



Asror RAMAZANOV,
O'zbekiston Milliy universiteti dotsenti
E-mail: asrorkhramazanov@gmail.com
Komiljon TURSUNMETOV,
O'zbekiston Milliy universiteti professori

O'zRFA Yadro fizikasi instituti professori E.Bozorov taqrizi asosida

INTEGRATIVE LEARNING COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF NUCLEAR POWER PLANTS

Annotation

The article presents types and characteristics in systematic and integrative NPP forms, allowing students to study in a short time, as well as memorize information and critically analyze the advantages and disadvantages of various types of NPP.

Key words: NPP, reactor, cooling systems, efficiency, advanced materials, technological risk, economic risk, technical and technological risk, cost.

INTEGRATED LEARNING SYSTEMATIC AND INTEGRATED CHARACTERISTICS OF NPPs

Annotation

The article presents types and characteristics in NPPs in systematic and integrative forms, which allow students to study in a short period of time, as well as memorize information and critically analyse the advantages and disadvantages of different types of NPPs.

Key words: NPP, reactor, cooling systems, efficiency, advanced materials, technological risk, economic risk, technical-technological risk, cost, production cost.

ИНТЕГРАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭС

Аннотация

В статье приведены типы и характеристики в АЭС систематизированной и интегративной формах, позволяющие изучать студентам за короткий срок, а также запомнить информации и критическим анализировать преимущества и недостатки различных типов АЭС.

Ключевые слова: АЭС, реактор, системы охлаждения, КПД, перспективные материалы, технологический риск, экономический риск, технико-технологический риск, затрата, себестоимость.

AES LARNING TAHLILIY TAVSIFLARINI INTEGRATIV O'RGANISH

Annotatsiya

Mazkur maqolada Oliy ta'limda talabalarning va yosh mutaxassislarining AES larning turlarini va xarakteristikalarini kritik va tahliliy qisqa vaqtda o'rganishiga imkon berishi uchun AES larning tavsiflari tahliliy integrativ va tizimli bayon qilingan.

Kalit so'zlar: AES, reaktor, sovitish sistemalari, FIK, perspektiv materiallar, texnologik xatar, iqtisodiy xatar, texnik va texnologik xavf, sarf-harajat, tannarx.

Kirish. Atom elektr stansiyasi (AES) - bu yadro reaktorlari va zarur tizimlar, qurilmalar, uskunalar va jihozlar majmuasi joylashgan, belgilangan tamoyil va foydalanish sharoitlarida elektr energiya ishlab chiqarish uchun yadroviy inshootdir. Atom elektr stansiyasining zamonaviy energiya bloki texnologik jarayonni ta'minlaydigan murakkab ko'p komponentli avtomatlashtirilgan uskunalar, monitoring va boshqarish tizimlari majmuasidir. Energetika sohasini rivojlantirishda ikkita tendensiya mavjud. Birinchisi, texnik vositalarning murakkabligini doimiy ravishda oshirish, qiyin ish sharoitida ularning ishonchliligini oshirish, shu jumladan energiya ob'ektining texnologik, radiasion va ekologik xavfsizligiga bo'lgan talablarning oshishi bilan bog'liq. Ikkinchisi tendensiya texnologik jarayonlarning boshqaruv tizimlariga kompyuter texnologiyalarini intensiv ravishda joriy etish, shu bilan birga texnik xizmat ko'rsatuvchi xodimlar sonini kamaytirish, AES ishlash jarayonida inson omilini kamaytirish bilan bog'liq. Shu bilan birga, atom elektr stansiyalarining ekspluatatsion ishonchliligi va xavfsizligini ta'minlashda mutaxassislarining o'zini hamon asosiy rollardan biri bo'lib qolmoqda.

AES-I - AES-V avlod reaktorlarining pedagogik jarayonda integrativ o'rganish orqali biz ilgari bir-biridan farq qiladigan AES larni bir butun o'zaro bog'liq holda tizimlashtirilgan holda o'rganiladi. Talaba va yosh mutaxassislarini AES larning turlarini tahliliy o'rganib, ularda qaysi birlarini bugungi kunda amaliyotga tadbiiq etish mumkinligi to'g'risidagi xulosalarga kelish imkoniyatini bayon qilamiz.

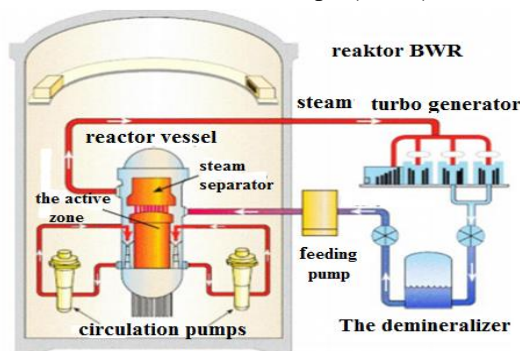
AES larning foydali ish koeffitsienti GES larning foydali ish koeffitsienti (FIK) dan kichik bo'lsa ham, shamol, issiqlik va Quyosh elektrostansiyalarining FIK dan katta bo'lib, 30-40 % ni tashkil qiladi. AES III+ va AES IV+ larning FIK 50 % va undan ortiq bo'lishi bashorat qilinmoqda. AES larning issiqlik elektrostansiyasiga nisbatan (gaz, ko'mir, neft bilan ishlaydiganlarga nisbatan) atrof - muhitga ko'rsatadigan ta'siri deyarli yo'q [1-6]. Shuning uchun ham bugungi kunda AES larga bo'lgan qiziqish va talab ortib bormoqda. Shu sababli, ushbu maqolada AES larning yaratilishi tarixi hamda ularning turlari, tavsiflari bayon qilinadiki, unda talaba va o'quvchilar hamda yosh mutaxassislar AES turini tanlash, undan foydalanish imkoniyatlari bilan etarli darajada tanishadilar.

AES larning tavsiflari.

Turli xildagi AES larning tavsiflari, yutuqlari va kamchiliklari 1-jadvalda keltirilgan.

AES - I. Birinchi yadroviy reaktor 1942 yil AQSH da E. Fermi boshchiligida qurilgan va ishga tushirilgan. AQSH tashqarisida qurilgan birinchi reaktor 1945 yil 5 sentyabrda Kanadada ham ishga tushirilgan (ZEEP) edi. Yevropada birinchi yadro reaktori F-1 zavodi bo'lib, u 1946 yil 25 dekabrda Moskvada I. V. Kurchatov boshchiligida ishlay boshladi. 1954 yil 27 iyunda Kaluga viloyati Obninsk qishlog'ida A. I. Leypunsk nomidagi Fizika va energetika institutida ("B" laboratoriyasida) AM-1 ("Atom Mirniy") suv sovitgichli bitta uran-grafit kanalli reaktor bilan jihozlangan dunyodagi birinchi AES ishga tushirildi, quvvati 5 MW bo'lgan.

Yadro reaktori — bu har doim energiya chiqishi bilan, boshqariladigan, o'z-o'zini ta'minlaydigan bo'linish zanjirli reaksiyasini tashkil qilish uchun mo'ljallangan qurilma. Yadro reaktoridagi yadro zanjiri reaksiyasi neytronlar tomonidan qo'zg'atiladi. Boshqariladigan reaksiyani amalga oshirish uchun quyidagi komponentalar kerak: yadro yoqilg'isi, neytron moderatori (neytron energiyasini bo'linish reaksiyasi uchun zarur bo'lgan qiymatlarga kamaytiradi) va reaktor yadrosidan issiqlikni AES larning keyingi barcha turlarida uning issiqlik sistemalari o'zgartirilib, mukammalashtirib borilgan. Shu sababli AES-1 ning issiqlik sistemasi batafsil keltirilgan (1-rasm).



1-rasm. AES-1 ning issiqlik sistemasi

Shuni ta'kidlash lozimki, AES-I ning qurilib ishga tushganiga 70 yildan ortdi va hanuz faoliyat ko'rsatmoqda. AES larning turlari ularning yoqilg'i turi va tarkibi hamda issiqlik sistemalari bilan farq qiladi. Shuning uchun quyida va 1- jadvalda AES larning qiyosiy hamda integrativ tavsiflari keltiriladi.

AES - II. 2013 yil 23 yanvar kuni Kursk AES-II (Nijniy Novgorod muxandislik kompaniyasi Atomenergoprojekt filiali) qurilishi bo'yicha bosh pudratchi direksiyasi ofisi rasmiy ochilishi bo'lib o'tdi. Zavod Kursk AES ni almashtirish zavodi sifatida rejalashtirilgan, chunki bu resurs muddati tugaydi, shuning uchun Kursk AES-II ning dastlabki ikkita quvvat bloki Kursk AES ning dastlabki ikkita bo'linmasi tugatilishidan oldin foydalanishga topshirilishi kerak (taxminan 2030). Shu munosabat bilan, Rosenergoatom 2012 yilda 2019-2021 yillarda birinchi bloklarni qurilish muddatini qisqartirishga harakat qildi, ammo hozirda 1 — blokning amalda ishga tushirilishi 2024 yilga rejalashtirilgan, ishga tushirish-2025 yilga mo'ljallangan.

Har qanday AES ning ishlashi boshqariladigan yadro zanjiri reaksiyasiga asoslangan. Atom elektr stansiyalari uchun yadro yoqilg'isi uran rudasidan tayyorlanadi, undan tabiiy uran 238 (^{238}U) olinadi va maxsus texnologiyalar bilan uran izotopining 235 (^{235}U) 3-5% gacha boyitiladi, bu esa uni yoqilg'i sifatida ishlatishga yaroqli qiladi, termal neytron reaktori,

olib ketish uchun sovutish suvi ishlatiladi. ^{235}U yadrosi neytron ta'sirida bo'linadi, 2-3 neytron chiqaradi va issiqlik energiyasini chiqaradi. Chiqarilgan neytronlar, o'z navbatida, quyi yadrolarning bo'linishiga sabab bo'ladi (^{235}U). Chiqarilgan issiqlik issiqlik tashuvchisi tomonidan uzatiladi, issiqlik almashtirgichlarda bug' hosil bo'ladi va u turbinaga beriladi. Yadro reaktori ishlash davomida, α , β , va γ nurlanish chiqaradi va reaktor shaxtasi bilan himoyalangan radiatsiya ham hosil bo'ladi.

masalan, BBER. Yoqilg'i boyitilgan urandan planshetlar (tabletk) shaklida hosil bo'ladi. Ularning balandligi 9 mm dan 12 mm gacha, diametri esa 7,6 mm dan 20 mm gacha. Ular sirkoniy qotishmasidan tayyorlangan maxsus naychaga yuklanadi. Ushbu material tasodifan tanlanmagan — sirkoniy reaksiya jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi va atrof-muhitga radioaktiv zarralarning chiqishiga to'sqinlik qiluvchi birinchi to'siqdir. Bitta trubaning balandligi 2 ÷ 4 metrni tashkil qiladi.

AES - III avlod reaktori - bu 2 avlod reaktori evolyusiyasi natijasida paydo bo'lgan yadro reaktori. AES III ning tavsiflari 1-jadvalda keltirilgan. Unda xavfsizlik va himoya materiallari takomillashgan holda, uning FIK ni AES I va AES II ga nisbatan katta, sovutish sistemasi mukammalashgan avariya holatlarining ta'siri minimallashtirilgan. Shu sababli jahonda hozirgi kunda eng ko'p ishlab turgan AES lar AES larning uchinchi avlodidir. Ushbu reaktorning xarakterli xususiyatlari yuqori yoqilg'i samaradorligi, yaxshilangan issiqlik samaradorligi, xavfsizlik tizimidagi sezilarli yaxshilanishlar (shu jumladan passiv yadro xavfsizligi) va kapital va texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish uchun tuzilmasini (konstruksiyasini) standartlashtirish kerak bo'ladi. Birinchi reaktor III - avlod 6-blokning reaktori Kasivadzaki AYeS 1996 yilda yaxshilangan qaynoq suv reaktori turiga kiradi (2-rasm).



2-rasm. 1996 yilda birinchi operatsiya III - avlod reaktoriga aylangan Toshiba ABWR modeli

AES - III+ avlod reaktor konstruksiyalari III avlod reaktorlarining evolyusion rivojlanishini ifodalaydi va III avlod reaktori tuzilishiga nisbatan xavfsizlikni yaxshilaydi. Ishlab chiqaruvchilar 1990-yillarda AQSH, Yaponiya va G'arbiy

Yevropada yengil suvli reaktorni ishlatish tajribasiga asoslanib, III+ avlod tizimlarini ishlab chiqishni boshladilar. Hindistondagi birinchi AES III + avlod reaktori 3-rasmida keltirilgan.



3- rasm. Hindistondagi birinchi III + avlod reaktorlari

VVER - 1200-eng zamonaviy, texnologik jihatdan rivojlangan va xavfsiz rus avlodi AES- III+ reaktori hisoblanadi. AES- III+ reaktori bitta yuklanishda bir yarim yilgacha ishlashi mumkin. Yadro reaksiyasi natijasida juda katta miqdordagi energiya ajralib chiqadi, bu sovutish suvini reaktor orqali 328,8 °C gacha isigan va yuqori bosimda o'tadigan kimyoviy tuzsizlangan suv shaklida bo'ladi. Suv aylanishi yopiq va muhrlangan birlamchi zanjir ichida sodir bo'ladi va kuchli asosiy aylanma nasoslar bilan ta'minlanadi. Issiqlik sistemasida hosil bo'lgan bug' katta bug' quvurlari orqali turbinaga o'tkaziladi, bu yerda uning energiyasi bug' turbinasining milini aylantiradi, u mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantirish orqali elektr energiyasi ishlab chiqariladi. AES- III+ FIK ini shu aspektlar asosida nisbatan yuqori bo'ladi. Lekin, yangi materiallar, yangi issiqlik sistemasi elementlari qo'llanilgani uchun u nisbatan qimmat.

AES-IV bu AES larning kelajak avlodi bo'lib, unda "inson omili" kamaytirilgan, xavf – xatar reaktorni boshqarishida kamaytirilgan. Yadro yoqilg'isini qoldig'ini xavfsiz olish, uni transportirovka qilish amallari mukammallashtirilgan. Yangi boshqarish avtomat sistemalari va yangi materiallar qo'llash rejalashtirilgan. Lekin amalda sinab ko'rilmagan, ya'ni texnik va texnologik xavf – xatar mavjud va AES tannarxi katta.

AES-IV avlod reaktorlari innovasion va evolyusion reaktorlari hisoblanadi. IV avlod reaktorlar to'plamidir, yadro reaktori hozirda xalqaro I avlod forumi tomonidan tijorat maqsadlarida foydalanish uchun tekshirilmoqda. Eng ilg'or IV avlod reaktor tuzilishini, tez neytron natriy reaktori, so'nggi yillarda moliyalashtirishning eng katta ulushini oldi, natijada bir qator tajriba inshootlari qurildi. Loyihaning asosiy maqsadi xavfsizlik, barqarorlik, samaradorlikni oshirish va xarajatlarni kamaytirish, yopiq yoqilg'i aylanishini ta'minlashtirishdir.

Hozirgi kunda dunyo bo'ylab ishlaydigan reaktorlarning aksariyati II avlod reaktorlari, chunki birinchi avlod tizimlarining

aksariyati ishdan chiqarilgan va III avlod reaktorlari soni 2024 yilga kelib ko'p sonli bo'lib qoldi.

AES-IV+. Bu AES da qo'llanuvchi yangi avtomatik va texnologik sistemalar qo'llanishi belgilangan, avariya holatida tashqi ta'sirsiz AES ning o'zi avtomatik bartaraf qilishi belgilangan. Qo'llanilishi rejalashtirilgan avtomatlashtirilgan va integrallashgan boshqarish va monitoring sistemalari amalda sinab ko'rilmagan va u sistemalar nisbatan qimmat. Reaktor texnologiyalarining IV+ avlodi eng innovasion hisoblanadi. Bunday tizimlar hali dunyoning hech bir joyida to'liq joriy etilmagan. Ajablanarlisi shundaki, bu atama bir necha o'n yillar davomida ishlatilmoqda.

Rosatombosh direktorining yangi atom energiyasi maxsulotlarini ishlab chiqish bo'yicha o'rinbosari Aleksandr Lokshin zamonaviy atom energetikasini rivojlantirishning ikkita asosiy muammosi - chiqindilarni boshqarish va tabiiy uranning cheklangan zahiralari ekanligini ta'kidlaydi [7]. Shuning uchun IV+ avlod tizimlari nafaqat reaktorlarning oldingi avlodlariga (birinchi navbatda xavfsizlik nuqtai nazaridan) qo'yilgan talablarga javob berishi, balki ushbu ikkita asosiy vazifani ham hal qilishi kerak.

AES-V va AES-V+. AES lar klssifikatsiyasida keng yoritilmagan. U kelajak AES avlodi bo'lib, asosan nazariy ravishda atom reaktori tuzilishi, uni boshqarish sistemasini mukammallashtirish, atrof – muhitga ta'sirini kamaytirish, issiqlik sistemasi, bug' generatorining yangi turlarini qo'llash rejalashtirilgan. Lekin bu sistemalar amalda AES larga qo'llanilmagan, ular shaxta ichida ishlashi, avariyaning o'zi mustaqil tashqi omilsiz bartaraf qiluvchi sistemalari to'liqaligicha ishlab chiqilmagan, ishlab chiqilganlari ham amalda sinab ko'rilmagan.

V avlod reaktorlari hali ham qisqa muddatda amalga oshirib bo'lmaydigan nazariy tushunchalardir, bu esa cheklangan ilmiy-tadqiqot ishlarini moliyalashtirishga olib keladi [6-8]. Ularning tannarxi juda qimmat bo'lib ularni qurish uzoq muddatda (10 ÷ 12 yilda) amalga oshiriladi.

AES larning tavsifi

1- jadval

№	AES turi	Yutuqlari	Kamchiliklari
	AES – I	Ishonchiligi (nadejnost), energiya mustaqilligi, ekologik tozaligi, ishlatiladigan yoqilg'ining oz miqdori tufayli yoqilg'i manbalaridan amaliy mustaqilligi, yadro yoqilg'isini tashish narxi, an'anaviy yoqilg'idan farqli o'laroq, minimaldir.	Xavfsizligi yetarlicha emas (Rossiya, Chernobil – 1986 y, Yaponiya, Fukushima – 2011 y, AQSH, Monticello - 2022 y). Yadro chiqindilarni qayta ishlash, yuqori sarf – harajat, sovutish suvining nurlanishi mavjud
	AES – II	Xavfsizligi ortgan, sovutish, nazorat va boshqarish nisbatan mukammallashtirilgan, yuqori samaradorligi, nisbatan yuqori FIK, zamonaviy texnologiyalar va materiallar qo'llanilgan	Yadro chiqindilarni muammosi, yuqori sarf – harajat, muddatli qurilish, iqtisodiy – boshqa tur manbalarga nisbatan qimmatligi, yadro yoqilg'isi turiga bog'liqligi
	AES – III	III – avlod reaktori – mukammallashtirilgan xavfsizlik, avariya ehtimolligi minimumlashtirilgan, sovutish sistemasi yaxshilangan, samaradorligi (FIK) yuqoriligi, ekologik sharoit yaxshilangan (suvga ta'siri minimumga keltirilgan)	Yuqori sarf – harajat, uzoq muddatli qurilish, qo'llanilgan yangi texnologiyalarning texnik xatari, yadro yoqilg'isi turi va tarkibiga bog'liqligi
	AES – III+	Sistemalarning xavfsizligi orttirilgan, FIK orttirilgan, energiya yoqilg'isi kamaytirilgan, nisbatan ekologik xavfsizlik, atrof – muhitga ta'siri va suv iste'moli kamaytirilgan	Katta sarf – harajat, qurilish ishlari nisbatan qimmat, yangi texnologiyalar noma'lum, yadro yoqilg'isi va uning turiga bog'liq
	AES – IV	Avariyaning oldini olish, avtomatik sistemasi, sovutish, issiqlik uzatish, reaktor nazorati sistemasi yuqori samarador, ishonchliroq, atrof – muhitga ta'siri kamaytiriladi, utilitatsiya sistemasi samarador	Katta sarf – harajat, texnik xatar katta, yangi texnologiyalarning xatari mavjud, yadro yoqilg'isi turiga bog'liq
	AES – IV+	Passiv xavfsizlik, avariyaning oldini olish mukammallashtirilgan sistemasi, nisbatan yuqori FIK, chiqindi bilan ishlash texnologiyasining mukammallashtirish, integrallashgan va avtomatlashtirilgan monitorlik va boshqarish, yangi materiallar (samarali) qo'llanilishi	Materiallar, texnologiyalar, amalda sinab ko'rilmagan, tannarxi yuqori. Qo'llanilishi mumkin bo'lgan, tavsiya qilingan material va sistemalar amalda ham sinab ko'rilmagan.
	AES – V	Yuqori saviyadagi xavfsizlik, reaktorning yangi konsepsiyasida yaxshilangan samara va iqtisodiy samaradorlik, atrof – muhitga ta'sirining kamaytirilganligi.	Yuqori texnologik va iqtisodiy xatar, tavsiya qilingan materiallar va texnologiyalar amalda sinab ko'rilmagan, yuqori murakkablik darajadagi texnologiyalar, jamiyatning yangi sistemalardan xavfsirashi mavjud, sarf – harajat va qurilish muddatining katta
	AES – V+	Ilg'or texnologiya va sistemalar asosida maksimal xavfsizlik, samarali va iqtisodli (nisbatan), atrof – muhitga ta'siri minimallashtirilgan	Yuqori texnologik va iqtisodiy xatar, mo'ljallangan material va sistemalarni amalda sinab ko'rish talab etiladi, amalda qo'llash murakkabligi, qurilishdagi muammolar, muddati, sarf – xarajatning kattaligi.

Xulosa. Keltirilgan tizimlashtirilgan va integrativlashtirilgan materiallar AES larning turlarini kritik va tahliliy qisqa vaqtda o'rganishga imkon berdi. Shuningdek, keltirilgan materillar talabalarning AES lar haqidagi bilimlarini

oshiradi, reaktorlarning turlari, ularning ishlash faoliyatini mukammallashtirish omillari, boshqarish, mavjud xavf – xatarlarni bilishi hamda ulardan qaysi birlarini bugungi kunda amaliyotga tadbiq etish to'g'risidagi xulosalarga kelishiga imkon beradi.

ADABIYOTLAR

1. Ramazanov A.X., Tursunmetov K.A. “Yadro texnologiyalari” fanining “Yadro reaktorlari” Bo'limini integratsion o'qitish omillari. Fizika, matematika va informatika. 2024 yil. № 2, 12-22 b.
2. Asror Ramazanov, Kamiljan Tursunmetov, Erkin Bozorov. The Methods of Integration Training in the Field of Science “Nuclear Physics” “Nuclear Reactors”. International journal of formal education. Volume: 3 Issue: 9 | Sep–2024. ISSN: 2720-6874, p. 53-58
3. Tursunmetov K.A., Ramazanov A.X., Yunusov A.X. AEC ning “Yadro reaktori va uning ishlash prinsipi” mavzusini interaktiv o'rganish aspektlari. “Fizikaning zamonaviy muammolari va rivojlanish istiqbollari”. 1 Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya to'plami. 22-23 oktabr, 2024 yil. Namangan. 253-255 b.
4. Бекман И.Н. Ядерные технологии. Учебник. 2-ое изд. Москва: Изд. Юрайт, 2020 г. С. 500.
5. Андрианов А.А., Коровин Я.А. и др. Ядерные технологии: история, состояние, перспективы. Учебное пособие. Москва: НИЯУ МИФИ. 2012 г. С. 180.
6. Бойко В.И., Кошелов Ф.П. Ядерные технологии в различных сферах человеческой деятельности. Учебное пособие. Томск, Изд. Томского Политехнического университета, 2008 г. С. 341.
7. Новый атомный эксперт. Технологии 3 апрель 2024 г.
8. Большов, Л. А. Стратегия развития ядерной энергетики России и вопросы экологии. 2019. – № 127, вып. С. 304–309.