

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

МОНТАЖ АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Атомні
електричні станції» спеціальності G4 Енерговиробництво спеціалізація G4.01 Атомна енергетика

Укладач: В.І. Філатов

Електронне мережеве навчальне видання

КИЇВ
КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
2026

Укладач: *Філатов Володимир Іванович*, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: *Сапожников Юрій Анатолійович*, канд. техн. наук, професор, голова правління АТ
«Київський інститут «Енергопроект»

Відповідальний: *Кравець Володимир Юрійович*, докт. техн. наук, професор
Редактор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 08.05.2026 р.)*

*за поданням вченої ради навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики
(протокол № 3 від 27.04.2026р.)*

Монтаж атомних електричних станцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Атомні електричні станції» спеціальності G4 Енерговиробництво Спеціалізації G4.01 Атомна енергетика / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. І. Філатов - Електрон. текст. дані (1 файл). - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 179 с.

Викладений сучасний стан та загальна характеристика діяльності по монтажу АЕС. Розкриті зміст та сучасна спрямованість проектування, планування та підготовки до монтажу енергоблоків АЕС. Наведений опис технології монтажу корпусу реактора, обладнання першого контуру та трубопровідних систем реактора типу ВВЕР. Викладена інформація про зміст робіт на окремих етапах монтажу, про механізацію монтажних робіт. Окремо розкриті питання технології зварювальних робіт і контролю зварних з'єднань при проведенні монтажу, будівельних конструкцій, обладнання і трубопроводів енергоблоку. Розкриті призначення пусконаладжувальних робіт і зміст цієї діяльності на її окремих етапах. Розкриті питання організації і здійснення заходів по охороні праці при проведенні монтажу АЕС.

УДК 621.039.5 (07)

Реєстр № НР25/26-389 обсяг 8,1 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056

<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	6
ПЕРЕДМОВА.....	8
РОЗДІЛ 1. ПЛАНУВАННЯ І ПРОЄКТУВАННЯ МОНТАЖУ АЕС.....	9
1.1 Загальна інформація про монтаж.....	9
1.1.1 Вступ і загальний історичний екскурс	9
1.1.2 Технологічні основи монтажних робіт	12
1.1.3 Характеристика обладнання енергоблоків АЕС.....	16
Контрольні питання до підрозділу 1.1.....	20
Список джерел інформації до підрозділу 1.1.....	21
1.2 Методи монтажу тепломеханічного обладнання і проєктне забезпечення монтажних робіт.....	22
1.2.1 Індивідуальний та блочний методи монтажу.....	22
1.2.2 Основні показники блочного монтажу.....	25
1.2.3 Зміст діяльності по підготовці до монтажу і види проєктної документації для монтажу.....	27
Контрольні питання до підрозділу 1.2.....	33
Список джерел інформації до підрозділу 1.2.....	34
1.3 Будівельна та монтажна база майданчика АЕС.....	35
1.3.1 Допоміжні споруди та виробництва для спорудження АЕС.....	35
1.3.2 Планування монтажних робіт.....	43
1.3.3 Людський фактор в плануванні і організації монтажу.....	51
1.3.4 Основні принципи управління якістю монтажу.....	52
Контрольні питання до підрозділу 1.3.....	62
Список джерел інформації до підрозділу 1.3.....	62
РОЗДІЛ 2. МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ АЕС.....	63
2.1 Механізація монтажних робіт.....	63
2.1.1 Принципова такелажна схема монтажу АЕС.....	63
2.1.2 Компоненти такелажної схеми і розрахунки їх кількості.....	63
Контрольні питання до підрозділу 2.1.....	70
Список джерел інформації до підрозділу 2.1.....	71
2.2 Підготовка до монтажу АЕС, загальний зміст монтажних робіт.	72
2.2.1 Приймання та розконсервування обладнання перед доставкою на будівельний майданчик	72
2.2.2 Приймання і консервація обладнання на монтажному майданчику	73
2.2.3 Забезпечення радіаційного контролю зони консервації та забезпечення необхідними технічними середовищами обладнання	75

2.2.4	Етапи і зміст будівельно-монтажних робіт.....	76
2.2.5	Організація будівельно-монтажних робіт	79
	Контрольні питання до підрозділу 2.2.....	84
	Список джерел інформації до підрозділу 2.2.....	84
2.3	Монтаж реактора.....	85
2.3.1	Розміщення обладнання і вантажопідйомних механізмів.....	85
2.3.2	Монтаж металоконструкцій в боксі реактора ВВЭР-1000.....	85
2.3.3	Монтаж корпусу реактора.....	92
2.3.4	Монтаж внутрішньо корпусних пристроїв і верхнього блоку ..	97
	Контрольні питання до підрозділу 2.3.....	104
	Список джерел інформації до підрозділу 2.3.....	104
2.4	Монтаж обладнання першого контуру.....	105
2.4.1	Монтаж парогенераторів для реактора ВВЕР-1000.....	105
2.4.2	Монтаж головного циркуляційного насосу ГЦН-195.....	107
2.4.3	Монтаж компенсатору тиску.....	109
	Контрольні питання до підрозділу 2.4.....	110
	Список джерел інформації до підрозділу 2.4.....	110
2.5	Монтаж трубопроводів.....	111
2.5.1	Нормативні вимоги до виготовлення та монтажу трубопроводів	111
2.5.2	Послідовність монтажу трубопроводів	112
	Контрольні питання до підрозділу 2.5.....	124
	Список джерел інформації до підрозділу 2.5.....	124
2.6	Зварювальні роботи на монтажі АЕС.....	125
2.6.1	Особливості зварювальних робіт на монтажі АЕС	125
2.6.2	Керівні документи на зварювальні роботи.....	126
2.6.3	Характеристика видів зварювання при спорудженні АЕС.....	128
2.6.4	Зварювальні роботи	131
	Контрольні питання до підрозділу 2.6.....	135
	Список джерел інформації до підрозділу 2.6.....	136
2.7	Методи контролю якості зварних з'єднань.....	138
2.7.1	Загальна характеристика методів контролю якості зварювання..	138
2.7.2	Контроль якості зварних з'єднань і наплавки неруйнівним методами.....	140
2.7.3	Контроль якості зварних з'єднань руйнуючими (лабораторними) методами.....	148
2.7.4	Виправлення дефектів.....	151
	Контрольні питання до підрозділу 2.7.....	152
	Список джерел інформації до підрозділу 2.7.....	152
2.8	Пусконаладжувальні роботи на енергоблоці.....	154
2.8.1	Зміст діяльності на окремих етапах пусконаладжувальних	

робіт.....	155
Контрольні питання до підрозділу 2.8.....	164
Список джерел інформації до підрозділу 2.8.....	164
2.9 Техніка безпеки при монтажі.....	165
2.9.1 Техніка безпеки при окремих видах будівельних робіт.....	165
Контрольні питання до підрозділу 2.9.....	175
Список джерел інформації до підрозділу 2.9.....	176
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	177

СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

АЕС	-	атомна електрична станція
БЗТ	-	блок захисних труб
БПЦ	-	багатократна примусова циркуляція
БЩУ	-	блочний щит управління
ВВЕР	-	водо-водяний енергетичний реактор
ВПМ	-	вантажопідйомні механізми
ВСК	-	віхре струмовий контроль
ВЯП	-	відпрацьоване ядерне паливо
ГАН	-	група авторського нагляду
ГБН	-	галузеві будівельні норми
ГГ	-	горючий газ
ГДД	-	гранично допустима доза
ГЕС	-	гідравлічна електрична станція
ГІД	-	галузовий інформаційний (довідковий) документ
ГКД	-	галузовий керівний документ
ГО	-	герметична оболонка
ГЦН	-	головний циркуляційний насос
ГЦТ	-	головний циркуляційний трубопровід
ЕО	-	експлуатуюча організація
ДІВ	-	джерело іонізуючого випромінювання
ЗАБ	-	звіт з аналізу безпеки
ЕО	-	експлуатуюча організація
ІОС	-	інформаційна обчислювальна система
ІТП	-	інженерно технічні працівники
КВП	-	контрольно вимірювальні прилади
КМД	-	конструкції металеві деталізовані
КНТ	-	клапан надлишкового тиску
НАН	-	Національна академія наук
НД	-	нормативний документ
ОВНС	-	оцінка впливу на навколишнє середовище
ПКТ	-	понад критичний тиск
ПНР	-	пусконаладжувальні роботи
ПОБ	-	проект організації будівництва
РАВ	-	радіоактивні відходи
РБМК	-	реактор великої потужності каналний
РММ	-	ремонтно механічні майстерні
РУ	-	реакторна установка
РЩУ	-	резервний щит управління
САОЗ	-	система охолодження активної зони
СІЗ	-	система інформаційного забезпечення
СКК	-	система контролю і керування
СКЗ/СУЗ	-	система контролю/управління і захисту
СПДБ	-	система проектної документація для будівництва

СТК	-	служба технічного контролю
СУМ	-	складально-укрупнювальний майданчик
ТБ	-	техніка безпеки
ТЕС	-	теплова електрична станція
ТК	-	технічний контроль
ТОТ	-	теплообмінна трубка
ТУ	-	технічні умови
УЗК	-	ультра звуковий контроль
ЧАЕС	-	Чорнобильська атомна електростанція
ЦПР	-	цех перед монтажних робіт
ШРП	-	швидкодіючий редуційний пристрій
ЯЕУ	-	ядерна енергетична установка
ЯП	-	ядерне паливо
ЯПВУ	-	ядерна паро виробнича установка
ЯРБ	-	ядерна радіаційна безпека
ЯУ		ядерна установка

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник «Монтаж атомних електричних станцій з експлуатації» присвячений питанню одного з важливіших етапів життєвого циклу енергоблоку АЕС та всієї АЕС.

Етап спорудження/монтажу енергоблоку АЕС є окремим етапом його життєвого циклу. Діяльність по монтажу ядерної установки /енергоблоку АЕС чи всієї АЕС починається після прийняття рішення по здійсненню цієї діяльності на першому етапі складається з планування, проєктування і організаційних та технічних підготовчих заходів і робіт.

Зміст безпосередньо монтажних робіт енергоблоку АЕС залежить від характеристик будівельних конструкцій і обладнання і технологій, що застосовуються. При цьому технології монтажу корпусу реактора, обладнання в трубопроводів першого контуру є унікальними.

Якість, своєчасність та праце витрати на здійснення робіт по монтажу обладнання реакторної установки залежить від засобів і обладнання, що використовується, в першу чергу від засобів і обладнання механізації робіт.

Виконання монтажних робіт всього комплексу енергоблоку АЕС розподілене на декілька окремих технологічних етапів, організаційно і технічно пов'язаних між собою. При цьому важливим питанням є планування цих робіт, складання графіків їх виконання, визначення абсолютних та питомих праце витрат. Це здійснюється шляхом врахування вимог спеціальної нормативної документації і розробки спеціальних проєктних документів.

Важливим питанням є використання технологій зварювальних робіт при проведенні монтажу будівельних конструкцій і обладнання, а також здійснення контролю якості зварних з'єднань.

Надійність та безпечна експлуатація енергоблоку АЕС що монтується залежить від якості виконання монтажних робіт а також і від якості проведення пусконаладжувальних робіт. Тому питання пусконаладжувальних робіт потребує окремого розкриття в цьому навчальному посібнику.

Також обов'язково потрібно приділити увагу питання забезпечення техніки безпеки при проведенні монтажних робіт.

РОЗДІЛ 1. ПЛАНУВАННЯ І ПРОЄКТУВАННЯ МОНТАЖУ АЕС

1.1 Загальна інформація про монтаж

1.1.1 Вступ і загальний історичний екскурс

Перша в світі АЕС була побудована в місті Обнінськ в 1954 р. Будівельна частина станції за винятком споруди біологічного захисту виконувалася на базі наявного на той час досвіду промислового енергетичного будівництва. Цей досвід накопичувався в процесі зведення подібних промислових об'єктів - будівель і споруд її попередників - теплових електричних станцій (ТЕС). Ці будівлі за своїм призначенням, методам будівництва і пропонованим до них вимогам найбільш близькі спорудам АЕС. Тому розвиток методів будівництва АЕС має своїм початком історію розвитку методів будівництва ТЕС.

З історії відомо, що перша електрична станція для централізованого постачання електроенергією освітлення міста була побудована в Нью - Йорку на Перл - стріт в 1882 році. У той же період часу були побудовані електростанції в Берліні, Москві, Сан-Петербурзі. Джерелом енергії були динамо-машини, які приводяться в дію паровими локомотивами. До початку 20 - го століття основним приводом генераторів стає парова турбіна. Потужності електростанцій зростають. З'являються великі на ті часи районні електростанції, а численні дрібні - закриваються. До 1910 - 1913 років потужність станції зросла до 3000 - 5000 кінських сил і більше. У зв'язку з бурхливим розвитком промисловості та поширенням побутового використання електричної енергії після закінчення першої світової війни 1914-18 років в західній Європі і Америці почалося будівництво ще більш потужних районних електростанцій. Для них потрібні були спеціальні промислові будівлі. Ці будівлі зазвичай були одноповерхові. В Радянському Союзі в 20-х роках за планом ГОЕЛРО за 10-15 років потрібно було побудувати 30 нових великих районних електростанцій потужністю в середньому по 50 000 кВт і сумарно 1 500 000 кВт.

Розвиток методів будівництва ТЕС можна охарактеризувати наступними п'ятьма етапами.

Перший етап розвитку методів будівництва. В цей початковий період для головних корпусів ТЕС застосовувалися без каркасні будівельні конструкції з масивними несучими цегляними стінами і монолітними залізобетонними, рідше металевими, перекриттями. Котловани під фундаменти копалися вручну, землю викидали з котлованів в кілька ярусів по висоті. Транспортom служили вози з кіньми (грабарки) і одноколісні тачки. Кранів не було. Цегла для кладки підносили мулярам по вісім штук на спині в спеціальних лотках (кізоньки), бетон в відрах по спеціальним сходням, прокладених з поверху на поверх під кутом приблизно 12-15 градусів з прогином і розгойдуванням при русі по ним. Для цегляних (склепінних) і особливо залізобетонних стель під ними розміщувалася суцільна дощата опалубка, що підпиралася корінними лісами по чотири на кожен квадратний метр. Арматура для залізобетону застосовувалася гнучка з дроту діаметром 1,5 - 3 мм.

Робоча сила набиралася з сіл. Селяни йшли зі своїми кіньми з возами і лопатами. Жили в тимчасових дощатих бараках. Робітників - фахівців не було. Професіями навчали на курсах після робочого дня тривалістю 10 годин. Будівництвом керували всього кілька інженерів. Будівництво велося підрядним способом, дуже повільно навіть при цілодобовій роботі. Після завершення будівництва весь колектив, що працював, звільнявся. Для наступного будівництва знову по селах розсилалися оголошення, знову організація будівництва починалася з нуля. Так були побудовані в Києві ТЕС-1, на Донбасі – Лісічанська ТЕС.

Починаючи з 1928-30 років поширюється застосування кранів - укосін, підсобних майстерень. Почали виконуватись підготовчі операції.

Другий етап розвитку методів будівництва охоплює 1946 - 53 роки. В цей час будівлі станцій будують в основному з цегли (нестача залізобетону). Великі зміни у технології будівництва були відсутні. Це пояснюється складним післявоєнним станом господарства. Але за цей час було відновлено 60 електростанцій, потужність ТЕС з 5 млн. кВт доведена до довоєнних 10 млн. кВт.

Третій етап 1953 - 61 років. На цьому етапі почали застосовувати каркасно-жорстку арматура у вигляді блоків, виготовлених на будівельній базі. Вона дозволила усунути корінні ліси опалубки, звільнивши для монтажу займану ними

площу, значно раніше приступити до монтажу обладнання та раніше закінчити будівництво.

Четвертий етап 1961 - 66 років. В цей період почалось будівництво блочних теплових електростанцій с блоками потужністю 150-200 МВт, деякі з них ще досі знаходяться в експлуатації. Тут здійснюється впровадження збірних металевих каркасів будівель і збірного залізобетону, прогресивного поточно - суміщеного методу будівництва, підвищення культури будівництва, розробка будівельного генерального плану, проекту організації будівництва і технологічних карт монтажу. Впроваджується блоковий метод монтажу обладнання, а потім і будівництва. У котельних відділеннях встановлюються постійні мостові крани вантажопідйомністю $Q = 50$ т для монтажу і наступних ремонтів.

П'ятий етап починається з 1967 року. Саме в цьому році почалось проектування і будівництво потужних енергоблоків ПКТ потужністю 300 МВт, що зараз складають основу теплової енергетики України. Цей період був спрямований на організацію та здійснення заводського блочного монтажу, тобто на здійснення «монтажу заводських блоків з коліс», на заміну в будівництві будівельних операцій монтажними.

Особливо необхідно відзначити початок масового будівництва АЕС. Були збудовані Вірменська, Чорнобильська, Рівненська, Хмельницька, Півенно-Українська, Запорізька, Інгалінська АЕС, крім того, АЕС Пакш - в Угорщині, АЕС Козлодуй - в Болгарії, АЕС Лавііза - в Фінляндії, АЕС Норд - в Німеччині, АЕС Богуніце в Словаччині, АЕС Темелін у Чехії. Всі вони побудовані в 70-х-80-х роках минулого століття. Більшість з цих станцій мають по два, три, чотири, а Запорізька - навіть шість блоків. В спорудженні багатьох АЕС брав участь Київський монтажний трест Південтеплоенергомонтаж. (Тепер акціонерна компанія), а в його складі багато випускників кафедри АЕС і ІТФ Київського політехнічного інституту.

З початку 20 століття спорудження електростанцій здійснювалось без попередньої організації підрядним способом. Після закінчення будівництва всі фахівці звільнялися. Виникали численні кустарні будівельні і монтажні організації (артілі). Для надання їм кваліфікованої допомоги і зміцнення в 1924 році було створено акціонерне товариство «Тепло і Сила» з відділеннями в ряді промислових міст, в тому числі і в Києві. Це товариство стало родоначальником ряду тепло

монтажних організацій, які, зазнавши ряд змін і реорганізацій, перетворились в монтажні трести. У Києві так виник трест Південтеплоенергомонтаж (ЮТЕМ), а згодом в Харькові - Теплоенергомонтаж (ТЕМ). Саме ці монтажні трести виконували монтаж енергоблоків РАЕС-4 та ХАЕС-2 (останній досвід монтажу крупних енергоблоків АЕС в Україні).

У 1930 році було організовано союзне об'єднання «Котлотурбіна». У його проектно-монтажне управління увійшли всі підрядні організації, що займаються монтажем електростанцій. У 1933 році в зв'язку з ростом обсягів тепломонтажних робіт воно було реорганізовано в самостійний монтажно-технічний трест з відділеннями в ряді міст. У Києві це відділення в 1936 році було реорганізовано у Всесоюзний проектний інститут з проектування електростанцій «ТЕП». В 1938 році був утворений Народний комісаріат електростанцій СРСР, куди увійшли всі монтажні трести. В 1944 році він був перейменований в Міністерство енергетики і електрифікації СРСР, а з 1956 року в його рамках в Києві створено Міністерство енергетики УРСР. З 1991 року в незалежній Україні почало діяти Міністерство палива та енергетики України. Назва цього міністерства постійно змінюється, та слово «енергетика» в назві остається постійним.

1.1.2 Технологічні основи монтажних робіт

Технологією називається вчення про обробку матеріалів, виготовленні різних деталей і збірці з них готових виробів. Слово ТЕХНОЛОГІЯ (по-грецьки *techne* - мистецтво, ремесло; *logos* - поняття, вчення) означає сукупність знань про способи і засоби обробки матеріалів.

У технології машинобудування існує три основних елементи, за якими проводиться розробка технологічного процесу: деталь - зборка - готовий виріб.

Деталлю називається неподільна частина готового виробу - або агрегату, отримана в результаті обробки будь - якого матеріалу.

Збіркою називається кілька деталей, з'єднаних між собою кріпленнями будь-якого конструктивного виду (болтами, заклепками, зварюванням, пайкою, різьбленням тощо).

Готовим виробом називається кінцевий продукт технологічного процесу, отриманий в результаті складання всіх деталей і зборок.

Технологічний процес організовує виготовлення деталей, їх складання в готові вироби і є основною частиною виробничого процесу.

Виробничий процес - це комплекс, який об'єднує технологічний процес виготовлення виробу, пов'язаний з обробкою матеріалів, складанням виробів, і ряд допоміжних процесів, що включають зберігання матеріалів і організацію заводського господарства, внутрішньозаводський транспорт, ремонт обладнання, організацію виробничого обліку і інше.

Монтаж технологічного обладнання АЕС є технологічний процес складання, що завершує виготовлення обладнання, розпочате на заводах. При цьому характеристика обладнання, інструменту, матеріалів, а також робітники, виробничі, а також технологічні прийоми, якими користуються під час монтажу устаткування АЕС, аналогічні вживаним в машинобудівному виробництві.

Виходячи з цього, в технології монтажних робіт збільшено приймають технологічну взаємозалежність, аналогічну існуючій в технології машинобудування: монтажна деталь - монтажна зборка - монтажний блок - готовий об'єкт. Розглянемо цей технологічний ланцюжок.

Монтажна деталь - це елемент реактора, парогенератора або іншого об'єкта АЕС, вага якої не перевищує 100 кг незалежно від її габаритів.

Монтажна зборка - це комплект деталей в зборі, що має вагу менше 2 т, але більше 100 кг.

Монтажний блок - це група монтажних деталей і зборок вагою не менше 2 т.

Блок, виготовлений заводом - постачальником, і має габарити, що не перевищують залізничних меж (габаритів), називається заводським постачальним блоком.

В технології монтажу існує також узагальнююче поняття *відправних марок*. Це окрема частина обладнання, що відправляється на монтажний майданчик заводом - виробником. Це може бути монтажна деталь, монтажна збірка або блок заводської поставки.

Комплект відправних марок в сумі становить реактор, парогенератор або інший об'єкт, визначається *Заводською відправною специфікацією*. (її іноді ще називають детальним описом).

Готовий об'єкт - це кінцевий продукт технологічного процесу монтажу, отриманий в результаті складання всіх відправних марок по заданому комплекту складальних креслень.

Ідеальна (бездефектна) технологія монтажних робіт включає два великих етапи:

- 1 Складання монтажних блоків і монтажних деталей;
- 2 Встановлення монтажних блоків і інших відправних марок в проектне положення.

Таким чином, технологія монтажних робіт визначає методи раціональної збірки монтажних блоків і монтажних зборок, їх транспортування, підйому і установки в проектне положення для створення готового об'єкта (наприклад, реактора). Однак в процесі монтажної зборки можуть виявлятися деякі похибки заводського виготовлення. Такі похибки повинні бути виявлені і усунені при остаточному складанні. Ці роботи називаються підгінними або пригінними. Але оскільки вже готову деталь доводиться переробляти, тому іноді їх називають ремонтними роботами. Їх кількість повинна бути мінімально. Тоді виробничий (не ідеальний) зміст монтажу включає три наступні види робіт:

- 1) Складальні.
- 2) Підгінні (ремонтні).
- 3) Підйомно – транспортні.

До складальних операцій належать всі види з'єднань, до підгінних - виправлення дефектів, тобто слюсарні, складальні та зварювальні роботи.

До підйомно - транспортних - перевезення елементів об'єкта на місце монтажу, підйом до проектного положення і закріплення даного елемента.

Для зменшення обсягу підгінних робіт заводи - виробники зобов'язані виконувати наступні вимоги:

- забезпечити високу якість виготовлення і контрольного складання суміжних елементів на заводі;
- забезпечити високу ступінь готовності елементів що виготовляються;

- організувати комплексність поставки обладнання, що виключає виготовлення деталей на монтажному майданчику.

Вибір раціонального технологічного процесу в машинобудуванні визначається головним чином масштабом виробництва, що залежить від виробничої програми. Залежно від масштабу виробництва технологія машинобудування визначає три основних типи виробництва:

Одиничне - характеризується неповторністю виробів, різноманітністю номенклатури і технологічних операцій.

Серійне - характеризується повторюваним ритмічним випуском одноманітних партій виробів.

Масове - характеризується безперервним процесом виготовлення заданого виробу, при виконанні постійно повторюваних операцій. Безперервність і ритмічність цього процесу створює потокове виробництво, тобто найбільш прогресивну форму організації праці.

Всі ці три типи виробництв - одиничне, серійне, потокове - застосовні і при монтажі обладнання АЕС. Окремі блоки з парогенераторами, насосами, трубопроводами тощо часто монтуються на основі організації одиничного виробництва. Однак в блоці парогенератори, трубопроводи ГЦТ, паропроводи, насоси ГЦН можуть монтуватися і з також застосуванням методів серійного виробництва.

Послідовне вдосконалення методу серійного виробництва призвело до методу поточно-швидкісного монтажу (потокowego виробництва). Прикладом останнього може служити монтаж 3-х блоків першої черги Запорізької АЕС.

При поточно-швидкісному монтажі суворо дотримується виробничий ритм, встановлений графіком виконання робіт, при обов'язковій безперервності виробничого процесу складання і установки монтажних блоків. Метод поточно-швидкісного монтажу переводить монтажні роботи в вищу стадію організації - в потокове виробництво. При цьому забезпечується висока продуктивність праці, скорочується тривалість виконання робіт, знижується їх вартість, підвищується якість монтажу і скорочується чисельність робітників, зайнятих на монтажі. Організаційно-технічні переваги поточно - швидкісного монтажу обумовлюють широке його застосування при монтажі блоків з реакторами ВВЕР – 1000.

1.1.3 Характеристика обладнання енергоблоків АЕС

Комплект устаткування, що забезпечує в змонтованому вигляді нормальну експлуатацію блоку, називається установкою. Атомна електростанція зазвичай складається із двох установок - реакторної і турбінної. Установки в свою чергу поділяються на системи. Система - це сукупність взаємопов'язаних елементів, призначених для виконання заданих функцій. Монтаж обладнання цих установок є складним технічним завданням. Як приклад можна розглянути дані розміщення і перелік мас тепломеханічного обладнання блоку з ВВЕР-440 [1, 2].

Реактор: Блок біологічного захисту - 70 т; корпус реактора - 215 т; верхній блок 119 т; шахта з екраном - 39т; днище шахти - 31т; корзина - 21 т; блок захисних труб - 36 т; захисний ковпак - 49т; теплова ізоляція реактора (металева частина) - 296т.

Устаткування реакторного відділення: 3400т включаючи парогенератори - 975т; головні циркуляційні трубопроводи - 168т; головні циркуляційні насоси (ГЦН) -330т; компенсатор об'єму - 130т; транспортно-технологічне обладнання - 550т; вантажопідйомні механізми - 370т; металоконструкції - 320т; інше обладнання - 557 т.

Турбоагрегати: 5460т, включаючи конденсатори - 1180 т; турбіни - 1560т; генератори - 620т; оливне господарство - 155 т; допоміжне обладнання -1360 т; трубопроводи в межах турбін - 530т; інше -55 т.

Устаткування машинного залу: 1160т включаючи деаератори - 66 т; баки та ємності - 49т; насоси - 200т, металоконструкції - 810т.

Системи спеціального водоочищення: 150 т включаючи фільтри - 70 т; теплообмінники - 40 т; насоси – 30 т; металічні конструкції - 15 т.

Системи спеціальної вентиляції - 320т.

Устаткування спец корпусу: 530т зокрема баків - 220 т; металоконструкції - 50 т; трубопроводи низького тиску - 220т.

Станційні трубопроводи (естакади): 1980 т включаючи трубопроводи з нержавіючих сталей - 430 т; трубопроводи з вуглецевих сталей-1550 т.

Устаткування зовнішніх споруд: 1960 т включаючи обладнання дизель-генераторної - 125т; обладнання береговій насосній - 128т; обладнання хімічного

водоочищення -675т; обладнання пуско-резервної котельні - 65т; обладнання компресорної - 48 т; обладнання азотно-кисневої - 20т; обладнання масляного господарства - 40 т; інше - 759 т.

Загальна вага переліченого обладнання і систем разом складає - 16696т.

Монтаж всього обладнання АЕС, в тому числі і зазначених об'єктів реакторного відділення характеризується: фізичним обсягом робіт, трудомісткістю робіт. Фізичний обсяг робіт з монтажу обладнання визначається як маса обладнання та кількість відправних марок, що надходять на монтаж від заводів - виробників. Характеристики обладнання першого контуру для ВВЕР-440 і ВВЕР-1000, що підлягає монтажу наведені нижче в таблицях 1.1 та 1.2.

Трудомісткість робіт визначається кількістю трудових витрат (в людину - днях) для монтажу конструкцій даного об'єкта. Трудомісткість розрізняють двох видів: **загальну і питому**. Загальна маса енергоблоків наведена нижче в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 Загальна маса енергоблоків

Реактор	Маса обладнання		Питомі показники на 1 МВт/ т		
	першого	другого	першого	другого	Черги
	блоку	блоку	блоку	блоку	загалом
РБМК-1000	47470	36300	47.4	6.3	41.9
ВВЭР-1000	38880	31730	38,9	31,7	35,3
ВВЭР-440	16696	13800	38,0	31,4	34,7

Загальна праце місткість - це кількість трудових витрат в людину-днях, необхідна для монтажу установки в цілому.

Питома праце місткість - це кількість праце витрат, необхідне для монтажу 1 одиниці. або 1 т маси обладнання, 1 м³ цегляною, бетонною або іншою кладки, 1 погонного метру трубопроводів тощо.

Питома праце місткість монтажу визначається діючими нормативами часу в годинниках (днях) роботи одного робочого встановленого розряду при відповідних умовах праці.

Загальна праце місткість монтажу визначається як сума добутків питомої трудомісткості на кількість одиниць роботи.

Таблиця 1.2 Характеристики обладнання 1 контуру АЕС що монтується/демонтується в реакторному відділенні з ВВЕР-1000

№	Назва обладнання	Кільк. на блок	Габарити	Товщ. стінки, мм	матеріал	Маса штуки , т	Питомі працевитрати, люд*дні/т	Працевитрати, люд*дні/шт	Працевитрати, люд*дні/блок
1	Реактор ВВЕР-440	1	ø4500x198000	200	12X2МФА	580	10/14*	5800	3674
2	Парогенератор	4	ø4300x13600	150	22К	330	4/8*	1320	3912
3	ГЦТ	4	ø1000x380000	75	22К	105	30/12*	3150	5040
4	ГЦН	4	ø3200x9720	-	22К	156	5/11*	780	1650
5	Компенсатор тиску	1	ø3300x13490	165	22К	212	9/10*	1908	1170
6	Ємність САОЗ	4	ø3170x11700	90	22К	120	10/8*	1200	2800
7	Трубопроводи до турбіни	4	ø426x80000	22	22К	860	18/10*	15300	29380
8	Живильні трубопроводи	4	ø375x70000	20	22К				
9	Кран круговий	1	9000x10000x47000	-	-	560	5	2800	1655
10	Металоконструкції Реакторного відділення	1	комплект	-	-	430	8	3440	2560
11	Транспортно-технологічне обладнання	1	комплект	-	-	420	7	2950	3860
Всього:								101988	209976

Примітка: значення зі знаком * наведені для ремонту

Праце місткість монтажних робіт залежить як від кількісних, так і від якісних факторів [3].

До кількісних факторів належать: 1) маса устаткування, що монтується, 2) число окремих відправних марок 3) число окремих з'єднань, 4) маса або обсяг теплоізоляції тощо.

До якісних факторів належать: 1) транспортабельність обладнання, 2) габарити обладнання, 3) конструктивна складність окремих частин устаткування, що монтується.

Праце місткість складальних і монтажних робіт тепломеханічного обладнання АЕС більше таких для ТЕС.

В результаті вдосконалення методів виробництва робіт тривалість монтажу тепломеханічного обладнання АЕС з часом знижується. Зокрема, застосування на монтажу нової техніки, прогресивної технології і контролю за 15 років з 1970 року, коли будівництво АЕС інтенсивно розвивалося, скоротило тривалість монтажу приблизно на 30%. Для будівництва двох енергоблоків 1000 МВт с реакторами ВВЕР діяли наступні норми часу:

- спорудження – 72 місяці, в тому числі 1-й енергоблок – 60 місяців;
- Підготовка монтажно́ї бази – 17 місяців;
- Постачання обладнання – с 18 по 63 місяця.

Контрольні питання до підрозділу 1.1

1 Назвіть і стисло охарактеризуйте етапи розвитку методів монтажу електростанцій.

2 Назвіть і охарактеризуйте елементи технологічного ланцюга монтажу АЕС.

3 Чим ідеальна (бездефектна) технологія монтажних робіт відрізняється від фактичної?

4 Назвіть і охарактеризуйте три основних типи виробництва що застосовуються в технології машинобудування.

5 Назвіть і охарактеризуйте види праце місткості.

6 Охарактеризуйте фактори, що впливають на праце місткість монтажних робіт.

7 Стисло наведіть перелік обладнання, що входить до складу реакторної і турбінної установок.

8 Стисло наведіть перелік обладнання що входить до складу загально станційних споруд і систем.

Список джерел інформації по підрозділу 1.1

1.Ященко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).

2. Топольницький М.В. Атомні електричні станції: підручник для ВУЗ. Львів: Бескид Біт, 2005. 524 с.

3. Конспект лекцій з дисципліни «Монтаж і ремонт». Донбаська державна машинобудівна академія. Донбаська державна машинобудівна академія - Краматорск, 2019 – 116 с.

1.2 Методи монтажу тепломеханічного обладнання і проєктне забезпечення монтажних робіт

1.2.1 Індивідуальний і блочний методи монтажу

1.2.1.1 Індивідуальний метод монтажу

Цей метод характерний тим, що при ньому здійснюється послідовна установка в проєктне положення всіх відправних марок обладнання, отриманих від заводів - виробників, без будь - якого попереднього укрупнення на монтажі.

Монтаж споруд і обладнання реакторного відділення індивідуальним методом збирання проводиться після приймання фундаментів і починається з послідовної установки конструкцій - окремих відправних марок, надісланих заводами - постачальниками. Спочатку встановлюються заставні деталі потім, наприклад, для реактора типу ВВЕР - біологічний захист, за нею опорна рама, потім корпус реактора, потім шахта, вигородка, потім імітатори касет, блок захисних труб, шпильки, верхня кришка, СУЗ и тощо. В такому ж не укрупненому на місці монтажу вигляді проводиться монтаж і інших елементів, наприклад, трубопроводів ГЦТ, насосів ГЦН тощо. Монтаж об'єктів закінчується теплоізоляційними роботами [1].

Трудомісткість монтажних робіт, виконуваних методом індивідуальної збірки, а також тривалість їх виробництва великі і перевищують при ті що мають місце при блоковому методі монтажу в 2 і більше разів. Основними причинами такого збільшення є:

- 1) велике число підйомів відправних марок в процесі монтажу;
- 2) складність роботи монтажників на висоті над нульовою позначкою;
- 3) необхідність влаштування складних лісів.

З цих причин метод індивідуальної збірки намагаються не застосовувати, крім випадків, коли за місцевими умовами (відсутність площ для укрупнення поруч з об'єктом що монтується) неможливо скористатися методом блочної збірки.

1.2.1.2 Блочний метод монтажу

Це основний метод, прийнятий в даний час для спорудження АЕС. Він докорінно відрізняється від індивідуального методу складання.

Блочним називається монтаж попередньо укрупнених на складально - укрупнювальному майданчику або в зоні виробництва «чистих» робіт заводських відправних марок. Особливостями блочного методу монтажу є:

- 1) збірка одночасно декількох частин об'єкта (наприклад, реактора, ГЦН, компенсатора об'єму тощо);
- 2) перед монтажна збірка укрупнених блоків, що проводиться на складально - укрупнювальному майданчику і в зоні «чистих» робіт, або в цеху перед монтажних робіт, що розташований поблизу (від 200 до 800 м) реакторного відділення;
- 3) перенесення робіт щодо укрупнення блоків з висотних умов на нульову позначку (на землю), в умови добре обладнаних кранами і малою механізацією укрупнювально складальних майданчиків (зони «чистих» робіт реакторного відділення або цеху перед монтажних робіт).

При блоковому монтажі скорочення тривалості виробничого процесу досягається за рахунок поєднання окремих видів робіт. Наприклад, паралельно з укрупнювальними (і ревізійними) роботами по збиранню блоків приймаються фундаменти реактора, парогенераторів та іншого обладнання, встановлюються монтажні механізми, ведуться будівельні роботи і підготовка до монтажних робіт.

Після приймання фундаментів відкривається фронт робіт по монтажу обладнання, яке не увійшло до блоків, а також по теплоізоляційним роботам.

Блокова збірка має переваги і по навантаженню на одиницю площі монтажної території. Так, при індивідуальній зборці питоме навантаження обладнання реакторної установки (першого контуру) дорівнює

$$q_{\text{індив}} = 4M_{\text{Р.О}} / \pi \cdot D_{\text{Р.О}}^2 K_{\text{ПЛ}} = 5 \text{т/м}^2$$

При блочному монтажі питоме навантаження буде приблизно дорівнювати

$$q_{\text{індив}} = 4M_{\text{Р.О}} / (\pi \cdot D_{\text{Р.О}}^2 K_{\text{пл}} + F) = 0,5 \text{ т/м}^2 ,$$

де M - маса обладнання реакторного відділення; $D_{\text{Р.О}}$ - діаметр герметичної зони реакторного відділення; $K_{\text{пл}}$ коефіцієнт, що враховує захащення використовуваної площі; F - площа складально – укрупнювального майданчика, зони «чистих» робіт і цеху перед монтажних робіт.

Таким чином, при наявності зазначених додаткових площ (F) створюються умови для підвищення ступеня механізації і, як наслідок, значного підвищення продуктивності праці робітників, поліпшення якості продукції та зменшення тривалості виробничого процесу монтажу. В енергетичному будівництві в усьому світі передбачається подальше зростання вироблення електроенергії, отже, і будівництво, в тому числі АЕС. Планується будівництво АЕС як в Європі (Ловіза-2 в Фінляндія, Белене в Болгарії, Пакш-2 в Угорщині), так і в країнах, що розвиваються (Кудан-Кулам-2 в Індії, АЕС у В'єтнамі). Стрімко розвиває свою атомну енергетику Китай, вони вже конструюють обладнання реакторних відділень і будують свої власні АЕС .

У ситуації зростання енергетичного будівництва великим фактором скорочення тривалості виробництва монтажних робіт, зниження їх вартості і строків будівництва станцій є технологічність енергетичного обладнання яке поставляється заводами-виробниками. Основою цієї технологічності є заводська блокова поставка обладнання, що пройшло на заводі - виробнику всі види випробувань, контрольні складання і перевірки, передбачені Технічними умовами (ТУ) на поставку обладнання.

До цих вимог належать контроль металу і якості зварювання, контроль геометричних і приєднуються розмірів блоків, гідравлічні випробування поверхонь нагріву і судин під тиском, корпусів реакторів, блоків трубопроводів, відповідно до креслень і системи допусків. Необхідне також контрольне збирання суміжних заводських блоків. Це гарантує найменшу трудомісткість монтажних робіт.

Таким чином, організована заводська блокова поставка обладнання є для монтажних організацій найбільш важливим питанням технологічної організації виробництва. Продовженням і розвитком цього напрямку за кордоном організована система монтажу обладнання «з коліс», при якому заводи - виробники відповідно до графіка поставляють до місця монтажу транспортабельні монтажні блоки частково зібраного на заводі обладнання, які негайно піднімають в проектне положення і кріплять.

1.2.2 Основні показники блочного монтажу

На підставі досвіду виконання монтажних робіт встановлена система показників, якими оцінюється ступінь досконалості технологічного процесу монтажу [1,2]. Такими показниками є:

1. Коефіцієнт блочності	K_B
2. Кількість монтажних блоків	n_B
3. Середня маса блока	g_B
4. Коефіцієнт індивідуального складання	K_{IC}
5. Ступінь технологічності монтажу	τ
6. Коефіцієнт ефективності блочного монтажу	K_{ef}

Кожен з цих показників впливає на досконалість технологічного процесу монтажних робіт.

Коефіцієнт блочності K_B - це відношення маси обладнання об'єкта (реактора і інш.), зібраного в блоки G_B , до загальної маси обладнання об'єкта G .

$$K_B = G_B / G$$

Чим більше устаткування (по масі) збирається в блоки, тим вище коефіцієнт блочності. При розробці технологічного процесу і при конструюванні монтажних блоків слід прагнути до досягнення його максимального значення. В даний час його

значення досягає 0.45.

Коефіцієнт блочності визначається для умов:

- заводської поставки обладнання $K_{з.п} = G_{з.б} / G$ (до 0,40)
- для монтажних робіт $K_{м.р} = G_{монт. б} / G$ (до 0,45)

Кількість монтажних блоків n_b – це найбільш вигідна кількість монтажних блоків, до якої потрібно прагнути при розробці технологічних процесів монтажу

$$n_b^{OPT} = G_{об'єкту} / Q_{осн},$$

де $Q_{осн}$ – вантажопідйомність крану що використовується. При цьому виходить, що середня маса монтажного блоку повинна бути рівною $Q_{осн}$ ($G_{ср} = Q_{осн}$). Але, в реальних умовах конструювання монтажних блоків майже ніколи вдається досягнути того, щоб $G_{ср} = Q_{осн}$, а значить і $n_b = n_b^{OPT}$.

Зазвичай маса блоку $G_{бл} < Q_{осн}$. Звідти $G_{ср} < Q_{осн}$. При цьому $n_b > n_b^{OPT}$.

Це призводить до збільшенню кількості підйомів, до росту трудомісткості і часу монтажу. В дійсний час $G_b^{ФАКТ} / G_{ср} \approx 0,5$. Чим ближче цей показник до 1, тим більш досконала технологія монтажу, тим менше його трудомісткість.

Чим більше середня маса відправних марок, тим менше їх кількість, що відправляються з заводу - виробника.

Коефіцієнт індивідуальної збірки (або коефіцієнт розсипи) K_{IC} це частка відправних марок, що вмонтовуються вручну. $K_{IC} = 1 - m_b / m_{заг}$, де m_b – кількість відправних марок, що входять в монтажні блоки; $m_{заг}$ – кількість відправних марок на всю поставку об'єкту. $K_{IC} \approx 40\%$.

Ступінь технологічності монтажу

$$\tau = n_b^{OPT} / n_b^{ФАКТ} \approx 0,2$$

Чим вище технологічність, тим менше трудомісткість монтажу.

Укрупнювальне складання на монтажі, економія на числі підйомів деталей кранами при цьому методі зменшують праце витрати в порівнянні з монтажем без перед монтажного укрупнення блоків. У підсумку зазвичай $K_{еф} \approx 1,25 \dots 1,35$.

1.2.3 Зміст діяльності по підготовці до монтажу і види проектної документації для монтажу

Необхідність будівництва та введення в дію генеруючих потужностей визначається запитами народного господарства: промислових підприємств, комунального господарства і транспорту та населення. Будівництво електростанцій, в тому числі АЕС з точки зору строків вводу в експлуатацію, потужності та місці розташування визначається на державному рівні.

В даний час будівництво енергетичних об'єктів, в тому числі і АЕС зазвичай ведеться за системою ЕРС-контрактації (інжиніринг - поставка - будівництво), тобто по системі «під ключ». При цьому підрядник вибирається на підставі проведення тендерів.

Тендер - це форма розміщення замовлення на будівництво, яка передбачає визначення підрядчика шляхом конкурсного відбору кращої тендерної пропозиції за критеріями, встановленими замовником.

Організація що виграла тендер (право на будівництво) укладає із замовником (власником) будівництва контракт на будівництво, де зумовлюється, об'єкту що споруджується: АЕС чи окремий енергоблок, потужність, паливо, що використовується, гарантований коефіцієнт корисної дії, вартість всього об'єкта, інша необхідна інформація. У договорі обов'язково обумовлюються фінансові питання, штрафи за невиконання його умов тощо.

Самим першим етапом робіт по будівництву АЕС є вибір майданчика для будівництва. Вибір майданчика для будівництва АЕС в густонаселених районах України є складним і відповідальним завданням.

При виборі майданчика повинні враховуватися місцеві умови району будівництва, природно-кліматичні умови, охорона навколишнього середовища та радіаційні фактори.

Крім майданчиків існуючих АЕС, для будівництва АЕС в Україні розглядалися також майданчики в районі Чигирин, Керчі (Кримська АЕС), Одеси.

При виборі майданчика АЕС обов'язково враховується:

- право на володіння або довгострокову оренду ділянки землі під забудову АЕС, ставка-охолоджувача і підсобних об'єктів площею не менше 10 км²;
- потужність АЕС з врахуванням коефіцієнту її використання. Це визначає кількість тепла, що скидається в навколишнє середовище. Велика його кількість може призвести до незворотних порушень екологічних процесів в навколишньому середовищі;
- відстань від АЕС до споживача. Майданчик для АЕС 440 МВт повинен розташовуватися на відстані не ближче 25 км від міст з населенням понад 300 тисяч чоловік і не ближче 40 км від міста з населенням понад 1 млн. чоловік;
- геологічні, гідрологічні та метеорологічні умови. Майданчик вибирається з умови сприйняття спорудами АЕС першої категорії землетрусу з повторюваністю 1 раз в 10 000 років. На майданчиках із сейсмічністю 9 балів МРЗ будівництво АЕС не допускається. Ґрунти повинні задовольняти вимогам будівництва;
- потреба в наявності джерел технічного та питного водопостачання. Необхідність спорудження штучного ставка-охолоджувача і будувати систему питного водопостачання роблять роботи значно дорожчими і збільшують ділянку землі, що відводиться для будівництва. Треба приймати до уваги, що для двох енергоблоків АЕС потужність по 1000 МВт необхідно 75 м³/с води для охолодження і 10 м² дзеркала ставка-охолоджувача на кожний кіловат встановленої потужності;
- також необхідно приймати до уваги наявність будівельних матеріалів (бут, пісок, глина тощо) і близькість залізничних автомобільних та водних шляхів, необхідних для підвозу обладнання і вивозу відходів.

Відповідно до Закону України про використання ядерної енергії [3], пропозиції про розміщення майданчика АЕС вносяться Кабінету міністрів України.

При внесенні пропозиції заявник повинен надати наступні матеріали:

- характеристика навколишнього природного середовища в районі вибраного майданчика;
- оцінку впливу на довкілля (ОВНС) для будівництва, монтажу, експлуатації та зняття з експлуатації АЕС;
- заходи по попередженню негативного впливу на довкілля що передбачені проектом.

Рішення про будівництво АЕС приймається Кабінетом міністрів спільно з місцевими органами самоврядування на підставі висновків державної експертизи (і інших експертиз при необхідності). При цьому повинні бути розроблені додаткові заходи спрямовані на соціально-економічний розвиток регіону.

Після того, як вибір майданчика будівництва завершено починають розробку проектної документації для будівництва: Техніко-економічне обґрунтування інвестицій (ТЕО, Проект, що включає Проект організації будівництва (ПОБ) і робочу документацію.

Розробка Техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) інвестицій виконується на підставі завдання на проектування та тендерного завдання [4].

ТЕО обґрунтовує основні проектні рішення, потужність АЕС, забезпечення сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, паливом, електричною та тепловою енергією, водою а також трудовими ресурсами В ТЕО остаточно т обґрунтовується вибір конкретної ділянки для будівництва, визначається вартість будівництва та основні техніко-економічні показники.

ТЕО складається, як правило, з таких розділів:

1. Вихідні положення, в яких зазначається технічна можливість та економічна доцільність будівництва об'єкта в цілому, за чергами та пусковими комплексами.

2. Обґрунтування проектної потужності АЕС;

3. Обґрунтування чисельності нових або додаткових робочих місць виробничого персоналу.

4. Дані про наявність сировинної бази, про забезпечення паливом і основними матеріалами, енергоресурсами, напівфабрикатами, трудовими ресурсами з обґрунтуванням можливості їх використання або одержання.

5. Дані інженерного вишукування.
6. Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС).
7. Схеми генплану та транспорту.
8. Схема зведеного плану інженерних мереж.
9. Основні рішення з інженерної підготовки території і захисту об'єкта від небезпечних природних чи техногенних факторів.
10. Основні технологічні, будівельні та архітектурно-планувальні рішення.
11. Основні рішення та показники з енергоефективності, порівняння варіантів, облік і використання вторинних та поновлюваних ресурсів, з охорони праці.
12. Основні рішення по поводженню з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) і радіоактивними відходами (РАВ);
13. Основні положення з організації будівництва.
14. Заходи щодо технічного захисту інформації.
15. Основні рішення з вибухової і пожежної безпеки виробництва.
16. Основні рішення щодо реалізації інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони).
17. Принципові рішення по зняттю АЕС що проєктується з експлуатації.
18. Обґрунтування ефективності інвестицій.
19. Висновки з визначенням вибраного варіанту запропонованих рішень та пропозиції.
20. Проектна тривалість будівництва.
21. Техніко-економічні показники.
22. Кошторисна документація.

Розробка проєкту АЕС здійснюється після того, як ТЕО пройшло державну експертизу і затверджене на рівні Кабінету міністрів України. Призначення і мета розробки проєкту будівництва АЕС - розробка, прийняття і затвердження основних технічних рішень по будівництву АЕС по оптимальному варіанту, обґрунтованому в затвердженому ТЕО.

Проєкт АЕС складається з наступних частин [4]:

- загальна Пояснювальна записка;

- генеральний план і транспорт (пояснювальна записка і креслення);
- технологічна частина (пояснювальна записка і креслення);
- архітектурно-будівельні рішення (пояснювальна записка і креслення);
- організація будівництва;
- кошторисна документація

Пояснювальна записка складається з наступних частин:

1. Вихідні дані для проектування.
2. Коротка характеристика об'єкта будівництва.
3. Дані інженерного вишукування.
4. Відомості про потреби в паливі, воді, тепловій та електричній енергії, заходи щодо енергозбереження тощо, окремо на власні потреби та на технологію.
5. Відомості про черговість будівництва та пускові комплекси.
6. Основні рішення та показники по генеральному плану, інженерних мережах і комунікаціях.
- 8 Відомості про інженерний захист територій.
9. Охорона праці.
10. Розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони).
11. Розділ із забезпечення надійності та безпеки.
12. Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС).
12. Оцінка ефективності прийнятих рішень і порівняння техніко- економічних показників проекту з показниками, які схвалені в ТЕО .
18. Відомості з обсягами робіт.

Проект проходить комплексну Державну експертизу і після його затвердження він є вихідними даними для розробки робочої документації.

Проект організації будівництва (ПОБ) є розділом проекту будівництва АЕС і розробляється проектною організацій і проходить державну експертизу. Саме по ньому здійснюється її будівництво.

ПОБ встановлює порядок розгортання, терміни початку і закінчення будівництва в цілому і кожного блоку окремо, організацію будівельного майданчика, методи виконання робіт і механізацію будівництва, потреба в людях, матеріально-технічних ресурсах і терміни їх задоволення, порядок забезпечення житлом і виробничими приміщеннями робітників.

В склад ПОБ входять:

- пояснювальна записка з характеристикою особливостей виробництва робіт, обґрунтуванням порядку розгортання будівництва та термінами його виконання, аналізом ситуації спорудження об'єкта;
- план фінансування вказує терміни закінчення робіт і їх фінансування;
- план забезпечення будівництва матеріальними і енергоресурсами;
- зведений мережевий графік і календарний план будівництва з термінами виконання будівельно-монтажних робіт;
- зведений графік руху робочої сили.
- будівельний генплан промислового майданчика в масштабі 1:1000 з розміщенням на ньому всіх постійних і тимчасових наземних і підземних споруд, всіх з/д шляхів, автомобільних доріг, шляхів під козлові крани, повітря газопроводів, водопроводу, паропроводу, електропостачання, складського господарства, механізації вантажно-розвантажувальних робіт, з виділенням площі для розміщення тимчасового і культурно-побутового будівництва, підсобних підприємств, майстерень ініціативних торгових фірм;
- принципова такелажна схема і короткий опис методів монтажу обладнання в головному корпусі і інших об'єктів із зазначенням потреби в мостових, козлових, з/д і безрейкових кранах, транспортних засобах;
- відомість потреби в обладнанні: в верстатах, повітряних компресорах, кисневому обладнанні, ацетиленових станціях, в роздавальних пристроях кисню, природного газу тощо.

Розробка робочої документації, у відповідності до якої здійснюється будівництво і монтаж АЕС здійснюється на підставі і відповідності до

затвердженого проєкту [5].

Робоча документація розробляється безпосередньо для виконання будівельно-монтажних робіт на підставі затвердженого Проєкту.

До складу робочої документації повинні входити:

- робочі (монтажно-складальні для трубопроводів і встановлювані для обладнання) креслення, виконані відповідно до вимог нормативних документів Системи проєктної документації для будівництва (СПДБ);
- кошторисна документація;
- специфікації на обладнання, вироби та матеріали;
- опитувальні листи та й габаритні креслення на відповідні види обладнання та виробів;
- вихідні вимоги на розробку конструкторської документації на обладнання індивідуального виготовлення.

На монтажно складальних кресленнях вказуються межі проєктування трубопроводів з нанесенням приєднувальних розмірів, місць установки опор і підвісок, ухили, дренажні, продувні, зливні штуцери, що звужують пристрої, дистанційні приводи до арматури тощо.

Контрольні питання до підрозділу 1.2

1. Дайте визначення і охарактеризуйте існуючі методи монтажу обладнання АЕС.
2. Які переваги дають додаткові площі при блочному монтажі?
3. Наведіть в якості прикладу значення і поясніть призначення показників блочного монтажу.
4. Які переваги дає на монтажі блочна поставка обладнання?
6. Яким чином будівель компанія отримує завдання на спорудження АЕС?
7. Які основні вимоги до майданчика будівництва АЕС під час його вибору?

8. Які існують етапи проєктування АЕС?
9. Що таке ПОБ, його призначення і стисла характеристика змісту?

Список джерел інформації до підрозділу 1.2

1. Яценко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).
2. Конспект лекцій з дисципліни «Монтаж і ремонт». Донбаська державна машинобудівна академія. Донбаська державна машинобудівна академія - Краматорск, 2019 – 116 с.
3. Закон України Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку. Постанова Верховної Ради . Затверджено постановою Верховної ради № 40/95-ВР від 08.02.95.
4. ДБН А.2.2-3-2014.Склад та зміст проектної документації на будівництво. ЗАТВЕРДЖЕНО: наказ Мінрегіону України від 04.06.2014 р. № 163.
5. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації». Прийнято та надано чинності: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 24.01.2009 р. № 29.

1.3. Будівельна та монтажна база майданчика АЕС.

1.3.1 Допоміжні споруди та виробництва для спорудження АЕС

1.3.1.1 Виробничі підприємства для спорудження АЕС

До виробничих підприємств, що забезпечують будівництво АЕС відносяться :

- кар'єри і підприємства нерудних копалин забезпечують будівництво АЕС піском, гравієм, щебнем і гравійно-піщаною сумішшю.
- заводи збірного залізобетону обладнання забезпечують майданчик будівництва АЕС залізобетонними конструкціями, що випускаються відповідно до номенклатури, яка в свою чергу використана в проектній документації на будівництво.
- заводи металоконструкцій випускають металоконструкції відповідно до проектної документації стадії КМД (конструкції металеві деталізовані), розробленої проектними організаціями;
- заводи нестандартного обладнання випускають деталі і елементи трубопроводів, баки та ємності, а також інше обладнання.

1.3.1.2 Допоміжні споруди та виробництва на майданчику будівництва АЕС

При плануванні більшу частину території майданчика АЕС, що будується (монтажної бази), згідно будівельного генплану відводять під складські і складально-укрупнювальні і інші майданчики, попередньо визначивши їх перелік і розрахувавши необхідні для них площі [1,2].

Визначення площ споруд і майданчиків здійснюється наступним чином.

Площа реакторного відділення при модульному компонуванні (модуль - 6 м.)

прийнята, для реактора ВВЕР-1000 $66 \times 66 = 4356 \text{ м}^2$ і для ВВЕР-440 $60 \times 60 = 3600 \text{ м}^2$. Площа турбінного відділення відповідно дорівнює $66 \times 126 = 8316 \text{ м}^2$ і $60 \times 120 = 7200 \text{ м}^2$. Площа цеху перед монтажних робіт відповідно дорівнює 5112 і 3100 м^2 .

Перелік і площ інших, необхідних для монтажних робіт об'єктів визначаються їх потребою і наводяться нижче в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 Перелік і площа об'єктів, необхідних для проведення монтажних робіт

Перелік об'єктів	Площина F_i , м^2 ВВЕР-1000/440 чи розміри, м
Реакторне відділення	4356 /3600
Турбінне відділення	8316 /7200
Дизель-генераторна	20 x 20
Об'єднаний допоміжний корпус	Відповідно до вимог НД
Станційна компресорна	10 x 15
Азотно-киснева станція	20 x 15
Лабораторно-побутовий корпус	20 x 50
Спеціальний корпус	Відповідно НД
Адміністративний корпус	Відповідно НД
Сховище радіоактивних відходів	Відповідно НД
Їдальня	1 м^2 на 1 чоловіка
Пускова резервна котельня	Відповідно НД
Цех перед монтажних робіт	5112/3100
Аргона газифікаційна станція	Відповідно НД

Продовження таблиці 1.1

Ацитилено регенераторна станція	Відповідно НД
Сховище рідкого пропан-бутану	Відповідно НД
Склад карбіду кальція	Відповідно НД

Перелік об'єктів	Площина F_i, м² ВВЕР-1000/440 чи розміри, м
Склад матеріальний теплий	Відповідно НД
Склад матеріальний холодний	Відповідно НД
Матеріальний склад-навіс	Відповідно НД
Бокс контролю зварювання на збірно-укрупнювальному майданчику	20 x 15
Склад кислоти тарний	Відповідно НД
Відділ підготовки виробництва	Відповідно НД
Закрита стоянка автомашин	30 на 1 машину
Депо ремонту тепловозів	50 на 1 тепловоз
Цех (тепляр) збірки лопатей турбін	800/1000
Механічні майстерні	Відповідно НД
Трансформаторна підстанція і введення електричної мережі	Відповідно НД
Загальна площа забудови	$F_{\text{заб}} = \sum F_i$
Складально-укрупнювальний майданчик (СУМ)	Визначається розрахунком
Майданчик важковаговиків	Визначається розрахунком
Площина всіх відкритих складів	Визначається розрахунком
Площина підкранових шляхів	3-5% від площини СУМ
Площина під залізничними шляхами	≈10000 на 1 енергоблок
Площина під автодорогами	≈10000 на 1 енергоблок
Площина житлового селища	≈7 на 1 робітника
Площина під дирекцію АЕС	≈30000 на 1 енергоблок
Площина озеленення	≈5000 на 1 енергоблок
Загальна площа майданчиків	$F_{\text{майд}} = \sum F_i$
Площина виробничої монтажної бази	$F_{\text{вб}} = F_{\text{заб}} + F_{\text{майд}}$
Щільність забудови	$\Pi_{\text{зб}} = F_{\text{заб}} / F_{\text{вб}} * 100\%$

Площина, що відводиться монтажній базі	$F_{\text{від}} = F_{\text{вб}} * K_{\text{вик}}$
Коефіцієнт об'єктивного використання площини	$K_{\text{вик}} \approx 1,15$

Нижче наведені розрахунки окремих складових площ буд генплану.

Майданчик для важковаговиків .

На ньому розміщують отримані з заводів-виготовлювачів корпус реактора, компенсатор об'єму, парогенератори тощо. Його площа визначається сумою площ покладених на неї елементів і проходами шириною 0,8 м.

$$F_{\text{ВВ}} = 1,15(F_{\text{Р}} + F_{\text{КО}} + nF_{\text{ПГВ}} + nF_{\text{ГЦТ}} + nF_{\text{САОЗ}})K_{\text{С}},$$

де $K_{\text{С}}$ – коефіцієнт, що враховує суміщення робіт, якщо монтується одночасно кілька блоків.

$$K_{\text{С}} = T * n / (T + t_{\text{М}}(n-1)),$$

де T - тривалість монтажу першого блоку, міс; n – кількість блоків що одночасно монтуються; $t_{\text{М}}$ - крок потоку монтажу, місяці

$$t_{\text{М}} = T(n - K_{\text{С}}) / K_{\text{С}}(n-1)$$

В разі, коли звичайно тривалість монтажу складає 60...70 місяців, $t_{\text{М}}$ попередньо приймають 12-18 місяців.

Склади .

Інструкція про порядок збереження енергетичного обладнання на об'єктах Міненерго і будівельних фірм в середній кліматичній смузі - на Україні визначає наступний розподіл типу складських приміщень і майданчиків і площ, які вони займають:

Частка D_1 закритих, опалювальних складів - 0,02 площі складів;

Частка D_2 закритих, холодних складів - 0,1 площі складів;

Частка D_3 навісів - 0, 03;

Частка D_4 відкритих майданчиків - 0,85 площі складів;

Допустимі питомі навантаження на несучі основи складів:

- для закритих опалювальних складів $q = 0,4$;
- для закритих холодних складів $q = 0,6$;
- для навісів і відкритих майданчиків $q = 1,1$

Загальна маса, що розміщується на складах

$$Q = Q_{\text{ОБ}} + Q_{\text{ІЗОЛ}} \quad (Q_{\text{ІЗОЛ}} \approx 0,5Q_{\text{ОБ}}),$$

де $Q_{\text{ОБ}}$ і $Q_{\text{ІЗОЛ}}$ – маса обладнання та ізоляції (т).

Площі складів підраховують за формулами:

$$S_{\text{ВІДК}} = QK_C (D/q)_{\text{ВІДК}} = 0,77QK_C$$

$$S_{\text{НАВ}} = QK_C (D/q)_{\text{НАВ}} = 0,027QK_C$$

$$S_{\text{ХОЛ}} = QK_C (D/q)_{\text{ХОЛ}} = 0,11QK_C$$

$$S_{\text{ОПАЛ}} = QK_C (D/q)_{\text{ОПАЛ}} = 0,033QK_C$$

Загальна площа складів, м^2 , дорівнює:

$$S_{\text{СКЛ}} = S_{\text{ВІДК}} + S_{\text{НАВ}} + S_{\text{ХОЛ}} + S_{\text{ОПАЛ}}$$

Площа складально-укрупнювальних майданчиків.

На складально-укрупнювальні майданчики надходить обладнання, вже частково зібране в блоки на заводах-виробниках. Це враховується коефіцієнтом блочності $K_B = 0,1-0,3$. На майданчики обладнання надходить періодично, тому коефіцієнт завантаження їх площі $\beta = 0,8 - 1,2$. Можливий питомий тиск обладнання на ґрунт приймають $q_{\text{СУМ}} \leq 1,5 \text{ т / м}^2$.

Площа складально-укрупнювального майданчика підраховують за формулою:

$$S_{\text{СУМ}} = Q_{\text{ОБ}}\beta(1 - K_B)K_C/q_{\text{СУМ}}$$

Після підрахунку площ складів, складально-укрупнювального майданчика і майданчика важковаговиків необхідно знайти їх ширину і довжину. Ширина кожної площі визначається довжиною прольоту встановленого козлового крана. Для

майданчика важковаговиків 20м; для складів 32 або 42 м; для складально-укрупнювального майданчика 42м. Якщо їх довжина виходить більше ~ 800м, тоді їх розміщують частинами в двох-трьох місцях. Площа, зайняту підкрановими шляхами і кабельним лотком, компенсують збільшенням на ~ 3%.

Площа, зайнята з / д шляхами.

Відведена ширина з / д шляхів 4 м. Прорахувавши необхідну довжину шляхів, отримаємо площу землі під ними. Приймається, що на один (перший) блок під з / д шляхи відводять 10 000 м² землі.

Площа, зайнята автодорогами

Площу, зайнята автодорогами при їх ширині 4 м визначають загальною їх довжиною. Можна також її прийняти рівною 10 000 м² на один (перший) блок.

Площа озеленення території блоку.

Площа з зеленими насадженнями комплексу блоку Як мінімум дорівнює 5000 - 6000м².

Обсяг робіт по плануванню і освоєнню будівельного майданчика АЕС, прокладанню з/д шляхів, автодоріг і зовнішніх інженерних мереж, що підлягають виконанню в підготовчий період, становить близько 50% загального обсягу робіт підготовчого періоду.

Залізничні колії повинні направлятися від в'їзду на територію будівельного майданчика до будівель реакторних і турбінних відділень до складів і складально-укрупнювальних майданчиків, розташованих за 100 - 200 м від останніх.

Схема авто і з/д доріг повинна виключати перетинання вантажопотоків. З огляду на подачу від складально-укрупнювального майданчика в головний корпус надгабаритних елементів (блоків) обладнання, з/д шляху на цієї ділянці повинні бути прямі. Допустимі заокруглення радіусом величиною 160 м. Простір уздовж цих шляхів не повинен забудовуватися на відстань 8-10 м в кожную сторону від головки рейки.

Так як в реакторному відділенні немає вільних місць для складування блоків (вантажів), їх подачу в зону дії монтажних кранів організовують таким чином, щоб забезпечити безперебійність монтажу обладнання (за так званим методом «з коліс»)

в потрібній технологічній послідовності при повному завантаженні монтажних кранів і без тривалих простоїв з/д платформ під розвантаженням.

Цех перед монтажних робіт (ЦПР)

Цех перед монтажних робіт призначений від своєчасної і всебічної перед монтажної підготовки обладнання, від якої в свою чергу залежить висока якість монтажних робіт. Він оснащений засобами механізації, стендами і пристосуванням для збірки монтажних блоків і контролю якості зварних швів.

У ЦПР проводиться розконсервування, контрольне складання і укрупнення устаткування допоміжних систем першого контуру (великі запірні засувки, системи оливи, системи ущільнень, насоси, фільтри, теплообмінники та інше). Тут збирають в блоки трубопроводи з аустенітних і плакованих сталей, ведуть укрупнювальне складання листових конструкцій і іншого обладнання, як для реакторного, так і для турбінного відділення.

У ЦПР проводять також ревізію і наладку дистанційних приводів арматури, обв'язку трубопроводами теплообмінників та інших судин першого контуру і спецкорпусу.

У ЦПР проходять перевірку всі зварні з'єднання, виконані в цеху, крім того, тут виготовляються зразки для контролю зварних швів, ремонт і налагодження зварювального обладнання, ремонт, наладка і випробування монтажних механізмів, спеціальної оснастки тощо.

ЦПР для спорудження АЕС з блоками ВВЕР монтують із збірного залізобетону в двох прольотах шириною 12 м і 18 м, довжиною 102 м. У проліт 18 м вводять з/д колію і для обробки платформ встановлюють два мостових крана по $Q = 10$ т, а в другій проліт введена автодорога для автомашин. Їх обслуговують дві кран-балки по $Q = 3,2$ т. Між прольотне переміщення обладнання здійснюють за допомогою рейкового візка вантажопідйомністю 5 т.

В прольоті 12 м в основному виготовляють блоки трубопроводів. Для цього тут встановлені стелажі для складування труб, трубозгинальні верстати, стенди плазмового різання секторів для зварних відводів трубопроводів, складання і зварювання труб в блоки з нержавіючих сталей.

В прольоті 18 м виготовляють нестандартне обладнання - в основному бакове господарство і технологічні металоконструкції. Для цього там встановлено гільйотинні ножиці, листозгинальний прес і листозгинальна машина для різання та згинання листової сталі, а також зварювальне обладнання для зварювання сталевих листів в рулони, які потім відправляються на монтаж. Зварні шви перевіряються в окремому боксі з монолітного залізобетону за допомогою гамма - установки. Зібрані монтажні блоки подають кранами на з/д платформи. Вони повинні мати такі габарити, щоб могли пройти крізь монтажні отвори шириною 10-12 м і висотою 8-12 м. Більш легкі монтажні блоки по дають крізь монтажні отвори і на кузові автомашини транспортують в головний корпус або інші корпуси і встановлюють в проектне положення.

Ремонтно-механічна майстерня (РММ)

Ремонтно-механічна майстерня виконана зі збірного залізобетону і розміщена в окремій будівлі, що розташовується на вимогу виробничих зв'язків поруч з ЦПР.

Майстерня обладнується металообробними верстатами, в тому числі токарними, фрезерними з набором відповідного оснащення, свердлильними, стругальними, пресом і іншим обладнання, а також має слюсарний ділянку. Майстерня бере участь в комплексі робіт ЦПР, виконуючи дрібні перед монтажні складальні роботи, проводить ремонт інвентарного обладнання та інвентарю всієї монтажно́ї бази. Площа РММ становить 120- 236 м².

Житлове селище монтажних кадрів

Житлове селище монтажних кадрів організує і споруджує будівельна організація або інший уповноважений замовника.

Для робітників, початківців спорудження станції, необхідно з першого дня роботи на виділеній пустельній місцевості мати житло, що відповідає хоча б мінімальним умовам суворого життя.

Обсяги спорудження тимчасових житлових і культурно-побутових будівель для будівельних і монтажних кадрів визначаються на основі розрахунку кількості жителів, що підлягають розміщенню на період будівництва АЕС.

Розрахункова кількість робочих приймається за графіком руху робочої сили. За розрахункове приймається число робочих середнє з двох суміжних кварталів, в одному з яких зайнято максимальну кількість робочих. Якщо прийняти n - число робітників, зайнятих на будівельно-монтажних роботах, а m - кількість підлягають розміщенню жителів, то їхнє відношення дорівнюватиме: $m / n = K_1 * K_2 * K_3$, де K_1 - коефіцієнт, що враховує робочих підсобних та інших господарств, ІТП і службовців, що дорівнює 1,5; K_2 - коефіцієнт сімейності, рівний 1,8; K_3 - містобудівний коефіцієнт, що дорівнює 1,12. Тоді $m / n \approx 3$. Значить вимагають розміщення людей в три рази більше ніж робочих кадрів.

Середня норма житлоплощі на одного жителя повинна прийматися за санітарними нормами, але в середньому не нижче 7 м^2 . Крім того, на кожного жителя селища повинно бути передбачено $10\text{-}11 \text{ м}^3$ будівель соціально культурно побутового призначення (столові, магазини, ясла, дитячі садки, школа, лікарня, клуб, пошта, телефон, баня тощо). Частина цих об'єктів може бути виключена з переліку тільки за згодою тих хто працює.

Можливо тимчасове використання для потреб АЕС за наймом частини житлоплощі найближчих постійних селищ, розташованих за $15\text{-}25 \text{ км}$ з перевезенням цих людей транспортом будівництва. Але це становить лише $10\text{-}12\%$ необхідного житла. З розвитком будівництва необхідно споруджувати капітальні житлові будинки.

1.3.2 Планування монтажних робіт

1.3.2.1 Календарний план

Календарний план являє собою лінійний графік проведення всіх робіт, заздалегідь розроблений на основі передової технології монтажу та прийнятої послідовності установки блоків і вузлів устаткування в проектне положення. Тривалість робіт (змін) по монтажу кожного блоку, вузла, окремої монтажною марки, що залежить від ваги блоку що монтується, питомих праце витрат та кількості

працівників, визначають за формулою:

$$T_{зм} = Q_{\text{МОНТ.ЕЛЕМ.}} \cdot t_{\text{пит.}} / P_{\text{пр.}}$$

Роботи на лінійному графіку зображені відрізками горизонтальних ліній довжиною від початку роботи до її закінчення, нанесених на календарній помісячній сітці. Інтервал між вертикальними лініями може бути і менше місяця або більше. Це визначається тривалістю робіт по монтажу кожного окремого блоку. Послідовність монтажних робіт визначається послідовним розташуванням переліку робіт зверху вниз. Приклад календарного плану монтажу наведений нижче.

Робота	Одиниця вимірюв.	Обсяг	Місяці															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Робота 1	чол./дні	600																
Робота 2	чол./дні	450																
Робота 3	чол./дні	320																
Робота 4	чол./дні	300																
Робота 5	чол./дні	200																

Календарний план дає наочне уявлення про те коли починається і коли закінчується кожна робота і її черговість. Тривалість робіт визначають виходячи з кількості працюючих. Можлива зворотна задача, коли задавшись терміном монтажу визначають потрібну кількість робітників.

1.3.2.2 Мережний графік.

Мережний графік визначає технологічну послідовність виконання всіх робіт, визначає їх взаємні залежності і є графічною моделлю споруджуваного об'єкта. Тут відображена залежність виконання кожної роботи від іншої, що дає можливість прогнозувати хід будь-якого процесу (підготовчого, монтажного, ремонтного, приймального). Такий принцип (графік) дає можливість в ході робіт заздалегідь усувати порушення ритму що з'являються. Мережний графік на відміну від

лінійної моделі є графічною моделлю проведення всього комплексу робіт і при зміні умов монтажу його не складають знову а тільки змінюють данні щодо тривалості відповідних робіт.

Приклад мережевого графіка представлений на рисунку 1.1.

На мережному графіці відрізками прямих зі стрілками позначають роботи, кружки – це події, пунктирні прямі – це залежності. Цифри під стрілками оцінками подій), цифри в кружках - номери подій.

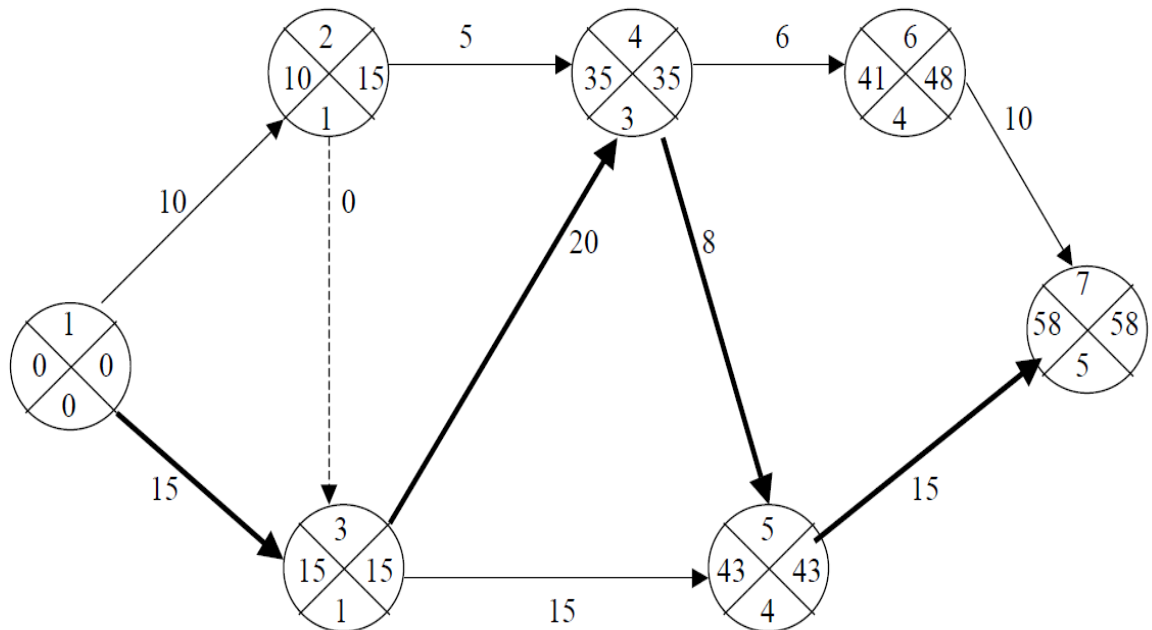


Рисунок – 1.1 - Мережевий графік

На мережному графіці під поняттям «робота» позначають різні виробничі процеси (монтаж фундаменту, монтаж насоса тощо), а також операції, що забезпечують виробничі процеси (отримання технічної документації, обладнання тощо), чекання що не потребують затрат праці. Подія – результат виконання однієї чи декілька робіт.

Неперервна послідовність робіт називається шляхом. Довжина шляху визначається сумою довжини робіт, що його складають. Шлях найбільшої довжини між початковою та кінцевою подією називається критичним. На прикладі він позначений товстими лініями. Всі роботи чи події, що відносяться до цього шляху також називаються критичними.

Події (вершини) мережевого графіка містять наступну інформацію. В верхній чверті міститься номер події, в нижній чверті – номер попередньої події, з якою ця подія пов'язана. В лівій чверті міститься час початку, а в правій чверті час закінчення цієї події.

1.3.2.3 Графік руху робочої сили

Цей графік відображає число робітників, що виконують монтажні роботи в кожен момент часу від початку будівництва до кінця. Він складається спільно з календарним планом на основі підрахунку необхідної кількості робочих на кожен день і на весь період виконання робіт. Графік руху робочої сили на монтажі наведений на рисунку 1.2.

Число робочих повинно зростати в міру розгортання робіт, досягати максимуму з подальшим спадом до кінця монтажу. Зазвичай графік виходить з декількома максимумами і провалами, які дають зрозуміти тимчасове скорочення і знову незабаром набір робітників. Це явище небажане. Графік в таких випадках оптимізують, тобто змінюють терміни окремих робіт, щоб мати на графіку один максимум і плавне зменшення числа робочих до кінця монтажу.

В даний час створено програмні продукти, які дозволяють поєднувати одночасно календарні плани, мережеві графіки, графіки руху робочої сили одночасно оптимізуючи і взаємно пов'язані документи. До таких програмних продуктів наприклад належить Oracle Primavera.

Primavera - найпотужніший, надійний і простий у використанні інструмент для аналізу і оцінки можливості реалізації багатокритеріального ранжування проектів, безпосереднього планування, управління і реалізації проектів, програм та портфелів. Primavera пропонує єдине рішення для управління проектами будь-якого розміру і будь-якого ступеня складності, легко масштабується під різні цілі, потреби і навички співробітників організації і команди проекту.

Переваги програмного продукту:

- забезпечує розробку стратегічно вірного набору проектів;

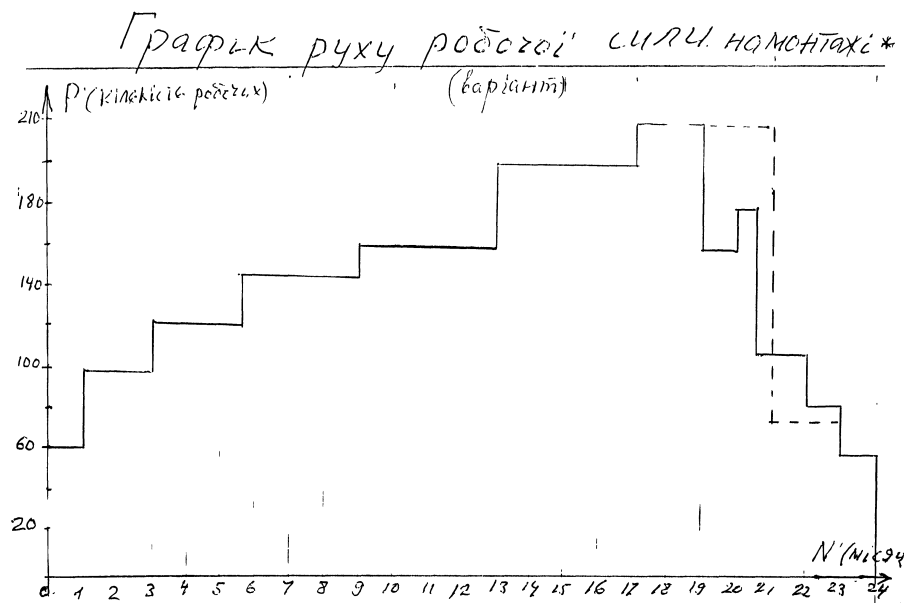


Рисунок – 1.2 - Графік руху робочої сили на монтажі

- дозволяє планувати, складати календарний графік і управляти великомасштабними програмами і окремими проектами;
- забезпечує управління використанням ресурсів;
- дозволяє оптимально розподіляти ресурси і відстежувати хід виконання проекту;
- забезпечує моніторинг та звітування про реалізацію проекту по відношенню до початкового графіку;
- сприяє успішній співпраці учасників проекту;
- забезпечує інтеграцію з системами управління фінансовими потоками і людськими ресурсами.

У рамках додаткових опцій Oracle Primavera дозволяє складати точні календарні графіки, прогнози про витрати і ресурси, виконувати розрахунок витрат проекту за допомогою оцінки прямих і непрямих витрат ресурсів і оцінювати стан проекту по відношенню до календарного графіку і бюджету з допомогою аналізу отриманих ключових показників ефективності.

1.3.2.4 Проект виконання робіт (ПВР)

Монтаж обладнання АЕС може бути успішно здійснено тільки при повному і своєчасному забезпеченні робіт проектною та проектно-технологічною документацією після глибокої попередньої проробки технології та технічних умов монтажу [2,3]. Проектування організації робіт по монтажу тепломеханічного обладнання завершується випуском Проекту виконання робіт (ПВР), що складається на основі Проекту організації будівництва (ПОБ), проекту АЕС і робочих креслень на об'єкти АЕС.

Якщо на першій стадії проектування АЕС опрацьовується загальний комплекс питань монтажу, що мають принциповий характер, - тобто створення ПОБ, то на другій стадії розроблюється ПВР. Прийняті в ПВР рішення повинні відповідати вимогам сучасного рівня техніки і технології монтажних робіт, базуватися на передовому досвіді з максимальним використанням типових проектів і забезпечувати введення об'єктів в прийняті договором терміни.

Одночасно необхідно передбачати скорочення трудомісткості, зниження вартості, підвищення рівня механізації монтажних робіт і підвищення їх якості.

ПВР розробляється або проектним відділом будівельної фірми (будівельного тресту), або спеціалізованим проектно-технологічним інститутом (проектною фірмою).

Вихідними даними для розробки ПВР є:

- проект (технічний проект) АЕС;
- робоча документація об'єктів (технологічної та будівельної частинах) АЕС;
- будгенплан майданчика, відведеного під АЕС;
- специфікація тепломеханічного обладнання (або затверджений за результатами тендерів його перелік);
- терміни поставки основного і допоміжного обладнання;
- терміни введення в експлуатацію блоків;
- стан будівельних робіт до початку монтажу обладнання;

- передбачені вантажопідйомні крани;
- діючі норми, правила і стандарти з ядерної та радіаційної безпеки, а також Норми системи охорони праці, СНиП, ДБН тощо.

ПВР складається з пояснювальної записки і креслень, схем, технологічних карт, і містить коротку характеристику АЕС, що монтується. Містить інформацію щодо маси устаткування і обсягів монтажних робіт, описує організацію монтажної бази з визначенням розмірів тимчасових споруд, складів, складально-укрупнювальних майданчиків, способи транспортування обладнання на базі.

ПВР дає розрахунок енергетичного постачання монтажної бази: електроенергією, газом, стисненим повітрям, водою, теплом.

ПВР докладно і остаточно уточнює попередньо створені технології монтажу обладнання і трубопроводів, визначає порядок контролю якості монтажу, заходи з охорони праці, радіаційної, пожежної безпеки і санітарних правил.

Крім того, ПВР містить план монтажного майданчика (бази) з докладною його розробкою, відомість обраних економічно доцільних монтажних кранів, механізмів, спеціального інструменту для монтажу, цеху перед монтажних робіт (ЦПР), механічних майстерень, а також відомості лабораторних приладів та обладнання для перевірки якості монтажних і зварювальних робіт, відомість допоміжних матеріалів: кольорових металів, лісоматеріалів, будматеріалів, кабелів, проводів, електроарматури та ін.

У проекті ПВР наведені схеми монтажу обладнання із зазначенням прорізів в будівельних конструкціях (для його подачі до місця установки), схеми розміщення закладних деталей (для кріплення монтажних вантажопідіймальних механізмів), а також робочі креслення монтажної оснастки та пристосувань.

ПВР також як і ПОБ в залежності від встановленого плану робіт можуть передбачати крім звичайних прискорені методи виконання будівельно-монтажних робіт: швидкісний, потоковий, потоково-швидкісний монтаж обладнання.

Швидкісний монтаж обладнання передбачає скорочення прийнятих термінів виконання монтажних робіт на 25-30% за рахунок поліпшення технології монтажу і збільшення обсягів робіт, виконуваних у другій і третій змінах.

Поточний монтаж. Цей метод передбачає паралельне ведення монтажних робіт по відношенню до попередніх на час кроку монтажу - тм.

Поточно-швидкісний монтаж це поєднання двох попередніх методів робіт. Це найбільш раціональний якісний метод монтажу одночасно декількох блоків.

1.3.2.5 Технологічні карти

Для виконання робіт з монтажу обладнання першого контуру АЕС в ПВР розробляють детальні післяопераційні технологічні карти (ТК) на укрупнювальне складання, монтаж, зварювання та контроль окремих об'єктів.

В обсяг технологічної карти входять: опис технологічного процесу, комплектувальні відомості, ескізи, схеми і формуляри. На полях технологічної карти вказується вся технологічна документація, використана при розробці даної ТК і якої треба керуватися під час виконання робіт

У ТК вказується місце виконання технологічного процесу, технічні вимоги до нього, докладний опис послідовності всіх операцій, вказані допуски і найменування вимірювального інструмента для їх контролю; передбачені всі необхідні пристосування і оснащення, зварювальне обладнання та інструмент для кожної окремої операції; мастильні обтиральні та інші допоміжні матеріали; вказані умови приймання робіт, вимоги до оформлення звітної документації, дані схеми стропування збірок, вказані приєднувальні розміри, номери стропів, вимоги ТБ.

1.3.2.6 Комплектувальна відомість

Це частина ТК, що містить перелік монтованих збірок і деталей, монтажного і зварювального устаткування, пристосувань і допоміжних матеріалів.

1.3.3 Людський фактор в плануванні і організації монтажу

Всі роботи, починаючи з підготовки та укладання договору на будівництво АЕС, планування, організації будівництва і монтажу АЕС, проводяться певними колективами людей, що володіють високими спеціальними знаннями. Починають цю діяльність фахівці в економіці і фінансах. Потім в цю складну і відповідальну діяльність вступають проектувальники різних спеціальностей: від будівельника до топографа. Починаючи з узгодження підготовленого проекту організації будівництва АЕС, в роботу включається новий комплекс колективів інженерів фахівців-практиків. Організаційно вони об'єднані в будівельну фірму (компанію). У складі фірми (в минулому тресту) необхідний ряд підрозділів (відділів).

Виробничий відділ погоджує проект ПОБ і розробляє або погоджує проект ПВР по монтажу АЕС, розробляє календарний і мережевий графіки виробництва будівництва та монтажу блоків, впроваджує розробки нової техніки.

Технічний відділ організовує та контролює підвищення інженерно-технічного рівня монтажних робіт; сприяє впровадженню нової техніки, забезпечує будівництво нормативною і технічною документацією; перевіряє патентну чистоту авторських заявок. Він також повинен вести навчання підвищення кваліфікації робітників, по вивченню техніки безпеки праці.

Відділ головного механіка забезпечує правильну експлуатацію і ремонт машин і механізмів, практично впроваджує нову техніку, контролює правильність експлуатації електрообладнання.

Відділ головного технолога впроваджує на монтажних ділянках передові технології, комплексну механізацію, спрямовані на зростання продуктивності праці. З цією метою погоджує ПОБ, бере участь в розробці ПВР і мережевих графіків монтажу, розробляє технологію монтажу найбільш відповідальних блоків.

Відділ (служба) головного зварювальника організовує на високому технічному рівні зварювальні роботи, впроваджує затверджені зварювальні новинки, передові методи контролю зварювальних робіт, контролює впровадження технологічних інструкцій і карт на зварювальні роботи, підтримує зв'язки з наукою.

Адміністративно-управлінські відділи (служби). Це відділ кадрів, плановий, технічного постачання, бухгалтерія, група підготовки виробництва, служба техніки безпеки. Ці підрозділи забезпечують роботу виробничих підрозділів.

Звичайно, при малих обсягах і неспішних темпах будівництва одиночних об'єктів такий потужний інженерно-технічний апарат не потрібен. Тоді планування і управління будівництвом ведеться на рівні окремої малопотужної будівельно-монтажної фірми. Тут за бажанням правління фірми колективи адміністративно-технічних служб можуть бути замінені єдиними виконавцями відповідних обсягів робіт, але при цьому якість робіт буде страждати.

1.3.4 Основні принципи управління якістю монтажу

1.3.4.1 Базові поняття щодо управління якістю

Сутність поняття «якість»

«Якість» відноситься до категорії складних і динамічних понять [4].

Об'єктами, якість яких можна оцінити, є не тільки продукція (категорію «продукція» включає поняття і «товар», і «послуга»), але і весь комплекс понять виробничо-збутової сфери:

- технологічні процеси;
- виробничі системи;
- кваліфікація персоналу;
- організаційні структури;
- управлінська діяльність;
- послуги;
- продукція;
- операції;
- методи;
- процедури.

Динамічність категорії «якість» полягає в тому, що вимоги до якості об'єктів які оцінюють та очікування від них змінюються дуже швидко.

Якість - сукупність характеристик об'єкта, що відносяться до його здатності задовольнити встановлені і передбачувані потреби.

Передбачувані потреби - очікування, які зазвичай не формулюють конкретно, однак відносять до стійких побажань.

Встановлені потреби – вимоги, зафіксовані у правових нормах, стандартах, положеннях, замовленнях, договорах, технічних умовах поставок та інших документах.

Потреби мають такі особливості:

- змінюються з часом, що передбачає проведення періодичного аналізу вимог до якості;
- можуть переводитися до характеристики продукції на основі встановлених критеріїв (таких як функціональна придатність, надійність, безвідмовність, ремонт придатність, безпека тощо) або невстановлених (модність, естетичність);
- можуть мати кількісне вираження (технічні характеристики, параметри процесів) і/або якісне (колір, форма).

Отже, у певний момент часу потреби можуть бути виражені кількісно або якісно і відображені у характеристиках об'єкта.

Для визначення якості об'єкта необхідно:

1. Встановити необхідні характеристики об'єкта на підставі аналізу потреб.
2. Визначити реальні характеристики об'єкта.
3. Порівняти реальні й необхідні характеристики об'єкта.

Вимоги до якості - вираз певних потреб або їх переклад в набір кількісно або якісно встановлених вимог до характеристик об'єкта, що дозволяють встановити їх виконання та провести перевірку.

Вимоги до якості умовно розглядають з двох позицій:

- *вимоги суспільства до якості* – це вимоги які передбачають захист навколишнього середовища, охорону здоров'я, безпеку, надійність, збереження енергії та природних ресурсів.
- *вимоги до якості, при здійсненні підприємницької діяльності* - це ринкові та контрактні вимоги (вимоги по відношенню до зовнішніх сторін), а також внутрішні вимоги організації.

Якість досліджують за стадіями життєвого циклу об'єкта:

- при проєктуванні це – якість конструкції виробу;
- при виготовленні – якість комплектуючих деталей та вузлів, якість технології, якість праці;
- при експлуатації - якість розглядають з точки зору органолептичних властивостей, безпеки, надійності, довговічності, зручності, естетики тощо.

Варто пам'ятати, що показники якості продукції закладаються в процесі розробки об'єкта (тобто під час проєктування), а оцінюються - на кожному з етапів життєвого циклу об'єкта.

Показники якості закріплюються в нормативно-технічній документації (стандартах, технічних умовах, інструкціях тощо) і стають основою для формування вимог до якості виробів.

Сутність поняття «управління якістю»

Управління якістю - це координована діяльність з управління та керування діяльністю організації стосовно якості. Керування та управління якістю передбачають запровадження: політики та завдань у сфері якості; планування якості; управління якістю; забезпечення якості; поліпшення якості.

Термін «управління якістю» в масштабі організації розглядають у двох аспектах:

1) Як один із напрямів управлінської діяльності, що здійснюється в межах системи управління організацією та охоплює всі стадії життєвого циклу продукції. За таких умов термін «управління якістю» відповідає за своїм змістом терміну «менеджмент якості».

Менеджмент якості (англ. quality management) - загальне керівництво якістю - аспект керівництва організацією в цілому, що здійснюється вищим керівництвом, яке:

- забезпечує ресурсами;
- організує роботу з якості;
- взаємодіє із зовнішнім середовищем;
- визначає політику і плани в області якості;
- приймає важливі стратегічні і оперативні рішення щодо якості.

2) Як один з аспектів загального управління якістю, коли акцент робиться саме на *оперативний рівень управління якістю*, тобто діяльність, яка здійснюється в рамках операційної системи та яку спрямовано на запобігання виникненню дефектів за допомогою засобів та інструментів контролю.

Управління якістю (англ. quality control) - діяльність оперативного характеру, яка здійснюється керівниками середньої і низової ланки, що впливають на процес створення продукції з метою забезпечення її якості шляхом виконання на своєму рівні функцій планування і контролю якості, комунікації (інформації), розробки і впровадження заходів і прийняття рішень щодо якості.

Сутність поняття «система управління якістю»

Для ефективного управління процесами забезпечення і підвищення якості продукції і продуктивності праці у світовій практиці добре зарекомендували себе системи управління якістю.

Система управління якістю - сукупність організаційної структури, методик, процесів і ресурсів, необхідних для здійснення управління якістю.

Система якості за формою- це система документації, в якій установлені:

- загальні принципи забезпечення якості;
- вимоги до діяльності і відповідальності кожного співробітника в області якості;
- умови дотримання заданих параметрів кожного процесу і характеристик кожного об'єкта;

- методики контролю, обробки й аналізу інформації щодо якості;
- програми навчання персоналу в області якості;
- систематична діяльність відповідно до встановлених вимог;
- виявлення недоліків і постійний пошук шляхів поліпшення та ін.

Існують різноманітні стандарти на систему якості.

Стандарт на систему якості - це документ, який установлює вимоги до системи якості, що може охоплювати різні елементи життєвого циклу продукції.

Під час створення системи якості у всьому світі визнано і використовуються стандарти серії ISO 9000. Найбільш універсальним (підходить до будь-якої галузі та сфери діяльності) є міжнародний стандарт ISO 9001:2015 Quality management systems - Requirements. В Україні для створення, впровадження і підтримки систем управління якістю керуються національним гармонізованим стандартом ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT).

3.4.1.2 Основні підходи до управління якістю монтажу

З огляду на базові знання щодо якості, управління якістю продукції, системи управління якістю та з урахування того, що розглядається саме енергетична галузь, слід зазначити, що загальні поняття «продукція» і «об'єкт», у випадку розгляду питання управління якістю монтажу АЕС, буде «монтаж» і «виріб» відповідно. Таким чином, всі визначення, принципи і підходи до управління якістю продукції, які були зазначені вище, в повній мірі відносяться до управління якістю монтажу.

Отже, *якість монтажу* – це сукупність характеристик виробу, яка забезпечує його здатність задовольнити заздалегідь визначені потреби, що відповідають призначенню виробу.

Управління якістю монтажу – це комплекс скоординованих заходів, спрямованих на забезпечення і підтримку необхідного рівня якості робіт під час конструювання, розробки, виконання технологій виробництва і експлуатації за допомогою систематичного контролю і цілеспрямованих дій на умови і фактори, які

визначають якість, з орієнтацією на задоволення потреб замовника.

Таким чином, управління якістю монтажу охоплює такі етапи життєвого циклу АЕС як розробка, виготовлення та експлуатація як окремих деталей, так і обладнання АЕС в цілому.

Слід зазначити, що управління якістю та забезпечення якості є безперервним процесом, який потребує постійного і значного інвестування. Тож під час сумісної роботи з планування якості монтажу всіма організаціями-учасниками досягається згода щодо оптимального рівня забезпечення якості. З одного боку рівень якості має забезпечувати вимоги щодо безпеки та надійності АЕС; з іншого – забезпечувати раціональне і обґрунтоване використання коштів на виконання контрольних і монтажних робіт. Організаційно це досягається наявністю системи управління якістю в кожній організації-учасниці монтажних робіт.

Наявність системі управління якістю значно підвищує рівень якості виконання технологічних процесів і окремих операцій завдяки тим ключовим елементам і основним принципам, на яких вона функціонує.

Наразі на кожній АЕС України впроваджена і підтримується сертифікована система управління якістю (на стандарт ISO 9001:2015 (ДСТУ ISO 9001-2015) «Системи управління якістю. Вимоги»). Відповідно до АЕС функції управління якістю виконують підрядні/субпідрядні організації, організації-партнери, організації-постачальники, інвестори та інші організації, які тим або іншим чином задіяні в енергетичній галузі та/або співпрацюють з АЕС на будь-якому етапі її життєвого циклу (це, перш за все, експлуатуюча організація, а також конструкторські, проєктні, будівельно-монтажні організації, заводи-виробники тощо). Як правила в цих організаціях також впровадженні і підтримуються сертифіковані системи управління якістю.

Управління якістю монтажу починається на стадії проєктування АЕС. У проєктній документації на будівництво АЕС, відповідно до вимог нормативно-правових актів, обов'язкових нормативних документів, положень договірних документів, внутрішніх документів системи управління якістю та з урахуванням вимог МАГАТЕ, встановлюють необхідний рівень якості, який має бути

забезпечений під час виконання монтажних робіт. На цьому ж етапі розробляють певний пакет документів з управління якістю проєкту. Серед них «План якості проєкту (монтажних робіт)», «План-графік виконання робіт», звіти з моніторингу виконаних робіт тощо.

Технічно якість монтажу забезпечують організації, які розроблюють технологічні процеси виготовлення деталей і блоків. Технологічні підрозділи будівельно-монтажних організацій приймають участь в плануванні якості технологій монтажу обладнання.

Монтаж має виконуватися відповідно до вимог проєкту виконання робіт на монтаж, розробленого з урахуванням відповідної технічної документації і експлуатаційних документів (настанови з експлуатації, інструкції з монтажу, пуску, регулювання тощо).

1.3.4.3 Технічний нагляд щодо забезпечення якості монтажу

Технічний нагляд щодо забезпечення якості монтажу є сумісною діяльністю замовника, монтажних організацій (які виконують монтажні роботи) і проєктної організації (яка розробила проєктну документацію) [5].

Технічний нагляд забезпечує замовник з метою здійснення контролю за дотриманням проєктних рішень та вимог державних стандартів, будівельних норм і правил, а також контролю за якістю та обсягами робіт, виконаних під час будівництва.

Технічний нагляд здійснюють особи, що мають виданий відповідно до законодавства архітектурно-будівельною атестаційною комісією кваліфікаційний сертифікат.

Технічний нагляд щодо забезпечення якості монтажу з боку монтажної організації виконує *служба технічного контролю* (далі - СТК), а з боку проєктної організація - група *авторського нагляду* (далі – ГАН).

Порядок забезпечення технічного нагляду та механізм взаємодії між СТК і ГАН, порядок здійснення контролю (нагляд, фіксування результатів, усунення

невідповідностей та документування результатів якості монтажу тощо) під час проведення монтажних робіт регламентовано нормативно-правовими актами, нормативними документами (серед основних - Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2007 р. N 903 «Про авторський та технічний нагляд під час будівництва об'єкта архітектури», ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014 «Настанова щодо проведення авторського нагляду за будівництвом») та документами системи якості за проектом («План якості проекту (монтажних робіт)», «План-графік виконання робіт», певні процедури, інструкції, звіти тощо).

До обов'язків замовника належить:

- зберігання примірника журналу авторського нагляду;
- реагування (вживання певних заходів) на повідомлення проектною організацією щодо відмови монтажною організацією / підрядника виконувати роботи з усунення виявлених відхилень на монтажі.

До обов'язків проектною організацією належить:

- залучення (за необхідності) субпідрядних проектних організацій;
- авторський нагляд за підготовкою робочої документації, яка розроблялася іншими організаціями (якщо це мало місце);
- утворення ГАН з числа розробників проекту;
- оформлення і зберігання примірника журналу авторського нагляду в архіві;
- здійснювати повідомлення (письмово) замовнику та відповідній інспекції державного архітектурно-будівельного контролю про відмови монтажною організацією / підрядника виконати роботи з усунення виявлених відхилень.

До обов'язків ГАН належить:

- відвідування майданчика монтажних робіт згідно з планом-графіком або за викликом замовника;
- фіксування результатів авторського нагляду в журналі авторського нагляду;

- п здійснювати повідомлення замовника про виявлення відхилень від проєктних рішень, допущених під час монтажу, та відмови підрядника їх усунути.
- виконувати технічний нагляд:
 - ✓ перевірку наявності:
 - документів, які підтверджують якісні характеристики конструкцій, виробів, матеріалів та обладнання, що використовуються під час монтажу;
 - технічного паспорта, сертифіката, документів, що відображають результати лабораторних випробувань тощо;
 - відповідності виконаних будівельно-монтажних робіт, конструкцій, виробів, матеріалів та обладнання проєктним рішенням, вимогам державних стандартів, будівельних норм і правил, технічних умов та інших нормативних документів;
 - відповідності обсягів та якості виконаних будівельно-монтажних робіт проектно-кошторисній документації;
 - виконання підрядником вказівок і приписів, виданих за результатами технічного нагляду, державного архітектурно-будівельного контролю та державного нагляду;
 - ✓ вести облік обсягів прийнятих і оплачених будівельно-монтажних робіт, а також будівельно-монтажних робіт, виконаних з недоліками;
 - ✓ проводити огляд та оцінку результатів виконаних робіт, у тому числі прихованих, і конструктивних елементів;
 - ✓ здійснювати повідомлення підрядника про невідповідність виробів, матеріалів та обладнання вимогам нормативних документів;
 - ✓ оформлювати акти робіт, виконаних з недоліками;
 - ✓ брати участь у проведенні перевірки: робочою комісією якості окремих конструкцій і вузлів, будівельно-монтажних робіт усіх видів, відповідності змонтованого спеціального обладнання, устаткування і

механізмів технічним умовам; органами державного нагляду та архітектурно-будівельного контролю.

До обов'язків СТК належить:

- систематичний своєчасний якісний контроль збірних і зварювальних робіт;
- збір і аналіз результатів контролю збірних і зварювальних робіт;
- розробка організаційно-технічних заходів щодо поліпшення збірних і зварювальних робіт;
- прийом виконаних операцій з оформленням технічної документації і участь у здачі змонтованого обладнання;
- забезпечення навчання персоналу СТК;
- оцінка і аналіз роботи виробничого персоналу, інженерів, виробничих підрозділів та їх продукції;
- організаційно-технічне керівництво монтажними роботами;
- інформаційне забезпечення.

Контролю підлягають елементи обладнання і трубопроводів, зварювальні з'єднання, матеріали, обладнання для виконання зварювальних робіт, технологічні процеси монтажу та кваліфікація персоналу, який виконує ці роботи.

Для здійснення технічного контролю за виконанням вимог нормативних документів на монтажі в СТК формують окремі групи, які виконують наступні функції:

- контрольно-технологічна група - здійснює контроль якості монтажних робіт, геометричних розмірів, візуальний контроль, контроль чистоти обладнання (що монтується), геодезичне забезпечення монтажу;
- група оформлення технічної документації – готує облікові та звітні документи для монтажників і замовника;
- лабораторія контролю якості зварювання і металу - об'єднує групи радіаційних методів контролю, ультразвукового контролю, стилоскопіювання, опробування герметичності і капілярної дефектоскопії,

лабораторних випробувань, дозиметрії і радіометрії, ремонту і налагоджування устаткування.

Контрольні питання до підрозділу 1.3

1. Назвіть і стисло охарактеризуйте допоміжні споруди, що містяться на монтажному майданчику АЕС
2. Що таке склади, їх призначення і характеристика?
3. Що таке цех перед монтажних робіт, його призначення ?
4. Які документи розробляють при підготовці до монтажу?
5. Що таке мережевий графік, його призначення і характеристика?
6. Що таке проєкт виконання робіт, його призначення і характеристика?
7. Як здійснюється забезпечення якості при монтажі АЕС?
8. Що таке ГАН і які її функції?

Список джерел інформації до підрозділу 1.3

1. Яценко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).
2. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Затверджено: Наказ Мінрегіону України від 05.05.2016 р. № 115.
3. ДСТУ-Н 1.3:2015 «Національна Стандартизація. Настанова. Технічні умови України. Настанови щодо розробляння». Видання офіційне. Київ ДП «Укрметртестстандарт».2015.
4. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) «Національний стандарт України. Системи управління якістю. Вимоги». Надано чинності: наказ ДП «УкрНДНЦ» від 31 грудня 2015 р. № 221 з 2016-07-01
5. ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014 «Настанова щодо проведення авторського нагляду за будівництвом. Прийнято та надано чинності: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від

РОЗДІЛ 2. МОНТАЖ ОБЛАДНАННЯ АЕС

2.1 Механізація монтажних робіт

2.1.1 Принципова такелажна схема

Кожен елемент обладнання з моменту його прибуття на будівельний майданчик АЕС до пуску змонтованого блоку піддається ряду робочих операцій. До таких робочих операцій відносяться [1]:

- 1) такелажні роботи;
- 2) слюсарно-складальні роботи;
- 3) зварювальні роботи.

У загальному обсязі робіт по монтажу обладнання головного корпусу перераховані види робіт мають наступну трудомісткість:

- 1) Такелажні роботи 50- 60%;
- 2) Слюсарно-складальні 25 - 30%;
- 3) Зварювальні 8 -10%.

Таким чином такелажні роботи (підйом і переміщення вантажів) є найбільш трудомісткими і важкими. Тому загальний рівень механізації монтажних робіт визначається рівнем механізації вантажно-розвантажувальних робіт, який впливає на терміни монтажу і пуску АЕС. Всі види обладнання і пристроїв, що застосовується для вантажно-розвантажувальних робіт на монтажі, зібрані воедино представляють собою принципову такелажне схему.

Принципова такелажна схема - це комплекс підйомних механізмів, пристроїв для стропувальння (траверси, захвати, затискачі, стропи) і транспортних засобів, що використовуються при вантажно-розвантажувальних роботах, складанні монтажних блоків, їх транспортуванні і монтажі обладнання. [1]

Вибір вантажопідійомних кранів проводиться окремо для:

- 1) складів обладнання;
- 2) складально-укрупнювального майданчика;
- 3) для монтажу блоків.

За типом робочого обладнання та конструкції крани діляться на стрілові, баштові, козлові, мостові [2]. За типом ходової частини - на стрілові на гусеничному та автомобільному ході, пневмоколісні на спеціальному шасі, на рейковому ході, а також баштові на рейковому ході і стаціонарні.

Стрілові крани на гусеничному ході маневрені, не вимагають підготовки спеціальних шляхів, можуть обслуговувати кілька об'єктів в межах майданчика, В той же час вони мають обмеження в пересуванні з повним навантаженням на гаку, на відміну від кранів з рейковим ходом. Крани на пневмоколісному ході мають ще більшу маневреність ніж гусеничні. Одночасно вони мають високу вартість, тому їх застосування при будівництві головних корпусів АЕС обмежено.

З усіх пересувних кранів найменш маневрені баштові та стрілові крани на рейковому ході. В одночасно вони прості конструктивно і надійні в експлуатації і можуть переміщатися з максимальним навантаженням на стрілі, що має велике значення при великоблочному монтажі. Також на будівництві АЕС застосовують стаціонарні баштові крани на бетонному фундаменті. Ці крани відрізняються більш низькою вартістю і дуже високою надійністю.

Вибір оптимального набору вантажопідійомних пристроїв здійснюється після вивчення об'ємно-планувальних рішень і вагових характеристик конструктивних елементів споруди. На будівництві головних корпусів ТЕС і АЕС великої потужності доцільно застосовувати баштові та стрілові крани на рейковому ході вантажопідійомністю 50-250т і вантажним моментом 1000-100000 кН. При цьому широко застосовуються і отримали позитивну оцінку баштові крани БК-1000 і стрілові крани на рейковому ході СКР-2200, СКР-2600 і СКР-3500.

Для складів найбільш прийнятні козлові крани. Можуть застосовуватися й інші типи кранів, наприклад баштові чи гусеничні, але всі вони менш продуктивні. Для складально-укрупнювальних майданчиків підхід до вибору кранів ідентичний.

Для монтажу реакторів, парогенераторів, компенсаторів обсягу та інших блоків в циліндричному за формою реакторному відділенні ВВЕР-1000 встановлюють круговий (полярний) кран вантажопідйомністю $Q = 400/80/5$ т, а для ВВЕР-440 кран $250/32$ т. Підйомні пристрої $Q = 80$ т, $Q = 32$ т і $Q = 5$ т, необхідні для монтажу дрібніших елементів обладнання.

Схема механізації спорудження головного корпусу АЕС приведена на рисунку 2.1.

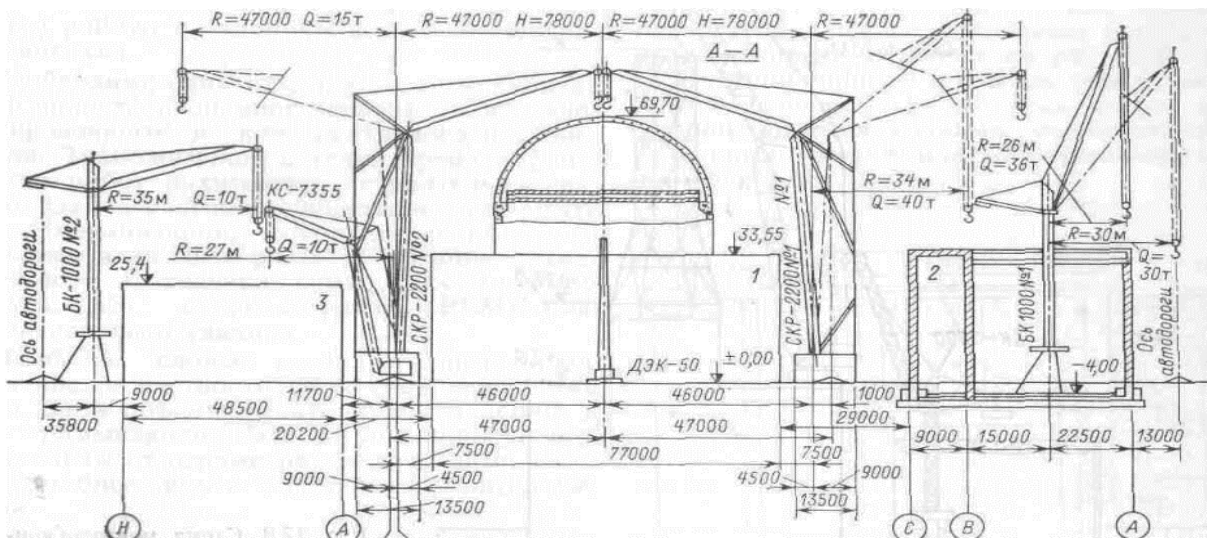


Рисунок 2.1 – Схема механізації спорудження головного корпусу АЕС

В Україні випускаються крани наступної вантажопідйомності:

Мостові - 30, 50, 100, 150, 200, 320, 400, 600 (т)

Козлові - 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 (т);

Баштові - 30, 50, 75, 100, 150(т);

Гусеничні - 25, 50, 100, 300 (т);

Залізнодорожні - 15, 25, 50, 100, 200 (т).

Вибір монтажних кранів проводять за такими параметрам [2,3]:

- 1) за типом крана з урахуванням можливості його установки в даних конкретних умовах;

- 2) по паспортній вантажопідйомності монтажного крана;
- 3) за величиною прольоту моста або вильоту стріли;
- 4) по висоті підйому вантажу.

2.1.2 Розрахунок кількості обладнання такелажної схеми

2.1.2.1 Розрахунок кількості і вантажопідйомності кранів для складів і складально-укрупнювального майданчика

Для розрахунку беруть крани $Q = 20, 30, 50$ і 75 т, враховують швидкості підйому ними вантажів, продуктивність, маси вантажів, які вони здатні переробити, їх ціни та інше.

Послідовність розрахунку наступна:

Визначають маси вантажів в межах 0-10 т, 10-20 т; 20-30 т; 30-50 т тощо.

Для кожної з цих груп приймають представницькі середньостатистичні (довідкові) вантажі, їх кількість в кожній групі, значення часу (довідкові) на пошук вантажів в кожній групі і час на стропування. Для кранів приймаються паспортні швидкості підйому і переміщення вантажів. Далі визначають машинний час і час циклу для цих кранів. Потім розраховують кількість машино-змін, місяців (в одному місяці може бути 25×3 зміни). З урахуванням планового кількості місяців визначають необхідну кількість кранів різних вантажопідйомності. Далі враховуючи ціну крана, заробітну плату, амортизацію, витрати на ремонт визначають кран оптимальної вантажопідйомності і їх кількість.

Техніко-економічний розрахунок оптимальної вантажопідйомності і кількості кранів для складів і складально-укрупнювального майданчика виконується по наступній методиці.

1. Визначається машинний час циклу (час роботи крана на перенесення однієї одиниці вантажу)

$$T_{\text{МАШ}} = 2(h_{\text{п}} / v_{\text{п}} + l_{\text{В}} / v_{\text{В}} + l_{\text{МОС}} / v_{\text{МОС}}) / 60, \text{ хвилин}$$

де $h_{\text{п}}$, $l_{\text{В}}$ і $l_{\text{МОС}}$ – висота підйому вантажа краном, довжина візка крана і довжина горизонтального переміщення моста крана, м, а $v_{\text{п}}$, $v_{\text{В}}$ і $v_{\text{МОС}}$, м/с відповідно швидкості переміщення вантажу в зазначених напрямках.

Сумарний час циклу крана

$$T_{\text{ЦИКЛ}} = T_{\text{ПОШУК}} + T_{\text{РУЧ}} + T_{\text{МАШ}}$$

$T_{\text{ЦИКЛ}}$ в хвилинах визначають для всіх груп вантажів (0-10; 11-20; 21-30 і 31-50 т.) для кранів Q вантажопідйомністю 30 і 50 тон. При цьому групу вантажу 31-50 т переміщують двома кранами по $Q = 30$ т за допомогою траверси або одним краном $Q = 50$ т (при переміщенні вантажу 50 т двома кранами вантажопідйомністю 30 т машинний час подвоюється). Потім для кожної групи вантажу визначають для кожного крана необхідну кількість змін за формулою:

$$N_{\text{ЗМІН}}^{\text{КРАНА}} = (SQ / Q_j * T_{\text{ЦИКЛ}}) / 480,$$

де SQ – загальна маса вантажів, Q_j – середня маса одного вантажу.

Сумарне число змін кожного крана знаходять, підсумовуючи число змін кожної групи вантажу

$$\sum N_{\text{ЗМІН}}^{\text{КРАНА}} = (N_{\text{ЗМІН}})_{0-10} + (N_{\text{ЗМІН}})_{11-20} + (N_{\text{ЗМІН}})_{21-30} + (N_{\text{ЗМІН}})_{31-50}.$$

Число місяців роботи крана

$$N_{\text{МІС}}^{\text{КРАНА}} = \sum N_{\text{ЗМІН}}^{\text{КРАНА}} / n_{\text{ЗМІНМІС}}$$

де $n_{\text{ЗМІНМІС}}$ – кількість змін у місяці.

Число необхідних для виконання завдання кранів визначають:

$$N_{\text{КРАНІВ}} = N_{\text{МІС}}^{\text{КРАНА}} / N_{\text{МІС ПЛАН}},$$

де $N_{\text{МІС ПЛАН}}$ – запланована кількість місяців (тривалість монтажу).

В якості техніко економічного показника, що впливає на вибір типу і кількості кранів може використовуватися питому вартість роботи кожного типу крана впродовж одного місяця, що визначається по формулі:

$$C_{\text{РАБОТ}}^{\text{КРАНА}} = N_{\text{КРАНОВ}}^{30(50)T} * Z_{\text{КРАНА}} / N_{\text{МЕСЯЦ ПЛАН}} + n * Z_{\text{ЗАРПЛАТА}} + \\ + (T_{\text{МАШ}} / T_{\text{ЦИКЛ}})_{\text{ср}} * n_{\text{ЗМІНМІС}} * 8 * N_{\text{ел}} * E_{\text{ел}},$$

де $Z_{\text{КРАНА}}$ – вартість крана, n - кількість персоналу і $Z_{\text{ЗАРПЛАТА}}$ – його заробітна плата, $(T_{\text{МАШ}}/T_{\text{ЦИКЛ}})_{\text{сер}}$ - середнє значення відношення $T_{\text{МАШ}}/T_{\text{ЦИКЛ}}$ для всіх груп вантажів, $N_{\text{ел}}$ – потужність електричних механізмів, $E_{\text{ел}}$ - тариф на електричну енергію.

На завершення порівнюють витрати на кожен з кранів і враховують співвідношення витрат при виборі кількості і вантажопідйомності кранів.

Якщо кількість підйомів і час на весь цикл робіт, пов'язаних з підйомами відповідає добовим завданням, прийнятим графіком робіт, то вибір крана зроблений правильно.

2.1.2.2 Розрахунок продуктивності монтажного крана

Якщо на майданчику буде працювати один кран, ПОБ робить розрахунок його продуктивності за даними технологічних карт виходячи з максимального числа підйомів в зміну і часі, необхідного для підйому вантажів. Враховують всі відрізки часу: для підготовки вантажу до підйому, переміщення, установки вантажу і повернення крюка. Це робочий цикл крана.

Розрахунок продуктивності одного крана визначається за формулою (кг/змін) або (шт./ змін):

$$P_{\text{ЗМІН}} = (480 / t_{\text{Ц}}) \cdot Q_{\text{Ц}} \cdot K_{\text{В}}$$

де $480/t_{\text{Ц}}$ - число циклів роботи крана в зміні;

$Q_{\text{Ц}}$ – кількість вантажу, що підіймається краном за один цикл (тон або одиниць);

$t_{\text{Ц}}$ час одного циклу (хвилини);

$K_{\text{В}}$ – коефіцієнт використання змінного часу, що враховує перерви в роботі крану впродовж зміни, і які можливо оцінити для мостових кранів наступними величинами:

- | | |
|---|------|
| 1. Поточний догляд | 6 %. |
| 2. Переміщення крану з однієї стоянки на іншу | 3%. |

- | | |
|---|------|
| 3. Приймання та здача крану на початку та в кінці зміни | 3%. |
| 4. Відпочинок обслуговуючого персоналу | 6% . |
| Разом | 18%. |

Час циклу $t_{\text{ц}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{ручн}}$

Ручний час – це час на стропування вантажу, для малих блоків воно прийнято 0,5 часу, а для середніх і тяжких – 1 і 2 години відповідно.

Приймається наступна кількість підйомів краном (підйом за зміну)

	мостовий кран	баштовий кран
1. Монтажні підйоми важких блоків	1,3	1,15
2. Монтажні підйоми малих блоків	4,5	4
3. В середньому на монтажі	2,8	2,5

2.1.2.3 Розрахунок кранів на складально-укрупнювальному майданчику

Якщо тривалість робіт на складально-укрупнювальному майданчику невелика, кількість кранів на ній може бути розраховане за формулою:

$$N_{\text{кранов}}^{\text{с.у.м.}} = Q_{\text{обл}} (1-K_{\text{б}}) \cdot \beta \cdot K_{\text{с}} / m \cdot T \cdot Z \cdot n$$

де $Q_{\text{обл}}$ – маса обладнання, т; $K_{\text{б}}$ – коефіцієнт блочності = 1,4-1,6; β - коефіцієнт перевантаженості майданчика, що дорівнює 0,8 – 1,2; $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт суміщення монтажних робіт, якщо монтується декілька блоків одночасно; m - змінна продуктивність крану, яка приймається 1,4 $Q_{\text{крана}}$; T - тривалість монтажу блока, яка звичайно дорівнює 65-70 місяців; Z – кількість робочих днів в місяці, звичайно 25; n – кількість робочих змін в сутках, що для складів дорівнює 3, а на монтажу дорівнює 2.

2.1.2.4 Розрахунок кількості з/д платформ для монтажу.

Кількість з/д платформ, необхідних для безперервної подачі на монтаж блоків та інших монтажних марок зі складів або зі складально-укрупнювального майданчика розраховують з виразу:

$$N_{\text{з/д.платф}} = (Q_{\text{обл}} + Q_{\text{теплоіз}}) \cdot n_{\text{блок}} \cdot \beta \cdot K_c / T \cdot Z \cdot n \cdot q \cdot c \cdot K_{\text{зав}}.$$

де q – вантажопідйомність з/д чотиривісної платформи – 60 т, двовісної – 20 т.
 C – кількість обертів з/д платформи за зміну; $K_{\text{зав}}$ – коефіцієнт завантаження з/д платформи, якій дорівнює 0,2-0,4.

2.1.2.5 Розрахунок кількості спеціального автотранспорту для монтажу.

Кількість вантажних автомашин для доставки на монтаж зі складів або інших майданчиків дрібного обладнання або майна масою до 5 т знаходять з виразу:

$$N_{\text{авто}} = Q_m \cdot t_{\text{ц}} \cdot K_{\text{зап}} / t_{\text{см}} \cdot n \cdot q_{\text{авто}} \cdot c$$

де Q_m – добові перевезення майна, які звичайно дорівнюють 20-25 т; $t_{\text{ц}}$ – тривалість циклу однієї поїздки авто, дорівнює 4 - 5 годин.; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу, що дорівнює 1,3-1,5; $t_{\text{см}}$ – тривалість зміни 8 годин, n – число змін; $q_{\text{авто}}$ – вантажопідйомність авто, що дорівнює 3 – 5 т; C – коефіцієнт завантаження авто, що приймається 0,3-0,8.

Контрольні питання по розділу 2.1

- 1 Що таке принципова такелажна схема, яке її призначення?
- 2 Охарактеризуйте обладнання і елементи, що входять до складу такелажної схеми.
- 3 Які вантажопідйомні механізми використовуються на різних етапах

монтажу?

4 Як здійснюється розрахунок продуктивності монтажного крана?

5 Обґрунтуйте важливість вантажопідйомних робіт при монтажі АЕС.

6. Як здійснюється розрахунок кількості з/д платформ для монтажу?

7. Як здійснюється розрахунок кількості спеціального автотранспорту для монтажу?

Список джерел інформації до підрозділу 2.1

1.Ященко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).

2/ Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини. Навчальний посібник. НТУ «Харківський політехнічний інститут».- . Харків: 2005 – 153 с.

3. Конспект лекцій з дисципліни: "Піднімально-транспортні засоби": Конспект лекцій. – Житомир, 2016. – 52 с.

2.2 Підготовка до монтажу АЕС, загальний зміст монтажних робіт

2.2.1 Приймання та розконсервування обладнання перед доставкою на будівельний майданчик [1]

Приймання устаткування що надходить на монтаж здійснюється зазвичай комісією в складі трьох осіб: представника залізниці (на предмет визначення цілісності доставленого вантажу і встановлення винного), представника одержувача вантажу-власника АЕС, що будується, і представника незацікавленої сторони. Огляд упакованого вантажу на з/д станції повинен виявити наявність вантажу і якість його збереження під час перевезення, тобто цілісність упаковки і кількості предметів згідно пакувального листа або накладної на даний вантаж.

На монтажній базі, куди доставлений вантаж, його направляють або на площадку важковаговиків (якщо це корпус реактора, парогенератори, гідро ємності САОЗ тощо), або на відповідний склад, де його розвантажують, розконсервовують, здійснюють контроль. При виявленні дефектів у великовагових і дорогих елементах, для вирішення технологічних і фінансових питань по ремонту цього вузла обладнання викликається представник заводу-виготовлювача. При розвантаженні і прийманні обладнання необхідно перевірити якість його консервації, тобто захисту від впливу атмосфери під час зберігання, яке може тривати до року і більше. Вид і обсяг консервації обмовляється спеціальним документом (технічними умовами).

Виготовлене на заводах обладнання транспортується і тривалий час (навіть більше року) зберігається на складах АЕС, що будується. Виникає небезпека псування поверхонь деталей. Щоб забезпечити їх збереження заводом-виробником розробляються і реалізуються заходи щодо його захисту від забруднень, корозії, механічних пошкоджень. Ці заходи містяться в документі, що називається Технічні умови (ТУ) на постачання обладнання. Цей документ містить інформацію щодо антикорозійного покриття, консервації і упаковки. Поверхні, що не консервують (неробочі поверхні) - фарбують.

2.2.2 Приймання і консервація обладнання на монтажному майданчику

Все що надходить на монтажний майданчик піддається початкового огляду та ревізії. При цьому для обладнання перевіряють стан упаковки, стан законсервованих поверхонь, відсутність механічних пошкоджень, стан пофарбованих поверхонь і стан тимчасових захисних покриттів (консервації) механічно оброблених поверхонь.

При виявленні будь-яких дефектів складається акт, в якому зазначається ступінь пошкодження упаковки і обладнання, причини пошкодження, необхідність ревізії, повторної консервації та виправлення дефектів устаткування, необхідність ремонту упаковки.

Залежно від типу обладнання і норм зберігання його розміщують в теплих, холодних складах, під навісами або на відкритих майданчиках. Переліки обладнання і матеріалів, що розміщуються в різних типах складів нормуються. Наприклад, теплий спецодяг, точні обмірні інструменти, аніонітові смоли для хімводоочищення, вимірювальна, контрольна і інша подібна апаратура, деталі з високою точністю і чистотою обробки поміщають в теплий склад. У холодний склад поміщають електродвигуни, насоси, інші механізми, труби кольорових металів і нержавіючої сталі, дрібну арматуру, комплекти механізмів дистанційного керування тощо. Під навіси складають вогнетривкі матеріали, будматеріали, труби діаметром більше 200 мм, цемент в крафт мішках тощо. На відкритих майданчиках зберігають металоконструкції, великогабаритне устаткування, чавунну і сталеву арматуру, листову і профільну сталь. Кабельну продукцію в барабанах розміщують на так званому «кабельному полі».

Збережене обладнання проходить періодичну перевірку і повторну консервацію за технологією заводу-виготовлювача в терміни, зазначені в ТУ на поставку, але не пізніше ніж через 12 міс. Гумові вироби, прокладки, підшипники тощо повторно консервують через 6 міс.

Консервацію судин здійснюють заповненням їх сухим (без масла і вологи) технічним азотом (продувають кількістю азоту в 5-6 разів більшим, ніж обсяг що

консервується). Надмірний тиск азоту в посудині повинен бути 0,01-0,05 МПа. Для цього всі отвори закривають щільними заглушками і контролюють на газову щільність мильною суспензією. Якщо створення надлишкового тиску у внутрішній порожнині неможливо, то її консервують 60% -ним розчином моноетаноламіна - $\text{H}_2\text{CH}_2\text{OH}$, наносячи його на поверхню об'єкту, що консервується серветкою або пензлем.

Великі внутрішні поверхні такого громіздкого обладнання, як парогенератори, покривають консерваційними маслами марки НГ/203 Б або К-17, прокачувати рідину при температурі 50-70°C крізь виріб. Зовнішню поверхню парогенератора і інших подібних виробів після механічного очищення і знежирення уайт-спіритом фарбують у два шари лаком ПФ-170 з добавкою алюмінієвої пудри ПАК-3 з концентрацією приблизно 10-15%. Можливе застосування і інших захисних матеріалів з не меншою надійністю і недорогих. Законсервоване заводом-виробником обладнання згідно з вимогами заводського ТУ на поставку підлягає упаковці для захисту від пошкоджень і забруднення в період транспортування і зберігання на будівництво АЕС. Дрібні деталі обертають парафінованим папером, обв'язують шпагатом і укладають в тарні ящики, викладені всередині бітумним папером. Довгі тонкі деталі не упаковують в ящики, а поміщають в поліетиленові пакети і обшивають дерев'яними рейками. Всі отвори (штуцера) від попадання зовнішнього середовища закривають герметично і пломбують. Деякі види обладнання (ходові частини ГЦН, внутрішні частини інших насосів тощо) встановлюють в металеві контейнери і в сухому стані консервують технічним (сухим) азотом.

Відповідальні механізми з нержавіючої сталі, наприклад СУЗи, штанги перевантаження реактора, упаковують в герметичні поліетиленові чохла, потім щільно укладають в дерев'яні ящики. Великогабаритні об'єкти: металоконструкції, корпуси реакторів, парогенератори, компенсатори об'єму відправляють без дерев'яної упаковки.

2.2.3 Підготовка обладнання до монтажу

Передане зі складу в монтаж обладнання проходить перед монтажну підготовку - зовнішній огляд, розконсервацію, ревізію і перед монтажну очистку. При зовнішньому огляді перевіряють: відповідність обладнання кресленнями, його укомплектованість по заводським специфікаціям і відправних відомостях, а також збереження консервації, наявність пробок і пломб на них. Приймання обладнання в монтаж оформляють актом за підписами представника замовника (власника) і монтажної фірми.

Розконсервацію і перед монтажне очищення обладнання суміщають. Технологія її виконання дається на кресленнях і в ТУ, узагальнено вона наступна. З деталі видаляють обгортковий папір, дерев'яними шкребками знімають основний шар мастила, протирають сухою ганчіркою. Підшипники і дрібні деталі очищають від консерванту в гарячому індустріальному маслі з температурою 55-60⁰С і потім миють в уайт-спіриті. З більших деталей мастило знімають серветками, змоченими в уайт-спірит або ацетоні. При цьому необхідно забезпечити відсутність відкритого вогню або гарячих предметів, строго виконувати правила пожежної безпеки.

Розчин моноетаноламіна змивають конденсатом, витирають серветками або обдувають повітрям. Устаткування, до якого пред'являють підвищені вимоги по чистоті - деталі активної зони, механізми СУЗ, обладнання, що піддається вакуумуванню, а також гумові прокладки додатково знежирюють етиловим спиртом.

Внутрішні поверхні парогенераторів відмивають від оливи НГ-203/Б гарячою водою з температурою 60-80⁰С з добавкою для підвищення ефективності відмивання миючого засобу типу ОП-10 з концентрацією 4,1%. Відмивання задовільне, якщо в пробі міститься не більше 0,1 мг / л оливи.

Після розконсервації внутрішню поверхню парогенератора пасивують: заповнюють 0,3-0,5% розчином аміаку (NH₃) при температурі 70-100⁰С і витримують 4-5 годин. Після чого розчин аміаку зливають або для наступних

об'єктів, або видаляють в бак для нейтралізації і подальшого зливу в каналізацію після підтвердження нейтральності колишнього розчину аналізом.

Для очищення і знежирення великих судин і трубопроводів великих діаметрів, застосовують лужний розчин ОП-10 або розчин тринатрій фосфату ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) у воді з концентрацією 10 г/л Na_3PO_4 . Серветками без ворсу (з мадаполаму або бязі), змоченими в цьому розчині, промивають поверхні. Потім Na_3PO_4 відмивають конденсатом. Контроль відмивання: лакмусовий папір не повинен синіти. Сушать відмиті поверхні повітрям без пилу при температурі 50-70°C. Всі матеріали, що застосовуються для відмивання, повинні мати сертифікати, що підтверджують відповідність ДСТУ. Іноді відмивання проводять знесолею водою. Причому в ній приріст сухого залишку не повинен перевищувати 5 мг/л. При виявленні корозії на відмитій обробленій поверхні з $R_z = 20$ і вище її зачищають оксидом хрому, розведеного в індустріальному маслі (з умовною в'язкістю за Енглером $E = 4-5$). Зачищені місця протирають уайт-спіритом. Поверхні з шорсткістю обробки $R_z = 40$ і нижче очищають від корозії наждачною шкіркою з зерном 45-50 або металевою щіткою. Поверхні кольорових металів зачищають пемзою або наждачним шкіркою змоченою в олії з наступним промиванням уайт-спіритом. Промиті чисті порожнини закривають герметичними заглушками.

Після ревізії (не повинно бути дефектів на шпильках, прокладках, видимих тріщин в інших місцях) деякі види обладнання, наприклад, арматуру піддають гідравлічному випробуванню на міцність тиском $P_{ГПР} = 1,5 P_{РОБ}$ і на щільність клапана при $P_{ГПЛ} = 1,25 P_{РОБ}$.

Працездатність механізмів СУЗ перевіряють на стендах в центральному залі за допомогою штатних електричних і ручних приводів.

2.2.4 Етапи і зміст будівельно-монтажних робіт [1]

Головні корпуси будівель АЕС мають велику кількість боксів, виконаних з монолітного залізобетону. Розміщується в них обладнання, як правило, має великі габарити і може бути встановлено на штатне місце тільки на певному етапі

виконання будівельних робіт, або ж через отвори, що залишаються в будівельних конструкціях. Саме це і визначає на АЕС суміщення будівельних і монтажних робіт. Виходячи зі сказаного, слід виділити ряд етапів у виконанні будівельно-монтажних робіт.

Перший етап - включає монтаж арматурно-опалубних блоків, облицювання з листової сталі, зведення фундаментів для встановлення технологічного обладнання. В стіни боксів встановлюють закладні деталі для проходу технологічних трубопроводів і кріплення різних металоконструкцій, монтують захисні герметичні двері.

Після зведення і бетонування стін першого ярусу в бокси встановлюють важке і громіздке обладнання. У деяких випадках передбачають залишення прорізів в перекриттях і стінах боксів. Над боксами з встановленим в них обладнанням збирають блоки перекриттів з необхідними частинами, виконують арматурні і бетонні роботи. У середині боксів закінчують монтаж облицювань.

Другий етап - готують приміщення під основний монтаж. В реакторному залі, шахті реактора та інших приміщеннях і боксах, де намічений монтаж обладнання, до його початку має бути завершено спорудження фундаментів під обладнання та металоконструкції. Виконано підлоги і закінчені штукатурні роботи, закінчено монтаж площадок та сходів і інших будівельних металоконструкцій, закладних деталей, кабельних гільз і гільз трубопроводів і повітроводів, очищені приміщення від опалубок і будівельного сміття. Вантажопідйомні механізми повинні бути змонтовані і здані в експлуатацію. Дренажні системи і системи опалення, освітлення, комунікацій, електро- і газопостачання для живлення устаткування також повинні бути приведені в робочий стан.

Висотні і осьові репери встановлюють в суворій відповідності з проектом геодезичного обґрунтування монтажних робіт. На цьому другому етапі здійснюють комплекс робіт з техніки безпеки: закривають отвори, ставлять огорожі, переходять на систему постійного освітлювального і силового електроживлення, перевіряють безпеку роботи кранів, перевіряють контур заземлення обладнання тощо.

У період робіт другого етапу все раніше встановлене обладнання повинне бути надійно захищене від забруднення, а його внутрішні порожнини закриті герметичними заглушками. Після остаточної вивірки встановленого обладнання проводять під'єднання до нього систем технічного водопостачання, вентиляції, нестандартного обладнання та інших систем.

Третій етап - оздоблення приміщень для виконання чистих робіт. Воно полягає в підготовці приміщень до виробництва в них чистих монтажних робіт. До цих робіт відносяться установка корпусу реактора, його внутрішньо корпусних деталей, перевірка і монтаж СУЗ. Крім того на цьому етапі здійснюється монтаж ГЦТ, трубопроводів до компенсатора тиску і до гідроємностей САОЗ, системи підживлення водою реактора .

Перед їх початком в приміщеннях повинні бути заґрунтовані і пофарбовані не менше ніж одним шаром (всього два шари) стелі, стіни приміщень і металоконструкцій, а підлоги виконані в проектному або тимчасове виконання з покриттям їх металом. Всі поверхні приміщень, а також металоконструкцій і обладнання знепилено промисловими пілососами або вологим протиранням. У приміщеннях повинна постійно підтримуватися температура $+ 15...20^{\circ}\text{C}$ і працювати припливна і витяжна вентиляція (в проектному або тимчасовому виконанні).

Для перевдягання монтажного персоналу в спецодяг влаштовують побутові приміщення або використовують штатні. Ці приміщення повинні мати самостійні входи в чисту (монтажну) зону.

Четвертий етап - остаточна обробка приміщень АЕС для проведення пуско-налагоджувальних робіт. Починається вона після повного завершення всіх робіт по монтажу тепломеханічного обладнання і трубопроводів, вентиляції, електрообладнання, КВП і А, системи дозиметричного контролю, після завершення всіх сантехнічних робіт і робіт по зв'язку тощо. Виняток можуть становити лише окремі, чутливі і дорогі прилади, для установки яких повинні бути підготовлені місця їх кріплення.

Остаточна обробка приміщень оформляється актом комісії, в якому фіксується закінчення основних будівельно-монтажних робіт, і в цих приміщеннях починають вести пуско-налагоджувальні роботи.

2.2.5 Організація будівельно-монтажних робіт

2.2.5.1 Організація сумісних будівельно-монтажних робіт

Суміщеними називають роботи, що виконуються на одному будівельному майданчику, або в одній будівлі або в приміщенні декількома будівельно-монтажними організаціями. Поєднання в такому понятті відбувається на всіх чотирьох етапах робіт спорудження АЕС. Відповідальність за організацію сумісних робіт покладається на керівника генеральної підрядної організації - Управління будівництвом АЕС.

Керівник управління будівництвом наказом закріплює всі споруджувані об'єкти, будівлі, їх частини за керівниками субпідрядних організацій (фірм). Керівники цих організацій спільно з суміжними по території роботи організаціями узгоджують графіки сумісних робіт і заходи щодо ТБ, обов'язкові для всіх. Контроль здійснює генеральний підрядник. Виробництво сумісних робіт допускається після отримання наряду - допуску. У наряді вказується: найменування організації, що виконує роботи, відповідальні керівник і виконавець робіт, найменування, характеристика і місце виконання робіт, склад бригади, яка виконує роботу, умови виконання робіт із зазначенням вантажопідйомних механізмів, подачі матеріалів, розташування робочих місць суміжників, зміни і години роботи. Одному відповідальному керівникові може бути видано не більше 3-х нарядів-допусків на одночасні роботи. Відповідальному виконавцю видають тільки один наряд-допуск. Після оформлення акту здачі будинків під основний монтаж відповідальність за роботу покладається на керівника монтажно фірми (організації) з правом видачі нарядів-допусків іншим субпідрядним організаціям. Після закінчення четвертого етапу робіт право видачі нарядів-допусків отримує експлуатуюча станцію

організація, тобто АЕС.

2.2.5.2 Організація і зміст чистих монтажних робіт

При монтажі АЕС повинні виконуватися спеціальні вимоги до чистоти монтажних робіт. При проектуванні і будівництві АЕС закладається комплекс заходів щодо захисту персоналу від випромінювання. Тому дотримання високого ступеня чистоти при виконанні монтажних робіт є однією з гарантій надійної експлуатації АЕС.

Чисті роботи на монтажі ядерного обладнання в загальному обсязі робіт по спорудженню АЕС відіграють важливу роль. Організаційне забезпечення чистих монтажних робіт дозволяє майже повністю виключити потрапляння бруду в порожнину циркуляції теплоносія, а значить і попадання її в активну зону, виключить інтенсивну активацію і наступні додаткові, значні відкладення активності по всьому тракту теплоносія, що досить значно ускладнило б експлуатацію і, тим більше, ремонтно-профілактичні роботи.

Ефективність очищення і відмивання поверхонь обладнання і трубопроводів від забруднення залежить від рівня шорсткості, отриманої при механічній обробці внутрішніх поверхонь першого контуру, де буде циркулювати теплоносій. Чим менше шорсткість, тим легше поверхню піддається очищенню. Шорсткість контактує з теплоносієм поверхонь повинна бути не більше $R_z = 20$. При цьому зменшується перехід продуктів корозії в теплоносій, які опромінюються в активній зоні і розповсюджують радіоактивне забруднення по системам першого контуру. Тому всі зварні монтажні шви, які контактують з теплоносієм, обробляються до чистоти сполучених з ним поверхонь, незважаючи на те, що роботи, пов'язані із шліфуванням зварних швів є джерелом значного повторного забруднення вже очищених внутрішніх поверхонь при їх перед монтажній очистці. Тому передпускові промивання обов'язкові.

Готовність приміщень до чистових монтажних робіт фіксується актом, підписаним оперативними керівниками монтажників і власником майбутньої АЕС

(замовником).

До чистових монтажних робіт відносяться:

- на АЕС з реакторами типу ВВЕР - монтаж внутрішньо корпусних пристроїв (СКУ) та верхнього блоку, складання і монтаж механізмів СУЗ. Крім того, монтаж головних циркуляційних насосів і трубопроводів першого контуру і стикування їх з патрубками парогенераторів, підключення до першого контуру компенсатора об'єму і ємностей системи аварійного розхолодження активної зони реактора; монтаж допоміжних систем, безпосередньо пов'язаних з першим контуром;
- на АЕС з реакторами РБМК-1000 - монтаж графітової кладки і технологічних каналів, монтаж системи охолодження СУЗ і відбивача. Крім того, монтаж пароводяних комунікацій, монтаж обладнання контуру МПЦ, монтаж механізмів СУЗ, монтаж системи перевантаження реактора.

До «брудним» робіт відносять роботи, до яких не пред'являють додаткові вимоги по чистоті при їх виконанні.

Перед початком чистих робіт все вільні отвори і гільзи трубопроводів, що ведуть до приміщення для чистих робіт, необхідно закрити щільними заглушками. Найбільший обсяг чистих робіт в центральному залі реакторного відділення АЕС. На стадії підготовчих до чистих робіт в залі монтують припливно-витяжну вентиляцію. По периметру залу монтують вакуум провід з вакуумними насосами. Через штуцера шлангами від них знепилюють обладнання і роблять сухе прибирання залу шляхом відсмоктування бруду і пилу. Їх можна замінити промисловими пилососами. Освітлювальна арматура, як основна, так і переносна, на випадок розтріскування закривається сітками, кожухами, екранами з оргскла. Допускається застосування батарейних або акумуляторних ліхтарів із захистом з оргскла.

Вхід в зони чистого монтажу дозволяється тільки в спеціально встановленій одязі та взутті. Для переодягання необхідні роздягальні, а також туалети та умивальники.

У комплект спецодягу входять: комбінезони або халати, берети або шапочки, рукавиці і тапочки. Матеріал одягу - мадаполам (безворсова тканина) білий або

інших кольорів. Роботи у внутрішньому обсязі корпусу реактора проводять тільки в комбінезонах без кишень, гудзиків, гачків, в рукавичках, шапочках, шкарпетках, тапочках.

Зварювальники повинні користуватися стандартним чистим спецодягом без гудзиків і кишень.

Для проходів в зону чистих робіт встановлюють пропускний режим, призначають відповідального керівника робіт; контроль над роботою зони чистих робіт здійснює замовник. У зоні чистих робіт організовують інструментальні комори; інструмент повинен бути без мастила і бруду, чистий. Для роботи всередині корпусу реактора до інструменту кріплять страхувальні кільця проти попадання його в щілини і трубки. Дерев'яні ручки інструменту повинні бути без задирок, покриті лаком. Для лісів застосовують стругані пофарбовані дошки, стійки з труб (спеціальні ліси) з електричною проводкою і розетками на кожному поверсі в захисному виконанні для електроінструменту.

У приміщеннях, де виконуються чисті роботи, один раз в зміну виконують вологе прибирання і три рази в зміну суху - пиłosосами.

Металобрухт і інші відходи складають у контейнери. При транспортуванні обладнання з ЦПР в реакторне відділення після перед монтажного очищення і ревізії його чистота забезпечується герметизацією внутрішніх порожнин заглушками, застосуванням спеціальних контейнерів, брезентових покриттів, чохлів, заводський тари. Після доставки підготовленого до монтажу обладнання в транспортний коридор реакторного відділення його звільняють від упаковки, відкривають монтажний проріз і краном подають в зону монтажу. Ворота в транспортний коридор перед цим закривають.

Для запобігання потрапляння на обладнання мастильних матеріалів при вантажно-розвантажувальних роботах крани, талі, поліспасти і домкрати повинні мати захисні пристрої у вигляді брезентових чохлів. Стропи зі сталевих канатів знежирюють уайт-спіритом, вільні кінці дроту на тросах видаляють.

Для робіт у внутрішньому обсязі реактора спеціально утворюють режимну зону. Там створюють додаткову вентиляцію сухим чистим повітрям. Все обладнання

яке подається всередину реактора ще раз очищають і знежирюють в спеціально відведеному місці. При роботі з знежиреними виробами користуються білими бавовняними рукавицями або рукавичками.

При необхідності проведення механічної обробки всередині реактора слід:

- виділити зону виконання робіт установкою захисних ширм;
- закрити всі отвори, зазори, щілини;
- організувати місцеве відсмоктування запиленого повітря, збір і видалення стружки і металевих пилю;
- перевірити по завершенні робіт чистоту всіх поверхонь обладнання, що входить в виділену зону.

Зварювальник після роботи всередині реактора повинен здати недогарки і невикористані електроди, і присадний дріт. Такий же облік ведуть при шліфувальних роботах всередині реактора. Якщо шліфувальне коло розколось - здають всі його осколки. Зварювальний кабель і держак повинні бути в гумі.

Для вантажно-розвантажувальних робіт в реакторі, щоб виключити потрапляння в реактор забруднення, бажано застосовувати стропи з синтетичних канатів, тому що сталеві канати необхідно одягати в брезентові чохла.

На певних етапах чистих робіт може з'явитися небезпека потрапляння всередину реактора бруду. Цей бруд від біологічного захисту (чавунної дробу, серпентинітовому піску, що засипають в конструкцію), укладання важких бетонів, теплоізоляції. При цьому роботи всередині корпусу реактора, судин, ємностей припиняють, а відкриті порожнини герметизують.

Місця для збирання механізмів виділяють із загального обсягу приміщення тимчасовими стінами і перекриттями, ширмами, шатрами з металу, брезенту, поліетиленової плівки тощо. І організовують в них додаткову приплину і витяжну вентиляцію. Сукупність виконання чистих і «брудних» робіт, що суміщаються, залежить від характеристик і особливостей цих робіт, від їх взаємної віддаленості один від одного.

Контрольні питання по розділу 2.2

- 1 Опишіть процес приймання обладнання безпосередньо при доставці
- 2 Як і з якою метою здійснюється консервація обладнання перед зберіганням на складах?
- 3 Стисло опишіть процес підготовки обладнання до монтажу?
- 4 Назвіть і стисло опишіть етапи монтажних робіт
- 6 Що таке сумісні будівельно-монтажних робіт, їх призначення?
- 7 Яка мета чистих робіт при монтажі АЕС?
- 8 Які вимоги до працівників при виконанні чистих робіт?

Список джерел інформації до підрозділу 2.2

- 1.Ященко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).

2.3 Монтаж реактора

2.3.1 Розміщення обладнання і вантажопідйомних механізмів

Устаткування першого контуру радіоактивне і тому від його небезпечного впливу мають бути захищені як обслуговуючий персонал станції, так і на населення. З цією метою обладнання розмістили в залізобетонному циліндричному корпусі еліптичної форми з міцним дахом, що витримує навіть падіння на нього літака, що терпить аварію. Цей огорожений обсяг і є реакторним відділенням, а його частина з розміщеним там обладнанням є герметичною зоною. Відповідно до розрахунку вона здатна витримати внутрішній розпирає тиск до 0,5 МПа. До реакторного відділення примикають турбінне відділення і адміністративний корпус.

Компонування головного корпусу АЕС з реактором ВВЕР зімкнуте. Кожен блок укомплектований одним реактором і однієї турбіною. Турбінне відділення має прямокутну форму і розташоване поздовжньо щодо фасаду АЕС.

Реактор встановлений в бетонному боксі реакторного відділення. В окремих боксах розташовані парогенератори, трубопроводи до кожного з них ГЦТ, головні циркуляційні насоси ГЦН, компенсатор об'єму з барботером.

Устаткування реакторного відділення обслуговує полярний (круговий) кран вантажопідйомністю 400т для ВВЕР-1000 і 250т для ВВЕР-440. Устаткування турбінного відділення обслуговують два мостових крана вантажопідйомністю 150/25т і 50т. Припливні і витяжні вентиляційні центри розташовані як в реакторному, так і в турбінному відділеннях. Індивідуальна для кожного блоку металева вентиляційна труба розташована на будівлі реакторного відділення.

2.3.2 Монтаж металоконструкцій в боксі реактора ВВЕР-1000

Металоконструкції в боксі реактора призначені для сприйняття вагового навантаження реактора і можливого моменту що зміщу, як при нормальних геологічних умовах, так і при сейсмічно активному стані земної кори до рівня 8-ми

балів 12-ти бальної шкали. Ці навантаження передаються залізобетонному моноліту будівельної конструкції герметичної зони.

2.3.2.1 Монтаж обичайки боксу реактора

Металоконструкції шахти реактора монтують на стадії виконання будівельних робіт. Обичайку встановлюють, коли укладання залізобетону в шахту доходить до позначки приблизно 10 м. Ця металоконструкція складається з власне циліндричної обичайки, зібраної і звареної поруч з місцем установки з 6-ти наполовину обичайок зі сталі загального призначення. Її діаметр близько 6,7 м, висота 4,5 м, товщина листа в межах 36 мм. Зовні обичайки, по всій її висоті, рівномірно по периметру, до неї приварюють 6 куточків розміром 65х65х10 мм і, крім того, 6 рядів встановлених радіально арматурних стержнів (анкерів), довжиною 500 і діаметром 40 мм з кроком по вертикалі і горизонталі приблизно 500 мм. Після покриття її антикорозійним захистом (епоксидною смолою) встановлюють її за допомогою баштових кранів на арматуру боксу реактора.

Перевірку по висоті і в плані виконують з точністю ± 10 мм. Після складання формуляра і акту прихованих робіт зовні обичайки укладають бетон на неповну її висоту, залишаючи вільний простір для виконання зварного шва в стику обичайки і опорної рами.

2.3.2.2 Монтаж радіаційно-теплого захисту корпусу реактора

Потім монтують металоконструкцію радіаційно-теплого захисту, яка являє собою кільцевий бак зовнішнім діаметром приблизно 6,65 м і внутрішнім - 5,55 м, розділений на 10 сегментів (секцій). Бак весь, за винятком задньої стінки, виконаний з нержавіючої сталі товщиною 12 мм. Задню стінку, включаючи зварні шви, для захисту від корозії покривають епоксидною смолою. Внутрішні порожнини сегментів ще до подачі в бокс реактора заповнюють серпантенітовим бетоном. Це важкий ($\rho = 4,5 \text{ г/см}^3$; $\mu = 0,12 \text{ см}^{-1}$) силікатний бетон бурого кольору, його формула

$\text{Mg}_6 [\text{Si}_4 \text{O}_{10}] (\text{OH})_8$.

Між днищем і кришкою в кожній секції уварені 8 труб діаметром 80 і товщиною стінки 4,5 мм, крізь які після монтажу будуть заведені іонізаційні камери в індивідуальних чохлах для оцінки радіаційного поля навколо активної зони.

Секції встановлюють на опорні заставні частини боксу реактора баштовим краном в межах допуску і по висоті і в плані ± 10 мм. Після цього секції закріплюють з зазором 30мм між ними і обичайкою на зварюванні: верхній частині до кріпильним планок, а в нижній - до закладних частин. Між собою секції не зварюють. Відновлюють всі порушені місця антикорозійного покриття. Приймання робіт по монтажу кільцевого бака оформляють складанням формуляра фактичних розмірів бака і підписанням акту прихованих робіт, якщо їх результати відповідають кресленням і технічним вимогам.

2.3.2.3 Монтаж теплової ізоляції корпусу реактора

Потім приступають до монтажу циліндричної частини теплоізоляції корпусу реактора. Теплоізоляція складається з нижнього і верхнього ярусів. Кожен ярус збирають з п'яти сталевих порожнистих секцій, внутрішні порожнини яких заповнені теплоізоляційним матеріалом - сталевою нержавіючої фольгою. Секції теплоізоляції збирають і зварюють між собою з допуском ± 5 мм по ярусам на монтажному стенді поряд з місцем їх установки. Готові яруси за допомогою баштового крана встановлюють в проектне положення з допуском по висоті і в плані щодо осі боксу реактора ± 3 мм. Допуск на не вертикальність по всій висоті дорівнює ± 5 мм. Зазор між теплоізоляцією і металоконструкцією радіаційно-теплового захисту повинен бути в межах 10-15мм.

Розміщення сухого захисту, теплоізоляції боксу, опорної ферми і опорного кільця корпусу наведено на рисунку 2.2. Внутрішня обичайка конструкції теплоізоляції повинна мати циліндричну форму з допуском на радіус $+10$ мм. Після установки, підгонки і вивірки верхнього і нижнього ярусів теплоізоляції їх зварюють між собою. Верхній і нижній яруси теплоізоляції 1,

кріплять до закладних деталей боксу і радіаційно-теплого захисту шпильками 7, з гайками 3, з шайбами 2. Шпильки приварені до закладних деталей 5 з підкладками 6. Отвори в теплової ізоляції для шпильок закривають пробками 4 і заварюють суцільним швом. На яруси теплового захисту встановлюють верхню і нижню ущільнення, що забезпечують вільне переміщення кінців ярусів порядку 15мм.

Верхнє ущільнення герметизують після установки опорної ферми. Зазори в теплових ущільненнях повинні перевищувати розміри теплових подовжень. В якості теплоізоляційного матеріалу в теплових ущільненнях застосовують мати з скловолокна.

Монтаж теплоізоляції нижній частині боксу реактора виконують після укладання шляху для в'їзду в бокс під реактор машини, яка контролює стан металу днища і циліндричної частини корпусу реактора. Монтаж верхньої частини ведуть слідом за монтажем верхнього блоку реактора. Теплоізоляцію зони патрубків виконують після монтажу ГЦТ в межах реактора. Коли монтаж циліндричної частини теплоізоляції корпусу закінчений, приступають до установки опорної ферми.

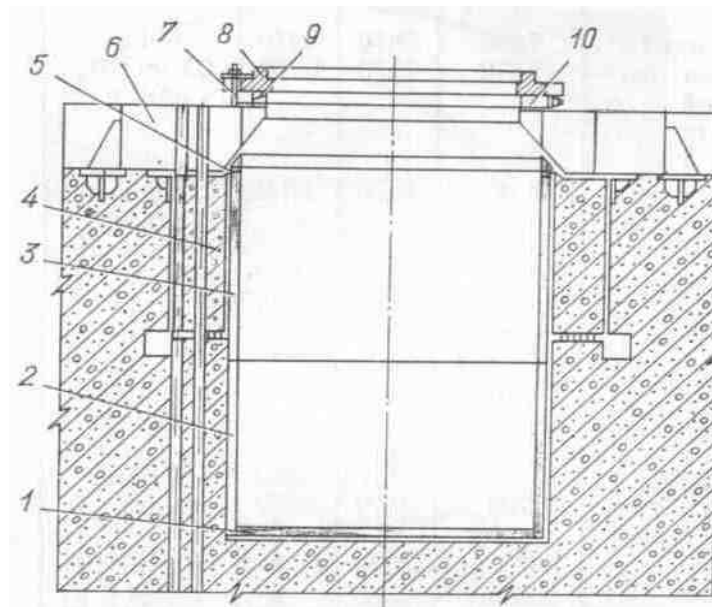


Рисунок 2.2 – Розміщення сухого захисту, теплоізоляції боксу, опорної ферми і опорного кільця корпусу.

На рисунку 1-теплоізоляція нижній частині боксу: 2,3,5-нижній, верхній і кільцевої пояси теплоізоляції; 4-радіаційно-тепловий захист; 6-опорна ферма; 7-шпилька з накладкою; 8-опорне кільце; 9-парні клини; 10-клинової домкрат

Кріплення поясів теплоізоляції до закладних деталей боксу реактора наведено на рисунку 2.3. Виходячи з рисунку 2.3 верхній та нижній яруси теплової ізоляції 1 прикріплюють до закладних деталей боксу і радіаційно-теплого захисту шпильками 7 з гайками 3 та шайбами 2. Шпильки приварені до закладних деталей 5 з підкладками 6. Отвори в тепловій ізоляції для шпильок закривають пробками 4 і заварюють суцільним швом.

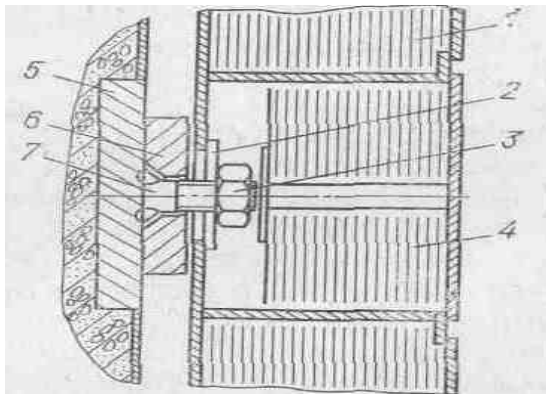


Рисунок – 2.3 Кріплення поясів теплоізоляції до закладних деталей боксу
Реактора

Монтаж верхньої частини ведуть слідом за монтажем верхнього блоку реактора. Теплоізоляцію зони патрубків виконують після монтажу ГЦТ в межах реактора. Коли монтаж циліндричної частини теплоізоляції корпусу закінчений, приступають до установки опорної ферми.

2.3.2.4 Монтаж опорної ферми реактора

Опорна ферма, це порожниста кільцева металоконструкція зовнішнім діаметром 7,5 м, внутрішнім 4,5 м, висотою 1,2 м, з листової сталі 20 товщиною 40 мм. Конструкція ця сприймає всі види навантаження від реактора в процесі його експлуатації. У зв'язку з обмеженням з/д габаритів вона поставляється на монтаж вигляді 3-х секцій. У проектне положення її встановлюють баштовими кранами.

Зварювання блоків (3-х частин), виконують на монтажному стенді, що забезпечує при складанні і зварюванні площинність опорних плит (платик), на яких надалі буде встановлена опора корпусу реактора, з допуском ± 2 мм і циліндричність з допуском на внутрішній діаметр $+20$, -10 мм.

Під час зварювання стежать за тим, щоб зварювальні деформації не вивели геометричні розміри конструкції за межі допусків. У разі необхідності змінюють технологію зварювання, домагаючись мінімальних деформацій конструкції. Після закінчення зварювання складають повторно формуляр геометричних розмірів, перевіряючи збереження встановлених кресленням і названих тут допусків. При збільшенні допусків після зварювання конструкцію піддають ремонту, що вельми трудомістким.

У проектне положення опорну ферму встановлюють баштовими кранами, витримуючи допуск на не співвісність опорної ферми і боксу реактора до 2 мм.

Після укладання ферми в проектне положення згідно допуску на не співвісність її приварюють до раніше встановленої обичайки суцільним швом з катетом 40 мм і подальшим його контролем УЗК. Потім після антикорозійного покриття бетонують бокс реактора і внутрішні порожнини опорної ферми, при чому внутрішню частину порожнини ферми заповнюють серпентинітовим бетоном, що володіє більш високими поглинаючими властивостями гамма-випромінювання.

2.3.2.5 Монтаж опорного кільця реактора

Наступною відправною маркою, що підлягає монтажу згідно мережевому графіку робіт по монтажу реактора, є опорне кільце - опора корпусу реактора. Монтаж опорного кільця корпусу реактора наведено на рисунку 2.4. Це коване з нержавіючої сталі профільне кільце має внутрішній діаметр близько 4300 мм, зовнішній близько 4900 мм. На зовнішньому і внутрішньому діаметрах його рівномірно розташовані по 30 пазів глибиною і шириною відповідно по 80 і 70 мм. Висота профілю кільця з внутрішньої сторони 200мм. Тут опорне кільце корпусу реактора висотою 50мм, 30-тю аналогічними виступами входить в пази опорного

кільця. Нижня суцільна частина кільця під виступами кільця реактора має товщину близько 110мм. Товщина кільця з зовнішнього боку після плавного переходу дорівнює 100мм.

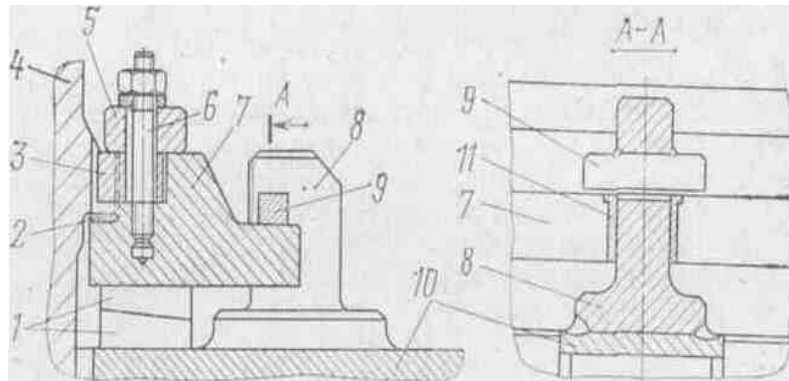


Рисунок – 2.4. Монтаж опорного кільця корпусу реактора.

На рисунку: 1-парні клини; 2-прокладка опори корпусу, 3-шпонка; 4 - корпус реактора; 5-планка; 6-шпилька; 7-опора корпусу (опорне кільце); 8- фіксатор; 9-клин; 10-платік (плита) опорної ферми; 11-вкладиши циліндричної частини корпусу реактора.

Нижня опорна поверхня кільця плоска. Цією стороною кільце через 30 проміжних конструкцій передає все навантаження від реактора на плоскі горизонтальні опорні плити (платики), приварені на опорній фермі. Кожна опорна конструкція, складається з парних клинів 1, фіксатора 8, з клином 9, і двома вкладишами 11. Фіксатори 8, входячи в пази опорного кільця, утримують його від провертання і будь-яких інших зсувів в горизонтальній площині. Корпус реактора 4 спирається своїм кільцем на опорне кільце через прокладку 2 з м'якої сталі. Від переміщень у вертикальній площині (вгору) корпус реактора утримується 30-тю планками 5 і шпильками 6 з різьбленням М48.

Монтажні роботи по установці опорного кільця починають з підгонки один до одного платик опорної ферми і парних клинів. Для цього клини встановлюють на платик в проектне положення і відзначають його керненням. Перевіряються зазори між опорою і клинами не повинна бути більш 0,1мм, а величина щільного контакту «по фарбі» не менш 30%. Парні клини після підгонки маркують і прибирають. На платик опорної ферми баштовим краном встановлюють опорне кільце і за

допомогою 3-х домкратів виставляють його за проектною висотною позначки з допуском ± 1 мм. При цьому головні осі опорного кільця, нанесені на заводі-виробнику, поєднують з головними осями боксу реактора з допуском ± 1 мм. Відмітки цих осей встановлюються геодезичним проектом. У місцях установки парних клинів роблять по чотири виміри відстаней від кожного платика опорної ферми до опорного кільця. За цим вимірам перевіряють відповідність висот парних клинів.

При необхідності висоту парних клинів зменшують обробкою або зміщенням одного щодо іншого. Перевіряють і сполучають контактні поверхні шпонок 3, зазори тут більш 0,1мм неприпустимі. Потім перевіряють фіксатори 8, встановлюючи їх в проектне положення на платик, щоб вони повністю увійшли в пази опорного кільця з зазорами з двох сторін не менше 11 мм для установки при складанні вкладишів. Якщо необхідно висоту фіксаторів зменшують обробкою. Після підгонки фіксатори в проектному положенні прихоплюють до платик зварюванням. Тепер під опорне кільце встановлюють марковані парні клини. Три тимчасових домкрата прибирають, встановлюють вкладиші. При відповідності розмірів кресленням складають формуляр і зварюють парні клини між собою і з платик; фіксатори теж приварюють до платик, а вкладиші до фіксаторів. Знову укладають в проектне положення опорне кільце, і якщо повторні заміри в формулярі відповідають даним креслення не перевищуючи допусків, після кріплення опорного кільця приступають до монтажу корпусу реактора.

2.3.3 Монтаж корпусу реактора

Виготовлений у відповідності з повним технологічним процесом корпус реактора піддають гідравлічному випробуванню під тиском 1,25 від робочого тиску. Випробування проводять водою у спеціальному колодязі спільно з тимчасової (плоскою) кришкою при температурі, що дорівнює 95°C (вище критичної температури) з витримкою протягом 30 хвилин. Потім після приймального огляду

корпус реактора звільняють від заглушок, сушать стисненим повітрям, консервують за заводськими ТУ на поставку.

Для транспорту корпусу реактора застосовується транспортер, що складається з двох частин (напівтранспортер). Під час навантаження корпусу реактора на з/д транспортер його кріплять тимчасовою кришкою до передньої консолі транспортера 54-ма шпильками М48, днище корпусу з навареним тимчасовим транспортним кільцем з різьбовими отворами кріплять до задньої консолі 40 шпильками М48. Загальна кількість осей у транспортера 28. Допустиме навантаження на одну вісь не більше 32т. При масі корпусу 320 т, кришки 40 т і транспортного кільця 10т загальна маса вантажу і транспортера (трейлера) складе 740 т. Довжина завантаженого транспортера майже 63 м. Транспортер с навантаженим корпусом реактора представлений на рисунку 2.5.

Якщо монтаж реактора проводиться за схемою «монтаж з коліс», тоді транспортер з вантажем подають в транспортний коридор для розвантаження. Закривають двері, опускають корпус реактора гідродомкратами транспортера на шпальну викладку на підлозі транспортного коридору. За допомогою полярного крана або лебідки переміщують (перекочують корпус) убік, звільняючи з/д колію, і потім виводять обидва полу транспортера з транспортного коридору.

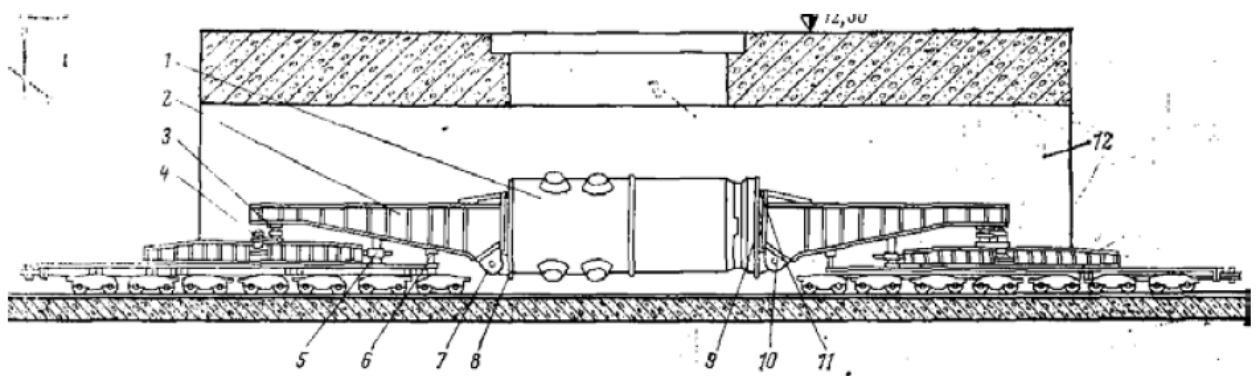


Рисунок 2.5 – Транспортер с навантаженим корпусом реактора

1 - корпус реактора, 2 - консоль, 3 –коткова опора, 4 - гідравлічний домкрат.
5 – волило, 6 - малий гідравлічний домкрат, 7 – провущина консолі, 8, 9 -

проміжні пластини, 10 - сполучний палець, 11 – упор, 12- транспортний коридор.

При використанні звичайного методу транспортер подають на майданчик важковаговиків і там виробляють такі ж операції з розвантаження. Переміщення корпусу реактора зі шпальних викладок на місце на майданчику важковаговиків виконують двома козовими кранами вантажопідйомністю по 200 т. Заміна їх на стонні значно збільшує час розвантаження (і навантаження) і вартість робіт. Після приступають до розконсервації корпусу і підготовці його до монтажу (вірність поставки перевіряють до розвантаження). На початку оглядають на предмет виявлення яких-небудь дефектів зовнішню і внутрішню поверхні, перевіряють поверхню металу, якість плакировки і зварних швів.

Потім видаляють з днища транспортну обичайку з її опорами. Спочатку їх обрізають ацетиленовим різакм зі швидкістю до 80 мм / хвилину на відстані 30 мм від днища, щоб нагріванням не пошкодити його поверхню. Від бризок і окалини металу днище закривають азбестовими листами або полотном. Перед початком різання температура корпусу и повітря не повинні бути менше 5⁰С. Залишок металу до висоти 2 мм видаляють повітряно-дуговим струганням. Для цього використовують вугільні електроди діаметром 8-10 мм, постійний струм від зварювального перетворювача силою 350-500 А та стиснене повітря тиском 0,4 - 0,5 МПа від загальної магістралі або пересувного компресора. Залишок металу видаляють шліфуванням, контролюючи рівень вибірки шаблоном днища. Закінчивши підготовку до монтажу, приступають до подачі корпусу реактора в центральний зал. Технологія установки корпусу залежить від наявних пристосувань і довжини монтажного отвору.

Якщо його довжина 10 800 мм і якщо в якості інвентарю складається спеціальна траверса горизонтального підйому, то здійснюють стропування нею, і піднімають корпус в центральний зал в горизонтальному положенні. Тут укладають його на шпали і кантувач (під днище), здійснюють пере стропування корпусу, знімаючи горизонтальну траверсу і закріплюючи на фланці головного роз'єму фланцеву спеціальну траверсу, що забезпечує вертикальний підйом і установку

корпусу в проектне положення. В подальшому, коли був запропонований більш економний шлях застосувати вертикальний підйом корпусу з нульової позначки, застосовуючи під днищем рухливий візок 3. Підйом корпусу реактора ВВЕР в вертикальне положення представлений на рисунку 2.6. Корпус, якому надано вертикальне положення, через монтажний отвір піднімають в центральний зал, переміщують горизонтально і встановлюють (опускають) всередину опорного кільця. Тут корпус своїм опорним буртом сідає на опорне кільце. Розташування корпусу вивіряють в плані за випадковим збігом рисок на корпусі і опорі; допуск ± 2 мм. Перевіряють горизонтальність посадкової поверхні під верхній блок, яка повинна не перевищувати 0,5 мм. Установка корпусу реактора в проектне положення представлено на рисунку 2.7.

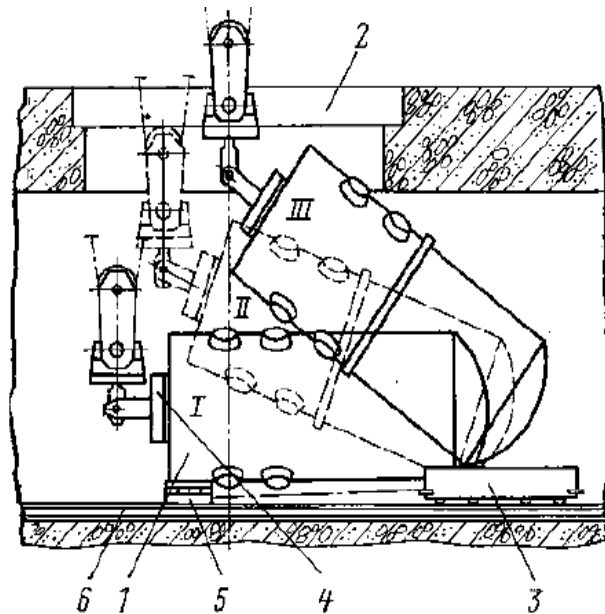


Рисунок 2.6 – Підйом корпусу реактора ВВЕР в вертикальне положення
1-корпус до підйому; 2-пройма в перекритті транспортного коридору; 3-рухливий візок; 4-траверса; 5-нерухлива опора; 6-рельси.

Корпус реактора щодо опори (опорного кільця) розкріпляють шпонками, які входять в пази опорного бурту корпусу. Їх кріплять до опори корпусу за допомогою шпильок. Упорне кільце корпусу призначене для фіксації корпусу реактора щодо бетонного боксу і забезпечення нормальної роботи опорного кільця з деталями кріплення в аварійному режимі. Упорне кільце (з двох частин) встановлюють на

бурт корпусу реактора, після чого до закладних кільцям боксу реактора приварюють шпонки, попередньо виставлені на опори

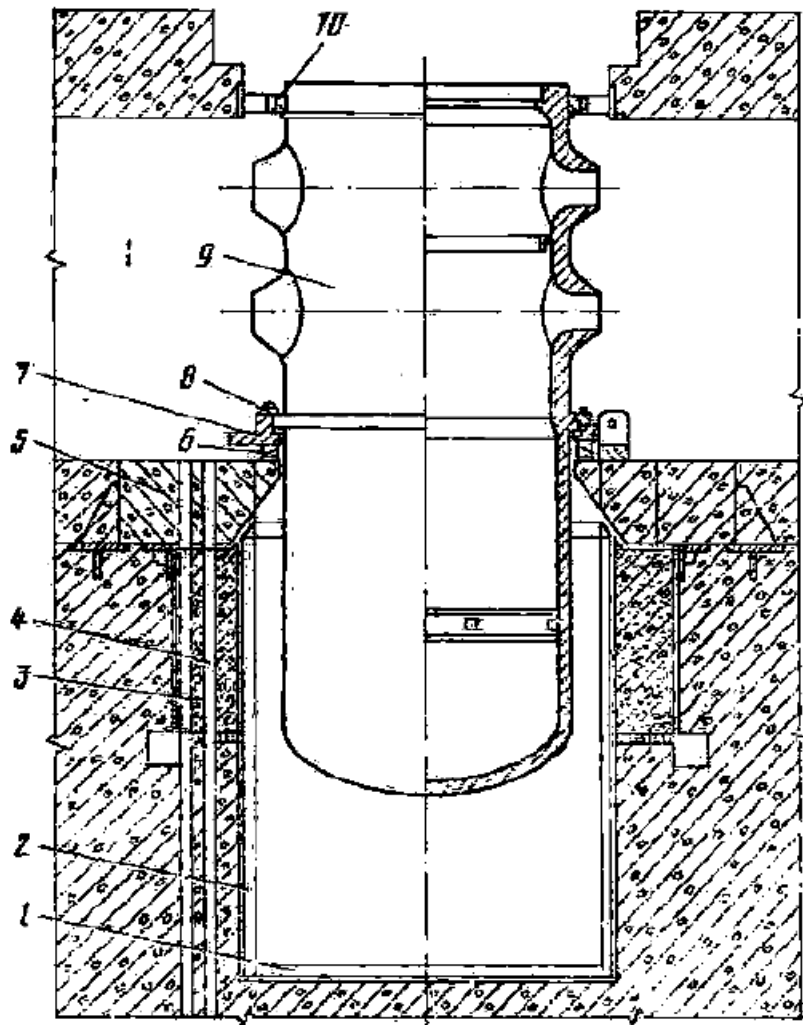


Рисунок 2.7 – Установка корпусу реактора в проектне положення

1.2.3-теплоізоляція боксу; 4-канали для іонізаційних камер; 5-опорна ферма; 6-парні клини; 7-опорне кільце (опора); 8-накладка; 9-корпус реактора; 10-упорне кільце.

Розділовий сильфон призначений для герметизації зазору між бетонної кромкою боксу реактора і корпусом і забезпечує при цьому щільність над реакторного обсягу боксу реактора, що заливається водою при перевантаженнях палива в реакторі. Сильфон приварюють до заставного кільця боксу і корпусу реактора. Цей сильфон поставляється у вигляді двох частин. Його збирають і

зварюють на монтажному стенді. У внутрішні порожнини сільфона вкладають теплоізоляційні мати, а зачищені поверхні зварних швів, всю його поверхню покривають епоксидною смолою. Сільфон встановлюють в проектне положення і приварюють до заставного кільця бетонного боксу і до наплавлення на корпусі реактора.

2.3.4 Монтаж внутрішньо корпусних пристроїв і верхнього блоку.

До початку монтажу внутрішньо корпусних пристроїв в центральному залі необхідно створити умови для виробництва «чистих» робіт. Тут вводять режим, що забороняє доступ до зали сторонніх осіб, проводять нанесення позначок на необхідний монтажний інструмент та його облік. Персонал переодягається в чистий спецодяг без гудзиків і кишень. До цього часу завершують монтаж головних циркуляційних трубопроводів (ГЦТ) діаметром для ВВЕР-1000 (ВВЕР-440) 850 (500) мм. Як мінімум необхідно в кожній з 4-х ниток приварити до патрубків корпусу (в тому числі і для САОЗ) і прийняти зварні шви на ділянках труб довжиною не менше 4-х метрів і тимчасово загерметизувати їх від надходження в корпус пилу.

Внутрішньо корпусні пристроями (СКК – системи контролю і керування) називаються технологічні конструкції, які служать для розміщення і кріплення касет з паливом, забезпечують передачу енергетичної інформації від них на щит керування і організовують гідродинаміку теплоносія в реакторі. Перед установкою всі елементи СКК: шахту, вигородку, хибні касети і блок захисних труб (БЗТ) звільняють від упаковки і ретельно очищають, перевіряють стан їх поверхні, основні розміри порівнюють з кресленнями і формулярами, заповненими при контрольній збірці на заводі-виробнику, і виставляють у вертикальне положення. Щоб уникнути забруднення внутрішніх поверхонь корпусу при монтажних роботах і відповідно до вимог техніки безпеки горловину його закривають тимчасовою монтажної заглушкою. Для виконання робіт усередині корпусу і шахти застосовують спеціальні ліса, тобто трубну конструкцію з 4-ма ярусами майданчиків через кожні 2м,

забезпечені розетками електроживлення інструменту. Майданчики з'єднані сходами. Всередину реактора ліса встановлюють для оглядів і ремонтів полярним краном.

Шахта реактора показана на рисунку 2.8. Вона призначена для розміщення касет активної зони, для захисту металу корпусу реактора (працює під тиском) від нейтронного потоку і для поділу вхідного і вихідного потоків теплоносія. Вона виготовлена з нержавіючої сталі з буртом 1 у верхній її частині, який заходить в виточку корпусу реактора, і передає свою масу на корпус реактора. Під буртом, на рівні вихідних патрубків корпусу, по колу шахти розташовані 7 рядів отворів діаметром 100 мм з кроком 260 мм для виходу з шахти в ГЦТ нагрітого теплоносія. У нижній її частині розташовані 8 пазів 2 для шпонок, закріплених на кронштейнах корпусу. Внизу шахта має днище, над яким на 12 штифтах встановлена гранована решітка 3, у неї верхнім кінцем входять 161 опорна перфорована труба, а нижнім - в розточення сферичної частини днища. Ці труби фіксують хвостовики робочих і регулюючих касет.

Шахту, що має масу 69,5т, встановлюють в корпус реактора полярним краном за допомогою траверси з 4-ма стропами і талрепами. З їх допомогою шахту, що висить на стропах 2, талрепами встановлюють у вертикальне положення, щоб не горизонтальність її бурту не перевищувала 1 мм. Після установки в корпус перевіряють не співосність її з корпусом, яка допускається по осі реактора до 1мм, а в інших місцях до 2 мм. Щільність прилягання бурту шахти до корпусу перевіряють по фарбі. Перевіряють також рівномірність зазору в плані між буртом шахти і виточенням корпусу. Після закінчення такої підгонки шахту фіксують в корпусі тимчасовими віджимними гвинтами і приступають до установки 8-ми шпонок на кронштейнах корпусу. Спочатку в кронштейнах в місцях майбутньої установки штифтів по розмітці просвердлюють по три отвори. Свердління виробляють спеціальним механізмом.

У крайніх отворах нарізають різьбу для кріплення шпонок тимчасовими болтами. Потім в проектне положення встановлюють шпонки, забезпечуючи їх прилягання до кронштейнів і рівномірність зазорів між шпонками і шпонковими пазами. Центральні отвори розсвердлюють, обробляють зенкером і розгорненнями

для отримання розміру, необхідного для установки штифта. Отвори потім вимірюють з точністю до 0,01 мм і за отриманими розмірами виготовляють штифти з розмірами на 0,03-0,04 мм більшими ніж відповідні діаметри отворів.

Установку штифтів виробляють після їх охолодження в рідкому азоті. При цьому діаметр штифта зменшується на 0,07-0,08 мм. Коли вставлені в отвори штифти візьмуть температуру навколишнього металу, відбудеться їх з'єднання зі шпонками і кронштейнами по пресовій посадці. Коли все штифти встановлені, шахту реактора витягують з корпусу і шпонки приварюють до кронштейнів. Для зварювання вибирають таку технологію (поперемінне зварювання з обох сторін), щоб уникнути деформації шпонок. Контроль ведуть за допомогою індикаторів. Шви зачищають, потім проводять пробні підйоми і опускання шахти, щоб перевірити легкість посадки її на місце і відсутність задираків. При цьому поліспаст крана повинен бути відцентрований з віссю реактора з допуском до 5 мм. Віджимні гвинти видаляють, отвори закривають пробками і ошпарюють.

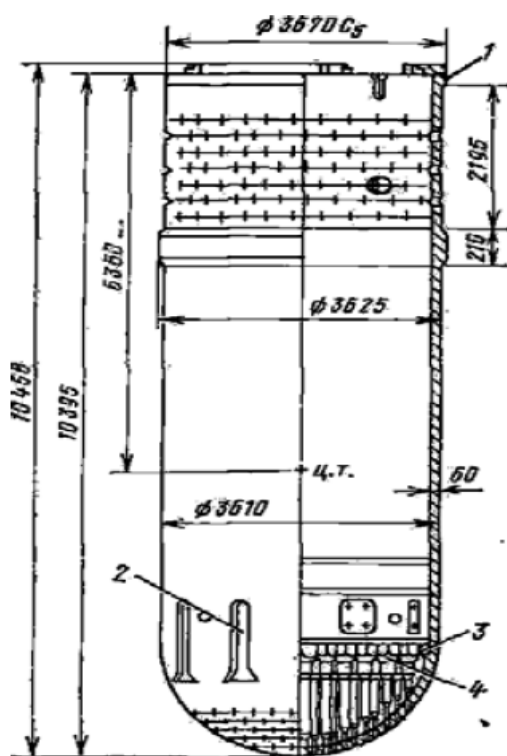


Рисунок 2.8 – Шахта реактора

Вигородка призначена для формування поля енерговиділення і обмеження проходження теплоносія повз активу зону. Встановлення вигородки в шахту реактора показано на рисунку 2.9.

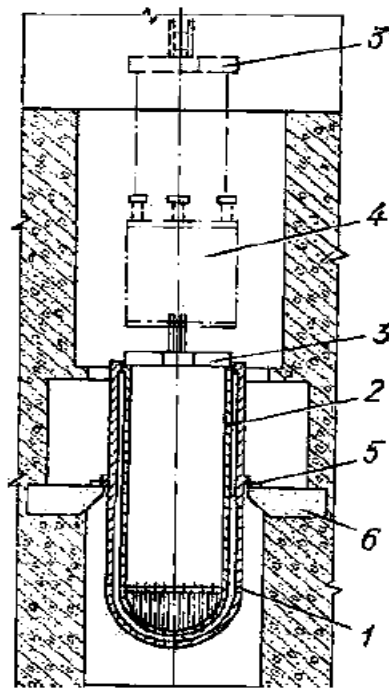


Рисунок 2.9 – Встановлення шахти и вигородки в корпус реактора.

1-корпус; 2-шахта; 3-траверса; 4-вигородка; 5-опора корпусу; 6-опорна ферма

Одночасно, вона є складовою частиною захисту металу корпусу реактора від впливу нейтронного потоку і гамма-випромінювання, що виходять з активної зони. Вигородка є товстостінний циліндр, що складається з п'яти кованих кілець, внутрішня гранована поверхня яких повторює контур активної зони. Для охолодження вигородки і забезпечення співвідношення «вода-залізо», необхідного для захисту корпусу від впливу нейтронного потоку і гамма-випромінювання, в кільцях вигородки виконані 30 вертикальних каналів по окружності. П'ять кілець вигородки збирають в єдине ціле на стенді в центральному залі. Кільця кріплять між собою болтами і встановлюють проти зсуву в роз'ємах штифти. Зібрану вигородку з масою 35 т полярним краном встановлюють в шахту і спирають на грановані грати шахти. Після чого в цю решітку вкручують шість труб і оберігають їх від вивертання приварними стопорними кільцями. Попереднє центрування вигородки щодо шахти здійснюють 6-тю віджимними гвинтами в чистім поясі вигородки. У районі

верхнього гранованого поясу вигородку центрують і розкріплюють щодо шахти 12-тю шпонками, які приварюють до шахти після установки вигородки.

Блок захисних труб призначений для фіксації головок паливних касет, для утримання їх від спливання в будь-яких умовах експлуатації реактора, включаючи аварійні ситуації. Він захищає також органи управління від впливу потоку теплоносія. У ньому розміщується канали датчиків і патрубків системи внутрішньо реакторних вимірювань температури термopарами, розташованими на виході з кожної робочої касети, і енерговиділення, тобто інтенсивності нейтронного поля в активній зоні реактора. Він також забезпечує рівномірний вихід теплоносія в шахту і корпус.

Уловлювачі, розташовані над верхньою плитою, орієнтують захоплення приводів СКЗ (СУЗ) і направляють їх в 61 захисну трубу. Канали датчиків виконані в вигляді 102 труб. Нижні кінці цих каналів орієнтовані на головки робочих касет, верхні кінці цих труб виведені назовні за допомогою патрубків. У місцях проходження патрубків через кришку верхнього блоку є спеціальне ущільнення.

Блок захисних труб, встановлений в центральному залі, після перед монтажної підготовки та контролю встановлюють в корпус реактора і виробляють кілька пробних підйомів і опускань його. Потім його витягають і оглядають на відсутність задір тощо. При цьому перевіряють розбіжність осевих рисок на блоці і корпусі реактора, яке повинно бути менш 1мм. Крім того, перевіряють рівномірність радіального зазору між БЗТ і шахтою і величину відстані від площини верхньої плити БЗТ до площини головного роз'єму корпусу, після чого БЗТ витягують і встановлюють в центральному залі.

Наступним етапом складання реактора є установка в шахту імітаторів робочих касет. Касети повинні вільно під дією сили тяжіння входити в гнізда. Тепер в корпус знову встановлюють БЗТ. Його нижня плита повинна притиснути підпружинені пальці на голівках імітаторів касет. Такі ж пальці є і в голівках робочих касет і в роботі реактора вони за допомогою пружин будуть утримувати від спливання робочі касети.

Силу притиснення імітаторів касет і зазор між головкою імітатора і нижньою плитою БЗТ визначають після вилучення БЗТ по утопленні пружних пальців спеціальними індикаторами. Якщо все пальці притиснуті в межах 10 ± 2 мм, переходять до установки верхнього блоку, якщо ні то регулюють довжину перфорованих опорних труб шахти реактора.

Верхній блок призначений для створення замкнутого обсягу і робочого тиску в реакторі, для утримання від спливання БЗТ, для розміщення приводів електрообладнання СКЗ. Блок складається з кришки, каркаса, приводів регулюючих касет, знімною траверси і вузла ущільнення головного роз'єму з 54-ма шпильками М170×6 довжиною 1700 мм. Він поставляється заводом-виготовлювачем в розібраному вигляді: окремо кришка, каркас, траверса, штанги і деталі огорожі.

Привід СКЗ ВВЕР-1000 - електромагнітний, що працює за принципом переміщення стрижня в електромагнітному полі, складається з 5-ти окремих збірок - корпусу, блоку електромагнітів, блоку переміщення, штанги, перетворювача переміщення і датчика положення. Корпус своїм фланцем кріпиться і герметизується з патрубком кришки. Статор знімний, має шестигранник, яким привід дистанціюється у верхній багатогранної плиті каркаса.

Верхній блок попередньо збирають в шахті ревізії верхнього блоку, де на кришку встановлюють штанги, каркас, траверсу. За допомогою траверси верхній блок підвішують до полярного крану і перевіряють горизонтальність опорної поверхні верхнього блоку. Тут допустиме відхилення до 1 мм. Перевірку проводять нівеліром. Потім блок встановлюють на корпус реактора, вивіряють його положення за рисками головних осей реактора в плані, перевіряють рівномірність зазорів між корпусом і верхнім блоком. Після закінчення установки і вивірки верхнього блоку приступають до перевірки співвісності парубків СКЗ кришки з трубами для хвостовиків касет в шахті реактора.

Величину цього відхилення відраховують від осей, співпадаючих по напрямку з головними осями реактора. За результатами двох вимірів визначають середнє значення. Його заносять у формуляр перевірки співвісності. Аналогічно визначають зміщення щодо другої головної осі реактора. В цьому випадку прилад встановлюють

паралельно цій осі. Допустима величина не співвсності вказана в робочому кресленні, вона не перевищує ± 2 мм. Тепер верхній блок знову встановлюють в шахту ревізії, де на нього встановлюють збірки приводів СКЗ.

У корпусі реактора в цей час ведеться монтаж внутрішньо корпусних пристроїв: в шахту встановлюють вигородку, імітатори касет, блок захисних труб і виробляють підгонку ущільнюючих з'єднань патрубків ТК, розташованих в кришці верхнього блоку, з трубами, що виходять з блоку захисних труб каналами ТК. В цей же час на корпусі монтують пристосування що центрує, для точної встанови верхнього блоку на корпус.

Потім верхній блок знімають з корпусу і встановлюють в шахті ревізії. З корпусу видаляють БЗТ і шахту з вигородку, а в корпус вставляють імітатор шахти, пристрій для створення гідравлічного опору активної зони в період циркуляційних промивань корпусу реактора і устаткування 1-го контуру. Корпус закривають спеціальною кришкою, яка не має патрубків та інших конструкцій верхнього блоку. Гайковертом ущільнюють головний роз'єм і корпус реактора готовий для проведення гідравлічних випробувань на міцність і щільність, а також до циркуляційних промивки.

Після гідро випробувань і холодної промивки 1-го контуру з корпусу знімають кришку, виймають імітатор шахти, ретельно очищають і оглядають внутрішні поверхні корпусу реактора і ГЦТ. Потім в корпус встановлюють шахту з вигородку, імітатори касет, БЗТ, верхній блок з механізмами СКЗ, ущільнюють головний роз'єм, встановлюють теплоізоляцію верхнього блоку, під'єднують вентиляційні короба системи охолодження механізмів СКЗ, приєднують блок електророзводок і приступають до проведення гарячої обкатки обладнання. При цій обкатці випробують усі системи і механізми, включаючи СКЗ.

Після закінчення гарячої обкатки з корпусу реактора знімають верхній блок, витягають всі внутрішньо корпусні пристрої, оглядають стан внутрішніх поверхонь корпусу і СКК та збирають їх знову. Тепер завантажують реактор робочими касетами і проводять фізичний, а потім енергетичний пуск реактора за програмами пусконаладжувальних робіт.

Контрольні питання до підрозділу 2.3

1. Якими документами керуються при монтажу реактора?
2. Зі зборки яких елементів починається монтаж реактора?
3. Що входить в опорну конструкцію реактора?
4. Опишіть, яким чином здійснюється доставка корпусу реактора на місце монтажу?
5. Опишіть, яким чином здійснюється встановлення корпусу реактора в вертикальне становище?
6. На підставі яких вимірювань перевіряють встановлення корпусу реактора відносно головних осей реакторного відділення?
7. Яке призначення шахти реактора?
8. Яке призначення вигородки?

Список джерел інформації до підрозділу 2.3

1. Топольницький М.В. Атомні електричні станції: підручник для ВУЗ. Львів: Бескид Біт, 2005. 524 с.
2. Яценко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).

2.4 Монтаж обладнання першого контуру

2.4.1 Монтаж парогенераторів для ВВЕР-1000

Парогенератор ПГВ-1000 є досить складний об'єкт, оскільки в ньому об'єднані перший і другий контури і відповідні їм вимоги [1]. Це циліндричний теплообмінник довжиною 14500 мм, діаметром близько 4300 мм, сухою масою 322 т. Перший контур - це більше 11000 трубок U-образного типу $\varnothing 16 \times 1,5$ мм з нержавіючої сталі, розташовані у вигляді пучка в нижній половині судини. Кінці трубок закладені у вхідний і вихідний вертикальні колектори методом вибуху з подальшим їх додатковим зварюванням. Колектори виготовлені $\varnothing 850$ мм зі сталі марки 10ГН2МФА і плаковані зсередини нержавіючої сталлю. До колекторів підключають ГЦТ.

Другий контур - це циліндрична посудина (барабан), що складається з 2-х центральних обичайок товщиною 145 мм і 2-х периферійних товщиною 105 мм з двома еліптичними днищами товщиною 105 мм і люком для огляду $\varnothing 500$ мм, виготовлені зі сталі 22К. У середині барабана, в середній його частині, розташований розгалужений трубопровід живильної води $\varnothing 400$ мм, а у верхній частині по всій його довжині розташовані сепаратори пари у вигляді жалюзі.

Паровий колектор з труби $\varnothing 630 \times 22$ мм об'єднує 8 парових патрубків, приварених до верхньої частини корпусу. Вони виготовлені зі сталі 20.

Тиск в трубопроводах ГЦТ 16 МПа, температура на вході 325°C , на виході близько 290°C . У парогенераторі тиск 6,5 МПа, температура пари на виході близько 280°C , а температура живильної води 220°C .

Парогенератори надходять на монтажний майданчик на трейлері (також як і реактор) вантажопідйомністю 400 т і подаються в транспортний коридор [2]. Тут полярним краном їх знімають з трейлера і укладають на шпальну викладку збоку від з/д шляхів для його перед монтажною підготовки. На цьому місці з кожного днища

зрізають транспортні кільця за технологією, як і для реактора. Оскільки парогенератор по горизонтальному габариту не проходить в транспортний отвір довжиною 10800 мм, його доводиться піднімати через отвір у вертикальному (похилому) положенні. Для цього використовується спеціальна траверса (кроквяної пристрій), що дозволяє закріпленому на ньому тельфери змінювати нахил парогенератора. Для установки траверси до боків парогенератора через наплавлення приварюють 2 цапфи Ø 200 мм, довжиною по 150 мм. Їх зміщують від центру маси на 150 мм для вільного повороту парогенератора у вертикальне положення і повернення в горизонтальне за допомогою тельфера.

До монтажу парогенератора в їх боксах встановлюють опори маса яких становить 20 т. Опори збирають на складально-укрупнювальному майданчику. Особливу увагу приділяють рухомим опорам, що складається з 2-х ярусів чавунних роликів Ø 30 мм, довжиною 300 мм, зі сталевим гладким проміжним листом товщиною 20 мм. Поздовжні осі роликів в різних ярусах перпендикулярні. По краях ці конструкції мають обмежувачі переміщення з ходом 100 мм, що дозволяє зміщення парогенератора в нагрітому стані до 50 мм по двох координатах. Опори подають в бокси полярним краном через монтажні отвори в підлозі центрального залу (на висотній позначки 36,3 м.) з горизонтальним відтягненням їх, щоб встановити на заставні плити, закріплені в бетоні анкерними болтами М48х800 мм. При установці у опор вивіряють попарно їх співвісності і висоту.

Після подачі через отвір на позначці 36,3 м в похилому положенні, з боків корпусу парогенератора кріплять по гідро амортизатору, що попереджає бічний зсув всієї конструкції при сейсмічних поштовхів силою до 8-ми балів за 12-ти бальною шкалою. Після приварювання колектору пари, паропроводу і труб ГЦТ монтажний отвір над ПГВ закривають.

Монтаж колектору пари здійснюється наступним чином. Із заводу-виготовлювача колектор пари надходить в зібраному вигляді. Його великі габарити і невелика жорсткість конструкції змушують розташувати його в зібраному вигляді на підлозі з/д платформи, а відводи направити вгору під кутом приблизно 70°. Колектор пари в зборі має довжину 14000 мм, висоту 2500 мм, ширину біля основи

2000 мм а масу близько 8 т. Центральна його труба $\varnothing 630 \times 22$ мм з одного боку має глухе еліптичне денце, з іншого відкритий з обробленими під зварювання в стик крайками торець для стикування з паропроводом, що йде до турбіни. Від цього колектору перпендикулярно відходять 10 патрубків $\varnothing 219 \times 12$ мм плавно вигнутого профілю. З з/д платформи колектор знімають двома кранами патрубками догори щоб не погнути патрубки, в повітрі його розгортають і встановлюють патрубками вниз на підкладки з дощок товщиною не менше 40 мм. Під час перед монтажної підготовки з патрубків колектору зрізають тимчасові накладки, що з'єднують їх між собою для збереження проектних розмірів між ними, перевіряють якість приварювання патрубків, денця і повітряника, а також правильність оброблення крайок під зварювання торця. Колектор кроквають двома тросами - один від полярного крана, інший від тельфера 5 т. Один трос відпускають і колектор під кутом заводять в отвір довжиною 10800 мм на позначці 36,3 м, потім остаточно встановлюють колектор його патрубками на відповідні штуцери на верхній частині парогенератора. Допуск на відхилення від площини осі парогенератора на всій довжині колектору ± 3 мм. Ухил по ходу пари повинен бути в межах 1-1,2 мм на один метр довжини колектору. Після вивірки патрубки приварюють до парогенератора, а потім паропровід до колектору.

2.4.2 Монтаж головного циркуляційного насосу ГЦН-195

Головний циркуляційний насос до блоку ВВЕР-1000 поставляється на монтаж в розібраному вигляді. До початку монтажу в боксах 4-х насосів повинні бути закінчені будівельні роботи, під час яких бетонуються опорні рами (або закладні деталі) цих насосів і складаються виконавчі формуляри на їх установку [2].

Власне насос складається з гідравлічної частини (корпусу), виймальної частини (робочого колеса з валом і підшипниками) і електродвигуна, що монтуються послідовно. Виймальну частину насоса подають в зону монтажу в контейнері, заповненим азотом, розконсервовують на спеціальній підставці. Особливу увагу приділяють посадковій поверхні фланця. Проверяють ротор насоса з робочим

колесом, прикладати момент для провертання не більше 500 ньютон/м. Виймальну частину встановлюють в корпус полярним краном в строго вертикальному положенні. При опусканні виймальної частини в корпус вал ротора встановлюють по центру верхнього направляючого підшипника с допуском на не співвісність до 0,04 мм. При монтажі верхньої частини забезпечують горизонтальність її верхнього роз'єму з допуском 0,3 мм. Електродвигун масою 55 т подають в зону монтажу і встановлюють вгору валом на тимчасову підставку. Тут його оглядають і за допомогою монтажних пристосувань насаджують на вал втулку з маховиком, торсійним валом і зубчастою напівмуфтою, закріплюють їх в верхньому положенні. Потім за допомогою пристосування центрують торсійний вал відносно підшипників з допуском 0,04 мм. Після цього електродвигун за допомогою пристосування піднімають краном, перевертають валом вниз і встановлюють на верхній фланець верхньої частини, виробляють центрування валів електродвигуна і насоса з допусками на зміщення осей до 0,1мм, на злам до 0,08 мм на 1000 мм довжини. Болти, що кріплять фланці, затягують з моментом 2000+500 н.м і ставлять штифти. Торсіон зубчастої напівмуфти опускають і вводять в зачеплення з валом насоса. Закінчують монтаж установкою систем подачі оливи, охолоджувальної води, приладів КВП. Для захисту від нейтронного прострілу, в районі равлика, на фундаментній рамі встановлюють кільце товщиною 315мм зі сталі 35Л.

Для живлення ущільнення насоса чистою водою передбачений спеціальний контур з підживлювальними насосами високого тиску і фільтрами гідро циклонами для очищення води від механічних частинок більше 10 мкм.

Ущільнювачі виконані із силіцерованного графіту, а інші деталі насоса (крім кріплення) з нержавіючої сталі марки 08X18H9T.

Насос має досить довгий вибіг. Через 30 секунд після відключення насоса подача його знижується всього в 2,7 рази. Насос розрахований на гідравлічне випробування в складі трубопроводів ГЦТ тиском 25 МПа при температурі теплоносія 50-130⁰С без подачі замикаючої води.

2.4.3 Монтаж компенсатора тиску

Компенсатор тиску являє собою посудину високого тиску з вбудованими блоками електричних нагрівачів і служить для підтримки тиску в контурі [1]. У робочому стані він заповнений водою і парою.

Компенсатор тиску має наступні характеристики:

- робочий тиск 15,9 МПа;
- робоча температура - 346⁰С;
- обсяг води на номінальному режимі 55 м³;
- обсяг пари на номінальному режимі 24 м³;
- потужність одного блоку електричних нагрівачів 90 кВт;
- сумарна потужність електричних нагрівачів 2520 кВт;
- маса в сухому стані 210 т.
- габарит по висоті 16270 мм, без опорної спідниці 13490 мм;
- зовнішній діаметр 3330 мм, товщина стінки 165 мм.

Компенсатор тиску на монтажний майданчик надходить на трейлері, який має на передній і задній своїх частинах ложементи з виїмками під розміри виробів що перевозяться і прикріплений до них [2]. Так само як і до парогенератору, до нього в транспортному коридорі приварюють по боках 2 цапфи. Кріплять до них той же такелажне пристрій, що і до парогенератора і переміщують компенсатор тиску полярним краном до місця установки в боксі центрального залу в похилому положенні, під кутом близько 50⁰.

Після установки на фундамент положення його вивіряють в плані рулеткою, вертикальність корпусу - теодолітом з допуском ± 2 мм. Після вивірки опору кріплять до фундаменту 34-ма анкерними болтами М48, підливають бетоном марки не менше 400. Потім приступають до внутрішнього огляду корпусу, встановлюють і приварюють до патрубків корпусу блоки електронагрівачів, приварюють підвідні

трубопроводи води і газоподібного азоту, встановлюють КВП. Монтажні цапфи перед гідро випробуванням з корпусу зрізають, місця приварки зашліфують. Гідро випробування проводять разом з усім першим контуром. На цей час запобіжні клапани для усунення течії заклинюють. Теплову ізоляцію і захисний кожух монтують після успішного гідро випробування.

Контрольні питання до підрозділу 2.4

1. Які особливості мають місце при монтажі парогенераторів?
2. Які особливості мають місце при монтажі колектору пари?
3. Яка послідовність монтажу ГЦН?
4. Які особливості мають місце при монтажі компенсатора тиску?

Список джерел інформації до підрозділу 2.4

1. Топольницький М.В. Атомні електричні станції: підручник для ВУЗ. Львів: Бескид Біт, 2005. 524 с.
2. Яценко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).

2.5 Монтаж трубопроводів

2.5.1 Нормативні вимоги до виготовлення та монтажу трубопроводів

На АЕС встановлені різноманітні трубопроводи, по яких переміщують воду, пару, кислі, лужні та інші розчини і гази. Найбільш важливими серед них є трубопроводи першого контуру.

Основними нормативними документами, відповідно до яких виготовляють і монтують трубопроводи АЕС систем важливих для безпеки є [1-4]:

- нормативний документ НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання і трубопроводів атомних станцій (замість ПНАЭГ 7 -008-89 Правил АЭУ)».
- СОУ НАЕК 158:2020. Технические требования к устройству и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных электрических станций с реакторами ВВЭР;
- СОУ НАЕК 159:2020 Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных электрических станций с реакторами ВВЭР. Технические требования;
- СОУ НАЕК 160:2020 Контроль качества основного металла, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных электрических станций с реакторами ВВЭР. Технические требования.

Нижче наведені деякі вимоги НП 306.2.227-2020 і СОУ НАЕК 158:2020, які розповсюджуються на трубопроводи систем важливих для безпеки.

Радіуси гнуття труб, відводів та інших елементів трубопроводів повинні бути не менше 3,5 номінальних зовнішніх діаметрів. Припускають круто зігнуті коліна з радіусом гнуття не менш зовнішнього діаметра труби, якщо вони виготовлені на спеціальному оснащенні методом гарячого протягування штампування або гнуття.

Застосування секторних відводів, зварених переходів і трійників допускають для трубопроводів другого контуру АЕС з робочим тиском до 3,9 МПа.

Кожній ділянці трубопроводу між нерухомими опорами необхідно забезпечити

компенсацію теплових подовжень або само компенсацією, або за допомогою компенсаторів, якщо тиск не перевищує 1,6 МПа. На трубопроводах першого контуру для видалення повітря необхідно встановлювати два вентиля - дросельний і запірний.

Горизонтальні ділянки трубопроводів необхідно монтувати на опорах з уклоном не менше 0,004 у напрямку руху середовища. Розташування зварних стиків на опорах і на згинах заборонений. Гайки і шпильки (болти) повинні мати різну твердість, її співвідношення вказують проектувальники. Трубопроводи першого контуру, до яких пред'являють жорсткі вимоги та трубопроводи високого тиску (більше 2,2 МПа) виготовляють на спеціалізованих заводах. Інші трубопроводи з тиском до 2.2 МПа виготовляють на монтажі.

Трубопроводи першого контуру надходять на будівництво АЕС в вигляді заводських блоків. Блоки і деталі трубопроводів заводського виготовлення і труби з корозійностійкої сталі повинні бути щільно закриті інвентарними заглушками. Використання дерев'яних пробок не допускається, тому що вони здатні тріскатися і руйнуватися. Неприпустимий контакт виробів з корозійностійкої і вуглецевої сталі. Під час складання укрупнених блоків поверхні трубопроводів захищають від ударів і подряпин.

2.5.2 Послідовність монтажу трубопроводів

2.5.2.1 Розмітка траси трубопроводів, установка опор

Трубопроводи, які монтують, необхідно розмістити між об'єктами які вони з'єднують в просторі відповідно до координат їх трасування на кресленнях [5]. У заздалегідь визначених місцях їх необхідно закріпити в спеціальних пристроях: опорах і підвісках. Для виконання цих робіт проектувальники розробляють проект трубопроводу, який включає загальний вигляд трубопроводу; монтажно-збірні креслення і специфікацію блоків і деталей, які не входять в блоки, і перелік опор і підвісок. При необхідності додають також монтажно-трасувальні креслення,

монтажні креслення кріплення опор і підвісок зі специфікаціями, монтажні креслення дистанційних приводів апаратури зі специфікаціями, а також будівельні креслення сходів і майданчиків для обслуговування арматури або інших подібних пристроїв. Цими кресленнями керуються при прокладанні траси і розміщенні опор трубопроводу. Але до початку монтажу трубопроводів необхідно щоб в цих приміщеннях було закінчено будівельні роботи, зроблені монтажні прорізки, в будівельні конструкції вкладені закладні деталі, прохідні гільзи, необхідні для збереження герметичності в місцях проходу труб крізь стінки, кріплення опор і підвісок, реperi встановленні кожному ярусі. Крім того, до монтажу трубопроводів повинні бути встановлені і випробувані всі запроектовані вантажопідйомні крани, тельфери тощо.

На всі перераховані роботи, приміщення та об'єкти повинні бути складені приймальні акти з формулярами, де вказані фактично отримані розміри, і висотні позначки. Допустиме відхилення фактичних розмірів від проектних не більше ніж 10 мм. Взагалі, кожне закінчене в будівництві приміщення: бокс, коридор тощо монтажники беруть від будівельників з оформленням акту. Тільки тоді в цих приміщеннях дозволяється розвертати підготовчі та власне монтажні роботи. Вони починаються з розмітки траси трубопроводу, яку виконують згідно монтажно-трасувальні кресленням цього об'єкту. Трасу трубопроводу, тобто положення його осі в просторі позначають проводом, який натягують між тимчасовими кронштейнами по трасі від її початку до кінця траси. Для цього використовують сталевий рояльний дріт діаметром 1,0 -1,2 мм. Висотні позначки дроту визначають за допомогою нівеліра або шлангового гідравлічного рівня щодо мітки ближнього будівельного репера. Від осей колон, стін, балок потрібну відстань відміряють рулеткою або метром. Допуски на ці розміри до 3 мм. При натягуванні дроту необхідно забезпечити його ухил в 1 мм на 1 м довжини траси в напрямку руху води або пари в трубі.

Далі знаходять місця розташування опор трубопроводу. Для цього згідно з кресленням уздовж дроту відкладають відстані, на яких повинні перебувати опори, і роблять позначки. У цих місцях на певній відстані під (над) проводом, як

обумовлено проектом, розміщують опорні конструкції. Їх кріплять болтами або приварюють до закладних деталей в стінах, колонах, на підлозі або стелі.

На цю конструкцію кладуть опору, яка обмежує переміщення труби, приймає вагу трубопроводу, фіксує її на опорній конструкції. якщо опора нерухома.

Рухливі підпори: напрямні, ковзні і пружні - вони в роботі разом з трубами повинні переміщатися на величину теплового подовження. При монтажі на опорних конструкціях необхідно створювати натяг на цю довжину в протилежну сторону. Ковзні опорні поверхні, а краще кулькові обойми під рухливими порами, з метою запобігання защемлення трубопроводів від тертя натирають сухим графітом. Пружинні опори мають стакан з пружиною, яка в роботі буде компенсувати навантаження що змінюється. Перед монтажем такої опори її пружині потрібно створити попередньо натяг.

Крім різних опор для трубопроводів використовують також підвіски. Вони розміщуються над трубопроводом і дозволяють йому вільно переміщатися в горизонтальній площині.

У боксах та інших приміщеннях АЕС працюють трубопроводи що знаходяться під значною механічною напругою. І хоча вони на її розраховані, але мають місце випадки коли трубопроводи з якої-небудь причини руйнуються. Кінці їх при цьому реактивно переміщаються поперек і руйнують ударами сусідні труби. Впливає радіоактивна рідина (пара) робить майже неможливим швидку ліквідацію аварії.

Щоб уникнути поперечних переміщень труб при аваріях застосовують аварійні обмежувачі, які схожі на опори без верхньої частини. Їх замінює надійний сталевий трос, закріплений в моноліті і охоплює трубу. Малий зазор між ними, всього 5-8 мм, не дозволяє аварійній трубі в обмежувачі переміщатися поперек. Сам обмежувач надійно кріплять до будівельних конструкцій.

2.5.2.2. Ревізія и установка арматури

Арматура - це виконавчі пристрої, за допомогою яких відбувається ручне або автоматичне керування тепло гідравлічними процесами на АЕС. Функціонально

арматура АЕС поділяється на запірну, дросельно-регулюючу, запобіжну, вимірнувальну. По відношенню до систем енергоблоку АЕС арматуру поділяють на арматуру першого і другого контурів реакторної установки, допоміжних систем і трубопроводів. Крім того її розрізняють за величиною діаметра умовного проходу, параметрам робочого середовища.

Особливо відповідальна - це арматура першого контуру, яка повинна мати високу герметичність і надійність конструкції, обумовлену радіоактивністю теплоносія. Вона зроблена з антикорозійних нержавіючих сталей і з'єднується з трубами за допомогою зварювання. Арматуру, призначену для монтажу, необхідно укомплектувати, перевірити її таврування (вибиті на ній параметри) та технічні паспорти. Якщо їх зміст має розбіжності, таку арматуру дозволяється використовувати для монтажу трубопроводів з тиском до 1,6 МПа після ревізії і випробування на міцність і герметичність. При комплектуванні і перевірці кріпильних деталей звертають увагу на те, щоб нарізка шпильок, болтів і гайок була чиста, без корозії, задиру, рисок, зірваних ниток та інше; ексцентричність нарізки щодо тіла шпильки - до 0,25 мм, кривизна осі шпильки - до 0,001 її довжини; не перпендикулярність нарізки гайки і зменшення її діаметра - до 0,2 мм.

На фланцях і ущільнюючої поверхні не повинно бути раковин, тріщин, рисок тощо. Всі корпусні деталі арматури не повинні мати потоншення стінок, свищів, тріщин. Отримана з заводу виробника арматура в зібраному вигляді після комплектування повинна пройти вхідний контроль, тобто ревізію. Для такої перевірки арматуру розбирають, але клапани або заслінки з штоків не знімають. Всі деталі, включаючи ущільнюючі поверхні, оглядають, очищають, знежирюють, ходову частину змащують графітовим мастилом. Після такої перевірки розібрану арматуру знову збирають. При цьому сальники і прокладки встановлюють нові штатні. Якщо трикратне відкривання і закривання арматури на всю висоту підйому клапана не виникає затирання, заклинювання тощо, регулюють кінцеві вимикачі (якщо вони є на арматурі), закривають патрубки заглушками, знімають маховики управління і передають арматуру на гідравлічне випробування, яке складається з перевірки герметичності запірного органу і випробування корпусу на міцність.

Для арматури 1-го і 2-го класів герметичності, яка використовується в першому і другому контурах АЕС, допустимий пропуск води в інтервалі діаметрів від 25 до 1000 мм становить від 0,02 до 5 см³/ хв.

При випробуванні на герметичність запірного органу синхронно перевіряється герметичність сальникового з'єднання і з'єднання прокладки - пропуск середовища не допускається. Монтаж арматури проводять після ознайомлення з відповідною інструкцією. З арматури видаляють заглушки, готують робочі місця, монтажний інструмент і підйомно-транспортні засоби. Перевіряють засоби з охорони праці: наявність помостів, риштувань, огорожі. До монтажу допускають працівників відповідної кваліфікації, які отримали виробничий інструктаж і інструктаж з правил охорони праці і пожежної безпеки.

При монтажі необхідно обмежувати силовий вплив на арматуру. Стропування арматури слід виконувати тільки за корпус і керуватися вказівками ТУ і робочих креслень. У загальних умовах діють наступні правила:

- напрям середовища, яке проходить через арматуру повинен співпадати з напрямом стрілки, яка є на її корпусі;
- при монтажі засувки напрямом середовища не має значення, тільки засувки, що на одному з запірних дисків мають розвантажувальний отвір, необхідно розміщувати цим отвором збоку подачі середовища;
- клинові засувки необхідно встановлювати в трубопровід тільки з вертикальним положенням шпинделя;
- для забезпечення дренажу нераціонально встановлювати засувки і вентиля маховиком донизу;
- перед зварюванням арматури з трубами необхідно виставити тимчасові підпори, щоб розвантажити зварювальні стики під час зварювання;
- перед зварюванням арматури її необхідно відкрити повністю;
- при виконанні зварювальних робіт арматуру необхідно захистити від механічних пошкоджень, бризок від електрозварювання вогнезахисними тканинами, нанесенням шару розчину каоліну тощо;

- при установці дистанційного приводу до арматури маховики ручного управління повинні відкривати арматуру зверненням проти годинникової стрілки, а закривати в іншу сторону;
- монтаж арматури з фланцями необхідно проводити з затягуванням болтів на фланцях арматури и труби без перекосів;
- засувки повинні монтуватися при закритому затворі, щоб підвищити їх жорсткість;
- щоб перешкодити злипанню металу шпильок і гайок арматури при 350 °С і вище нарізку шпильок змащують порошком молібденітом або дісульфітмолібденітом;
- болти для з'єднання фланців використовують до умовного тиску 2,5 МПа, а вище шпильки. Гайки повинні мати твердість на 20-30 одиниць НВ меншу від шпильок;
- гайки затягують методом хрестоподібного обходу з послідовним затягуванням протилежних гайок за 3-4 цикли. Перевірку ступеня затягування шпильок здійснюють вимірами їх подовження на 0,03 - 0,04 мм на кожні 100 мм довжини. Остаточне затягування гайок фланців і арматури, крім з'єднань з металевими прокладками, проводять при прогріванні трубопроводу перед пуском блоку під тиском в ньому не вище 0,4 - 0,5 МПа;
- дистанційні приводи управління арматурою застосовують для всіх її видів. За основу прийнято електропривод. Його кріплять або на самій арматурі, або на колонках дистанційного керування. Місця кріплення вказують у кресленнях;
- момент крутіння від колонки до арматури передається за допомогою системи шарнірів, штанг і контактів зміни напрямку обертання;
- звернення шпинделя арматури від приводу при випробуванні повинно бути плавним, без заїдань, на повну висоту. Розташування стрілки покажчика положення клапана має збігатися з ризиками положень "відкритий" - "закритий" і відповідними положеннями запірного органу арматури.

2.5.2.3 Монтаж, зварювання і приймання трубопроводів

Монтаж трубопроводів починають тільки після того як відповідно до проекту виконання робіт (ПВР) будуть виконані всі підготовчі роботи. Блоки трубопроводів і деталі, які завезені на будівництво АЕС, повинні зберігатися на холодному складі. До передачі цього обладнання монтажникам відповідає за його збереження замовник.

Блоки і деталі трубопроводів заводської поставки і труби з корозійностійкої сталі під час збереження повинні бути щільно заглушені інвентарними заглушками. Під час складання укрупнених блоків поверхні трубопроводів та арматури захищають від ударів і подряпин.

Переносні козли, каретки, стенди, центрувальні пристрої тощо в місцях дотику з таким трубопроводом облицьовують корозійностійкої сталлю; під час роботи на цих пристроях заборонені пошкодження поверхні трубопроводів.

Заглушки з торців блоків, труб, арматури і фасонних деталей знімають безпосередньо перед їх стикуванням. Перед початком збирання блоків необхідно перевірити габаритні розміри заводських елементів.

Кожен з торців деталей, які підлягають з'єднанню, оглядають на відсутність дефектів: тріщин, забоїн і правильність виконання крайок під зварювання. Бокси та інші приміщення під монтаж трубопроводів монтажники приймають від будівельників за актом.

Приміщення, в яких буде виконуватися монтаж трубопроводів I і II категорій заздалегідь облицьовують, а будівельні конструкції цих приміщень фарбують. Під час монтажу трубопроводів з корозійностійких сталей (перший контур) в тих приміщеннях необхідно дотримуватися високої ступеня чистоти. З цією метою там заборонено одночасне виконання будівельних робіт, систематично відсмоктується з підлоги і інших предметів пил, виконується вологе прибирання приміщення.

Блоки трубопроводів і їх деталі доставляють з місць їх складування і укрупнення в головний корпус АЕС залізницею і автомашинами. Вантажно-розвантажувальні роботи проводять в суворій відповідності з проектом ПВР. Подача

блоків і деталей трубопроводів до місць їх розташування в бокси організовують через штатні і монтажні отвори за допомогою лебідок, тельферів, кранів або талів в відповідності з такелажними схемами ПВР. Вантаж кріплять до гака за допомогою універсальних строп, а також захоплень таким чином, щоб виключити зайві розвороти при установці його в проектне положення. Неприпустима також деформація блоків від провисання під дією власної маси.

Монтаж трубопроводів починають від обладнання, яке вже змонтовано. Блоки і деталі, вкладають заздалегідь змонтовані опори і підвіски з аустенітними підкладками тільки для корозійностійких труб. Наступний крок - це вивірка розміщення блоків трубопроводу щодо раніше прокладеній його траси і закріплення в цьому положенні на опорах і підвісках.

Стикування для зварювання блоків трубопроводів між собою і з обладнанням виконують за допомогою центрувальних пристроїв. Це забезпечує їх співвісність. Крім того перед зварюванням необхідно виконати також інші вимоги СОУ НАЕК 159:2020 про мінімальні зсуви крайок і зазорів в стиках. Це буде сприяти їх повній проплавці.

У роботі по збірці і зварюванні блоків трубопроводів необхідно дотримуватися також розміщення зварних стиків так, щоб мати до них вільний доступ для контролю під час експлуатації. З цією метою зварні стики розміщують не менше як за 200 мм від кінця опори і заставних гільз в стінах.

Розміщення зварних стиків дозволяється на відстані не менше зовнішнього діаметра від початку вигину, але не менше 100 мм. На самому згині стики заборонені. На штампо зварних згинах зварні стики допускаються на початку заокруглення.

Розміщення поздовжніх зварних стиків сусідніх труб по одній осі заборонено. Ці стики необхідно змістити один щодо іншого на відстань не менше 100 мм. У зварних стиках елементів з різними товщинами стінок необхідно забезпечити плавний перехід наплавленого металу від більшої до меншої товщини стінок, якщо їх різниця не перевищує 5 мм. В інших випадках необхідно механічно зменшити велику товщину стінки.

Кожен блок що замикає трубопровід повинен мати монтажний припуск, тобто довжина блоку повинна бути на 150 - 200 мм більше ніж проектна. За рахунок цього подовження компенсують всі проектні, будівельні та монтажні відхилення розмірів. Обрізка монтажних припусків механізується. Для цього використовують електричні або пневматичні труборізи, які насаджують на кінець труби і закріплюють на ній. Рухомий супорт з радіальної подачею двох різців під час обертання з частотою 10-80 об / хв. відрізає припуск і синхронно формує фаску під зварений шов.

Перед відрізанням залишку труби необхідно врахувати усадку зварних швів, яка досягає 1...3 мм в залежності від товщини труби.

Зібрані блоки трубопроводів прихоплюють електрозварюванням (вуглецеві сталі) або аргоно дуговим зварюванням (перлітні і корозійностійкі сталі), а потім, після контролю цієї операції стик зварюють відповідно до зварювальної технології.

Різнорідні стики (стики з перлітною і аустенітною сталей) виконують з проміжною наплавлення на трубах з перлітною сталлю.

Під час зварювання необхідно зберегти внутрішню і зовнішню прилеглі поверхні труби від бризок - крапель металу, шлаку тощо. З цією метою вглиб труби вкладають знімні заглушки, зовнішню її поверхню закривають азбестовою тканиною, обмазують розчином каоліну шаром 2-3 мм. Потім трубопроводи очищають і відмивають зсередини.

Для зменшення напруги металу від термічного подовження при робочому стані трубопроводів на монтажі необхідно провести холодну розтягування П-образних або лінзових компенсаторів. Зазвичай величина холодного розтягування дорівнює половині термічного подовження ділянки трубопроводу між суміжними нерухомими опорами. Холодне розтягування виконують після завершення монтажу трубопроводу, укладення та закріплення його на всіх постійних опорах за допомогою домкратів або пристосувань що розтягують і тільки тоді зварюють останній - монтажний стик що замикає трубопровід. Якщо на трубопроводі встановлені лінзові компенсатори (низький тиск), їх також перед зварюванням замикаючого стику необхідно розтягувати, але таке подовження можливе лише

близько 5 мм на одну лінзу компенсатора.

Після закінчення монтажу встановлюють і попередньо вивіряють все аварійні обмежувачі. Саме головний циркуляційний контур блоку з ВВЕР - 1000 це реактор з чотирма парогенераторами і головними циркуляційними насосами, які з'єднані між собою трубопроводом з вуглецевої плакованої сталі Ду 850 мм з товщиною стінки 70 мм. У кожній з чотирьох його петель маємо 13 монтажних стиків і 5 монтажних припусків.

Завод виробник надсилає на монтаж прямі плаковані сталлю 08X18H10T труби і коліна до проектних розмірів і тільки п'ять труб мають монтажні припуски. Цех перед монтажних робіт - це місце розконсервації заводської поставки, зварювання і виготовлення монтажних блоків ГЦТ, їх термічної обробки. Елементи ГЦТ подають з ЦПП в реакторне відділення на залізничних платформах. З транспортного коридору їх подають полярним краном через отвір для корпусу ГЦН у відповідній трубопровідний коридор (бокс). Необхідно дотримуватися черговості подачі елементів, починаючи від реактора. Уздовж коридору блоки і труби переміщують на візках по заздалегідь укладених тимчасовим рейках. У цьому випадку вісь траси трубопроводу була заздалегідь накреслена на підлозі білою фарбою. Візок з трубою переміщують по рейках за допомогою ручного важеля приводу. Завдяки дії горизонтального і вертикального пристроїв на візку трубу можна переміщати, щоб зцентрувати з попередньої, вже виставленої згідно з кресленням. Перші зварні стики виконують між верхніми і нижніми патрубками реактора і трубами ГЦТ. Після зачистки внутрішньої поверхні цих зварених стиків в середині труб всі вісім отворів герметично закривають пробками. Це перекриває доступ в корпус реактора пилу і бруду і дасть можливість не чекати закінчення монтажу всередині корпусних блоків в реакторі. Для монтажу верхньої (гарячої) нитки трубопроводу використовують візки відповідно більшої висоти. В останніх схемах блоків з ВВЕР головні запірні засувки не ставлять.

Проте до початку вкладання на опори монтажних блоків необхідно встановити в проектні положення корпус насоса ГЦН і парогенератора. Замикаючий монтажний стик заварюють після точного вимірювання довжини потрібного блоку, відрізки

припуску і обробки кромки труб під зварювання.

Таких замикаючих монтажних стиків три в кожен петлі: на трубі між реактором і парогенератором і ГЦН і між ГЦН і реактором.

При необхідності, перед зварюванням замикаючих стиків є можливість невеликого переміщення (на 5-10 мм) парогенератора і ГЦН. Остаточна установка аварійних обмежувачів закінчується після проведення гарячої обкатки обладнання першого контуру .

Приймання трубопроводів здійснюється по завершенні їх монтажу комісією в складі представників замовника і організацій які монтували і будуть налагоджувати їх роботу. Воно здійснюється, як по вузлове приймання виконаних робіт при перевірці їх закінченості відповідно до проектної документації.

Перевірці підлягає:

- відповідність змонтованого трубопроводу проекту, наявність ухилів;
- завершення робіт зі зварювання, термообробці і контролю зварних швів;
- справність роботи дренажних, спускних і повітряних ліній;
- наявність бобишек і гільз для контрольно-вимірювальних приладів, реперів теплового переміщення трубопроводу;
- надійність і міцність кріплення опор, підвісок і аварійних обмежувачів;
- відсутність заземлення трубопроводу в рухомих опорах, будівельних конструкціях і в місцях проходження його крізь стіни і перекриття;
- вірність установки і легкість дії арматури, кінцевих вимикачів, дистанційних приводів; наявність сходів і майданчиків для їх обслуговування;
- міцність і щільність основного металу трубопроводів, зварних швів, фланцевих з'єднань і арматури, яке встановлюють за допомогою гідравлічного випробування.

Гідравлічне випробування проводять водою з температурою не нижче $+8^{\circ}$ і при плюсовій температурі повітря. Це необхідно, щоб вода в трубах не замерзла або не випала на поверхні труб роса. Для першого контуру вживають хімічно знесолену воду.

Трубопровід заповнюють водою за допомогою живильного насоса при відкритих повітряниках. По закінченні виходу повітря (починає витікати вода) ці вентилі закривають, оглядають трубопровід на відсутність протікання. Після цього за допомогою насоса тиск води в трубопроводі поступово підвищують до тиску гідравлічного випробування.

Вимірювання тиску в трубопроводі потрібно проводити по показанням двох манометрів, один з яких контрольний. Манометри повинні бути перевірені контрольної лабораторією вимірювальної техніки, запломбовані з зазначеними на їх корпусах датами їх перевірки і можуть вживатися після цього не більше одного року.

Під тиском гідро випробування трубопровід необхідно витримати не менше 10 хвилин, після того тиск знижують до робочого і оглядають трубопровід щодо наявності порушень герметичності.

Трубопровід витримав гідравлічне випробування, якщо при цьому відсутні розриви, течі або потіння, залишкові деформації металу або зварних швів.

Після успішного випробування воду з трубопроводу зливають, складають на це випробування акт, результати записують в паспорт трубопроводу.

Після сприятливого випробування трубопровід необхідно захистити від втрат тепла - покрити теплоізоляцією.

По завершенні таким чином всіх робіт з монтажу трубопровід передають для подальшої налагодження перед експлуатацією, тобто проводять промивання і продування, перевірку роботи систем трубопроводу в різних режимах. Коли трубопроводи почнуть роботу на проектних параметрах необхідно провести регулювання положення аварійних обмежувачів.

Контрольні питання до підрозділу 2.5

1. Назвіть кресленики, на підставі яких монтують трубопровід?
2. Назвіть типи опорних конструкцій трубопроводів, їх призначення.
3. Який зміст вхідного контролю арматури перед монтажем?
4. Стисло опишіть процедуру монтажу головних циркуляційних трубопроводів.
5. Що таке аварійний обмежувач, яке його призначення?
6. Стисло опишіть процедуру гідравлічного випробування трубопроводу, її призначення.

Список джерел інформації до підрозділу 2.5

1.НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання і трубопроводів атомних станцій. Затверджено : Державна інспекція ядерного регулювання України. Наказ №319 від 04.08.2020.

2. СОУ НАЕК 158:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Технічні вимоги до влаштування та безпечної експлуатації обладнання і трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

3. СОУ НАЕК 159:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Зварювання та наплавлення устаткування і трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

4. СОУ НАЕК 160:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Контроль якості основного металу, зварних з'єднань та наплавок обладнання та трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

5. Яценко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).

2.6 Зварювальні роботи на монтажі АЕС

2.6.1 Особливості зварювальних робіт на монтажі АЕС

Характерною особливістю АЕС є транспортування через обладнання середовища з різною активністю. Трубопроводи з'єднують обладнання яке розташоване в різних приміщеннях з біологічним захистом. Значна частина приміщень зсередини облицьовують листовою сталлю. В процесі експлуатації АЕС бокси з таким обладнанням і трубопроводами недоступні для ремонтів цілком або частково. Тому головним завданням при виконанні монтажних робіт є забезпечення надійності та довговічності всіх цих технологічних схем. Зварювання при монтажі та ремонтах є основним засобом кріплення металевих елементів технологічного обладнання всіх систем, а також металевих будівельних конструкцій. Зварювальні роботи на спорудженні АЕС відрізняються різноманітністю зварних конструкцій (трубопроводи, металоконструкції, ємності) і великими обсягами. Вони характеризуються складністю умов виконання у всіх просторових положеннях, а також в середині закритих або напівзакритих металевих конструкцій, баків і трубопроводів. Такий характер робіт зумовлює значною мірою застосування ручних методів зварювання, які не можуть давати стабільну високу якість. Тому до них застосовують більш суворі вимоги.

Адже на монтажі одного блоку АЕС потужністю 1000 МВт для зварювальних робіт необхідно 400 зварювальників і 27 інженерів-зварювальників (з них 40-45% зварювальники з ручного та аргонно дугового зварювання), оскільки кількість стиків трубопроводів на одному такому блоці досягає більше 200 тисяч. Великих турбот додає зварювання трубопроводів І контуру діаметром 850 мм, товстостінних і плакованих з підігрівом в процесі зварювання і з термообробкою після її. Для забезпечення їх якості встановлений проміжний контроль частково зварених швів і видалення з них знайдених дефектів ще до закінчення зварювання.

Для оперативного вирішення завдань на монтажі діє зварювальний цех під керівництвом старшого виконроба, група налагодження зварювального обладнання,

склад електродів, група термічної обробки.

До роботи по зварюванню стиків допускають дипломованих зварювальників, які пройшли спеціальне навчання і здали випробування - добре зварили контрольний стик.

2.6.2. Керівні документи на зварювальні роботи

Загальні вимоги до зварювання елементів обладнання АЕС і їх трубопроводів при проектуванні, виготовленні, монтажі, експлуатації та ремонті містяться в нормативному документі НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання і трубопроводів атомних станцій» (введений замість ПНАЭГ 7 -008-89 Правил АЭУ).

Зварювання та контроль зварних з'єднань повинно виконуватися відповідно до вимог робочих креслень, технічних умов на виготовлення обладнання, технологічних процесів і виробничих інструкцій, які повинні розроблятися у відповідності до наступних стандартів експлуатуючої організації, які в свою чергу розроблені на підставі вимог НП 306.2.227-2020 [1-5]:

- СОУ НАЕК 158:2020. Технические требования к устройству и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных электрических станций с реакторами ВВЭР;
- СОУ НАЕК 159:2020 Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных электрических станций с реакторами ВВЭР. Технические требования;
- СОУ НАЕК 160:2020 Контроль качества основного металла, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных электрических станций с реакторами ВВЭР. Технические требования;
- СОУ НАЕК 071:2015 Контроль неразрушающими методами. Методика контроля герметичности. Газовые и жидкостные методы;

- СОУ НАЕК 103:2015 Контроль неразрушающий. Вихретоковый контроль теплообменных труб парогенераторов. Общие требования.

Також для зварювання трубопроводів і елементів обладнання що не відносяться до важливих для безпеки використовується РД 34.17.101 «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования тепловых электростанций» [6].

Крім обладнання першого та другого контурів, що є важливим для безпеки на АЕС є обладнання, що працює під тиском і робочим середовищем якого є гаряча вода або пара. Основні положення щодо проектування, виготовлення, монтажу та експлуатації цього обладнання і трубопроводів раніш містились в "Правилах будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском" і "Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води". Після того, як зазначені нормативні документи втратили чинність, введений дію галузевий нормативний документ СОУ НАЕК 173:2019 «Забезпечення технічної безпеки. Технічні вимоги до будови та безпечної експлуатації технологічних трубопроводів та обладнання» [7].

Цей документ визначає вимоги до будови і експлуатації, до матеріалів, з яких обладнання та трубопроводи будуть виготовлятися, до зварювальних матеріалів, визначають порядок виконання зварювання, термічної обробки і контролю, містить положення про випробування та технічне опосвідчення .

Будівельні норми і правила (СНиП 3.05.05-84 Технологічне устаткування і технологічні трубопроводи) поширюються на трубопроводи стиснутого повітря, азоту, трубопроводи технологічного здування в вентиляцію, трубопроводи приготування реагентів та інші [8].

У кожному документі на спорудження АЕС є вказівка, якому з керівних документів він підпорядкований. До початку робіт в кожному випадку необхідно встановити яким з керівних документів визначаються технічні вимоги до представленої конструкції. В інших випадках починати працювати заборонено.

2.6.3 Характеристика видів зварювання при спорудженні АЕС

У відповідності до СОУ НАЕК 159:2020 для виконання зварних з'єднань можуть застосовуватися такі способи зварювання (наплавлення):

- автоматичне зварювання (наплавлення) під флюсом;
- ручне дугове зварювання (наплавлення) покритими електродами;
- автоматичне, напівавтоматичне і ручне аргоно дугове зварювання (наплавлення);
- електрошлакове зварювання;
- напівавтоматичне зварювання (наплавлення) в захисних газах;
- напівавтоматичне зварювання (наплавлення) порошковим дротом.

При виборі виду (способу) зварювання враховують такі чинники:

- можливість отримання зварних швів високої якості;
- умови проведення зварювальних робіт (на відкритому майданчику, в тепляку або в цеху, на монтажі);
- можливість кантування зварювальних виробів (при укрупненні або виготовленні), а також економічні чинники і можливості самого способу зварювання.

Для отримання зварних швів зі стабільно високою якістю перевага надається механізованим способам зварювання.

Загальна характеристика різних способів зварювання наведені нижче в таблиці 2.1.

Якість зварних стиків трубопроводів забезпечує напівавтоматичне і автоматичне аргонодугове зварювання. Але обмежене його використання обумовлене необхідністю дотримання високої точності складання під зварювання стиків труб, малою кількістю однотипних стиків, відсутністю легких джерел живлення струму.

Таблиця 2.1 Загальна характеристика різних способів зварювання

Засіб зварювання	Область використання	Інструмент, оснащення
Автоматична під флюсом	Стикові шви металоконструкцій реакторів, кутові шви при зварюванні трактів в плити (трубні решітки), стикові шви облицювання ємностей і облицювань приміщень АЕС.	Зварювальні автомати, джерело живлення постійного струму.
Автоматична аргонодугова (ААДС)	Стикові шви трубопроводів діаметром 14 -160 мм.	Трубозварювальні автомати, імпульсні джерела живлення.
Ручна електродугова (РЕДС)	Стикові кутові, таврові шви і шви в нахлест всіх типів металоконструкцій, і шви які замикають шари стикових і кутових з'єднань трубопроводів.	Електродо держак, джерело живлення постійного струму.
Ручна аргоно дугова (РАДС)	Стикові і кутові шви трубопроводів діаметром 14-159; кореневі шви стиків трубопроводів діаметром понад 159 мм.	Пальник для аргоно дугового зварювання сварки, джерело живлення постійного струму.
Напівавтоматична в середовищі вуглекислого газу	Стикові, таврові і кутові шви будівельних конструкцій; стикові шви трубопроводів.	Шлангові напівавтомати, джерело живлення постійного струму

Напівавтоматичне зварювання (наплавлення) порошковим дротом.	Стикові шви металоконструкцій, облицювання ємностей і облицювань приміщень АЕС	Напівавтомати, джерело живлення постійного струму
Електрошлакове зварювання	Вертикальні стикові шви металоконструкцій товщиною 16-40мм	Автомати і напівавтомати

Якість зварних стиків трубопроводів забезпечує напівавтоматичне і автоматичне аргонно дугове зварювання. Але обмежене його використання обумовлене необхідністю дотримання високої точності складання під зварювання стиків труб, малою кількістю однотипних стиків, відсутністю легких джерел живлення струму.

Дійсно, при зварюванні листів з корозійностійких аустенітних сталей автоматичне зварювання під флюсом забезпечує зварні шви з високою якістю при високій продуктивності процесу, проте цей спосіб може бути використаний тільки при зварюванні в нижньому положенні (зварювання металевих підлог в приміщеннях АЕС) і за умови надійної захисту від атмосферних опадів (закриті приміщення, навіси). Висока якість зварних швів забезпечує автоматичне зварювання під флюсом при укрупненні конструкцій з перлітних конструкційних сталей, яке виконується в спеціальних тепляках при використанні кантування виробів.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів (вуглекислого газу) використовується при виготовленні на монтажі будівельних облицювань і оболонок з вуглецевих і конструкційних сталей, при укрупненні на монтажному майданчику блоків трубопроводів з вуглецевих і низьколегованих сталей. Воно забезпечує в 1,5 рази вищу продуктивність, ніж ручне зварювання.

На відміну від механізованих, ручні способи зварювання не гарантують високої якості зварних швів, яка визначається головним чином досвідом зварника. До того ж для здобуття необхідного досвіду потрібно чимало часу (як правило кілька

років роботи). Проте велика маневреність цих способів зварювання в поєднанні з простотою і надійністю обладнання та інструменту визначає їх широке застосування як при виготовленні, так і під час монтажу устаткування АЕС.

Ручну електродугове зварювання використовують при виготовленні і монтажі різного роду конструкцій, ємностей і трубопроводів. Але при зварюванні трубопроводів його виконують комбінованим засобом в зв'язку з відсутністю гарантії проплавлення кореня шва. Корінь шва зварюють аргоно дуговим засобом, а замикаючи стики заварюють ручним дуговим зварюванням.

При зварюванні трубопроводів двостороннім доступом до кореню шва все перетин цього шва виконують електродуговим зварюванням.

Ручне аргоно дугове зварювання в поєднанні з електродуговим застосовується при зварюванні трубопроводів діаметром понад 159 мм при товщині стінки більше 6 мм а також при зварюванні листів з корозійностійких, аустенітних і перлітних сталей.

За допомогою тільки аргоно дугового зварювання виконують стики трубопроводів діаметром від 14 до 159 мм з товщиною стінки до 6 мм і тонких листів з корозійностійкої сталі. Для товстостінних трубопроводів аргоно дугове зварювання використовують як виняток.

2.6.4. Зварювальні роботи

2.6.4.1 Конструкційні сталі, електроди і зварювальне обладнання

Устаткування АЕС, яке в своїй більшості підлягає зварюванню, виготовлено з конструкційних сталей. До них відносять вуглецеві, низьколеговані сталі перлітного класу, леговані сталі, високолеговані сталі аустенітного класу, нікель та залізонікелеві сплави. Для цих матеріалів необхідно знати їх механічні властивості: тимчасовий опір розриву; межа плинності, відносне подовження; відносне звуження; повзучість, тривалу міцність; циклічну міцність; критичну температуру крихкості; зсув критичної температури крихкості внаслідок старіння, довготривалу

пластичність. Номенклатура і обсяги вище зазначених характеристик сталей визначаються температурою та іншими умовами експлуатації, які охоплюють правила будови і безпечної експлуатації устаткування атомних електростанцій, дослідних ядерних реакторів і установок.

Серед різних сталей для виробництва устаткування АЕС і трубопроводів діючий ряд займають такі марки: ВСтЗсп.; 20, 15ГНМФА; 10ХСНД; 15Х2МФА; 08Х18Н10Т; 12Х18Н12Т; 10Х17Н2 та інші.

Електроди, тобто зварювальні матеріали для зварювання конструкцій і трубопроводів АЕС регламентуються СОУ НАЭК 159:2020. Розділ 6 цього документу регламентує, які зварювальні матеріали для зварювання яких сталей і за якими технологіями повинно використовувати.

2.6.4.2. Зварювання термообробка

Зварювання елементів обладнання і трубопроводів при їх виготовленні, монтажі і ремонті повинно проводитися відповідно до вимог робочих креслень, технічних умов на виготовлення виробів, виробничих інструкцій затверджених на базі Положень про зварювання.

До початку зварювання необхідно встановити до якої категорії належить зварюваний стик. НП 306.2.227-2020 встановлюють три категорії зварних з'єднань з окремими вимогами до їх контролю.

Для зварних з'єднань обладнання та трубопроводів АЕУ встановлюються наступні три категорії зварних з'єднань:

- I категорія - зварні з'єднання обладнання і трубопроводів група А;
- II категорія - зварні з'єднання обладнання і трубопроводів групи В, що працюють постійно або періодично в контакті з радіоактивним теплоносієм;
- III категорія - зварні з'єднання обладнання і трубопроводів групи В, які не працюють в контакті з радіоактивним теплоносієм, а також зварні з'єднання обладнання і трубопроводів групи С.

Залежно від робочого тиску зварні з'єднання II і III категорій підрозділяються на наступні під категорії:

- категорія Па - зварні з'єднання, що працюють під тиском понад 5 МПа (51 кгс / см²);
- категорія Пв - зварні з'єднання, що працюють під тиском до 5 МПа (51 кгс / см²) включно;
- категорія ППа - зварні з'єднання, що працюють під тиском понад 5 МПа (51 кгс / см²);
- категорія ППв - зварні з'єднання, що працюють під тиском понад 1,7 МПа до 5 МПа (понад 17,3 до 51 кгс / см²) включно;
- категорія ППс - зварні з'єднання, що працюють під тиском до 1,7 МПа (17,3 кгс / см²) і нижче атмосферного (під вакуумом).

Ці категорії визначаються проектною організацією і відзначаються в кресленнях.

Зварні з'єднання, які не підходять під вимоги I, II або III категорій виконують і контролюють відповідно до вимог РТМ-1с-89 та інших правил.

До початку зварювальних робіт необхідно перевірити наявність відповідних сертифікатів, що підтверджують якість та необхідну за технологією марку електродів, або зварювального дроту, флюсу, газу; зварювальних матеріалів і робочі характеристики напруги і струму зварювального обладнання - трансформаторів змінного струму або перетворювачів для постійного струму.

Роботи зі зварювання і наплавлення обладнання і трубопроводів повинні виконуватися ремонтної службою експлуатуючої організації (ЕО), підприємствами-виробниками (монтажними організаціями), які мають кваліфіковані кадри, технологічні і контрольні служби і всі технічні засоби, необхідні для виконання відповідних робіт.

Виробнича атестація технології зварювання проводиться підрозділами ремонтної служби ЕО, підприємствами-виробниками (монтажними організаціями), які здійснюють зварювання (наплавлення) обладнання і трубопроводів, шляхом

виконання і подальшого контролю неруйнівними і руйнівними методами контрольних зварних з'єднань (наплавлень), які виконуються для кожної групи однотипних виробничих зварних з'єднань (наплавлених поверхонь) обладнання і трубопроводів систем АЕС.

В технічній і робочій документації на виконання зварювання і наплавлення повинні бути встановлені:

- способи зварювання (наплавлення);
- кваліфікація зварників;
- типи виконуваних зварних з'єднань;
- рід і полярність зварювального струму;
- зварювальне обладнання що використовується;
- поєднання марок основних і зварювальних (наплавочних) матеріалів;
- необхідність, методи і режими попереднього та супутнього зварюванні (наплавленні) підігріву;
- просторові положення зварювання (наплавлення);
- сортамент присадних матеріалів;
- режими зварювання (наплавлення) стосовно виконання конкретних зварних з'єднань (наплавлень);
- порядок накладення валиків і шарів шва або наплавлень (в разі необхідності);
- види термічної обробки зварних з'єднань і наплавлених деталей (якщо таке передбачено);
- умови перебування зварних з'єднань (наплавлених деталей) з моменту закінчення зварювання (наплавлення) до початку термічної обробки;
- методи і обсяг операційного контролю зварювання (наплавлення).

В інструкціях або технологічних процесах на термічну обробку зварних з'єднань або наплавлень необхідно вказати режим термічної обробки (температуру підігріву, час витримки, швидкість підігріву і охолодження, способи підігріву, вид нагрівача, джерело живлення, його електричні параметри - значення струму,

напруги, довжина зони рівномірного підігріву, кількість термопар, тип приладу для контролю температури, вид теплоізоляції, розміри теплоізоляційної зони, методи контролю якості термічної обробки, методи виправлення помилок).

Зварювання легованих і аустенітних сталей виконують постійним струмом. Всі елементи, що підлягають зварюванню попередньо необхідно перевірити на відповідність їх геометричних розмірів, кутів скосів тощо, зазначеним в кресленнях. Після складання елементів під зварювання перевіряють зазори між ними, паралельність крайок під зварювання, злам осей елементів згідно з технологією.

Для збирання елементів під зварювання використовують прихватки - переривчасті зварювання в трьох - п'яти місцях на місці майбутнього шва довжиною кожної - від п'яти до десяти мм. Для тимчасового кріплення елементів перед зваркою також можуть використовуватися різні допоміжні пластини та інші деталі. Прихватки елементів перед зварюванням повинні виконувати зварники необхідної кваліфікації щодо виконання подібних з'єднань.

Дефекти при виконанні прихваток неприпустимі. Прихватки повинні бути переплавлені або видалені в процесі зварювання стику після того як вони виконали своє призначення.

Для вуглецевих сталей товщиною 30 мм і більше і легованих при виконанні прихваток і тим більше при зварюванні необхідні попередній і супутній підігрів металу до 150-400 ° С в залежності від структури стали.

Разом з тим виготовлення, монтаж і ремонт обладнання і трубопроводів при температурі навколишнього повітря нижче 0⁰С є неприпустимим. У навколишньому повітрі з мінусовою температурою зварювальні роботи можливі тільки за умови надійного захисту зварника і місця зварювання від вітру і опадів, а також підігріву елементів що зварюються до температури вище +50⁰С.

Контрольні питання до підрозділу 2.6

1. Охарактеризуйте автоматичні і напівавтоматичні способи зварювання.
2. Охарактеризуйте ручні способи зварювання.

3. Охарактеризуйте конструкційні сталіі електроди, що використовуються при зварюванні.
4. Що необхідно перевірити перед початком зварювальних робіт?
5. Назвіть категорії зварних з'єднань обладнання та трубопроводів.
6. Хто має право виконувати роботи зі зварювання і наплавлення обладнання і трубопроводів?
7. Що встановлює технічна і робоча документація на виконання зварювання і наплавлення в частині матеріалів, що використовуються?
8. Що встановлює технічна і робоча документація на виконання зварювання і наплавлення в частині способів і режимних характеристик?

Список джерел інформації до підрозділу 2.6

1. СОУ НАЕК 158:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Технічні вимоги до влаштування та безпечної експлуатації обладнання і трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

2. СОУ НАЕК 159:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Зварювання та наплавлення устаткування і трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

3. СОУ НАЕК 160:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Контроль якості основного металу, зварних з'єднань та наплавок обладнання та трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

4. СОУ НАЭК 103:2015. Технічне обслуговування та ремонт. Контроль неруйнівний. Вихрострумний контроль теплообмінних труб парогенераторів. Загальні вимоги. Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 12.02.2016 № 139.

5. СОУ НАЕК 071:2015 Контроль неразрушающими методами. Методика контроля герметичности. Газовые и жидкостные методы. Утвержден и введен в действие: приказ ГП «НАЭК «Энергоатом» от 16.03.2016 № 254.

6. Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций, РД 34.15.027-89 (РТМ-1с-89)/М-во энергетики и электрификации СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

7. СОУ НАЕК 173:2019 «Забезпечення технічної безпеки. Технічні вимоги до будови та безпечної експлуатації технологічних трубопроводів та обладнання». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 01.10.2020 №787.

8. СНиП 3.05.05-84 Технологічне устаткування і технологічні трубопроводи. Затверджено: Постанова від 07.09.1984 № 72.

2.7 Методи контролю якості зварювання

2.7.1 Загальна характеристика методів контролю якості зварювання

Контроль якості зварювальних робіт для обладнання і систем важливих для безпеки АЕС здійснюється відповідно до нормативного документа НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання і трубопроводів атомних станцій» [1] та СОУ НАЭК 160:2020. Контроль зварних з'єднань обладнання та систем не є важливими для безпеки АЕС здійснюється відповідно РД 34.17.101 «Зварювання, термообробка і контроль трубних систем котлів і трубопроводів при монтажі та ремонті устаткування теплових електростанцій» [3].

Обсяг і методи контролю вказуються в виробничих інструкціях, технологічних картах і кресленнях.

Контроль якості зварних з'єднань і наплавлень включає:

- атестацію персоналу з неруйнівного контролю;
- контроль складально-зварювального і термічного обладнання, апаратури та пристроїв;
- вхідний контроль основних матеріалів;
- контроль якості зварювальних та наплавних матеріалів;
- операційний контроль;
- не руйнуючий контроль;
- руйнівний контроль;
- контроль якості виправлення дефектів;
- гідравлічні (пневматичні) випробування.

В якості попередніх заходів виконується атестація контролерів і проводиться контроль складально-зварювального і термічного обладнання, апаратури та пристроїв.

Атестація контролерів включає перевірку їх теоретичних знань та практичних навичок.

Контроль зварювального та термічного обладнання, апаратури та пристроїв включає перевірку наявності експлуатаційної документації/інструкцій, їх комплектності, контроль справності стану зварювального та термічного обладнання, апаратури та пристроїв, а також наявності необхідної вимірювальної та контрольної апаратури.

Вхідний контроль основних матеріалів (конструктивних елементів, труб, листів, прокату тощо) полягає в наступному:

- перевірка наявності сертифікатів, паспортів, свідоцтв про виготовлення, повноти наведених в них даних і відповідність цих даних вимогам стандартів, технічних умов і конструкторської документації;
- перевірки наявності заводського маркування і відповідності її паспортним даним;
- огляд металу і конструктивних елементів на виявлення поверхневих дефектів і пошкоджень.

Контроль якості зварювальних та наплавних матеріалів включає перевірку необхідної документації, руйнівний контроль металу шва і/або наплавленого металу, виконаний контрольованими матеріалами.

Операційний контроль охоплює перевірку дотримання вимог проектної та технічної документації при підготовці і складанні під зварювання і наплавлення, прогріванні, зварюванні і термічній обробці.

Неруйнівний контроль включає в себе такі методи:

- візуальний (зовнішній огляд);
- вимірювальний;
- прогін металевим калібром (кулькою);
- капілярний;
- магнітно порошковий;
- радіографічний;

- ультразвуковий;
- контроль герметичності;
- вихре струмовий контроль.

Крім зазначених основних методів у випадках, передбачених конструкторською або проектною документацією можуть бути застосовані додаткові методи, а саме: стилоскопіювання, вимірювання твердості, травлення тощо.

При руйнівному контролі виробляють механічні випробування (випробування на розтяг при нормальній температурі і підвищеній температурі, випробування на вигин, випробування на сплющування труб), визначення феритної фази, випробування на між кристалітну корозію, металографічні дослідження, визначення хімічного складу.

Зварні з'єднання в складі конструкцій або окремих складальних одиниць повинні піддаватися гідравлічним (пневматичним) випробуванням відповідно до вимог проектної і конструкторської документації.

Методи і обсяги контролю для кожного вузла АЕС визначаються проектною організацією на підставі вимог НД і вказуються в кресленнях, які в подальшому є єдиним керівним виконавчим і контролюючим документом. При цьому враховуються умови експлуатації вузла, можливість ремонту зварних з'єднань і роздільна здатність методу контролю.

2.7.2 Контроль якості зварних з'єднань і наплавки неруйнівними методами

Зовнішній огляд і вимірювання - вид неруйнівного контролю, який проходять усі зварні з'єднання, наплавлення під зварювання і антикорозійне наплавлення. Огляду підлягають як зварений шов, так і прилегла до нього зона основного металу, включаючи наплавлення під зварювання, на відстані не менше 20 мм від кордону шва. Огляд зварних з'єднань здійснюється по всій їх довжині з двох сторін, якщо вони доступні для огляду. У разі термообробки зварений шов підлягає

зовнішньому огляду до і після неї. Зварні з'єднання І і ІІ категорій, для яких контроль просвічуванням і ультразвукової дефектоскопії технічно неможливий, контролюють зовнішнім оглядом після виконання кожного шару шва з реєстрацією результатів контролю в журналі.

Мета зовнішнього огляду виявити такі дефекти:

- тріщини;
- напливи і подрізи;
- пори і шлакові включення;
- переломи осей з'єднувальних деталей;
- кратери, западання між валиками;
- невідповідність форми і розмірів шва або наплавлення під зварювання вимогам технології і креслень;
- витончення в місцях зачистки швів і близько шовного зони;
- не провари.

При зовнішньому огляді перевіряють також якість підготовки поверхні швів, наплавлення під зварювання і близько шовного зони для наступних контрольних операцій, а також правильність маркування і таврування.

Зовнішній огляд проводять неозброєним оком, а в сумнівних місцях - за допомогою лупи 4-7 кратного збільшення після ретельного очищення місця огляду. Допускається проводити зовнішній огляд швів після їх зачистки під контроль іншими методами.

Оцінка якості зварного з'єднання, наплавлення під зварювання і антикорозійного наплавлення за результатами зовнішнього огляду проводиться відповідно до НД з записами в журналі контролю: «прийнятий» чи ні.

Прогонка металеві кулі - цей контроль здійснюють з метою перевірки повноти видалення внутрішнього грата або протіку металу і забезпечення заданого прохідного перерізу в зварних з'єднаннях труб поверхонь нагріву. Контролю підлягають стикові зварні з'єднання труб у випадках обумовлених кресленням або схемою контролю.

Кожна контрольна куля повинна мати клеймо, порядковий номер і умовне позначення розміру контрольованих з'єднань. Контрольні кулі щомісяця піддають калібруванню із записом в журналі СТК. При контролі зварних з'єднань на прямих трубах застосовують контрольні кулі діаметром 0,86 від внутрішнього номінального діаметра контрольованої труби, а на вигнутих трубах - 0,8. У разі не проходження (застрявання) контрольної кулі зварене з'єднання бракується або підлягає виправленню. Застряглу куля видаляють. Контрольні кулі зберігають в спеціальному сейфі, видають контролерам на початку зміни під розписку. При здачі в кінці зміни кулі перевіряють за кількістю і номерами. На монтажі цей метод контролю застосовують не часто.

Капілярна дефектоскопія (кольорова і люмінесцентна дефектоскопія), як метод контролю, застосовується з метою виявлення дефектів, що виходять на поверхню (тріщин, пор тощо), але не виявляються зовнішнім оглядом. Цьому контролю піддаються зварні з'єднання з аустенітних (діамагнітних) сталей. Кольоровий і люмінесцентної дефектоскопії можна виявити тріщини шириною 0,03мм. Цей контроль заснований на капілярному проникненні рідини що змочує в поверхневі дефекти з наступним їх колірним проявом (кольорова дефектоскопія) або світловим контрастом. Рідина потрапляє на поверхневі дефекти, які виявляються під ультрафіолетовим світлом (люмінесцентна дефектоскопія).

Магнітопорошкова дефектоскопія - використовується для контролю зварних з'єднань із сталей перлітного класу. Вона заснована на виникненні магнітного поля розсіювання в місцях дефектів при проходженні крізь феромагнітну контрольовану ділянку електричного струму. Візуалізація поля розсіювання здійснюється через різку зміну магнітної проникності металу в місцях дефектів.

Силкові лінії магнітного поля, що проходять крізь деталь, зустрічаючи дефект, огинають його. Якщо дефект знаходиться на поверхні, або розташовується на глибині 1-2 мм під нею, то силкові лінії, виходячи на поверхню деталі, утворюють на ній обрис цього дефекту (тріщини, пори, раковини тощо). Візуалізація дефектів відбувається за допомогою феромагнітного порошку, що знаходиться у водному розчині їдкого натрію, яким змочують контрольовану ділянку. Практично для цього

використовують відпрацьоване машинне масло. Найбільш повно виявляються дефекти типу тріщин шириною 0,05 мм, розташовані перпендикулярно до напрямку силових ліній. Округлені дефекти виявляються дещо слабше. Перед дефектоскопією поверхню шва зачищають до шорсткості Rz80. Для повної впевненості у відсутності дефектів слід створювати магнітне поле в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Після видалення дефектів місця, що були піддані шліфуванню повинні бути проконтрольовані тим же методом. Результати контролю із зазначенням кількості і розмірів виявлених повторно дефектів і рішення контролера СТК про дозвіл або заборону подальших операцій записують в журнал контролю СТК.

Капілярній та магнітопорошковій дефектоскопії в обсязі 100% підлягають:

- наплавлення з корозійностійкої аустенітної сталі I, II і III категорій та I категорії з перлітної сталі;
- зварні з'єднання з корозійностійкої аустенітної сталі з деталями з перлітною сталі I і IIa категорій (IIб і IIIa категорій - в обсязі не менше 10%).

Обсяг контролю наведений в таблицях 11.1-11.5 СОУ НАЕК 160:2020 [2].

Радіографічний контроль. Цей контроль зварних з'єднань здійснюється з метою виявлення можливих внутрішніх дефектів шва і навколо шовної зони: тріщин, не проварів, пор, шлакових або вольфрамових включень тощо.

Просвічування зварних з'єднань виконують за допомогою рентгенівських установок, або лінійних прискорювачів бета - частинок. Гамма - просвічування застосовують при технічній неможливості або труднощі здійснення рентгенівського просвічування. В цьому випадку в залежності від товщини металу що просвічується рекомендується використовувати такі ізотопи, що поміщаються в ампулу гамма - дефектоскопа : при товщині стінки до 15мм - Тулій-170; при товщині стінки 15-25мм - Селен-75; 25-70мм - Іридій -192; 70-100мм - Цезій-137; 100-200 - Кобальт-60. Дефекти що виявляються відображаються на спеціальній (дрібнозернистої) фотоплівці.

Гамма дефектоскопи для контролю просвічуванням мають захисні радіаційні головки зі свинцю або вольфраму. Вони забезпечують для працюючих з ними зниження потужності дози випромінювання на відстані 1 м від джерела в робочому

положенні і її зниження до гранично допустимих значень, які дорівнює 20мЗв / рік. Їх застосовують там, де неможливо використовувати рентген апаратуру (ці місця обумовлюються в кресленнях). Рентген краще, тому що він робить помітними на фотоплівці більш дрібні дефекти (біля 1мм и більше), які не «помічас» гамма-випромінювання. Чутливість просвічування визначається за стандартами: пластинчастим або дротовим.

Еталони чутливості призначені для оцінки якості знімків і визначення чутливості радіографічного методу контролю. Матеріал еталона повинен бути аналогічний контрольованому виробу. Пластинчасті еталони з канавками, використовують при просвічуванні виробів з очікуваними дефектами типу газових пор, включень, раковин. Дротові еталони використовують при радіографії виробів з очікуваними дефектами типу не проварів і макротріщин. Вони складаються з 7-ми дротів різного діаметру. Знаючи дійсні діаметри цих дротів, що відобразилися на фотоплівці в тому ж ракурсі, що і зображення виявлених просвічуванням дефектів, можна визначити і справжніх розмірів виявлених просвічуванням в шві шлакових включень, не проварів та тріщин, які розташовані в звареному шві.

Обсяг радіаційного контролю зварних з'єднань і наплавлень наведених в таблицях 11.1-11.4 СОУ НАЕК 160:2020 [2].

Оцінку якості зварного з'єднання і наплавлення під зварювання при контролі просвічуванням виробляють на підставі таблиць 13.7 СОУ НАЕК 160:2020 [2].

Ультразвукова дефектоскопія - це контроль зварних з'єднань з метою виявлення внутрішніх дефектів: тріщин, відривів наплавлення, не проварів, шлакових включень, газових пор без розшифровки їх характеру, але із зазначенням кількості дефектів, їх еквівалентної площі, умовної протяжності і координат розташування. Якщо на шляху пружних хвиль є дефект, то в залежності від площі перетину пучка променів, площі поверхні, що відбиває дефект і його місця розташування по товщині виробу подача показань на моніторі змінюється, так як за дефектом утворюється акустична тінь. Наприклад, тріщина в зварному шві або відшарування антикорозійного наплавлення на шляху поширення ультразвукових хвиль у металі відобразить частину променів, що падають на приймальну головку і

тому не дійшли до неї. На екрані монітора з'явиться імпульс, відповідний інтенсивності минулих ультразвукових коливань.

Для ультразвукових коливань використовують частоти від 1 до 3 МГц. Найбільш поширеною є частота 2,5 МГц. Однак при значній товщині зварних швів у реакторів, парогенераторів, особливо при контролі швів в сталях аустенітного класу, частоту знижують до 1,5 - 0,8 МГц, так як в цих сталях в зоні термічного впливу затухання УЗК в 2 - 3 рази перевищує загасання в основному металі. Неправильно обрана частота в значній мірі погіршує результати, УЗК «не помічає» багатьох малих дефектів. Тому правильність вибору кута головок і частоти їх п'єзо пластин - випромінювачів контролює СТК.

Обсяг ультразвукового контролю зварних з'єднань і наплавлення наведений в таблицях 11.1-11.3 СОУ НАЕК 160:2020 [2].

Якість зварного з'єднання і наплавлення кромок під зварювання сталей перлітного і аустенітного класу визначається відповідно до таблиць 13.8-13.11 СОУ НАЕК 160:2020 [2].

Гідравлічне випробування необхідно для всіх видів обладнання і трубопроводів після їх виготовлення з метою перевірки міцності і герметичності зварних з'єднань окремих елементів обладнання і трубопроводів в цілому.

Допускається суміщення гідравлічного випробування окремих деталей і зборок з гідравлічним випробуванням виробу в цілому, якщо окремі збірки піддавалися 100% -му контролю УЗК або просвічуванню. Гідравлічне випробування проводиться після термообробки і контролю зварних з'єднань. Раніше виявлені дефекти в них повинні бути виправлені до гідравлічного випробування.

Тиск при гідравлічному випробуванні устаткування і трубопроводів АЕС визначають за формулою:

$$P_{\Gamma} = 1,25 \cdot P_{\text{р}} \cdot \sigma_{\text{доп}}^{\text{тр}} / \sigma_{\text{доп}}^{\text{м}}$$

В даному вираженні діють: 1,25 - коефіцієнт випробувальної тимчасової перевантаження; $P_{\text{р}}$ - робочий тиск в посудині; $\sigma_{\text{доп}}^{\text{тр}}$ - допустима напруга металу, з

якого виготовлений посудину, при температурі гідравлічного випробування; $\sigma_{\text{доп}}^{\text{пр}}$ - допустима напруга того ж металу, але при робочій температурі цього елемента.

При робочому тиску $P_p < 0,5 \text{ МПа}$ тиск при гідравлічних випробуваннях повинен бути $P_T > 1,5 P_p$, але не менше $0,2 \text{ МПа}$; при $P_p \geq 0,5 \text{ МПа}$ тиск P_T повинен бути не менше значення отриманого по вище наведеній формулі, але не менше $(P_p + 0,3) \text{ МПа}$.

Мінімальна температура стінки $t_{\text{СТ}}$ при гідравлічному випробуванні обладнання і трубопроводів що експлуатуються повинна бути не менше:

$$t_{\text{СТ}} = (t_{\text{КО}} + 30 + \Delta t_{\text{Ц}} + \Delta t_{\text{СТ}} + \Delta t_{\text{Ф}})$$

де $t_{\text{КО}}$ – критична температура хрупкості металу в вихідному стані, $\Delta t_{\text{Ц}}$; $\Delta t_{\text{СТ}}$; $\Delta t_{\text{Ф}}$ - зсуви критичної температури хрупкості в наслідок впливу циклічних пошкоджень, старіння і опромінення, що визначаються по Нормам розрахунку на міцність. В будь-якому випадку температура випробувального і навколишнього середовища не повинні значно відрізнятися одна від одної.

Час витримки елементів обладнання під пробним тиском при гідравлічному випробуванні повинен бути не менше 10 і 20 хвилин при товщині стінки до 50 мм і до 100 мм відповідно, а для багат шарового обладнання не менше 60 хвилин незалежно від товщини стінки.

Для обладнання з елементами різної товщини стінок час витримки вибирається по найбільшій товщині.

Пробний тиск і мінімальна температура стінки при гідравлічному випробуванні нового (ще не експлуатується) обладнання і трубопроводів повинні бути вказані на їх кресленнях загальних видів, в ТУ на виготовлення і в паспортах.

Огляд виробів проводять при робочому тиску протягом часу, необхідного для ретельного контролю всіх зварних з'єднань і металу виробу.

Вимірювання пробного тиску повинно проводитися двома перевіреними манометрами, один з яких - контрольний. Устаткування і трубопроводи вважаються такими, що витримали гідравлічне випробування, якщо після нього не виявлено течі,

потіння і видимих залишкових деформацій.

Методи контролю герметичності .

Системи контролю герметичності по пороговій чутливості підрозділяються на п'ять класів герметичності і наведені в таблиці 5.2 СОУ НАЄК 071:2015 [4]:

Клас герметичності	Пропуск повітря, $\text{м}^3 \cdot \text{МПа} / \text{с}$.
I	$5 \cdot 10^{-11} \dots 5 \cdot 10^{-10}$
II	$5 \cdot 10^{-10} \dots 5 \cdot 10^{-9}$
III	$5 \cdot 10^{-9} \dots 5 \cdot 10^{-7}$
IV	$5 \cdot 10^{-7} \dots 5 \cdot 10^{-6}$
V	$5 \cdot 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-4}$

Контроль герметичності може проводитись з використання наступних методів:

- термо вакуумний;
- гелієвий або вакуумної камери;
- гелієвого щупу;
- люмінісцентно-гідравлічний;
- пневматичний надув повітря; вакуумний;
- використання люмінісцентних проникаючих рідін.

Контролю методами з використання гелію піддають зварні з'єднання, до яких пред'являють підвищені вимоги по газовій або вакуумної герметичності, відповідне I або II класу герметичності

Для інших зварних з'єднань, вимога до яких по герметичності менш жорстке.

Випробування на герметичність з використанням гелієвого тече шукача повинно проводитися після гідравлічного випробування виробу.

Зварні з'єднання вважаються такими, що витримали випробування на герметичність, якщо в них не буде виявлено ніяких наскрізних дефектів (не суцільністей) і буде витриманий в кресленнях клас герметичності.

Віхре токовий (віхре струмовий) контроль

Віхре струмовий контроль це неруйнівний контроль, заснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових

струмів, що наводяться в об'єкті контролю цим полем .

Системи віхрострумового контролю (ВСК) призначені для проведення контролю цілісності металу і оцінки стану теплообмінних трубок парогенераторів (ТОТ) [5].

Цілями ВСК ТОТ є:

- збір сигналів перетворювача з ТОТ;
- обробка сигналів перетворювача;
- визначення місця розташування індикацій (будь-якого сигналу перетворювача, відповідного відхиленню від нормального стану стінки теплообмінної труби) по довжині ТОТ;
- аналіз і класифікація індикацій ;
- створення / наповнення бази даних про стан ТОТ ПГ.

Зварні з'єднання приварки ТОТ до колектору системами ВСК не контролюються.

Комплекс обладнання для проведення віхре струмового контролю складається з маніпулятора, вихре струмового дефектоскопа і перетворювача.

Система ВСК повинна виявляти, як мінімум:

- корозійні пошкодження типу «брак металу»;
- витончення товщини стінки ТОТ в результаті корозійно-механічного зношування в місцях установки антивібраційних і дистанціонуючих решіток;
- тріщини, які орієнтовані вздовж осі ТОТ.

Основні характеристики контрольованих ТОТ ПГ і допустимі відхилення розмірів наведені в таблиці 1 СОУ НАЭК 103:2015.

2.7.3 Контроль якості зварних з'єднань руйнуючими (лабораторними) методами

При руйнівному контролі проводять механічні випробування (випробування на розтяг при нормальній температурі і підвищеній температурі, випробування на

вигин, випробування на сплющування труб), визначення феритної фази, випробування на між кристалітну корозію, металографічні дослідження, визначення хімічного складу.

Випробування механічних властивостей металу проводять на зразках. Зразки повинні бути вирізані з виконаних зварних з'єднань або наплавлень, з припусків до них або з контрольних зварних з'єднань та наплавлень, що спеціально зварюються. Всі зварні з'єднання, призначені для контролю, називають контрольними з'єднаннями. Зварювання та наплавлення їх виконують в умовах тотожних умов зварювання виробничих зварних з'єднань, тими ж зварниками, із застосуванням тих же видів, режимів зварювання і тих же основних матеріалів.

Якщо зварена конструкція або наплавлення після зварювання підлягає термообробці або декільком її циклам, то всі контрольні з'єднання перед різкою їх на зразки повинні бути піддані тієї ж термообробці або тим же її циклам, за тими самими режимами і з урахуванням додаткової відпустки після виправлення дефектів.

З контрольних з'єднань перлітних і аустенітних сталей вирізають зразки тільки для металографічних досліджень, зразки для випробувань механічних властивостей вирізують тільки з перлітних сталей; з зварних стиків і антикорозійного наплавлення аустенітної сталі вирізують, крім того, зразки для перевірки стійкості зварних стиків і наплавлення до між кристалітної корозії.

Металографічні дослідження зварних з'єднань ІІБ, ІІВ категорій обладнання і ІІ категорії трубопроводів, що піддаються 100% -му контролю просвічуванням або УЗК, не обов'язкові.

Зварювання контрольних з'єднань повинно проводитися в той же час, що і контрольованих ними виробничих з'єднань. Однак, перед початком зварювання кожної нової групи однотипних з'єднань повинно бути зварене одне контрольне з'єднання і проведені всі необхідні випробування зразків для підтвердження якості зварювальних матеріалів, технології та кваліфікації зварника.

У разі, якщо при перевірці контрольного з'єднання будуть виявлені недопустимі дефекти: тріщини, не провари тощо, всі виробничі зварні з'єднання, що

подаються контролю повинні бути перевірені в обсязі 100% тим самим методом дефектоскопії, якими виявлено дефекти. При цьому контрольне з'єднання бракується і має бути виконано знову тим же зварювальником.

Металографічні дослідження проводять на контрольних з'єднаннях у випадках, обумовлених в кресленнях і схемах контролю, щоб виявити можливі тріщини, не сплавлення, не провари і інші дефекти. Зразки - шліфи і макро шліфи готують до досліджень в двох примірниках. Огляд шліфів виконують за допомогою лупи 4 -7 кратного збільшення

Якість зварного з'єднання і наплавлення вважається незадовільним якщо на шліфах будуть виявлені тріщини, не провари і не сплавлення, за винятком не проварів в корені шва, дозволених проектною організацією в стикових з'єднаннях ІІВ категорії, допустимих для зварювання з одного боку і виконаних без підкладних кілець. Допустимий в цьому випадку не провар в корені шва - не більше 10% товщини стінки труби, але не більше 2 мм, сумарною довжиною не більше 20% внутрішнього периметра з'єднання.

Якщо при металографічному дослідженні контрольного з'єднання, раніше перевіреного УЗД або просвічуванням і визнаного придатним, будуть знайдені недопустимі внутрішні дефекти, які повинні бути виявлені УЗД або просвічуванням, всі відповідні виробничі зварні з'єднання, що були проконтрольовані тим же дефектоскопістом підлягають повторній 100%-ій перевірці тим самим методом неруйнуючої дефектоскопії, однак ця перевірка повинна проводитися іншим, більш досвідченим дефектоскопістом.

При негативних результатах металографічного дослідження хоча б на одному зразку виробляють повторні випробування подвійної кількості зразків. При незадовільних результатах повторних металографічних досліджень бракують всі контрольовані цими шліфами зварні з'єднання.

Випробування на стійкість до між кристалітної корозії проходять зварні з'єднання корозійностійких сталей аустенітного класу і антикорозійне наплавлення, якщо до них пред'являються вимоги по стійкості до між кристалітної корозії. Необхідність таких досліджень для конкретних зварних з'єднань і наплавлення

встановлюється ТУ на виготовлення виробу і кресленнями.

Випробування на стійкість до між кристалітної корозії проводять без провокуючого нагріву не менше ніж на трьох зразках. Зразки вирізають якомога ближче до поверхні шару, що контактує з робочим середовищем. Стійкість до між кристалітної корозії вважають незадовільною, якщо на зразках при випробуваннях будуть виявлені між кристалітні тріщини або надриви корозійного характеру.

У разі негативних результатів випробування хоча б на одному зразку здійснюють повторні випробування подвійної кількості зразків. Якщо хоч на одному зі зразків цієї партії буде незадовільний результат, бракують всі контрольовані цими зразками зварні з'єднання.

2.7.4 Виправлення дефектів.

Виправленню підлягають дефекти, наявність яких в зварних з'єднаннях не допускається НД.

Виправлення ділянок швів і наплавлень з дефектами повинно проводитися заводами-виробниками за своїми технологічними процесами або виробничими інструкціями, складеними на підставі виробничих процесів. Видалення ділянок з дефектами має здійснюватися механічним способом: фрезеруванням, вирубкою пневматичним зубилом, обробкою абразивним інструментом. Глибина шару металу що видаляється при зачистці встановлюється технологічним процесом або виробничою інструкцією такий, щоб видалити зони термічного впливу що залишилися.

Кути розробки підготовленої під заварку вибірки повинні забезпечувати надійний провар її в усіх місцях. Поверхня вибірки не повинна мати гострих кутів і задирок. Повнота видалення дефектів і якість підготовки вибірок під заварку контролює СТК. При заварці місць з дефектами повинні виконуватися вимоги виробничої інструкції по режимам зварювання, підігріву, термообробці шва. Всі виправлені ділянки швів повинні бути проконтрольовані УЗК, просвічуванням або іншими методами контролю.

Якщо при контролі якості в виправленій ділянці знову будуть виявлені недопустимі дефекти, проводиться повторне виправлення дефекту в тому ж порядку, як і перше. Якщо дефект буде виявлений і після повторного виправлення ділянки шва або наплавлення питання про можливість і способі виправлення дефекту вирішується головним інженером, головним зварником підприємства спільно з начальником СТК. Можливість наступних ремонтів такого ділянки шва або наплавлення з дефектами визначається спільно з Інститутом зварювання НАН.

Контрольні питання до підрозділу 2.7

1. Яка діяльності проводяться при контролі якості зварних з'єднань і наплавлень ?
2. Назвіть види неруйнівного контролю якості зварних з'єднань і наплавлень.
3. Які методи неруйнівного контролю повинні проводитись обов'язково?
4. Порівняйте застосування капілярної і магнітопорошкової дефектоскопії.
5. Порівняйте застосування радіографічного та ультразвукового контролю.
6. Яке призначення руйнівного контролю неруйнівного контролю якості зварних з'єднань і наплавлень?
7. Яким чином проводять випробування механічних властивостей металу?
8. Опишіть визначення якості зварних з'єднань і наплавлень ультразвуковим контролем.
9. Стисло опишіть процедуру гідравлічного випробування трубопроводу. її призначення.
10. Які дефекти зварних з'єднань підлягають виправленню?

Список джерел інформації до підрозділу 2.7

1 НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання і трубопроводів атомних станцій. Затверджено : Державна інспекція ядерного регулювання України. Наказ №319 від 04.08.2020.

2. СОУ НАЕК 160:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Контроль якості основного металу, зварних з'єднань та наплавов обладнання та трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

3. Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций, РД 34.15.027-89 (РТМ-1с-89)/М-во энергетики и электрификации СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

4 СОУ НАЕК 071:2015 Контроль неразрушающими методами. Методика контроля герметичности. Газовые и жидкостные методы. Утвержден и введен в действие: приказ ГП «НАЭК «Энергоатом» от 16.03.2016 № 254.

5. СОУ НАЭК 103:2015. Технічне обслуговування та ремонт. Контроль неруйнівний. Вихрострумовий контроль теплообмінних труб парогенераторів. Загальні вимоги. Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 12.02.2016 № 139.

2.8. Пусконалагоджувальні роботи на енергоблоці

Проведення пусконалагоджувальних робіт являє собою завершальний етап спорудження /монтажу АЕС. В цей період здійснюється наладка і випробування обладнання і систем енергоблоку, його поетапні комплексні випробування та вихід електростанції на проєктну потужність.

Проведення пусконалагоджувальних робіт на енергоблоці з реактором ВВЕР-1000 має специфічні особливості, що пов'язані з конструктивними рішеннями по обладнанню:

- застосуванням в системах безпеки АЕС трьох незалежних підсистем;
- спорудження герметичної захисної оболонки для обладнання систем 1 контуру;
- більш висока ступінь автоматизації технологічних процесів на блоці в результаті встановлення інформаційно-обчислювальних комплексів, складних логічних пристроїв керування тощо.

Все це потребує додаткового часу для проведення пуско-налагоджувальних робіт, випробування обладнання і спеціальних досліджень. В процесі підготовки і виконання пусконалагоджувальних робіт на енергоблоках з реакторами ВВЕР-1000 розробляються програми промивки (продувки) технологічних систем, випробування і перевірки функціонування обладнання технологічних систем, мережеві графіки організації і виконання пуско-налагоджувальних робіт на різних етапах. Пусконалагоджувальна документація розробляється на основі проєкту, заводської документації на обладнання, досвіду проведення пуско-налагоджувальних робіт.

Основні етапи пусконалагоджувальних робіт і їх тривалість для енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000 наведена в таблиці 2.2. Ступінь готовності технологічних систем і обладнання по кожному етапу пусконалагоджувальних робіт і їх повний обсяг визначаються поетапними робочими програмами.

Таблиця 2.2 Основні етапи пусконаладжувальних робіт і їх тривалість для енергоблоків з реакторами ВВЕР-1000

№ етапу	Найменування етапу	Тривалість, доба
I	Після монтажна промивка і функціональне випробування систем і обладнання	150
II	Гідравлічні випробування і циркуляційна промивка контуру	30
III	Перша ревізія обладнання 1 контуру	45
IV	Гаряча обкатка обладнання ЯПВУ	40
V	Випробування захисної оболонки	40
VI	Друга ревізія обладнання 1 контуру	30
VII	Фізичний пуск ЯПВУ	42
VIII	Енергетичний пуск, поетапне освоєння потужності енергоблоку	

2.8.1 Зміст діяльності на окремих етапах пусконаладжувальних Робіт

2.8.1.1 Зміст діяльності на етапі після монтажної промивки і функціонального випробування систем і обладнання

На етапі після монтажної промивки і функціонального випробування систем і обладнання проводяться по вузлова перевірка правильності монтажу обладнання і систем, проведення після монтажної очистки (промивки, продувки) і наступне їх відновлення, по вузлове випробування і проведення функціонування систем. Відповідальними за проведення цих робіт є монтажна організація, генпідрядник і замовник.

На цьому етапі повинні бути готові в обсязі проєкту і здані в експлуатацію наступні загально станційні системи і обладнання:

- системи промислової зливової та фекальної каналізації;
- системи пожежного і господарського водопостачання, канали технічного водопостачання;
- установка по приготуванню хімічно знесоленої води;
- технологічна компресорна станція стисненого повітря і компресорна станція для управління пневматичними приводами арматури;
- система приймання олив і хімічних реагентів, система приймання і переробки замаслених промислових стоків;
- підстанція для підключення резервного трансформатору власних потреб і резервний трансформатор.

На цьому етапі повинен бути закінчений монтаж розподільчого пристрою власних потреб, сигналізація і кабельні лінії, що забезпечують управління і контроль за обладнанням, закінчений монтаж обладнання систем, що забезпечують проведення гідравлічних випробувань і циркуляційної промивки 1 контуру, в тому числі систем:

- систем що забезпечують подачу середовища для промивки (продувки), заповнення систем, скид і переробку середовищ, що були використані для промивки;
- систем створення і підтримки тиску в 1 контурі;
- систем що забезпечують циркуляцію середовища по трактам промивки і корегування хімічних реагентів в середовищі промивки;
- систем що забезпечують підтримку нормального температурного режиму обладнання і приміщень;
- допоміжних систем, що забезпечують роботу основного обладнання енергоблоку.

В об'єм робіт I етапу входять:

- по системам і обладнанню 1 контуру - промивка (продувка) трубопроводів, наладка і випробування технологічних систем, необхідного для проведення другого етапу ПНР, промивка і часткова

наладка САОЗ (активної і пасивної частини), наладка системи вентиляції, наладка системи контролю корпусу реактора, наладка змонтованої механічної і електричної частини машини перевантаження палива, збірка реактору для проведення етапу II, гідравлічні випробування парогенератору по стороні другого контуру;

- по загально блочним системам – промивка, випробування і введення в роботу системи хімічно знесоленої води, системи технічного водопостачання, проміжного контуру невідповідальних споживачів, протипожежної системи і сигналізації;
- по електрообладнанню, КВП і ІОС - подача напруги на власні потреби енергоблоку з наладкою і випробування електричного обладнання власних потреб, підготовка і випробування під навантаженням дизель генераторної електростанції, наладка приводів електрифікованої арматури, наладка і введення в роботу ІОС, панелей БЩУ, РЩУ, захисту і автоматики, що забезпечує нормальну експлуатації систем і обладнання на I і II етапах пусконаладжувальних робіт.

2.8.1.2 Зміст діяльності на етапі гідравлічних випробувань і циркуляційній промивки першого контуру

Гідравлічні випробування і циркуляційна промивка контуру проводяться з технологічною кришкою замість верхнього блоку. В корпусі реактора замість штатних внутрішньо корпусних пристроїв змонтований імітатор гідравлічного опору активної зони з встановленою в ньому системою вимірювання гідравлічних характеристик контуру і реактора.

На цьому етапі проводиться:

- перевірка міцності і щільності корпусу реактора, трубопроводів САОЗ, корпусів ГЦН, арматури і обладнання, що знаходяться в межах першого контуру;

- відмивка внутрішніх поверхонь першого контуру від монтажних забруднень;
- функціональне випробування технологічних систем і обладнання;
- отримання експлуатаційних даних по роботі технологічних систем (теплові і гідравлічні характеристики, напруження, вібрація, переміщення тощо). До початку гідравлічних випробувань повинні бути повністю змонтовані експериментальні системи для їх вимірювання.

Гідравлічні випробування на міцність проводяться при тиску в контурі 25 МПа з витримкою в часі при цьому тиску не менше 10 хвилин. Інспекторський огляд проводиться при тиску 20 МПа. Температура корпусу метала стінки корпусу реактора повинна бути не менше 60°C. Нагрів здійснюється за рахунок енергії ГЦН що працюють і електричних нагрівачів компенсатору тиску.

Під час циркуляційної промивка тиск в контурі підтримується в діапазоні від 2,0 до 16,0 МПа при температурі 110-120°C, необхідна якість води досягається розімкнутим підживленням - продувкою, роботою високотемпературних фільтрів і дозуванням в першому контурі хімічних реагентів.

Інспекторському тиску 25 МПа на цьому етапі ПНР піддаються : корпус реактора, компенсатор тиску, регенеративний теплообмінник (порожнина продувки), ГЦТ з колекторами ПГ і равликами ГЦН, трубопроводи САОЗ і аварійного розхолодження до першого зворотного клапана, трубопроводи планового розхолодження по стороні високого тиску, трубопроводи компенсатора тиску і упорскування в компенсатор тиску, трубопроводи скиду пари в компенсатор тиску від запобіжних клапанів, частина трубопроводів продувки-підживлення, що не відключається від 1 контуру, імпульсні лінії і допоміжні трубопроводи до першого запірного органу.

На етапі гідравлічних випробувань і циркуляційній промивки першого контуру виконуються наступні роботи:

- випробування щільності запірних органів відсічної арматури;
- пускові випробування і обкатка ГЦН;

- проведення комплексу випробувань технологічних систем і обладнання ГЦТ;
- вимірювання тепло гідравлічних характеристик 1 контуру;
- циркуляційна промивка і наладка водно хімічного режиму 1 контуру;
- відпрацювання технологічних операцій заповнення, розігріву, розхолодження і дренажування 1 контуру;
- оцінка вібраційного стану обладнання і трубопроводів в стаціонарних і перехідних режимах;
- наладка машини по перевантаженню на стелажах басейну витримки.

2.8.1.3 Зміст діяльності на етапі першої ревізії обладнання 1 контуру

На цьому етапі пусконаладжувальних робіт забезпечується контроль стану обладнання після проведення гідравлічних випробувань, оцінка якості відмивки трубопроводів і обладнання, підготовка обладнання реактора, 1 контуру і допоміжних систем, підготовка електричного обладнання енергоблоку, автоматики, КВП і ІОС до проведення гарячої обкатки.

На цьому етапі виконуються наступні основні роботи:

- контроль якості металу обладнання і трубопроводів не руйнуючими методами;
- візуальний огляд трубопроводів Ду 850 мм, оцінка стану ущільнюючих поверхонь обладнання і арматури;
- ревізія основного і допоміжного обладнання;
- монтаж внутрішньо корпусних пристроїв реактора з імітаторами активної зони і монтаж верхнього блоку з приводами СУЗ, монтаж і доробка систем центрівки верхнього блоку;
- монтаж проектної теплової ізоляції на обладнанні і трубопроводах контуру;
- зборка реактора для проведення гарячої обкатки ЯПВУ;

- комплексне випробування систем перевантаження палива;
- усунення дефектів і недоліків, що були виявлені при проведенні попереднього етапу пусканалагоджувальних робіт;
- випробування систем підйому тиску в герметичній оболонці;
- монтаж облицювання басейну витримки відпрацьованого палива.

Особливу увагу на III етапі пусканалагоджувальних робіт необхідно приділити монтажу ВКУ і зборці реактора.

До початку гарячої обкатки енергоблока повинні бути забезпечені: закінчення монтажу і після монтажна наладка щитів СУЗ і РЩУ, апаратури контролю нейтронного потоку, наладка і випробування технологічних захистів і блокування, підготовка обладнання для випробування захисної оболонки на щільність.

2.8.1.4 Зміст діяльності на етапі гарячої обкатки ЯПВУ

Гаряча обкатка обладнання 1 контуру проводиться при проєктних параметрах теплоносія 1 контуру – тиску 160 МПа і температурі 270-289⁰С.

Стабілізація температури 1 контуру здійснюється скидом пари з парогенератора через ШРП-А в атмосферу. Підживлення парогенераторів здійснюється аварійними живильними насосами.

Основні задачі етапу - перевірка роботи усіх систем і обладнання при параметрах максимально наближених до експлуатаційних, гідравлічні випробування 1 контуру зі штатним верхнім блоком реактора на міцність і щільність, отримання експериментальних експлуатаційних характеристик основного і допоміжного обладнання, проведення комплексу випробувань системи обладнання для забезпечення фізичного і енергетичного пуску реактора, перевірка роботи ІОС енергоблоку.

На цьому етапі виконуються наступні основні роботи:

- зняття тепло гідравлічних і вібраційних характеристик 1 контуру і

активної зони реактора на холодному та гарячому теплоносії при різному поєднанні ГЦН що працюють;

- гідравлічні випробування 1 контуру зі штатним верхнім блоком реактора на міцність і щільність;
- дослідження теплових переміщень обладнання і трубопроводів 1 контуру і фіксація положень обмежувачів переміщень ГЦТ;
- тепло гідравлічні випробування шахтного обсягу, оцінка ефективності теплової ізоляції обладнання і трубопроводів 1 контуру і допоміжних систем;
- дослідження вибігу ГЦН, випробування і налаштування запобіжних клапанів парогенераторів, випробування імпульсних клапанів компенсатору тиску;
- випробування режиму розігріву і розхолодження 1 контуру;
- випробування системи компенсації тиску;
- функціональні випробування систем безпеки і допоміжних систем 1 контуру.

На даному етапі також проводяться комплексна перевірка захисту і автоматики, випробування приводів і електричного обладнання СУЗ, наладка і перевірка працездатності КВП і пристроїв ІОС, програм автоматики, блокування ЯПВУ.

2.8.1.5 Зміст діяльності на етапах випробування захисної оболонки і другої ревізії обладнання

Мета етапу випробування захисної оболонки – кількісна оцінка щільності і міцності захисної оболонки. На цьому етапі забезпечується підготовка систем к проведенню випробувань захисної оболонки на міцність і щільність надлишковим тиском стиснутого повітря. По результатам випробувань проводиться розрахунок витоку з герметичної оболонки і визначення надійного стану її конструкції.

Одночасно з проведення випробувань захисної оболонки виконуються натурні випробування спринклерної системи для перевірки ефективності зрошення оболонки, наладка системи надійного живлення I і II категорій, здача БЩУ і РЩУ і інших щитових пристроїв в експлуатацію, наладка і випробування КВП і пристроїв ІОС, захисту і блокування.

Метою етапу другої ревізії обладнання є усунення недоліків і дефектів, що були виявлені на етапі гарячої обкатки ЯПВУ і підготовка обладнання до фізичного пуску.

На цьому етапі пусконаладжувальних робіт виконуються наступні основні роботи:

- розборка реактора і при необхідності усунення дефектів, що були виявлені в наплавленні корпусу;
- перевірка працездатності транспортно-технологічного обладнання;
- огляд і оцінка стану внутрішніх поверхонь обладнання;
- вибірковий контроль металу зварних стиків і плакировки контуру;
- ревізія обладнання, що приймає участь в гарячій обкатці ЯПВУ, включно приводи СУЗ;
- підготовка до роботи систем переробки і зберігання рідких та твердих радіоактивних відходів;
- підготовка до роботи систем спец газу очистки і допалювання водню, спец водоочистки;
- наладка і підготовка до роботи систем внутрішньо реакторного дозиметричного і радіаційного контролю;
- перевірка і введення в роботу системи контролю нейтронного потоку реактора;
- підготовка ядерного палива до завантаження в реактор;
- підготовка приміщень АЕС до фізичного пуску реактора;
- створення необхідного запасу розчину борної кислоти.

2.8.1.6 Зміст діяльності на етапах фізичного пуску ЯПВУ і енергетичного пуску

Мета етапу фізичного пуску ЯПВУ – досягнення критичного стану і виконання комплексу фізичних експериментів на рівні потужності реактора, що мінімально контролюється з підтвердженням відповідності експериментальних фізичних характеристик активної зони розрахунковим.

На етапі фізичного пуску проводяться наступні роботи:

- введення і дію систем дозиметричного і радіаційного контролю, систем нейтронного потоку реактора, необхідних технологічних систем;
- зборка реактора і гідравлічні випробування 1 контуру;
- комплексне випробування СУЗ і блокування ЯПВУ;
- досягнення критичного стану реактора;
- наладка водно-хімічного режиму 1 контуру і допоміжних систем;
- підготовка до роботи автоматичного регулятора потужності реактора.

Роботи на останньому етапі пусконаладжувальних робіт - енергетичному пуску, поетапному освоєнню потужності енергоблоку і комплексному випробуванню АЕС виконуються у відповідності до Програми енергетичного пуску. Ця програма передбачає поетапне засвоєння потужності реактора з проведенням на кожному рівні потужності випробувань і експериментів на основному і допоміжному обладнанні енергоблоку.

На етапі енергетичного пуску, поетапного освоєння потужності енергоблоку і комплексного випробуванню АЕС проводяться наступні роботи:

- перевірка працездатності обладнання і технологічних схем і безпеки їх експлуатації на різних рівнях потужності;
- вимірювання нейтронно-фізичних характеристик активної зони реактора на енергетичних рівнях потужності;
- дослідження стану тепловиділяючих елементів;
- перевірка радіаційної обстановки на енергоблоці;

- перевірка режиму природної циркуляції теплоносія;
- перевірка режиму повного знеструмлення АЕС;
- перевірка режимів відключення різної кількості ГЦН;
- перевірка режимів скиду і різкого підвищення навантаження;
- налагодження і випробування автоматичного регулятора енергоблоку;
- усунення зауважень по роботі обладнання;
- комплексне випробування роботи енергоблоку на дозволеному рівні потужності.

Контрольні питання до підрозділу 2.8

1. Яка основна мета пусконалагоджувальних робіт при спорудженні АЕС?
2. Яка мета етапу після монтажно-промивки і функціонального випробування систем і обладнання?
3. Яка мета етапу гідравлічних випробувань і циркуляційної промивки контуру?
4. Яка мета етапу першої ревізії обладнання 1 контуру?
5. Яка мета етапу гарячої обкатки обладнання ЯПВУ?
6. Які роботи виконуються на етапі випробування захисної оболонки?
7. Яка мета етапу фізичного пуску ЯПВУ?

Список джерел інформації до підрозділу 2.8

1. Яценко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КПІ» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).

2.9 Техніка безпеки при монтажі АЕС

Техніка безпеки - це комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і протипожежних заходів з охорони здоров'я і життя персоналу що працює на виробництві, і створення необхідних умов для безпечного виробничого процесу. Виконання цих правил всім персоналом монтажників організовує і контролює відділ охорони праці та техніки безпеки (ООТ і ТБ). Вимоги та правила ТБ обов'язкові для виконання на всіх ділянках роботи. Основні з них: ДНАОП та рівнозначні до них нормативні документи (Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском, НП 306.2.227-2020, НРБ, Правила безпеки систем газопостачання, Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПУЕ)) і НПАОП 40.1-1.01-97 «Правил безпечної експлуатації електроустановок», комплекс стандартів з техніки безпеки і охорони праці в будівництві» [1].

Крім того існують ще Правила та інструкції по ТБ при виконанні спеціальних робіт, такі як Правила технічної експлуатації та виробничої санітарії при виробництві ацетилену, кисню і газополум'яної обробки металів [2], Інструкція з техніки безпеки при організації небезпечних і суміщених робіт в енергетичному будівництві, Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах тощо.

Робочі, що приходять на роботу в монтажну організацію, допускаються до роботи після проходження ними вступного інструктажу, а також інструктажу на робочому місці, який повинен проводитися також при кожному переході на інше робоче місце чи при зміні умов роботи. Повторний інструктаж повинен проводитися для всіх робітників не рідше одного разу на три місяці. Проведення інструктажу реєструється в спеціальному журналі. Крім інструктажу новоприбулих робітників навчають також безпечним методам і прийомам робіт. Після навчання в подальшому щорічно проводять перевірку знання робітниками зазначених методів і прийомів. При цьому проводиться оформлення акту і видача посвідчень.

Робітники, зайняті на роботах з небезпечними та шкідливими умовами праці,

повинні проходити попередній та періодичний медогляди. Перед виконанням таких робіт робочим видається письмовий наряд-допуск, що визначає безпечні умови роботи, із зазначенням в ньому небезпечних зон і необхідних заходів з техніки безпеки.

2.9.1 Техніка безпеки при окремих видах будівельних робіт. .

2.9.1.1 Техніка безпеки при виконанні зварювальних робіт [3]

Зварювальні роботи ведуть при монтажі обладнання АЕС в облицьованих боксах, баках, судинах тощо. Роботи, пов'язані з електрозварюванням в замкнутих просторах, повинні проводитися за наявності письмової наряду-допуску, який визначає безпечні умови праці.

Роботи в ємностях повинні виконуватися не менше ніж двома робітниками, один з яких – спостерігає і знаходиться зовні для контролю безпечної роботи зварювальника. Зварювальник крім сухого спецодягу повинен мати діелектричні рукавички, гумовий килимок і гумовий шолом. До запобіжного поясу зварника кріпиться мотузка, кінець якої повинен знаходитися у спостерігача.

Для видалення газів, що утворилися в процесі зварювання, влаштовують природну або штучну вентиляцію або забезпечують зварника шланговим протигазом. Для освітлення застосовуються переносні електролампи напругою 12 в. При верхньому розташуванні люка вхід і вихід з ємності здійснюється по інвентарним сходам. Користування мотуззяними сходами не допускається. На АЕС значний обсяг зварювання виконується в середовищі захисних газів. Найбільш часто застосовують аргон - нетоксичний газ. Але аргон важчий за повітря. Він накопичується в нижніх не провітрюваних просторах, витісняючи кисень. При зниженні об'ємного вмісту кисню менше 19% різко знижується працездатність, а при подальшому його зниженні до 16% робітник що працює може втратити свідомість. Тому місця виконання робіт зі зварювання в середовищі аргону повинні бути оснащені вентиляцією з відсмоктуванням газу з нижніх точок обсягу.

Під час знежирювання кромek зварювальних деталей із застосуванням розчинників необхідно виконувати наступні вимоги. Розчинник видається зварювальникам в спеціальних флаконах з нержавіючої сталі місткістю не більше 200г з гумовою грушею для змочування тампона розчинником. Випадково розлитий розчинник слід прибрати за допомогою дрантя. Тампони і ганчір'я прибирають в контейнер з кришкою і до половини заповнений водою. Забороняється починати зварювання при відкритому флаконі з розчинником і неприбраним пролітою рідиною.

2.9.1.2 Техніка безпеки при виконанні газополум'яних робіт.

У ємністях і замкнутих просторах газозварювальні роботи дозволяється проводити тільки після попередньої перевірки відсутності скупчення в них вибухонебезпечних газоповітряних сумішей і наявності достатньої кількості кисню. Для визначення концентрації кисню в баках використовують автоматичні газоаналізатори, а для окису і двоокису вуглецю і метану оптико-акустичні газоаналізатори ОА- 2109.

Гази, що застосовуються, як горючі при газополум'яних роботах (ацетилен, пропан-бутан) є вибухонебезпечними. Ацетилен в суміші з повітрям вибухонебезпечний при концентрації від 2,5 до 8,1%, а пропан-бутан - від 2 до 9,5% за обсягом. Виробництво газополум'яних робіт в замкнутих просторах дозволяється тільки при наявності примусової вентиляції, яка забезпечує приплив 4000-5000 м³ повітря на 1м³ палива (газу що спалюється). При роботі зварювальника або газорізальника в цих умовах повинен бути призначений робітник, що спостерігає за тим, що знаходиться зовні ємності, і повинен бути встановлений суворий контроль над тим, щоб не було витоків газу і кисню з апаратури і шлангів.

Перед зварюванням або різкою фарбу на шляху інструменту необхідно очистити на ширину по 100 мм з кожного боку зони робіт. Спалювати фарбу для очищення поверхні газовим полум'ям забороняється. Вирізку заготовок необхідно проводити поза замкнутих приміщень і ємностей.

2.9.1.3 Техніка безпеки при виконанні загально монтажних робіт [4-6]

Виконання слюсарних робіт без застосування зварювання або газового різання вимагає запобіжних заходів. Для входу та виходу з ємностей необхідно застосовувати міцні закріплені сходи; на металеві сходи довжиною більше 5 м встановлювати запобіжні дуги. При роботах в боксах металеві двері повинні бути зафіксовані у відкритому положенні і на них вивішений плакат «Не закривати, працюють люди». Очищення і відмивання внутрішніх поверхонь судин і ємностей виконується не менше ніж двома робочими, один з яких в ролі спостерігача знаходиться поза робочого простору.

Для освітлення застосовують переносні лампи з напругою 12в в вибухонебезпечному виконанні. Електролампи тимчасового освітлення 127 і 220 в в боксах підвішуються на висоті не менше 2,5 м від підлоги з проводкою в ізольованих трубах. Електролампи на висоті менше 2,5 м повинні мати напругу не вище 42в. Електрофікований інструмент застосовувати теж з напругою 42 в. При роботі з ним користуватися діелектричними рукавичками, діелектричним килимком і калошами.

При виробництві слюсарних робіт на різних рівнях майданчика, використовуються огорожі, виконані з наборів круглих сталевих прутків (для кращої дезактивації), щоб уникнути падіння предметів на нижні майданчики, робочий майданчик слід покривати суцільним настилом і встановлювати бортову смугу висотою не менше 150 мм.

При очищенні поверхонь із застосуванням розчинників в колекторах парогенераторів і трубопроводах великих діаметрів (більше 500 мм) для освітлення застосовуються електролампи напругою 12 в у вибухонебезпечному виконанні, а робочі обов'язково повинні користуватися шланговими протигазами. Забороняється застосування відкритого вогню на відстані менше 10 м від місця виконання робіт. При зачистці зварних швів внутрішніх поверхонь за допомогою шліфувальних

машинок робочі зобов'язані користуватися респіраторами типу «пелюстка» і захисними окулярами.

Роботи всередині трубопроводів виконуються з відкритими засувками із застосуванням заходів, що виключають мимовільне їх закриття.

Такелажні роботи на АЕС виконуються відповідно до ПВР, в якому даються такелажні схеми, розрахунки навантажень, місця і способи стропування монтованих блоків і деталей. Місця проведення робіт з підйому та переміщення вантажів повинні бути добре освітлені. Підйом і переміщення відповідальних елементів проводиться під керівництвом майстра або виконавця робіт. Переміщати вантажі над реактором або обладнанням реакторної установки забороняється. Перед початком робіт члени бригади і кранівники повинні бути ознайомлені зі способами підйому і переміщення вантажів. Робота з підйому і переміщення вантажу двома кранами виконується відповідно до ПВР або технологічною картою під керівництвом відповідального за безпечне переміщення вантажів кранами або призначеного інженерно-технічного працівника.

У ПВР або технологічній карті повинні бути приведені схеми стропування та переміщення вантажу із зазначенням послідовності виконання операцій, положення вантажних канатів і правил з безпечного переміщення вантажу.

Відповідальність за виконання заходів пожежної безпеки на об'єктах, прийнятих під монтаж устаткування несе керівник монтажно-організації. За його розпорядженням з числа ІТП (інженерно-технічних працівників) монтажу повинні бути призначені особи, відповідальні за пожежну безпеку кожного цеху і виробничої площадки.

2.9.1.4 Дотримання вимог забезпечення радіаційної безпеки [8]

У зв'язку з великим обсягом робіт з контролю якості зварних швів за допомогою рентгенівської та гамма апаратури з використанням таких джерел випромінювання як Тулій-170, Селен-75, Іридій -192, Цезій-137 і Кобальт-60 потрібні особливі заходи з охорони праці. Основні вимоги тут за Нормами НРБУ-97,

у відповідності до яких працівники повинні проходити індивідуальний дозиметричний контроль і спеціальне медичне спостереження. Гранично допустима доза (ГДД), отримана персоналом, що безпосередньо працює з джерелами, не повинна перевищувати 20мЗв/рік (2 бер/рік, $1 \text{ рентген} = 0,873 \text{ бера} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$). Персонал, що працює поза контрольованої зони, не повинен отримувати дози опромінення вище 0,3 ГДД. До цього персоналу належать особи, які працюють по сусідству з приміщеннями та майданчиками, де ведуться роботи з джерелами випромінювання. Для цих осіб контролюється лише потужність дози зовнішнього випромінювання і концентрація радіонуклідів в повітрі робочої зони (приміщень). При значному обсязі робіт з радіаційного контролю в монтажній організації створюється служба радіаційної безпеки.

Розміри радіаційно-небезпечної зони визначаються безпосереднім вимірюванням потужності дози випромінювання радіометром. Кордон цієї зони позначається знаком радіаційної безпеки і табличками з попереджувальними написами «Небезпечна зона» добре видимими на відстані не менше 3 м. Персоналу не зайнятому радіаційним контролем заходити в небезпечну зону забороняється.

2.9.1.5 Техніка безпеки при виконанні робіт з використанням хімічних реагентів

При очистці контурів під час проведення пусконаладжувальних робіт, а також при консервації обладнання застосовуються різні реагенти, що мають токсичні і горючі властивостями: гідразин гідрат, аміак, кислоти, газоподібний азот, моно етаноламін, три етаноламін. Тут також необхідно виконувати правила техніки безпеки [9].

Гідразин гідрат, N_2H_4 , застосовується для зв'язування кисню в воді. Це безбарвна рідина, легко поглинає з повітря вологу, вуглекислоту і кисень. Добре розчинний у воді і спирті. Поставляється 64% концентрації в герметичній тарі з нержавіючої сталі. Для роботи застосовують у концентрації 30%. Розлив і розведення проводиться в добре вентильованому приміщенні, пристосованому для

зберігання гідразин гідрату, і що має підведення води для його розведення. Гідразин, що потрапив на шкіру, викликає її подразнення, пари його дратують дихальні шляхи, пошкоджують зір. Попадання в організм викликає зміни в крові і печінці. Заходи знешкодження: шкіру і очі рясно промити водою, працювати з гідразином необхідно в протигазі, пластиковому фартуху і гумових рукавичках. У приміщеннях з гідразином не повинно бути відкритого вогню, окислювача, займистих і пористих речей (азбест, активоване вугілля, пісок тощо). Слід виключити потрапляння в гідразин окислів металів, органічних речовин та інших забруднювачів. Розлитий на підлогу гідразин слід нейтралізувати розчином хлорного вапна або 1% - ним розчином перманганату калію і змити водою.

Аміак - це безбарвна рідина з різким запахом NH_3 . Його постачають в скляних бутлях з концентрацією 25%. Аміак розбавляють до концентрації 1-5% в спеціальних баках з герметичним люком, обладнаних витяжною вентиляцією, системою підведення знесоленої води і стисненого повітря. Бутлі переносять в дерев'яній або обплетеної тарі двоє робітників, а перелив в бак виконують сифоном. Перемішування розчину виробляють стисненим повітрям під рівнем рідини, забезпечуючи вихід повітря з бака.

Пари аміаку, навіть малої концентрації, викликають подразнення очей, слизової оболонки носа, нудоту і головний біль. Постраждалого необхідно негайно винести на свіже повітря. Якщо пролито аміак, потрібно вжити заходів проти поширення його парів в суміжні приміщення, відключити вентиляцію приточування, посилити витяжну. Працювати з розчинами аміаку слід тільки в протигазі, пластиковому фартуху і гумових рукавичках.

Азот - інертний газ без кольору і запаху; використовується для заповнення внутрішніх порожнин емностей, фільтрів при їх консервації. Токсичні властивості проявляються лише при концентрації більше 80%. При цьому настає отруєння організму, зумовлена нестачею кисню.

Під час розкриття люків обладнання законсервованого азотом необхідно відібрати пробу газу з внутрішньої порожнини обладнання для аналізу на вміст кисню. Виробляти роботи у внутрішніх порожнинах дозволяється при вмісті кисню

в них не нижче 20% за обсягом.

Три етаноламін - масляниста густа рідина сіруватого кольору. Попадання її всередину організму може привести до отруєння. Легко змивається розчинником і теплою водою з температурою понад 60°C. Роботи ведуть в окулярах, респіраторі, фартуху і гумових рукавичках. Для моно етаноламіна необхідні ті ж заходи.

Кислота сірчана - прозора масляниста рідина, добре розчинна у воді. Це сильним окиснювач, при попаданні на шкіру викликає опіки.

Кислота азотна - безбарвна паруюча рідина зі специфічним запахом. Теж є сильним окиснювачем, при попаданні на шкіру викликає опіки.

Кислота фтористоводнева - найсильніший окислювач. Викликає на шкірі довго незагойні виразки і опіки.

При організації робіт з кислотами складається список членів бригади з розбивкою по змінах, узгоджений з керівником цеху (робіт). Відповідальність за дотримання правил техніки безпеки покладається на змінного майстра. Виділених для роботи з кислотами навчають за спеціальною програмою, затвердженою головним інженером монтажно-організаційної організації. Місце проведення робіт огорожують та вивішують попереджувальні написи «Обережно: кислота». Безпосередньо біля робочого місця знаходиться водопровідний кран і аптечка з питною содою, рослинним маслом і перманганатом калію (марганцівкою). Робоче місце повинно бути добре освітлене. Персонал для роботи з кислотою повинен пройти додатковий спеціальний інструктаж на робочому місці. Працюючі забезпечуються спеціальним грубововняною одягом, гумовими чобітьми, фартухами, рукавичками, захисними окулярами і респіратором. Забороняється присутність на робочих місцях сторонніх осіб. Робочим категорично забороняється користуватися відкритим вогнем і курити. Пролиту на підлогу кислоту треба нейтралізувати: засипати негашеним вапном або содою, потім змити струменем води з брандспойта. Одяг залитий кислотою спочатку необхідно промити водою, нейтралізувати 2-3% розчином соди, а потім знову промити водою. Тіло в разі потрапляння на нього концентрованою кислотою негайно промити проточною водою протягом 5-ти хвилин, а потім розчином питної соди. Після промивання уражене місце покривають марлею, просоченою сумішшю

рослинного масла, вапняної води і соди в рівному співвідношенні і відправляють потерпілого в лікарню. Попадання концентрованої кислоти в очі загрожує втратою зору, тому їх необхідно негайно промити великою кількістю води, а потім 0,5% -ним розчином питної соди і відправити потерпілого до лікарні.

2.9.1.6 Підготовчі заходи для забезпечення безпеки при роботі з обладнанням під електричною напругою

При підготовці робочого місця для роботи, яка вимагає зняття напруги, слід виконати в зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- провести необхідні відключення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному включення комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. При необхідності струмопровідні частини слід обгороджувати;
- приєднати до "землі" переносні заземлення;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмоведучих частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;
- встановити заземлення (включити заземлюючі ножі, приєднати до вимкнених струмоведучих частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах відключення комутаційних апаратів;
- захистити, в разі необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, які залишилися під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини огорожують до або після їх заземлення.

Перевіряти відсутність напруги необхідно показчиком напруги, справність якого перед застосуванням слід перевірити або за допомогою призначених для цієї мети спеціальних приладів або наближенням до струмопровідних частин, розташованих поблизу, які явно перебувають під напругою. Придатність показчиків із самоконтролем перевіряється наявністю звукового або світлового сигналу.

2.9.1.7 Правила електробезпеки, пов'язані з підйомом на ліси, помости, конструкції і обладнання [4]

Ліси слід виконувати згідно з вимогами НАОП 1.1.10-1.04.-85 "Правила безпеки при роботі з інструментом та пристроями".

Настили риштувань, колисок необхідно огородити, якщо їх висота над поверхнею ґрунту або покриттям перевищує 1,3 м. Висота огорожі не повинна бути нижче 1 м для риштувань та помосту і нижче 1,2 м - для колисок.

У разі неможливості або недоцільності влаштування настилів і огорожень, а також при роботі на обладнанні у кожному окремому випадку заходи безпеки визначаються технологічною картою, ПВР або іншими документами.

Електро- та газозварники повинні застосовувати запобіжний пояс зі стропом з металевого ланцюга. Якщо робоче місце і підходи до нього розташовані над необгороджених струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, а відстань від металевого ланцюга в разі його опускання буде менша за небезпечну, то роботу слід виконувати з відключенням цих струмоведучих частин.

При роботі на тих конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент для запобігання їх падіння необхідно прив'язувати.

Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою нескінченного каната, вірьовки або шнура. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдування і наближення до струмоведучих частин.

Працівники, які працюють на порталах, конструкціях, опорах, повинні бути в

одязі, не заважає рухам. Особистий інструмент повинен бути в сумці.

Виконувати роботи на освітлювальній арматурі під стелею машинних залів з візка мостового крана повинні не менше двох працівників зі складу оперативних працівників або, за нарядом, - виробничих працівників. Один з працівників повинен постійно перебувати поблизу того, хто працює, і стежити, щоб він дотримувався необхідних заходів безпеки.

Забороняється влаштування тимчасових риштування, сходів на візку крана. Працювати слід безпосередньо з настилу візка або з встановленим на ньому стаціонарного помосту.

Перед підйомом на візок з його тролейів необхідно зняти напругу. При виконанні робіт слід користуватися запобіжним поясом.

Пересувати міст або візок крана кранівник може тільки за командою керівника робіт. При пересуванні мостового крана працівники повинні розміщуватися в кабіні або на настилі мосту. Забороняється пересування помосту і візка, коли люди перебувають на візку

Контрольні питання до підрозділу 2.9

1. Як здійснюється перевірка підготовки персоналу для виконання монтажу з техніки безпеки ?
2. Які основні вимоги з техніки безпеки при проведенні зварювальних робіт?
3. Які вимоги з техніки безпеки при проведенні зварювальних робіт в емностях?
4. Які основні вимоги з техніки безпеки при проведенні загально монтажних робіт?
5. Які вимоги з дотримання радіаційної безпеки при монтажних робіт?
6. Які вимоги з техніки безпеки при роботі з кислотами?
7. Які правила електробезпеки, пов'язані з підйомом на ліси, помости, конструкції і обладнання?

Список джерел інформації до підрозділу 2.9

1. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок (ДНАОП 1.1.10-1.01-97). Затверджено: Державний комітет України по нагляду за охороною праці. Наказ № 26 від 25.02.2000.

2. НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання. Затверджено: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ № 285 від 05.05.2015.

3. НПАОП 28.52-1.31-13 Правила охорони праці під час зварювання металів. Затверджено: Міністерство надзвичайних ситуацій України. Наказ №1425 від 14.12.2012

4. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. Затверджено: Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду: наказ №62 від 27.03.2007.

5. НПАОП 0.00-1.75-15. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. Затверджено: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ №21 від 19.01.2015.

6. НПАОП 0.00-1.71-13 Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями. Затверджено: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ № 966 від 12.12.2013.

7. НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском». Затверджено: Міністерство соціальної політики України. Наказ № 333 від 05.03.2018.

8. ДСП 6.177-2005-09-02 «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Державні санітарні правила». Затверджено: Міністерство охорони здоров'я України. Наказ №54 від 02.02.2005.

9. НПАОП 0.00-7.14-17 Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Затверджено: Міністерство соціальної політики України. Наказ № 2072 від 28.12.2017.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Яценко Я.В. Монтаж, дезактивація, ремонт та зняття з експлуатації атомних електростанцій . - Київ, НТУУ «КП» , 2009. - 373 с. (рос. мовою).
2. Топольницький М.В. Атомні електричні станції: підручник для ВУЗ. Львів: Бескид Біт, 2005. 524 с.
3. Конспект лекцій з дисципліни «Монтаж і ремонт». Донбаська державна машинобудівна академія. Донбаська державна машинобудівна академія - Краматорск, 2019 – 116 с.
4. Джирма С.О. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія зведення спеціальних будівельних і споруд». Центральноукраїнський нац. техн. Університет - Кропивницький: ЦНТУ, 2018 – 79 с.
5. Закон України Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку. Постанова Верховної Ради . Затверджено постановою Верховної ради № 40/95-ВР від 08.02.95.
6. ДБН А.2.2-3-2014.Склад та зміст проектної документації на будівництво. ЗАТВЕРДЖЕНО: наказ Мінрегіону України від 04.06.2014 р. № 163.
7. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації». Прийнято та надано чинності: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 24.01.2009 р. № 29.
8. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Затверджено: Наказ Мінрегіону України від 05.05.2016 р. № 115.
9. ДСТУ-Н 1.3:2015 «Національна Стандартизація. Настанова. Технічні умови України. Настанови щодо розробляння». Видання офіційне. Київ ДП «Укрметртестстандарт».2015.
10. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) «Національний стандарт України. Системи управління якістю. Вимоги». Надано чинності: наказ ДП «УкрНДНЦ» від 31 грудня 2015 р. № 221 з 2016-07-01.
11. ДСТУ-Н Б А.2.2-11:2014 «Настанова щодо проведення авторського

нагляду за будівництвом. Прийнято та надано чинності: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 31.12.2014 № 393, чинний з 2015-07-01.

12. Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини. Навчальний посібник. НТУ «Харківський політехнічний інститут».- . Харків: 2005 – 153 с.

13. Конспект лекцій з дисципліни: "Піднімально-транспортні засоби": Конспект лекцій. – Житомир, 2016. – 52 с.

14. НП 306.2.227-2020 «Загальні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації обладнання і трубопроводів атомних станцій. Затверджено : Державна інспекція ядерного регулювання України. Наказ №319 від 04.08.2020.

15. СОУ НАЕК 158:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Технічні вимоги до влаштування та безпечної експлуатації обладнання і трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

16. СОУ НАЕК 159:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Зварювання та наплавлення устаткування і трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

17. СОУ НАЕК 160:2020 «Забезпечення технічної безпеки. Контроль якості основного металу, зварних з'єднань та наплавок обладнання та трубопроводів атомних електричних станцій з реакторами ВВЕР. Технічні вимоги». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 02.11.2020 № 880.

18. СОУ НАЭК 103:2015. Технічне обслуговування та ремонт. Контроль неруйнівний. Вихрострумовий контроль теплообмінних труб парогенераторів. Загальні вимоги. Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 12.02.2016 № 139.

19. ПНАЕ Г-7-002-86 «Норми розрахунку на міцність обладнання і трубопроводів атомних енергетичних установок».

20. СОУ НАЕК 071:2015 Контроль неразрушающими методами. Методика контроля герметичности. Газовые и жидкостные методы. Утвержден и введен в действие: приказ ГП «НАЭК «Энергоатом» от 16.03.2016 № 254.

21 СОУ НАЕК 173:2019 «Забезпечення технічної безпеки. Технічні вимоги до будови та безпечної експлуатації технологічних трубопроводів та обладнання». Затверджено: наказ ДП «НАЭК «Энергоатом» від 01.10.2020 №787.

22. СНиП 3.05.05-84 Технологічне устаткування і технологічні трубопроводи. Затверджено: Постанова від 07.09.1984 № 72.

23. Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций, РД 34.15.027-89 (РТМ-1с-89)/М-во энергетики и электрификации СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

24. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. Затверджено: Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду: наказ №62 від 27.03.2007 .

25. НПАОП 0.00-1.75-15. Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт. Затверджено: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ №21 від 19.01.2015.

26. НПАОП 28.52-1.31-13 Правила охорони праці під час зварювання металів. Затверджено: Міністерство надзвичайних ситуацій України. Наказ №1425 від 14.12.2012.

27. НПАОП 0.00-1.71-13 Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями. Затверджено: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ № 966 від 12.12.2013.

28. НПАОП 0.00-7.14-17 Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Затверджено: Міністерство соціальної політики України. Наказ № 2072 від 28.12.2017.

29. ДСП 6.177-2005-09-02 «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Державні санітарні правила». Затверджено: Міністерство охорони здоров'я України. Наказ №54 від 02.02.2005.

30. НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском». Затверджено: Міністерство соціальної політики України. Наказ № 333 від 05.03.2018.

31. НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання. Затверджено: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ № 285 від 05.05.2015.

32. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок (ДНАОП 1.1.10-1.01-97). Затверджено: Державний комітет України по нагляду за охороною праці. Наказ № 26 від 25.02.2000.