

УДК 621.311  
М.А.Смалько  
ТОВ "Енвітек" м. Київ

## ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ РАДІОАКТИВНИХ ТА ТОКСИЧНИХ ЗРАЗКІВ

*Розглянуто аспекти створення спеціалізованого автоматичного випробувального комплексу для випробування токсичних та радіоактивних зразків при різних температурах*

Ключові слова: *зразки, випробування, автоматичний випробувальний комплекс*

При проектуванні та використанні обладнання, яке в процесі експлуатації піддається руйнівній дії корозійно-активних токсичних середовищ та/або іонізуючого випромінювання виникає необхідність у проведенні відповідних випробувань з метою визначення можливості його надійного тривалого використання в таких умовах [1, 2]. Випробування виконуються для елементів конструкцій або їх моделей при проектуванні та для контрольних зразків, які закладаються поблизу обладнання при введенні його в експлуатацію та почергово періодично випробовуються для постійного контролю стану обладнання в процесі експлуатації. Оскільки такі зразки завжди містять шкідливі для людини залишкові чинники, які є результатом тривалої дії шкідливих факторів, тому такі випробування завжди пов'язані з шкідливим впливом цих факторів на персонал, який їх виконує. Для захисту персоналу від дії цих факторів зазвичай випробувальне обладнання встановлюється у спеціальних приміщеннях, захисних боксах або камерах. В більшості випадках встановлення і зняття зразків з випробувального обладнання та інші їх переміщення виконуються вручну.

З метою подальшої мінімізації впливу шкідливих факторів на персонал та скорочення термінів виконання випробувань, а також розширення можливих програм випробувань, було запропоновано спеціалізований випробувальний комплекс з системою автоматизованого переміщення зразків в межах даного комплексу при їх випробуванні. Даний комплекс може бути розміщений у спеціальних приміщеннях, захисних боксах або камерах, які обладнуються спеціальними системами вентиляції, каналізації, подачі стисненого повітря, холодної та теплої води, рідкого азоту і т. д. В залежності від виконання та типорозмірів обладнання, яке входить у випробувальний комплекс, воно розміщується на спеціальних фундаментах та/або на спеціальних робочих столах навколо опорно-поворотної стійки маніпулятора, який виконує переміщення зразків в межах даного комплексу. В залежності від програм випробування комплекс в своєму складі може мати обладнання для нагріву або охолодження зразків, які завдяки цьому можуть бути випробуванні при різних температурах в діапазоні від  $-150$  до  $+500$  °С, а в більш широкому діапазоні температур [3]. Комплекс може включати в себе інші типи обладнання для моделювання руйнівного впливу інших чинників технологічного процесу, наприклад, хімічно – активних середовищ і т. д. [4].

На рис.1 представлено випадок коли всі елементи комплексу малогабаритні та можуть розміститися на одному робочому столі. Таким чином на робочому столі 1 (рис.1) розташовуються стійки-накопичувачі 3 для зразків 2, які підготовлені до випробування, та стійки-накопичувачі 14 для зразків 13, які пройшли випробування, камери 5 та 10 відповідно для нагріву та для охолодження зразків, випробувальне обладнання 9 та маніпулятор 16, який забезпечує переміщення зразків в процесі їх випробування. Такий робочий стіл з обладнанням, як зазначено вище, може розташовуватися в окремому приміщенні, в боксі або камері з вікнами із спеціального захисного скла 19 або бути відгородженим у приміщенні прозорим захисним бар'єром 19. Пульта дистанційного керування комплексу на основі комп'ютера 17 зазвичай розташовується навпроти таких вікон або за захисним бар'єром. Пульт керування зв'язується контрольними кабелями 17 з усіма елементами комплексу. В окремому приміщенні або за захисним бар'єром також розміщується спеціальна емність 12, в котрій зберігається рідкий азот, який використовується в камері охолодження 10. Він подається по трубопроводу 11, які прокладено в теплозахисній ізоляції.

В центрі робочого простору комплексу розміщена опорно-поворотна стійка 15 маніпулятора. Вона жорстко кріпиться на робочому столі, а у випадку використання габаритного обладнання, як зазначено вище, на спеціальних фундаментах. Усі елементи комплексу розташовані з координатною прив'язкою відносно вертикальної вісі опорно-поворотної стійки 15. Координатна при-

В'язка виконується таким чином, що вісі зразків, які переміщуються в межах комплексу на всіх стадіях процесу завжди проходять через вертикальну вісь опорно-поворотної стійки 15 маніпулятора. Це завжди гарантує правильне орієнтування зразків при їх переміщенні в робочому просторі відносно усіх елементів комплексу, що забезпечує мінімальне число операцій при цьому.

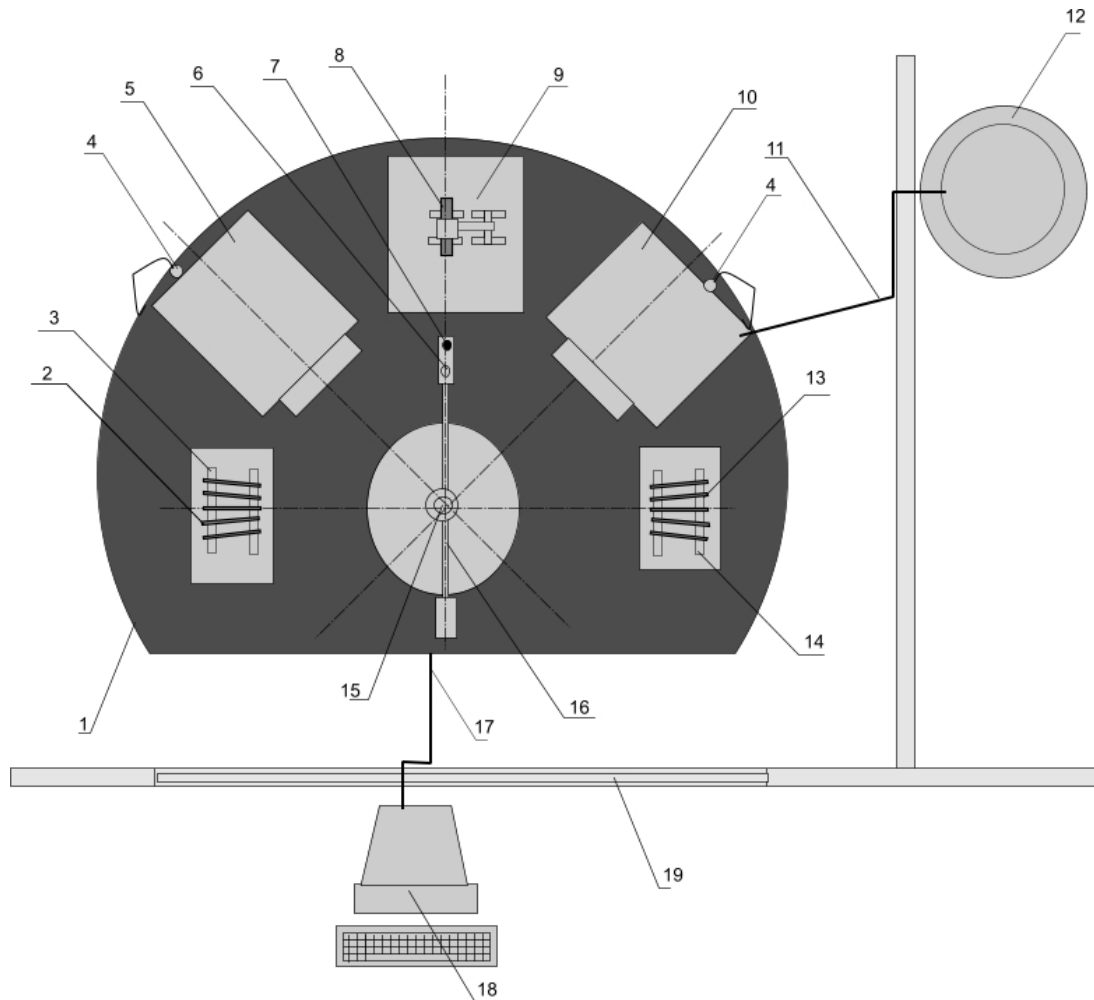


Рис.1. Розташування елементів випробувального комплексу на робочому столі  
 1 - робочий стіл; 2 - зразки підготовлені до випробування; 3 – стійка-накопичувач для підготовлених до випробування зразків; 4 - термопара; 5 – камера для нагріву зразків; 6 - захват маніпулятора; 7 - контактна термопара; 8 - зразок на опорах випробувального обладнання; 9 – випробувальне обладнання; 10 - камера для охолодження зразків; 11 - трубопровід в теплозахисній ізоляції; 12 - резервуар з рідким азотом; 13 - зразки після випробування; 14 – стійка - накопичувач для зразків після випробування; 15 - опорно-поворотна стійка маніпулятора; 16 – маніпулятор; 17 – кабельний лоток з контрольними кабелями; 18 - дистанційний пульт керування; 19 - вікно з захисним склом або прозорий захисний бар'єр.

На рис. 2 представлено маніпулятор випробувального комплексу. Він забезпечує виконання всіх операцій по переміщенню зразків в процесі їх випробування. Маніпулятор складається з опорно-поворотної стійки 2 на опорі 1, захвата 13, механізмів вертикального 5 та горизонтального 7 переміщення, а також поворотного механізму 6 та системи кабелів і пневматичних трубок в захисній оболонці 11. Вони підвішуються на тросовій підвісці через роликову систему у верхній частині опорно-поворотної стійки 2 для можливості вільного переміщення робочих частин маніпулятора. У маніпуляторі використовується механізми вертикального переміщення 5 з пневматичним приводом. Пневматичний привід для вертикального переміщення елементів маніпулятора приводиться в дію системою зубчатих механізмів на основі зубчатої рейки 4, яка розміщена на опорно-поворотній стійці 2. Вертикальне переміщення елементів маніпулятора обмежується упорами 3 і 9 з кінцевими вимикачами. З допомогою цих упорів персонал виконує налаштування діапазонів вертикального переміщення виконуючих механізмів маніпулятора по висоті стійки 2.

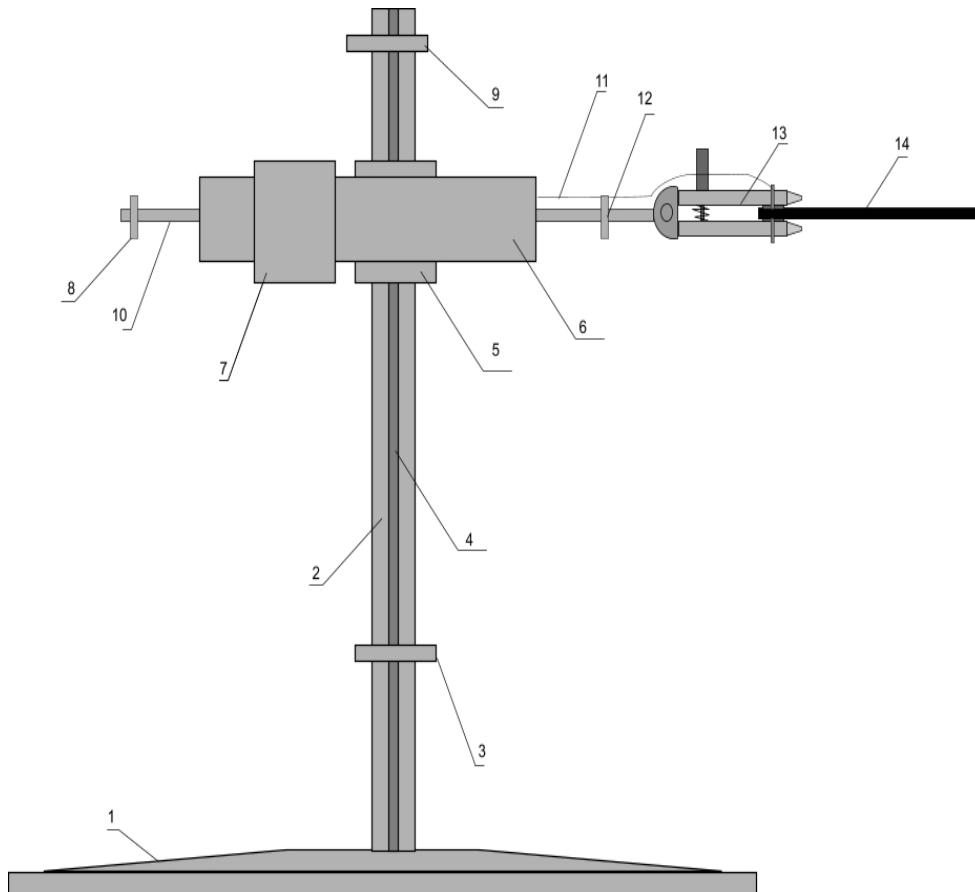


Рис.2. Маніпулятор випробувального комплексу

1 - опора стійки; 2 - опорно-поворотна стійка маніпулятора; 3, 9 - обмежувачі вертикального переміщення з кінцевими вимикачами; 4 - зубчата рейка; 5 – механізм вертикального переміщення; 6- поворотний механізм; 7 – механізм горизонтального переміщення; 8, 12 - обмежувачі горизонтального переміщення з кінцевими вимикачами; 10 – горизонтальна штанга маніпулятора; 11 – контрольні кабелі та пневматичні трубки в теплозахисній оболонці; 13 - захват; 14 - зразок.

Горизонтальне переміщення захвата 13 забезпечує механізм горизонтального переміщення 7 маніпулятора, який має пневматичний привід у вигляді пневматичних циліндрів. Діапазон горизонтального переміщення також регулюється по довжині горизонтальної штанги 10 за допомогою упорів 8 і 12 з кінцевими вимикачами. Круговий рух елементів маніпулятора навколо вісі опорно-поворотної стійки 2 забезпечує поворотний механізм 6, який також обладнаний пневматичним приводом. Даний механізм може забезпечити поворот робочих механізмів маніпулятора на 360°.

Оскільки при організації робочого процесу комплексу для зменшення часу переміщення зразків з метою зберігання їх робочих температур при їх переміщенні з теплових камер до випробувального обладнання, необхідно використовуються мінімальні кути повороту з дискретними діапазонами 5-30° між точками зняття та установки зразків. Оскільки при розміщенні обладнання вибираються мінімальні кути повороту то також скорочується тривалості самого процесу.

На рис. 3 представлено два варіанти виконання захватів. Ці конструкції можуть бути змінними та забезпечити роботу комплексу з товстими або тонкими зразками, а також з крихкими або зразками складної форми. Обидві конструкції захватів складаються з губок - затискачів 5, які приводяться в дію виконуючими механізмами з пневматичним приводом 4. Напрямок руху губок – затискачів 5 в цих конструкціях визначають, в одному випадку вісь 8 та шток виконуючого механізму пневматичного приводу 7 з пружиною 6 (рис. 2а), в іншому випадку направляючі штифти 8 та штоки виконуючих механізмів пневматичних приводів 7 з пружинами 6 (рис. 2б). Губки – затискачі 5 на своїх робочих поверхнях містять термостійкі накладки 3, які запобігають утворенню окалини при нагріві зразків або примерзанню при їх охолодженню. Для контролю температури зразків 1 губки - затискачі 5 обладнані контактними термопарами 2. Самі губки - затискачі в своїй конструкції містять різні конструктивні елементи (обмежувальні виступи, скоси, фаски і тому подібне), які забезпечують надійне затискання зразків у необхідному положенні при їх переміщенні.

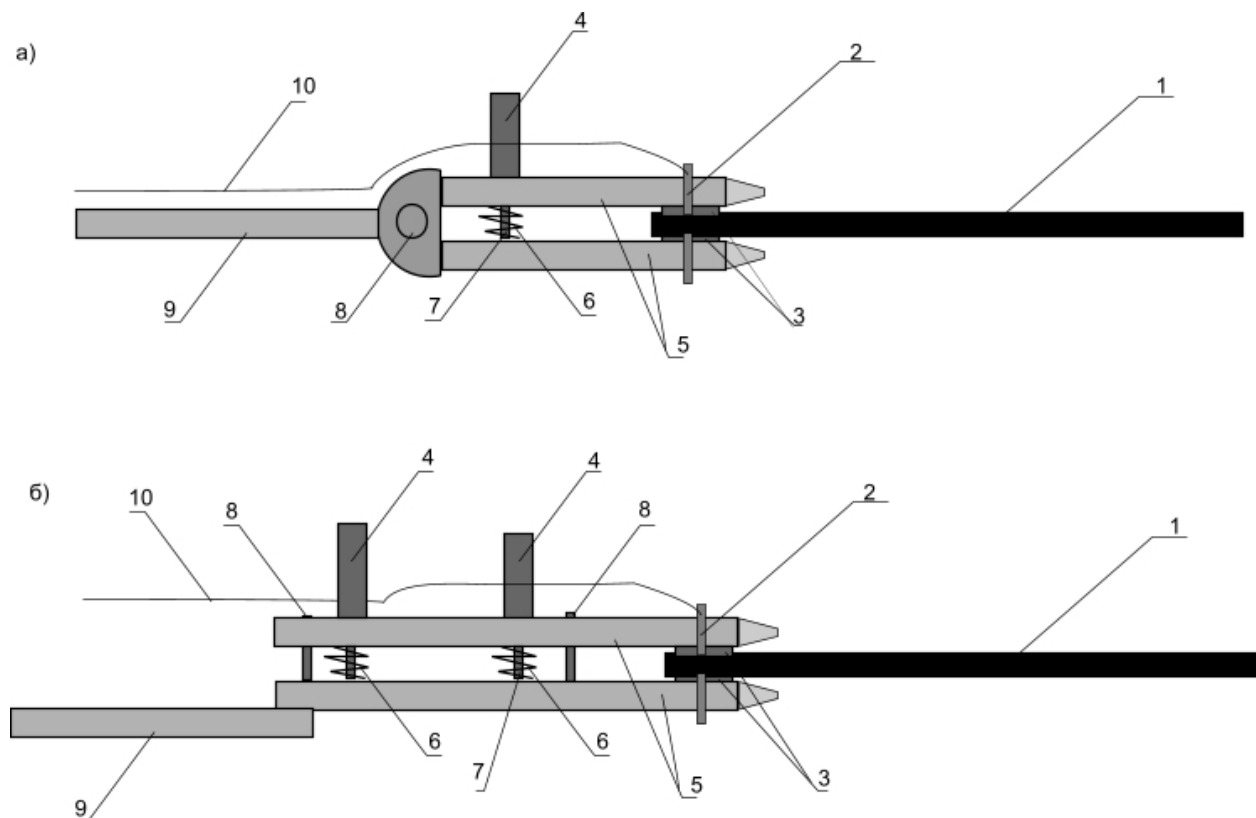


Рис.3. Два (а і б) варіанти виконання захвата маніпулятора

1 - зразок для випробування; 2 - термопара; 3 - термостійка накладка; 4 – виконуючий механізм пневматичного приводу; 5 – губки-затискачі; 6 – пружина; 7 - шток пневматичного приводу; 8 - вісь (а) або направляючий штифт (б); 9 - штанга маніпулятора; 10 - кабель та пневматична трубка.

На рис. 4 представлено два варіанти конструктивного виконання стійок-накопичувачів з горизонтальним та вертикальним розташуванням зразків. Просторові конструкції стійок-накопичувачів 2 виконуються таким чином, щоб захват маніпулятора знімав та клав зразки 1 на них в чітко відведені гнізда без зміщення та перекосів. Для цього на їх опорних елементах виконуються поглиблення - гнізда, в яких зразки самостійно займають чітко визначене положення після їх звільненні від пальців руки при їх укладанні в ручну або від губок – затискачів при їх подачі за допомогою

маніпулятора. Дані гнізда на опорних елементах стійки – накопичувача виконані таким чином, що вісь кожного зразка проходить через вісь опорно-поворотної стійки маніпулятора. Таке їх розташування також забезпечує мінімальне переміщення зразків при їх випробуваннях, що також забезпечує мінімізацію зміни температури зразків при їх переміщеннях в робочому просторі комплексу та скорочує тривалість випробувань. Для чіткої надійної координатної прив'язки стійок – накопичувачів виконується їх фіксація на робочому столі або на спеціальних фундаментах за допомогою фіксаторів 3 (наприклад, виступів, затискачів і т. д.), які містяться у їх нижній частині. Тип та конструкцію стійок – накопичувачів визначають форма зразків та кількісна сторона технологічного процесу випробування. Також на їх конструкцію може впливати спосіб транспортування від місця їх завантаження зразками до місця установки у випробувальному комплексі (наприклад форма контейнері, якщо він герметичний або має спеціальний захист від іонізуючого випромінювання, великі вагу або габарити і т. д.).

Такий випробувальний комплекс обов'язково має включати в себе контрольно-вимірвальні системи, яка забезпечують контроль наступних параметрів: температуру зразків при випробуванні; температури середовищ в робочій зоні камер для нагріву та охолодження зразків; поточні координати положення зразків при їх переміщенні в межах випробувального комплексу; поточні координати положення елементів пристрою для переміщення зразків (крайні положення: переміщення, обертання, положення зразків і т. д., а також контроль параметрів атмосфери в приміщеннях та камерах (вологість, температура та тиск), дозиметричний контроль, перевірку на токсичність, систему відео спостереження та інші види контролю за потребою.

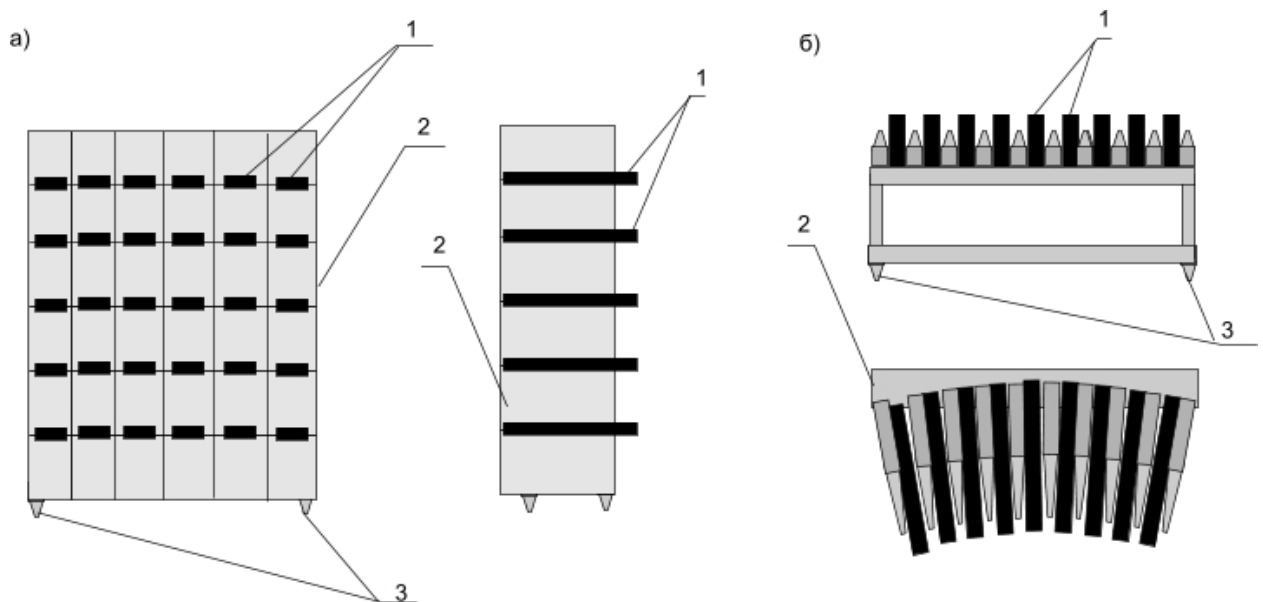


Рис.4. Варіанти виконання стійки - накопичувача зразків  
1 - зразки; 2 - стійки-накопичувача; 3 - фіксатори.

Керування роботою комплексу може виконуватися, як в автоматичному так і в ручному режим з дистанційного пульта керування. При цьому персонал може спостерігати за процесом безпосередньо через вікна із спеціальним захисним склом чи прозорий захисний бар'єр або використовувати систему відео спостереження. Пульт дистанційного керування випробувального комплексу, як зазначено вище, виконаний на основі або комп'ютера, який зв'язаний контрольними кабелями з усіма елементами комплексу і забезпечує його повне, як ручне, так і автоматичне керування. Програмне забезпечення складається з основного системного модуля та допоміжних модулів, які в цілому забезпечують автоматичне та/або ручне керування роботою комплексу при виконанні випробувань зразків, а також відображення усіх операцій роботи комплексу з відповідними параметрами на екрані комп'ютеру у вигляді мнемосхем та відео зображення. Він має також забезпечувати збереження на різних типах носіїв звітів по процесу випробування та формувати їх у вигляді таблиць, діаграм, графіків, копій мнемосхем, відео зображення і т. д., результати випробувань. ©М.А.Смалько

чатку в програмне забезпечення закладається обмежена кількість основних алгоритмів з програми випробувань та по мірі роботи персонал може самостійно формувати інші алгоритми використовуючи мінімальний набір засобів для їх формування, які закладені в програмне забезпечення.

Комплекс працює наступним чином. Підготовлені до випробування зразки завантажуються на стійку - накопичувач у кількості та порядку згідно вибраного або введеного нового алгоритму випробувань. Ця процедура може виконуватися, коли стійка-накопичувач знаходиться безпосередньо на своєму місці в межах даного випробувального комплексу або у іншому місці з наступним її транспортуванням та встановленням на робоче місце. Після цього або паралельно з цим персонал запускає відповідний алгоритм випробування на комп'ютері дистанційного пульта керування. Згідно вибраного алгоритму випробування автоматично на відповідний температурний режим виводяться камери нагріву та/або охолодження зразків, а також виконується налаштування усіх інших елементів комплексу. По завершенню періоду підготовки один або декілька зразків із стійки-накопичувача переміщуються до камери нагріву або/та охолодження. Після досягнення зразками температури на 1-3 °С вище або нижче за необхідну для випробування температуру відповідно після нагріву або охолодження. Надлишок температури визначається дослідним шляхом для конкретних умов з урахуванням її зниження або зростання за час транспортування та їх встановлення на опори випробувального обладнання. Таким чином підготовлені зразки по черзі подаються до випробувального обладнання, де вони встановлюються з виконанням їх центрування на відповідних опорах чи у відповідних затискачах. Після завершення випробування зразки знімаються з випробувального обладнання та переміщуються на стійку-накопичувач для випробування зразків. По завершенні циклу або серії випробувань, зразки розвантажуються з стійки – накопичувача безпосередньо на місці або після її транспортування до відповідного місця розвантаження. Після розвантаження стійки-накопичувача вона повертається на своє місце для виконання наступних циклів випробувань для інших зразків або групи зразків.

Таким чином запропонований спеціалізований випробувальний комплекс з системою автоматизованого переміщення зразків в межах комплексу забезпечує випробування токсичних та радіоактивних зразків при різних температурах з мінімізацією впливу шкідливих факторів на персонал при скороченні термінів виконання випробувань, а також з можливістю додаткового розширення можливих програм випробувань .

1. ГКД 34.20.507 – 2003 Правила – технічної експлуатації електричних станцій та мереж., - 2003.
2. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 525 с.
3. ASTM E 1921-97. Standard Test Method for Determination of Reference Temperature, T<sub>0</sub>, for Ferrite Steels in the Transition Range. - ASTM, 1997.
4. А.Н. Воробьев, В.Д. Дмитриев, А.Г. Вахтин и др. Исследование механических свойств аустенитных сталей 0X16H15M3Б, 0X16H15M3БР, 0X16H15M2Г2ТР и ферритомартенситной стали 1X13M2БФР, облученных в реакторе БН-350 //Радиационное материаловедение: Труды Международной конференции по радиационному материаловедению, Алушта, 22-25 мая 1990 г. Харьков, 1990, т. 3, с. 110–118.