصه من اللهب بواسطة كاشف الحريق. يقوم نظام إطفاء الحرائق بالاستجابة لعزل أو إطفاء الحريق حسب الإشارة المرسلة من جهاز كشف الحريق وذلك لحماية المعدات والمرافق [15].

2.6 كيفية التعامل مع الحرائق

ان افضل الطرق للتعامل مع الحرائق هي منع وقوع الحريق ، ويجب اتخاذ التدابير التالية في التصميم لتقليل احتمال اندلاع الحرائق الداخلية ذلك كالاتي:

- **منع الحريق**

- إزالة وتقليل وفصل أحمال الحريق الثابتة والعابرة ، بقدر المستطاع.
- القضاء على مصادر الاشتعال المحتملة إلى الحد الممكن عمليا والرقابة الصارمة عليها.
- فصل مصادر الاشتعال عن مصادر الوقود [15].

- **تقليل أحمال الحريق**

- يجب ألا تتجاوز كمية واستخدام البلاستيك النطاق والحدود المحددة لكل حجرة حريق. وبخاصة في مناطق الأدوات الكهربائية والإلكترونية عالية القيمة ومنشآت التحكم (مثل غرفة الكمبيوتر وغرفة التحكم).
- يجب أن تكون أغطية الأرضيات غير قابلة للاحتراق. إذا لم يكن ذلك ممكنًا ، فيجب ألا تكون مادة تغطية الأرضية قابلة للاشتعال بسهولة ، مع خصائص انتشار اللهب المنخفض. يجب اختبار غطاء الأرضية من حيث قابلية السطح للاشتعال والموافقة عليه وفقًا لمعيار وطني أو دولي.
- يجب أن تكون الأرضيات المرتفعة والأسقف المعلقة وتركيبها الحامل من مواد غير قابلة للاحتراق. يجب أن تكون أحمال الحريق منخفضة قدر الإمكان ، سواء في الأرضيات المرتفعة أو فوق الأسقف المعلقة.
- يجب أن تكون جميع مواد العزل والتغطية في المباني غير قابلة للاحتراق.
- يجب أن تكون الفواصل والتركيبات والأثاث وما إلى ذلك غير قابلة للاحتراق بقدر المستطاع.
- يجب أن تكون مجاري التسخين والتهوية وأنابيب الصرف مصنوعة من مواد غير قابلة للاحتراق.
- تتطلب تركيبات الكابلات تخطيطًا تفصيليًا للحماية من الحرائق مسبقًا قبل التركيب الفعلي.
- يجب تقليل حمل الحريق من طلاءات الجدران والسقوف والأرضيات إلى أدنى حد ممكن عمليًا.
- يجب تقليل حمل الحريق في المباني التي تحتوي على وقود نووي ونفايات نووية إلى أدنى حد ممكن عمليًا.
- يجب أن تكون مواد العزل الحراري ومواد الحماية من الإشعاع ومواد مجاري التهوية والمواد العازلة للصوت غير قابلة للاحتراق أو معتمدة وفقًا للمعايير الوطنية أو الدولية [16].

- **احمال الحريق الثانوية**

- يجب التخفيف من الآثار الثانوية للحريق (المباشرة وغير المباشرة) وهي إنتاج الدخان (مع ما يترتب على ذلك من إمكانية انتشاره إلى مناطق أخرى لا تتأثر بمصدر الحريق) ؛ كذلك الحرارة الإشعاعية و اللهب الذي قد يؤدي إلى انتشار الحريق ، وتلف المعدات ، والفشل الوظيفي والانفجارات المحتملة ؛ وإنتاج منتجات ثانوية للحرائق ؛ فضلا عن تراكم الضغط و انخفاض مستويات الأكسجين.
- أيضًا يجب مراعاة التأثيرات الناتجة عن إطفاء الحريق.
- التخفيف من اثار الحريق الثانوية بحصر اللهب والحرارة والدخان في مساحة محدودة داخل المحطة لمنع تلف بقية العناصر مع توفير طرق الهروب وطرق الوصول الآمنة للعاملين [15].

- **حواجز مقاومة الحريق**

- الغرض الاساسي من حواجز الحريق هي تحمل واحتواء اي حريق متوقع دون السماح للحريق بالانتشار خارجها ، أو التسبب في ضرر مباشر أو غير مباشر للمواد أو العناصر الموجودة في الجانب الاخر غير المعرض للحريق. وتشمل حواجز الحريق الجدران أو الأرضية أو الأسقف أو أجهزة إغلاق الممرات مثل الأبواب والفتحات وأنظمة التهوية وما

إلى ذلك ، ويجب أن تفي بمتطلبات السلامة والعزل وأن يتم اعتمادها وفقًا لمعيار وطني أو دولي. يجب مراعاة النقاط التالية عند التصميم:

- المقاومة الميكانيكية
- القدرة على تحمل اللهب والغازات الساخنة والغازات القابلة للاشتعال
- العزل الحراري بحيث تكون درجات الحرارة (في الجانب غير المعرض للحريق) أقل من قيمة محددة مسبقا (كمثال 140 درجة مئوية في الوسط ولا تزيدعن 180 درجة مئوية في اي نقطة اخري) خلال فترة زمنية محددة الدولية [15].

– **خلية الحريق**

هي قسم فرعي من حجرة الحريق حيث يتم توفير فصل الحريق بين العناصر الهامة من خلال وسائل الحماية من الحريق (مثل الحد من المواد القابلة للاحتراق ، والفصل المكاني ، وأنظمة إطفاء الحريق الثابتة ، والطلاء المقاومة للحريق أو غيرها من الوسائل) بحيث يكون الضرر الناتج عن أنظمة منفصلة أخرى غير متوقع الدولية [15].

– **حجرات مقاومة الحريق**

حجرة الحريق هي عبارة عن مبنى أو جزء من مبنى محاط بالكامل بحواجز مقاومة للحريق: جميع الحوائط والأرضية والسقف. علي أن تكون مقاومة الحواجز للحريق مرتفعة بما يكفي لعدم حدوث اختراق للحواجز في حال الاحتراق الكامل له.

ويراعي عند تصميم و تشييد المباني في المحطات النووية ان يكون لكل مبنى من المباني التالية حجرة حريق مستقلة:

مبنى المفاعل ومبني التوربينات ومبنى المعدات الكهربائية ومباني الأنظمة المساعدة ومباني النفايات المشعة.

كذلك يجب أن تشكل الغرف التالية حجرات فردية للحريق محاطة بحواجز مقاومة للحريق:

- غرفة التحكم الرئيسة وملحقاتها ، و غرف الحاسب الآلي.
- غرف المفاتيح الكهربائية و غرف توزيع الكابلات والأقبية.
- منشآت إمدادات الطاقة المساعدة وغرفة البطارية (تركيب إمدادات الطاقة في حالات الطوارئ) ،
- الغلايات وغرف مضخات المياه.

واخيرا يجب فصل المباني مثل المخازن والورش والمضخات وسحب المياه والإدارة والمقاصف عن مناطق الإنتاج [15].

– **مثبط الحريق**

هو جهاز مصمم للتشغيل التلقائي لمنع مرور الحريق عبر مجرى الهواء في ظل ظروف معينة. ويجب ان يكون من مادة مقاومة الحريق [16].

– **انابيب (قنوات) التهوية**

- يجب تصميم قنوات التهوية وبناؤها لتحمل درجات الحرارة والضغوط المتوقعة
- يجب حماية المرشحات في أنظمة التهوية من الدخان والحرارة والغازات المسببة للتآكل.
- يجب منع انتقال الدخان إلى الأجزاء غير المتضررة من المحطة بواسطة مثبطات الحريق .
- يجب منع الدخان والغازات الساخنة من الانتشار إلى خلايا النار الأخرى / حجرات النار عبر قنوات التهوية.
- يجب أن يضمن تصميم نظام تهوية الدخان تدفق الهواء من المناطق الأقل تلوثا اشعاعيا إلى المناطق الأكثر تلوثًا إشعاعيًا [16].

– **انظمة الكشف عن الحرائق وإطفاءها**

- يجب تزويد جميع حجرات الحريق بأنظمة مستقلة للكشف عن الحرائق والإنذار. كحماية أساسية ، يجب تزويد المحطة بأنظمة إخماد حريق ثابتة أوتوماتيكية متصلة بنظام إشارات الحريق. يجب توفير نظام كامل من الخراطيم والصنابير المكملة بطفايات الحريق المحمولة في جميع مناطق المحطات من أجل مكافحة الحرائق يدويًا.
- يجب تركيب أنظمة ومعدات الحماية من الحريق في المحطة وفقًا للأنظمة والمعايير المتعارف عليها الوطنية اوالدولية.
- عند اختيار عوامل الإطفاء في أنظمة إخماد الحرائق يجب الاخذ في الاعتبار طبيعة الخطر ، وتأثير مادة الاطفاء على المعدات مثل التشغيل المستمر ، والضغط الزائد ، والصدمة الحرارية ، والتنظيف ، إلي جانب المخاطر الصحية التي تسببها.

- غالبًا ما تتطلب أنظمة إخماد الحرائق التلقائية إشارة كهربائية للتشغيل. يجب تصميم الدوائر الكهربائية التي تنشط أنظمة إخماد الحرائق بحيث تكون آمنة أثناء وقوع الحريق [15].

– **مسارات الهروب و طرق الوصول اليها**

- يجب توفير طرق وصول وهروب مناسبة للعاملين ، مع مراعاة ان تكون طبقا لمتطلبات كودات البناء الوطنية ، والحماية من الحرائق واللوائح والقواعد اللازمة للوقاية من الحوادث ، فضلا عن توصيات دليل الأمان SSG-64 .
- يجب ان يتوفر ما لا يقل عن مخرجين للهروب في كل مبنى علي ان يتم حماية طرق الوصول ومسارات الهروب من آثار الحريق ، ووضع طفايات الحريق في المواقع المناسبة على طرق الوصول ومسارات الهروب ، وفقًا لما تتطلبه اللوائح الوطنية.
- ينبغي تحديد طرق الوصول والهروب بشكل واضح ودائم وأن يكون من السهل التعرف عليها ، وان تكون أقصر الطرق الآمنة الممكنة وتكون خالية من أي مواد مخزنة.
- ينبغي توفير إضاءة الطوارئ على طرق الوصول وطرق الهروب مع تزويدها بمصادر طاقة بديلة في حال انقطاعها.
- يجب أن تتمتع طرق الوصول والهروب بالقدرة على التهوية الميكانيكية او بأي بوسائل أخرى لمنع تراكم الدخان
- يجب أن تظل السلالم التي تعمل كمسارات وصول وطرق هروب خالية من جميع المواد القابلة للاحتراق.
- يجب أن تكون الأبواب المؤدية إلى السلالم والممرات أو طرق الوصول ومسارات الهروب من نوع الابواب ذات الإغلاق الذاتي ويجب أن يفتح في اتجاه الهروب.
- يجب توفير الوسائل للسماح بالإخلاء السريع لمبني الاحتواء ويجب ان كافية لاكبر عدد من الأفراد يتوقع تواجدهم أثناء الصيانة وانقطاع الكهرباء [16].

3.6 الحرائق الخارجية

تناول دليل تصميم المنشآت النووية ضد الأحداث الخارجية باستثناء الزلازل رقم SSG-68 والصادر عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية ما يتعلق بإرشادات التصميم المنشآت النووية المعرضة لأحداث خارجية ، بناءً على تقييم مخاطر الموقع. بهدف توفير الحماية للهياكل والأنظمة والمكونات المهمة للسلامة من الأحداث الخارجية.

- تنشا الحرائق خارج الموقع (على سبيل المثال من تخزين الوقود أو المركبات أو خطوط الأنابيب أو المصانع الكيميائية او من النباتات الطبيعية) وتؤثر على سلامة المنشأة النووية. لذا ينبغي عند التصميم التحقق من إمكانية الوصول السريع إلى الموقع أثناء نشوب حريق خارجي والاخذ في الاعتبار المواقع الساحلية واحتمال انسكاب النفط في البحر (على سبيل المثال عن طريق السفن أو منصة استخراج النفط) ،كما ينبغي اتخاذ التدابير المناسبة بشأن تحديد وتقييم مخاطر الحرائق الخارجية من الأحداث التي يسببها الإنسان.
- يجب تقييم قدرة الهيكل على امتصاص الأحمال الحرارية الناتجة عن الحرائق الخارجية دون تجاوز معايير التصميم الإنشائي المناسبة. تقدر قدرة الخرسانة على مقاومة الحرائق بشكل أساسي على أساس السماكة وتكوين الركام وغطاء حديد التسليح ودرجة الحرارة المحددة على السطح الداخلي.
- الهياكل الخرسانية المسلحة المصممة لتحمل أحمال الصدمات الناتجة عن تحطم طائرة قوية بشكل عام بما يكفي لمقاومة فشل العناصر الهيكلية في سيناريوهات الحرائق الخارجية.
- قدرة الهياكل الفولاذية المعرضة للحرائق الكبيرة محدودة. ، لذلك لا ينبغي إنشاء الهياكل المهمة للسلامة باستخدام الفولاذ كعناصر حاملة. إذا كانت مقاومة الهياكل الفولاذية للحريق تعتمد على الانفصال عن الكسوة الخارجية أو على التبريد ، فيجب التحقق من أن تدابير الحماية لا تؤثر سلبًا بالتأثيرات الثانوية المرتبطة بالحريق (مثل موجات ضغط الانفجار والصواريخ).
- في الحالات التي تتعرض فيها الجدران أو الألواح الخرسانية السميكة للحريق ، يجب إجراء تحليل انشائي، مع مراعاة التدرج في درجة الحرارة بسبب الحريق ، بالإضافة إلى أي أحمال تشغيل إضافية في ظروف الحريق (مثل مياه الإطفاء).
- يجب أن يأخذ اختيار المواد للمنشأة النووية في الاعتبار القواعد والمعايير الدولية بشأن مخاطر الحريق ومقاومة المواد المعرضة للهب والحرارة والظواهر الأخرى.
- يجب أن تكون الكابلات والأدوات وأنظمة التحكم المتعلقة بالسلامة والمعرضة لتدفق الحرارة والدخان والغبار مؤهلة أو محمية من مثل هذه المخاطر [17].

7. المواصفات الدولية والمحلية في مجال الحماية من الحرائق

1.7 المواصفات البريطانية

عند تصميم مبنى ، فإن الاعتبار المهم للغاية هو التأكد من عدم انهيارعناصر الهيكل في حالة نشوب الحريق أو منع انتشار الحريق لفترة محددة. وتنص لوائح البناء على قواعد ودرجة مقاومة عناصر الهيكل للحريق. ومع ذلك ، فإن المعيار البريطاني [BS 476] يفرض اختبارات الحريق المناسبة لعناصر الهيكل / المواد ويصنف مستوى مقاومة الحريق. ولم يتطرق في هذه المواصفات الي مياني المفاعلات النووية [18-21].
كما اصدرات المواصفات البريطانية كود الممارسة للسلامة من الحرائق في تصميم وإدارة واستخدام المباني [BS 9999]، ويقدم توصيات وإرشادات حول الإدارة المستمرة للسلامة من الحرائق في المبنى طوال دورة حياة المبنى بأكملها ، بما في ذلك تدابير للمصممين لضمان أن التصميم العام للمبنى يساعد ويعزز إدارة السلامة من الحرائق.
وهذه المواصفات لا تنطبق على المساكن الفردية وقد يكون تطبيقه محدودًا فقط على بعض المباني المتخصصة او المعقدة ومناطق المباني (مثل المستشفيات ومناطق الاحتجاز القانوني(السجون)) [22].

2.7 معايير الجمعية الوطنية للحماية من الحرائق

تنشر الجمعية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) أكثر من 300 معيار تهدف إلى تقليل احتمالية وتأثيرات الحريق والمخاطر الأخرى[23]. ومنها ما يختص بمحطات القوي النووية [24-27] ولكنها لاتشتمل علي معايير الحماية من الحرائق لمفاعلات الماء المضغوط الذي يماثل نوع المفاعل في محطة الضبعة النووية.
كما انها تقدم كذلك المواصفات الخاصة بتركيب أنظمة الرش وفحص واختبار وصيانة أنظمة الحماية من الحرائق القائمة على الماء[28-29] وكذلك اختبار تركيبات الابواب [30].

3.7 الجمعية الأمريكية لاختبار المواد

هي منظمة معايير تقوم على تطوير ونشر معايير (مواصفات قياسية) تقنية لمجموعة واسعة من المواد والمنتجات والأنظمة والخدمات. وتقدم المواصفة القياسية [ASTM E119] والخاصة باختبارات الحريق لمواد البناء والتشييد ، ويتم اختبار عينة معرضة الي حريق قياسي يتم التحكم في درجات حرارة محددة وطوال فترة زمنية محددة ، يهدف الاختبار إلى تقييم المدة التي تحتفظ بها العناصر الانشائية بسلامة هيكلها عند التعرض للحريق.
تنطبق طرق الاختبار الموضحة في معيار الاستجابة لاختبار احريق هذا على مجموعات وحدات البناء وتركيبات المواد الإنشائية للمباني ، بما في ذلك الحوائط الحاملة والجدران والفواصل والأعمدة والكمرات والبلاطات والبلاطات المركبة .
يوفر الاختبار مقياسًا نسبيًا لاستجابة عناصر البناء المماثلة في ظل ظروف التعرض للحريق مع التاكيد علي انه لا يمثل التعرض لجميع حالات الحريق لأن الظروف تختلف باختلاف كمية وطبيعة وتوزيع حمل الحريق والتهوية وحجم الحجرة وتكوينها وخصائص التشتت الحراري في الغرفة . كذاك يؤثر أيضًا على استجابة العنصر لاختبار الحريق الاختلاف في ظروف الاختبار أو بناء عينة الاختبار ، مثل الحجم والمواد وطريقة التجميع [31].
الي جانب ذلك ، تقدم المواصفة القياسية [E2226-15b] تقييم سلامة عناصر البناء بعد التعرض للحريق. تختبر هذه المواصفة أداء عناصر البناء بعد التعرض للحريق بتعريضها لتدفق الماء بطريقة محددة بالمواصفة وبالتالي مقارنة وتقييم المواد المختلفة وتقنيات البناء. تشمل عناصر البناء ، على سبيل المثال لا الحصر ، تركيبات الجدران وأنظمة الوصلات المقاومة للحريق والأبواب. نتائج هذا الاختبار لا تعني أن القدرة الهيكلية لعنصر المبنى سليمة ، سواء بعد التعرض أو في ظل ظروف أخرى ، أو أن عنصر المبنى مناسب للاستخدام ، هذا وتقع علي عاتق مستخدم هذه المواصفة مسئولية إنشاء ممارسات السلامة والصحة والبيئة المناسبة وتحديد إمكانية تطبيق القيود التنظيمية قبل الاستخدام [32].

4.7 إدارة السلامة والصحة المهنية الاوشا

إدارة السلامة والصحة المهنية التابعة لوزارة العمل في الولايات المتحدة. وتشمل المعايير الخاصة للحماية من الحريق وذلك في الانشاءات [33] والصناعات العامة [34] وكذلك خطط الطوارئ [35].
نشير هنا الي ان اختصاص إدارة السلامة والصحة المهنية (OSHA) في محطات الطاقة النووية فقط على الصحة غير الإشعاعية وسلامة الموظفين في مناطق العمل وتعرضهم للإشعاع من مصادر الإشعاع التي لا تنظمها هيئة التنظيم النووي (NRC). ومن الأمثلة على هذه المصادر التي قد توجد في العديد من المؤسسات معدات الأشعة السينية والمجاهر الإلكترونية. والمعيار المستخدم هو الحماية من الاشعاعات المؤينة [36].
كما تحتوي علي اعداد خطط الطوارئ وعمل فرق الاطفاء ومعدات اطفاء الحرائق وانظمة الكشف عن الحرائق وانظمة الانذار في مجال الصناعات العامة ومجال الانشاءات [37].

5.7 الكودات العربية

يجدر الاشارة هنا الي الكودات العربية التالية التي تشمل معايير السلامة من الحرائق في المنشات العامة ولكن لاتحتوي علي اي بنود خاصة بمحطات القوي النووية ومنها :

- **الكود القطري :**

اصدرت دولة قطر"دليل الاشتراطات الفنية للدفاع المدني" ويشمل اهم المعايير والاشتراطات الخاصة بمباني القطاع العام والخاص والتي يحددها الدفاع المدني لحماية الارواح والممتلكات من الحريق. وكانت نواة هذا الدليل في عام 2010 ثم اصدار النسخة الأولى للاشتراطات وتم اعتمادها والعمل بها عام 2015 وتم اصدار النسخة الحالية عام 2022 [38].

- **الكود السعودي :**

اصدرت المملكة العربية السعودية كود للحماية من الحرائق-الاشتراطات باللغة العربية - SBC 801-AR-2018 ويختص باشتراطات الحماية من الحريق والانفجارات تتعلق بتصميم و إنشاء وتركيب وتشغيل وصيانة وسلامة أنظمة حماية المباني من الحريق ومن ذلك :تصنيف المنشآت حسب مقاومتها للحريق و أنظمة الحماية من الحريق وسبل الهروب وتجزئة وفصل مناطق الحريق وذلك في المباني القائمة والجديدة. كما يوجد ايضا متطلبات الوقاية من الحريق في كود البناء السعودي وتشمل العديد من انواع المباني المختلفة مثل المباني السكنية والاسواق ومواقف السيارات والمستشفيات [39].

- **الكود الاماراتي**

اصدرت دولة الامارات المتحدة "كود الإمارات للوقاية والسلامة من الحريق وحماية الأرواح " ويحتوي علي اشتراطات المواد والاجهزة وملحقاتها والمستخدمة في انظمة الحريق وتركيبها في المباني وهي معتمدة من الدفاع المدني في دولة الامارات العربية المتحدة . وكان الاصدار الاول في عام 2011 والاصدار الاخير عام 2018. وقد تم انشاء محطة براكة النووية وتشمل اربع وحدات لتوليد الطاقة وتم تشغيل ثلاث محطات خلال الثلاث سنوات الاخيرة علي التوالي. وقامت باصدار مجموعة من اللوائح والارشادات الخاصة مثل تصميم المحطات النووية (FANR-REG-03) . وقد حددت هذه اللائحة متطلبات التصميم للهياكل والنُظُم والمكوّنات الهامة للأمان والتي يجب توفرها من أجل التشغيل الآمن لمحطة طاقة نووية ولمنع أو تخفيف عواقب الأحداث المحتملة التي يمكن أن تضر بالأمان. كما تحدد أيضاً متطلبات التقييم الشامل للأمان، والذي يتم إجراؤه من أجل تحديد الأخطار المحتملة التي قد تنشأ عن تشغيل المَرفق النووي في إطار أحوال المحطات المختلفة (الأحوال التشغيلية /الظروف المؤدية إلى وقوع حادثة/ حادث). الي جانب العديد من اللوائح التي تختص بالوقاية من الاشعاع وطرق التخلص الامن من النفايات المشعة و لائحة التأهب والتصدي لطوارئ المرافق النووية وغيرها من الموضوعات ذات الصلة [40].

- **الكود المصري لاسس التصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشات من الحريق**

تعد الحرئق هي من أحد المخاطر التي تؤدى إلى إنهيارات المباني وتؤثر على سلامة الأفراد والبيئة المحيطة ولذا تهدف الحماية من الحريق إلى التقليل من المخاطر المصاحبة له، وتعتمد مقاومة المبنى علي المواد المستخدمة في إنشائه والتشطيبات الداخلية والخارجية وهي العامل الاساسي في حماية أرواح شاغلي المبنى وحماية ممتلكاتهم.وانطلاقا من هذا المفهوم تم اعداد الكود المصري لاسس التصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشات من الحريق [41].

و يعد هذا الكود من اقدم الكودات الخاصة بالحريق في الوطن العربي وفى بدايته عام 1999 كان موجها للاستشاريين المهندسين، ثم أصبح له صفة إلزامية واجبة التطبيق طبقا لقانون البناء والإسكان رقم 119 لسنة 2008 والذي صدرت لائحته التنفيذية في مارس 2009، مضيفا أن الكود حدد الاشتراطات اللازم توافرها في المباني بكافة أنواعها، فهناك النشاط السكنى والنشاط التجاري والنشاط الإداري والصناعي والتخزيني والمستشفيات والمنشآت التعليمية والمؤسسات العقارية [42].

- يشتمل الكود علي ثلاثة محاور رئيسية لتوافر الحد الادني من الامان ضد الحريق وهي كالتالي : اداء المبني وزيادة مقاومته للحريق ثم توفير مسالك الهروب لشاغلي المبني واخيرا المتطلبات اللازمة لتيسير مهمة رجال الاطفاء البريطانية (BS 476)[43].

ويعتمد هذ الكود اعتمادا اساسيا في تكوينه علي المواصفات الفنية للجمعية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) بالنسبة لانظمة الانذار والاطفاء التلقائي وكذلك متطلبات منع الحرائق كما ان الاختبار القياسي (ASTM E119) هو الاختبار المعتمد للمواد لمقاومة الحريق.اما بالنسبة لاختبارات الحريق المناسبة لعناصر الهيكل/المواد ويصنف مستوى مقاومة الحريق فتم الاستعانة بالمواصفات البريطانية (BS 476) [43].

- تم تصنيف المباني المختلفة طبقا لدرجة اشغال قاطنيها ومن ثم تحديد المتطلبات الواجب توافرها لحمايتها من خطر الحريق.

لم يشير الكود الي محطات الطاقة النووية عند تصنيف المباني طبقا لاحتياجات اشغالها واكتفي بذكر تعبير " محطات

القوي" والتي تندرج تحت المنشات الصناعية والتخزينية [الكود المصري لاسس التصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشات من الحريق، 2007]. والتي يقصد بها محطات توليد الطاقة الكهربية من الوقود الاحفوري.
- كما اشار الي المنشآت الخاصة التي لا تندرج تحت هذا التصنيف واوصي بحمايتها من الحرائق والانهيارات عن طريق تامين انظمة وقاية مناسبة وطبقا للاصول الهندسية ومتطلبات الدفاع المدني [43].
- استعرض الكود انواع الانشاءات من حيث مقاومة الحريق الي منشآت مقاومة للحريق واخري غير مقاومة للحريق المنشآت من الخشب الطبيعي. وشدد علي ان المواد المستخدمة في الانشاء المقاوم للحريق يجب ان تكون الهيكل الاساسي من حوائط واسقف من مواد غير قابلة للاحتراق بينما مواد العزل للرطوبة وللحرارة وللعزل الصوتي وكذلك الدهانات وفواصل التمدد والفواصل الانشائية يتم السماح باستخدامها من مواد قابلة للاحتراق [43].
- كذلك تناول الكود في الباب الثالث - الفصل الثالث تصميم فواصل الحريق بين المباني المختلفة وحوائط الحريق والحواجز المانعة للدخان ومواصفات التشطيبات الداخلية للاسقف والحوائط والارضيات. وتناول في الفصل الثامن من الباب الثالث ايضا التفاصيل الفنية لانظمة الانذار والكشف عن الحريق وكما تناول الفصل التاسع في الباب الثالث انظمة الرشاشات التلقائية وانظمة الاطفاء الاخري. ثم اشتمل الباب الرابع علي المتطلبات العامة والمتطلبات التصميمة لمسالك الهروب والوصول اليها [43].

وبالتالي يمكن القول ان الكود يمكن تطبيقه جزئيا عند تصميم محطة الطاقة النووية في بعض المنشات الموجودة داخل المحطة وقبل البدء في تشغيلها ووصول الوقود النووي الي موقع البناء وكما اشرنا من قبل الي ان مرجعية هذا الكود هي المواصفات العالمية للحماية من الحرائق وكذلك الاختبارات القياسية المعمول بها في هذا الشأن.

النتائج والتوصيات

تتعدد الكودات العالمية لمكافحة الحرائق وكذلك الكودات العربية والمحلية وتتخذ مرجعيتها الفنية الي الاشتراطات الخاصة بالجمعية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) وخاصة فيما يخص انظمة الكشف عن الحرائق وانظمة الاطفاء المختلفة وتصميم حجرات الحريق وحواجز الدخان. ويتضح لنا من المتطلبات السابق ذكرها انه يمكن القول انه يمكن الاعتماد علي المعايير الوطنية عند تصميم المحطة النووية الجاري انشاؤها في جمهورية مصر العربية حيث يمكن الاعتماد جزئيا علي الكود المصري لاسس التصميم واشتراطات التنفيذ للحماية من الحرائق في تصميم بعض المنشات المزمع بناؤها في محطة الضبعة النووية كحواجز وحجرات الحريق وكذلك تصميم انظمة الكشف عن الحريق والاطفاء. الا انه يتم الرجوع الي مواصفات الوكالة الدولية للطاقة الذرية والمراجع الدولية ذات الصلة والمواصفات الفنية عند تصميم المباني الخاصة بالمفاعل مثل غرفة الاحتواء ومبني المفاعل وحجرة التوربينات وغرف التحكم الرئيسية ووفقا لما يضمن السلامة من الحرائق في كافة اجزاء المحطة حيث تحتوي هذه الدلائل الاسترشادية علي تفاصيل الحد من مسببات الحرائق والتي تهدد امن وسلامة المفاعل النووي والبيئة المحيطة. وكحد أدنى من متطلبات التصميم ، يجب تطبيق أحدث معايير التصميم والاختبار الوطنية والدولية المعترف بها لأنظمة الحماية من الحرائق.

REFERENCES

[1] Wikipedia (2023, 5 May). Nuclear reactor. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_reactor.
[2] https://nppa.gov.eg/nuclear-energy/#About-Nuclear-Energy. (2023, 5 May).
[3] https://nppa.gov.eg/nuclear-energy/#Nuclear-Safety. (2023, 5 May).
[4] Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA),"Safety of New NPP designs Report", Study by Reactor Harmonization Working Group RHWG [Online], 2013. Available: https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/rhwg_safety_of_new_npp_designs.pdf.
[5] BBC News Arabic (2017, 11 December), Available : https://www.bbc.com/arabic/business-42313363
[6] Egypt Today (2022, 29 June), Available: https://www.egypttoday.com/Article/1/117280/Permit-to-build-1st-reactor-at-Egypt-s-Dabaa-Nuclear.
[7] Egypt Today (2022, 12 July), Available: https://www.egypttoday.com/Article/1/105953/How-VVER-1200-Gen-3-Reactor-Design-Provides-Safe-Power.
[8] Arab Defense Forum (2023, 16 March), Available: https://defense-arab.com/vb/threads/183695/.
[9] Wikipedia (2023, 5 May). Available: https://en.wikipedia.org/wiki/مفاعل القدرة المائي-المائي_(VVER).
[10] Wikipedia (2023, 5 May). Available: https://ar.wikipedia.org/wiki/بناء الاحتواء النووي.
[11]ROSATOM Group (2023, 5 May). Available: https://rosatom.ru/upload/iblock/7a9/7a993b1e01583841d24753751a5fed37.pdf.
[12] ROSATOM Group (2023, 5 May). Available: https://report.rosatom.ru/go/2020/rosatom_2020_esg_en.pdf.
[13] IAEA Safety Standards Series No. SSR-1, Site Evaluation for Nuclear Installations, 2019.
[14] IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design, 2016.

[15] International Atomic Energy Agency. Protection Against Internal Hazards in the Design of Nuclear Power Plants Specific Safety Guide No. SSG-64, 2021. Available:https://www.iaea.org/publications/13644/protection-against-internal-hazards-in-the-design-of-nuclear-power-plants.
[16] International Guidelines for Fire Protection of Nuclear Power Plants Issued in 2015 on behalf of the Nuclear POOLS Forum 5th Edition 2015 (2023, 5 May). Available: https://www.amnucins.com/wp-content/uploads/2018/02/FIRE-PROTECTION-OF-NUCLEAR-POWER-PLANTS-ISSUED-IN-2015.pdf.
[17] International Atomic Energy Agency (2023, 5 May). Design of Nuclear Installations against External Events Excluding Earthquakes Specific Safety Guides No. SSG-68, 2021. Available: https://www.iaea.org/publications/14666/design-of-nuclear-installations-against-external-events-excluding-earthquakes.
[18] Fire Safety Advice Center (2023, 5 May). British Standard 476 Fire Tests. Available: https://www.firesafe.org.uk/british-standard-476-fire-tests/
[19] Fire tests on building materials and structures. Method for Determination of the Fire Resistance of Elements of Construction (General Principles), BS 476-20, 1987.
[20] Fire tests on building Materials and Structures. Methods for Determination of the Fire Resistance of Load Bearing Elements of Construction, BS 476-21, 1987.
[21] Fire Tests on Building Materials and Structures. Methods for Determination of the Fire Resistance of Non-load Bearing Elements of Construction, BS 476-22, 1987.
[22] Fire safety in the Design, Management and Use of Buildings – Code of Practice, BS 9999, 2017.
[23] NFPA (2023, 5 May), List of NFPA Codes & Standards [Online], Available : https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and- Standards.
[24] Standard for Fire Protection for Facilities Handling Radioactive Materials, NFPA 801, 2020.
[25] Standard for Fire Protection for Advanced Light Water Reactor Electric Generating Plants, NFPA 804, 2020.
[26] Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants, NFPA 805, 2020.
[27] Performance-Based Standard for Fire Protection for Advanced Nuclear Reactor Electric Generating Plants Change Process, NFPA 806, 2020.
[28] Standard for the Installation of Sprinkler Systems, NFPA 13, 2022.
[29] Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems, NFPA 25, 2023.
[30] Standard Methods of Fire Tests of Door Assemblies, NFPA 252, 2022.
[31] Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials, ASTM E119, 2020.
[32] Standard Practice for Application of Hose Stream, ASTM E2226-15b, 2015.
[33] OSHA (2023, 5 May), Safety and Health Regulations for Construction, Fire Protection and Prevention [Online]. Available : https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926SubpartF.
[34] OSHA (2023, 5 May), Occupational Safety and Health Standards [Online]. Available: https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910SubpartL.
[35] OSHA (2023, 5 May), Occupational Safety and Health Standards, Exit Routes and Emergency Planning [Online]. Available: https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910SubpartE
[36] OSHA (2023, 5 May), Occupational Safety and Health Standards, Ionizing Radiation [Online]. Available:https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1096.
[37] OSHA (2023, 5 May), Emergency Preparedness and Response: Getting Started [Online]. Available: https://www.osha.gov/emergency-preparedness/getting-started.
[38]https://portal.moi.gov.qa/wps/portal/MOIInternet/wcmsearch/?1dmy&urile=wcm%3apath%3a%2Fwcmlib-internet-ar%2Fsa-moinews%2F109e33cd-12c3-436d-b028-7559132653c5. (2023, 5 May).
[39] https://998.gov.sa/Ar/Safety/SafetyInstructionList/Pages/default.aspx. (2023, 5 May).
[40] https://www.dcd.gov.ae/portal/aa/waqaya/rules-regulations/uaefirecodearabic.jsp. (2023, 5 May).
[41] Samar Alsayed Ahmed, "A Study of Methods for Protection & Prevention of the Effect of Fires in Buildings", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector (JAUES), Vol.17, No.65, October 2022, pp.1415-1430.
[42] Al-ahram Newspaper. (2022, 12 May). Available: https://gate.ahram.org.eg/News/3511081.aspx.
[43] The Egyptian Code for Design Principles and Implementation Requirements to Protect Buildings from Fire - Part One - 2007.