

Винахід відноситься до галузі атомної енергетики і промисловості, а більш конкретно до захисної споруди для радіоактивних речовин, способу і матеріалу для його виготовлення.

Під радіаційно- і ядерно-небезпечними об'єктами розуміють об'єкти, на яких під час виробничого технологічного процесу застосовуються радіоактивні матеріали (матеріали, що діляться, і продукти їхнього поділу). У першу чергу, до числа таких об'єктів відносяться ядерні реактори і радіохімічні установки з переробки відпрацьованого ядерного палива.

Припинення експлуатації цих об'єктів (остаточно без поновлення експлуатації, реконструкції або модернізації) відбувається, в основному, з двох причин:

- у результаті вичерпання ресурсного терміну експлуатації устаткування, будинків і споруд - плановий вивід;

- внаслідок надзвичайних (екстремальних) ситуацій, наслідком яких є фізична неможливість відновлення об'єкта для подальшої експлуатації (аварії, стихійні лиха тощо) – аварійний вивід.

Припинення експлуатації радіаційно- і ядерно-небезпечних об'єктів, як показує світовий досвід розвитку атомної енергетики і промисловості, спричиняє за собою необхідність проведення значного комплексу дорогих заходів щодо виводу їх з експлуатації. При цьому перелік заходів, терміни здійснення робіт і їхня вартість залежать, головним чином, від причин зупинки (у плановому порядку або в результаті аварії) і стану виведеного з експлуатації об'єкта. Останній чинник також найбільшою мірою визначає вибір концепції поводження з радіаційно- і ядерно-небезпечними об'єктами після їхньої остаточної зупинки.

Найбільш поширеною у світовій практиці концепцією виводу з експлуатації ядерних установок є їхня консервація на тривалий період (30-100 років) після зупинки і проведення ряду підготовчих операцій.

Відомі захисні споруди для радіоактивних речовин, способи і матеріали для їхнього виготовлення з метою консервації об'єктів ядерної енергетики і промисловості, що виводяться з експлуатації в плановому порядку. ("Досвід зняття АЕС з експлуатації". Світова енергетика, 1997 р., № 2, -С.16-21; Ахмадьяров Д.М. "Бетони нового покоління для ядерної енергетики і промисловості Росії". Атомна енергія, 1995 р., т. 78, вип. 2, -С.127-132; Кулай В. И. "Перетворення "Саркофага" Чорнобильської АЕС у підземний радіаційний захист." Атомна енергія, 1995 р., т. 78, вип. 4, - 283с.; Бурангулов Н.Л., Бавикіна А.П., Волков А.М., Пługін А.И. "Засіб підземної консервації об'єктів (на прикладі 4-го аварійного енергоблоку Чорнобильської АЕС)". Атомна енергія, 1996 р., т. 81, вип. 1, -С.70-72; RU, А, 2012079; RU, А, 2077746; Ермолов Н.А. "Засіб ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС". Атомна енергія, 1995 р., т. 78, вип. 3)

Відмінною рисою всіх цих способів є те, що для них обов'язковими є операції з повного видалення з ядерних реакторів, технологічних апаратів (основних і допоміжних) ядерного палива та інших матеріалів, що діляться, і продуктів поділу у транспортування їх у спеціальні сховища радіоактивних матеріалів.

Реалізація цих операцій штатними методами можлива тільки при збереженні в процесі експлуатації захисних конструкцій активних зон ядерних реакторів, технологічних апаратів радіаційно-хімічних установок та іншого радіаційно- і ядерно-небезпечного устаткування, а, отже, при умовах невисокого рівня радіоактивності в помешканнях об'єкта, що обслуговуються. При відхиленнях реальних ситуацій на об'єкті від нормативних (що в деяких випадках відбувається на практиці), використання штатних методів для виймання і видалення матеріалів, що діляться, стає найчастіше неможливим. Потрібна розробка і використання індивідуальної спеціальної технології й устаткування, що значно здорожує процес консервації об'єкта.

Задача консервації радіаційно- і ядерно-небезпечних об'єктів ще більш ускладнюється під час виводу з експлуатації об'єктів через аварії з руйнацією активної зони реактора, технологічного устаткування і комунікацій, основних несучих будівельних конструкцій. Руйнація активної зони може призвести до утворення радіаційного фону в робочих помешканнях, що не дозволяє перебування в них людей протягом тривалого періоду часу, який обчислюється десятками або сотнями років, а завалення і втрата несучої спроможності будівельних конструкцій перешкоджає доступу до місця перебування аварійного ядерного палива спеціальної техніки з дистанційним керуванням, призначеної для проведення операцій з його видалення і демонтажу устаткування.

Крім того, при аваріях на радіаційно- і ядерно-небезпечних об'єктах, що супроводжуються динамічними ефектами і/або процесами плавлення в результаті виділення тепла розпаду радіоактивних речовин, фрагментовані і/або розплавлені ядерні паливні матеріали можуть знаходитися в різноманітних технологічних приміщеннях на різних висотних відмітках об'єктів. У наступний період часу в результаті старіння матеріалів або зовнішніх впливів можливі завалення аварійних конструкцій, що можуть викликати зміни просторового розташування фрагментованих частин і/або мас затверділих розплавів ядерного палива, що у свою чергу може призвести не тільки до викидів радіоактивних речовин у навколишнє середовище, але і до змін підкритичності ядерного палива, а динамічні впливи під час завалень - до посилення цих змін, тобто до нових потенційних ядерних аварій. Ця небезпека сильно ускладнює вибір способу консервації або перетворення аварійних ядерно-небезпечних об'єктів, а також обмежує вибір застосовуваних матеріалів і технічних засобів.

Для аварійних об'єктів кількість запропонованих способів також велика, але вони виходять із конкретної ситуації на об'єкті і тому відрізняються від способів планового виводу з експлуатації тим, що мають малу ймовірність повторного використання.

Відомі способи консервації об'єктів ядерної енергетики, виведених з експлуатації в результаті аварії з виходом у технологічні помешкання великої кількості радіоактивних речовин (Ахмадьяров Д.М. "Бетони нового покоління для ядерної енергетики промисловості Росії". Атомна енергія, 1995 р., т. 78, вип. 2, -С.127-132) включають такі основні операції: контроль радіаційної обстановки; тривала витримка для зниження рівня радіоактивності; дезактивація устаткування і помешкань перед демонтажем; демонтаж устаткування, виймання радіоактивних матеріалів і матеріалів, що діляться; транспортування витягнутих радіоактивних матеріалів і розміщення їх в спеціальні сховища або на переробку.

Деякі особливості цих способів ті ж, що і для способів, які використовуються під час консервації об'єкта, виведеного з експлуатації в плановому порядку. Але для них характерні:

- необхідність набагато більш тривалої витримки об'єкта з метою зниження рівня радіоактивності, що

призводить до збільшення термінів консервації;

- висока ймовірність завалення ушкоджених у результаті аварії будівельних конструкцій у процесі демонтажу устаткування і виймання ядерного палива та інших радіоактивних матеріалів; високий рівень радіоактивності, що робить практично неможливим проведення робіт із демонтажу устаткування і виймання радіоактивних матеріалів навіть із використанням робототехніки;

- необхідність створення нестандартної техніки для демонтажу; необхідність спорудження додаткових сховищ для радіоактивних матеріалів.

Відомий спосіб консервації шляхом виготовлення захисної споруди з використанням спеціальних матеріалів об'єкта атомної енергетики, виведеного з експлуатації в результаті аварії без демонтажу устаткування і виймання радіоактивних матеріалів, застосований у процесі ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС.

Цей спосіб характеризується тим, що після оцінки радіаційної обстановки і проведення ряду підготовчих робіт виведений з експлуатації в результаті аварії об'єкт, що містить фрагменти ядерного палива і високоактивні радіоактивні матеріали, включаючи устаткування і будівельні конструкції, без демонтажу устаткування і без виймання ядерного палива та інших радіоактивних матеріалів шляхом створення системи захисних бар'єрів вміщують у захисну оболонку, що спирається на нові конструкції.

Аналіз стану законсервованого таким способом об'єкта показує, що хоча нова система захисних бар'єрів і перешкоджає виходові радіоактивних речовин у навколишнє середовище з об'єкта, а також захищає його деякою мірою від природних катастроф і техногенних впливів, вона має короткий термін служби (за проектом - 30 років), що викликає необхідність розв'язання проблеми подальшої долі об'єкта вже з урахуванням стану захисної оболонки.

За своєю суттю об'єкт після консервації в такій захисній оболонці перетвориться в сховище радіоактивних відходів високого рівня активності. Водночас фізичний і фізико-хімічний стан аварійних відходів, серед яких велика кількість відкритих джерел, не дозволяє віднести його до розряду радіаційно-безпечних об'єктів, а тим більше характеризувати його, як такий, що відповідає чинним нормам і правилам.

Крім того, існує потенційна небезпека наступної руйнації зведеної споруди, що може призвести, по-перше, до виходу радіоактивних речовин у навколишнє середовище і, по-друге, до попадання води всередину оболонки, що за умови контакту з відкритими фрагментами ядерного палива і за певних інших умов може призвести до самовільної ланцюгової реакції.

Зважаючи на те, що неможливо створити систему захисних бар'єрів, що цілком герметизує нову споруду, потенційною небезпекою для навколишнього середовища є радіоактивні викиди при можливих локальних заваленнях ушкоджених конструкцій усередині аварійного об'єкта.

В основу даного винаходу покладено задачу створення захисної споруди для радіоактивних речовин з таким конструктивним виконанням, що забезпечувало б перетворення виведеного з експлуатації радіаційно - і ядерно-небезпечного об'єкта в конструктивно-технологічну систему для екологічно безпечного довгострокового збереження радіоактивних відходів і матеріалів високої активності на місці їхнього утворення, способу виготовлення захисної споруди з таким режимом заповнення зазначеного об'єкта і споруди матеріалами, які твердіють, що за рахунок зміни теплового стану об'єкта виключав би природний відвід тепла розпаду радіоактивних елементів, а також створення матеріалу для його виготовлення з такими захисними властивостями, що забезпечували б скорочення дозових навантажень на персонал, що виконує роботи з консервації і поховання об'єкта.

Поставлена задача вирішується тим, що в захисній споруді для радіоактивних речовин, що містить конструктивні елементи, включно з несучими конструктивними елементами і утвореними ними порожнинами, а також конструктивні елементи і порожнини, заповнені і/або забруднені радіоактивними речовинами і фрагментами ядерного палива, конструкції технологічних апаратів і трубопроводи об'єкта, що має бути законсервованим, відповідно до винаходу, одну групу несучих конструктивних елементів споруди складають конструктивні елементи об'єкта, які не втратили навантажувальну спроможність, а всі зазначені порожнини заповнені матеріалами, що твердіють, і/або сипучими матеріалами з утворенням монолітного єдиного блоку, товщина заповнення якого відповідає товщині еквівалентного захисного бар'єра, обраної з умов послаблення потужності P_1 дози гамма-випромінювання об'єкта до припустимої потужності P_2 дози гамма-випромінювання

межах $1 \leq P_1 / P_2 \leq 10^{12}$, при цьому співвідношення мінімального і максимального розмірів I_1, I_2 утвореного монолітного блоку, що проходять через його геометричний центр, обрано із співвідношення $1,2 \leq (I_1 + I_2) / I_2 \leq 2$, а співвідношення суми V_1 незаповнених об'ємів усіх порожнин всередині споруди і максимального його об'єму V_2 вибрано із співвідношення $1 \leq (V_1 + V_2) / V_2 \leq 1,95$.

Доцільно, щоб вздовж зовнішнього периметру захисної споруди був би додатково встановлений прошарок, виконаний із водонепроникного матеріалу.

Радіоактивні речовини, ядерне паливо, елементи будівельних конструкцій, що знаходяться на виведеному об'єкті в різноманітних формах (від пилу до значних фрагментів) внаслідок заповнення приміщень бетоном надійно зв'язуються в монолітний блок, вихід їх у навколишнє середовище практично буде зведений до мінімуму, обумовленого швидкістю молекулярної дифузії.

У результаті заповнення приміщень бетоном відбувається також закріплення і посилення будівельних конструкцій (зруйнованих і не зруйнованих), що запобігає їхньому заваленню протягом тривалого періоду існування об'єкта і виключає переміщення фрагментів ядерного палива і/або мас, що містять паливо. Крім того, бетон, що затвердів, є перешкодою для проникнення води до місць розташування ядерного палива і запобігає виникненню самовільної ланцюгової реакції.

Товщина прошарку заповнення залежить від кількості і розташування ядерного палива, часу його витримки до заповнення, стану будівельних конструкцій і матеріалу заповнення і визначається для кожного конкретного випадку.

Поставлена задача вирішується також тим, що в способі виготовлення захисної споруди для радіоактивних речовин, що включає визначення стану будівельних конструкцій об'єкта, що має бути законсервованим, діагностику радіаційних і теплових полів, локацію ядерного палива та інших радіоактивних речовин, вибір трас прокладки магістралей для подачі матеріалу заповнення об'єкта, встановлення будівельного устаткування і захисних екранів, відповідно до винаходу, вільні порожнини об'ємом V_3 , що містять радіоактивні речовини і матеріали, які діляться, заповнюють до значень V_4 , співвідношення між якими, вибирають у межах $0,7 \leq V_4 / V_3 \leq 1,0$, матеріалами, що твердіють, і/або сипучими матеріалами, у які добавляють інгредієнти, що сприяють підвищеному поглинанню нейтронів із їхнім сумарним об'ємом V_5 і суперпластифікатори з їхнім сумарним об'ємом V_6 , значення яких вибирають відносно об'єму V_4 у межах $1 \leq (V_4 + V_5 + V_6) / V_4 \leq 2$, а заповнення здійснюють по напрямку знизу нагору і від периферії до центру споруди прошарками з наступною витримкою прошарків, що вкладаються, обираючи співвідношення мінімального проміжку t_1 часу витримки і максимального проміжку t_2 часу витримки в межах $1 \leq (t_1 + t_2) / t_2 \leq 2$.

Однією з відмінних рис способу, що заявляється, є зміна теплового стану аварійного об'єкта в результаті виконання споруди у вигляді монолітного блока. Поступово, в міру заповнення матеріалами, що твердіють, приміщень, які містять фрагменти ядерного палива і/або маси, що містять паливо, виключається природний відвід тепла розпаду радіоактивних елементів конвекцією і випромінюванням і/або спеціально організований відвід тепла, що призводить до погіршення умов охолодження паливних мас і навколишніх матеріалів. Порушення сформованого режиму неорганізованого або організованого відводу тепла неминує призводити до розігріву матеріалів. У зв'язку з цим заповнення аварійних ядерних об'єктів необхідно здійснювати, виходячи з розміру потужності залишкового енерговиділення палива і/або мас, що містять паливо, завдяки якому забезпечується припустимий розігрів і матеріалів - заповнювачів, і будівельних конструкцій.

Заповнення порожнин матеріалами, що твердіють і/або сипучими матеріалами здійснюють, зокрема, локалізуючи, ізолюючи і запобігаючи переміщенню виявлених конгломератів радіоактивних речовин, цілеспрямовано змінюючи їхні ядерно-фізичні властивості.

При цьому здійснюють поетапний або безупинний контроль потужності дози гамма-випромінювання і зміни теплових параметрів матеріалів, який заповнюють порожнини споруди.

Час початку заповнення порожнин обирають з умови неперевикнення питомого залишкового тепловиділення у фрагментах ядерного палива величини 300Вт на тону палива по урану.

Готуючи матеріали, що твердіють, у їхній склад вводять домішки, що регулюють їхню водопроникність, міцність і сорбційні властивості.

Поставлена задача вирішується також тим, що матеріал для виготовлення захисної споруди, що містить пластичні і текучі інгредієнти, які швидко твердіють, а також інгредієнти, що поглинають нейтрони, відповідно до винаходу, як пластичні і текучі інгредієнти містить бетони, що характеризуються пластичністю, яка визначається осіданням конуса в межах 18-25см, здатністю твердіти, яка визначається співвідношенням мінімального часу t_3 твердіння до рівня T_1 проектної міцності, що обраний стосовно максимальної проектної міцності T_2 у межах $0,5 \leq T_1 / T_2 \leq 1,0$, і максимального часу t_4 твердіння до рівня T_2 міцності, обраним у межах $1,5 \leq (t_3 + t_4) / t_4 \leq 2$, і/або, сипучі матеріали з захисними властивостями, що визначаються питомим коефіцієнтом ослаблення потужності дози гамма-випромінювання, обраним у межах $1 \leq k \leq 20$, поглинанням нейтронів, що визначається із співвідношення середніх за спектрами нейтронів макроскопічних поперечних перерізів поглинання нейтронів матеріалів, які твердіють, і сипучих матеріалів з домішками, що поглинають, $\sum a_2$ і без домішок $\sum a_1$ у межах $1 \leq \sum a_2 / \sum a_1 \leq 1000$, а також припустимим градієнтом температур у межах від 2 до 30 град./м.

Короткий перелік креслень

Надалі запропонований винахід пояснюється конкретним прикладом його виконання і супровідним кресленням, на якому схематично зображені конструктивні основні елементи захисної споруди для радіоактивних речовин, виконаної відповідно до винаходу.

Кращий варіант здійснення винаходу

Захисна споруда для радіоактивних речовин містить бетонну основу 1, прошарок гідроізоляції 2, фундаментну плиту 3 і зовнішню стіну 4. Усередині споруди зведені конструктивні елементи, якими є, наприклад, внутрішні розділювальні перегородки 5 і перекриття 6, між якими утворені порожнини 7 і 8, у тому числі і порожнини 9, заповнені і/або забруднені радіоактивними речовинами, наприклад у вигляді скупчення 10, і фрагментами 11 ядерного палива. У захисну споруду входять також конструкції технологічних апаратів 12 і трубопроводів 13 об'єкта, що має бути законсервованим. Одну групу несучих конструктивних елементів споруди складають конструктивні елементи 14 об'єкта, які не згубили навантажувальну спроможність. Порожнини 7 і 9 заповнені матеріалами, що твердіють, і/або сипучими матеріалами 15 з утворенням монолітного єдиного блока. Товщина заповнення відповідає товщині еквівалентного захисного бар'єра, яка обрана з умови послаблення потужності P_1 дози гамма-випромінювання об'єкта до допустимої потужності P_2

дози гамма-випромінювання в межах $1 \leq P_1 / P_2 \leq 10^{12}$. Під поняттям еквівалентний захисний бар'єр розуміється захисний бар'єр - плоский або сферичний, що можна було б помістити між джерелом радіації і вимірювачем її рівня для послаблення проникаючої радіації до рівня, до якого її послабляє, зокрема, захисна споруда, що

заявляється. При цьому співвідношення суми V_1 незаповнених об'ємів усіх порожнин 8 усередині споруди і максимального його об'єму V_2 обрано зі співвідношення $1 \leq (V_1 + V_2) / V_2 \leq 1,95$. Вддовж зовнішнього периметра споруди розташований прошарок 16, виконаний із водонепроникного матеріалу, наприклад бетону, що захищений зовнішньою обробкою 17. Для утвореного монолітного блока співвідношення мінімального розміру I_1 , який з'єднує точки А і В, і який проходить через його геометричний центр О, і максимального розміру I_2 , що з'єднує точки С і D, обрано зі співвідношення $1,2 \leq (I_1 + I_2) / I_2 \leq 2$. Геометричний центр О споруди в даному випадку може бути визначений, наприклад, як центр мас об'єкта, який за зовнішньою конфігурацією співпадає із захисною спорудою і заповненого суцільним однорідним матеріалом.

У результаті функціонування запропонований пристрій забезпечує надійну консервацію радіоактивних і ядерно-небезпечних речовин.

Запропонований спосіб виготовлення захисної споруди здійснюють наступним шляхом.

До початку заповнення приміщень матеріалами, що твердіють, детально вивчають радіаційну обстановку і стан будівельних конструкцій у місцях гаданої прокладки магістралей для подачі матеріалів (і в приміщеннях для буріння свердловин), здійснюють заходи щодо зниження радіаційного фону і, за необхідності, з посилення будівельних конструкцій у місцях прокладки трас магістралей.

Після цього за допомогою серійних бурових машин виконують бурові роботи і встановлюють обсадні труби, а саме буріння свердловин може виконуватись як із горизонтальним, так і з вертикальним розташуванням останніх. Продуктивність бурових машин вибирають у залежності від довжини (глибини) свердловин і часу, передбаченого на виконання цих робіт, а діаметри свердловин і обсадних труб - у залежності від розмірів бетоноводів, що прокладаються в них. Останні з'єднують із бетононасосами, за допомогою яких бетон і подається в приміщення, що підлягає заповненню. Для подачі бетону використовують серійні бетононасоси.

Вільні порожнини об'ємом V_3 , що містять високоактивні речовини, заповнюють до значень V_4 , співвідношення яких вибирають у межах $0,7 \leq V_4 / V_3 \leq 1,0$, матеріалами, що твердіють, і/або сипучими матеріалами. У них додають інгредієнти, що сприяють підвищеному поглинанню нейтронів із їхнім сумарним об'ємом V_5 і суперпластифікатори з їхнім сумарним об'ємом V_6 , значення яких вибирають відносно об'єму V_4 у межах $1 \leq (V_4 + V_5 + V_6) / V_4 \leq 2$.

Заповнення здійснюють в напрямку знизу нагору і від периферії до центру споруди прошарками з наступною витримкою прошарків, що вкладаються, обираючи співвідношення мінімального проміжку t_1 часу витримки і максимального проміжку t_2 витримки в межах $1 \leq (t_1 + t_2) / t_2 \leq 2$.

Вказана послідовність операцій і виготовлений пристрій забезпечують надійний захист радіоактивних і ядерно-небезпечних речовин, які підлягають консервації.

Заповнення порожнин матеріалами, що твердіють, або сипучими матеріалами здійснюють, зокрема, локалізуючи, ізолюючи і запобігаючи переміщенню виявлених конгломератів радіоактивних речовин, цілеспрямовано змінюючи їхні ядерно-фізичні властивості. При цьому здійснюють поетапний або безупинний контроль потужності дози гамма-випромінювання і зміни теплових параметрів бетонних мас. Час початку робіт із заповнення порожнин вибирають з умови не перевищення питомого залишкового тепловиділення у фрагментах ядерного палива величини 300Вт на тону палива по урану. Під час підготовки матеріалів у їхній склад вводять домішки, що регулюють їхню водонепроникність, міцність і сорбційні властивості.

Під час здійснення способу, зокрема, після попередніх операцій, метою яких є діагностика радіаційної обстановки і стану виведеного з експлуатації об'єкта, усі вільні об'єми порожнин, у тому числі ті, що містять ядерне паливо, радіоактивні матеріали, зруйновані будівельні елементи і конструкції технологічних апаратів, заповнюють бетоном (або іншими матеріалами, що твердіють), у який при заповненні порожнин із масами, що містять паливо, за необхідністю, додають спеціально підібрані інгредієнти, що сприяють поглинанню нейтронів. Одночасно для збільшення рухливості бетону без збільшення водоцементного відношення і досягнення осідання конуса бетону 22-26см, що, у свою чергу, дозволяє використовувати для подачі бетону серійні бетононасоси і вкладати бетон без розрівнювання й ущільнення, використовуються пластифікатори бетону. При цьому заповнення порожнин рекомендується здійснювати знизу нагору і від периферії до центру об'єкта.

Зважаючи на те, що радіоактивні речовини, ядерне паливо, елементи будівельних конструкцій, що знаходяться на виведеному об'єкті в різноманітних формах (від пилу до значних фрагментів), під час заповнення бетоном порожнин надійно зв'язуються в монолітний блок, вихід їх у навколишнє середовище практично буде зведений до мінімуму, який визначається швидкістю молекулярної дифузії.

У результаті заповнення помешкань бетоном відбувається також закріплення і посилення будівельних конструкцій (зруйнованих і не зруйнованих), що запобігає їхньому руйнуванню протягом тривалого періоду існування об'єкта і виключає переміщення фрагментів ядерного палива і/або мас, що містять паливо. З'являється також додатковий ефект, який полягає в тому, що затверділий бетон є перепороною проникненню води до місць розташування ядерного палива і запобігає виникненню самовільної ланцюгової реакції.

Однієї з відмінних рис поданого способу консервації аварійних об'єктів є зміна їхнього теплового стану в результаті утворення монолітного блока. Поступово, у міру заповнення порожнин, що містять фрагменти ядерного палива і/або маси, що містять паливо, виключається природний відвід тепла розпаду радіоактивних елементів конвекцією і випромінюванням і/або спеціально організований відвід тепла, що призводить до погіршення умов охолодження паливних мас і навколишніх матеріалів. Порушення сформованого режиму неорганізованого або організованого відводу тепла неминуче призводить до розігріву матеріалів. У зв'язку з

цим заповнення ядерних аварійних об'єктів необхідно здійснювати, виходячи з розміру потужності залишкового енерговиділення палива, і/або мас, що містять паливо, при якому забезпечується припустимий розігрів матеріалів - заповнювачів і будівельних конструкцій.

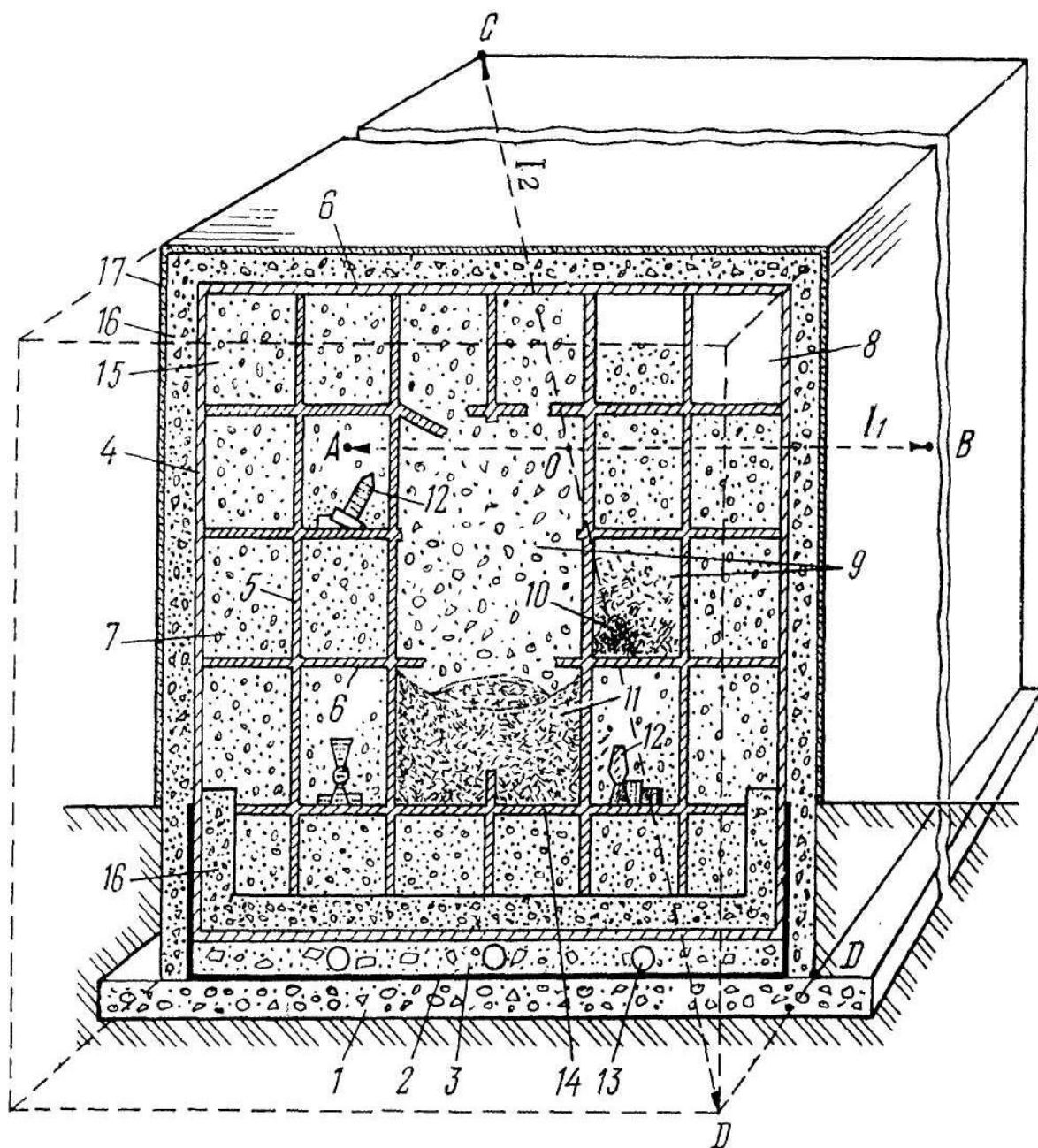
Матеріал для виготовлення захисної споруди містить пластичні і текучі інгредієнти, що швидко твердіють, а також інгредієнти, що є поглиначами нейтронів. У якості пластичних і текучих інгредієнтів обрані бетони, що характеризуються пластичністю, яка визначається осіданням конуса в межах 18-25см, здатністю твердіти, що визначається співвідношенням мінімального часу t_3 твердіння до T_1 рівня проектної міцності, що обраний відносно максимальної проектної міцності T_2 у межах $0,5 \leq T_1/T_2 \leq 1,0$ і максимального часу t_4 твердіння до рівня T_2 міцності, що обраний у межах $1,5 \leq (t_3 + t_4)/t_4 \leq 2$. Всі зазначені матеріали, включаючи сипучі, обрані із захисними властивостями, які визначаються питомим коефіцієнтом ослаблення потужності дози гамма-випромінювання, обраним у межах $1 \leq k \leq 20$, поглинанням нейтронів, яке визначається із співвідношення середніх за спектрами нейтронів макроскопічних поперечних перерізів поглинання нейтронів матеріалів, що твердіють, і сипучих матеріалів із домішками, що поглинають, $\sum a_2$ і без домішок $\sum a_1$ у межах $1 \leq \sum a_2 / \sum a_1 \leq 1000$, а також припустимим градієнтом температур у межах від 2 до 30град/м.

Все це і забезпечує досягнення зазначеного технічного результату, зокрема, перетворення виведеного з експлуатації радіаційно - і ядерно-небезпечного об'єкта в систему екологічно безпечного довгострокового збереження радіоактивних матеріалів високої активності, що утворилися на об'єкті, при одночасному скороченні витрат на будівництво сховищ, при скороченні дозових навантажень на персонал, що здійснює роботи з консервації і поховання об'єкта.

Нижні і верхні значення заявлених меж були отримані на основі статистичного опрацювання результатів експериментальних досліджень, аналізу й узагальнення їх і відомих з опублікованих джерел даних, виходячи з умови досягнення зазначеного технічного результату.

Можливість промислового застосування

Запропонований винахід може бути використаний під час консервації на тривалий період виведених з експлуатації аварійних об'єктів, на яких відбулися руйнації захисних оболонок ядерних матеріалів, що діляться, і вихід радіоактивних речовин у навколишнє середовище.



Фиг.