



Կ Ա Ր Ծ Ի Ք

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ

«Արագացուցչային տեխնիկայում կիրառվող մասնիկների փնջերի արտանցման պատուհանների ստացման նոր տեխնոլոգիայի մշակում» թեմայով ատենախոսական աշխատանքի վերաբերյալ, որը ԱԱԳԼ-ում գործող ԲԿԳԿ-ի «Ֆիզիկա» մասնագիտական խորհուրդին (դասիչ՝ 024) ներկայացրել է հայցորդ Համլետ Արայիկի Իսունցը՝ «Փնջերի ֆիզիկա և արագացուցչային տեխնիկա» մասնագիտությամբ (դասիչ՝ Ա.04.20)՝ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար:

Քննարկումը կատարվել է Հայաստանի Հանրապետության Գիտությունների ազգային ակադեմիայի Ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների ինստիտուտում՝ 2026 թվականի ապրիլի 17-ին կայացած գիտխորհրդի ընդլայնված նիստում:

Քննարկմանը ներկա էին՝ ՖԿՊԻ-ի հետևյալ անդամները՝ տնօրեն, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու Վ.Ռ. Քոչարյանը, գիտության գծով փոխտնօրեն, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու Հ.Ֆ. Խաչատրյանը, ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամներ՝ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Հ.Մկրտչյանը և ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Հ.Մելիքյանը, գիտքարտուղար Ա.Ա. Նահապետյանը, ՔԵՆԴԼ սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտի տնօրեն, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու Բ.Ա. Գրիգորյանը, «Ռենտգենյան և գիգա-տերահերցային տոմոգրաֆիա և սպեկտրասկոպիա» լաբորատորիայի վարիչ, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու Վ.Վ. Մարգարյանը, «Ճառագայթների և տարրական մասնիկների փոխազդեցությունը նյութերի հետ» լաբորատորիայի վարիչ, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու Ա.Ն. Նորեյանը, ինչպես նաև նույն ինստիտուտի առաջատար գիտաշխատողներ՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Հ.Ռ. Դրմեյանը, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Կ.Գ. Թրունին, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Հ.Ա. Սարգսյանը, «Ակուստաֆիզիկա» լաբորատորիայի «Սեյսմիկա» գիտական խմբի ղեկավար, տեխնիկական գիտությունների թեկնածու Ս.Ա. Մխիթարյանը և այլք:

Հրավիրված էին՝ Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» ամբիոնի վարիչ, տեխնիկական գիտությունների

դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Մ.Հովհաննիսյանը և ՀԱՊՀ-ի բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայի գիտական ղեկավար, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ս.Գ. Աղբալյանը, ինչպես նաև ՔԵՆԴԼ սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտի առաջատար գիտաշխատող Ա.Հ.Գրիգորյանը:

Լսեցին՝ ՔԵՆԴԼ սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտի հայցորդ Համլետ Արայիկի Իսունցի կողմից ներկայացված «Արագացուցչային տեխնիկայում կիրառվող մասնիկների փնջերի արտանցման պատուհանների ստացման նոր տեխնոլոգիայի մշակում» թեմայով թեկնածուական ատենախոսության վերաբերյալ զեկուցումը՝ «Փնջերի ֆիզիկա և արագացուցչային տեխնիկա» մասնագիտությամբ (դասիչ՝ Ա.04.20) տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար:

Հարցեր տվեցին՝ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Հ.Ա.Սարգսյանը, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Հ.Ռ. Դրմեյանը, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Մ. Հովհաննիսյանը, տեխնիկական գիտությունների թեկնածու Ս.Ա. Մխիթարյանը և ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Հ.Մելիքյանը, որոնց հայցորդ Համլետ Արայիկի Իսունցը տվեց սպառիչ և բավարար պատասխաններ:

Ելույթ ունեցան՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Հ.Ռ. Դրմեյանը, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Ս.Գ. Աղբալյանը, տեխնիկական գիտությունների թեկնածու Ս.Ա. Մխիթարյանը և ՔԵՆԴԼ սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտի տնօրեն, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու Բ.Ա. Գրիգորյանը, ովքեր, նշելով թեմայի արդիականությունն ու կարևորությունը, դրական գնահատեցին կատարված աշխատանքը և առաջարկեցին տալ դրական կարծիք՝ երաշխավորելով այն պաշտպանության Ա.Ի. Ալիխանյանի անվան ազգային գիտական լաբորատորիայում գործող ԲԿԳԿ-ի «Ֆիզիկա» մասնագիտական խորհրդում (դասիչ՝ 024):

Քվեարկությունը կայացավ բաց եղանակով: Տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհման համար դրական երաշխավորման առաջարկությունն ընդունվեց միաձայն՝ դեմ և ձեռնպահ քվեներ չեն եղել:

Ատենախոսության նպատակը, խնդիրները և ծավալը

Ատենախոսական աշխատանքի հիմնական նպատակն է եղել իրականացնել համակարգչային և փորձարարական հետազոտություններ արագացուցչային արտանցման պատուհանների վերաբերյալ: Մասնավորապես՝ ուսումնասիրվել են արագացուցիչներում կիրառվող արտանցման պատուհանները, դրանց բաղկացուցիչ մասերը, կիրառվող նյութերը և երկրաչափական լուծումները: Համակարգչային մեթոդներով իրականացվել են հետազոտություններ արտանցման պատուհանի մետաղաթաղանթի նյութի և հաստության ընտրության վերաբերյալ: Ընտրված նախնական տվյալների հիման վրա իրականացվել են արտանցման պատուհանի հանգույցի համակարգչային մոդելավորումներ: Համակարգչային

հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա փորձարարական եղանակով կատարվել են առավել նախընտրելի արտանցման պատուհանի հանգույցների փորձարկումներ, ինչի արդյունքում լուծվել են վակուումային տեխնիկայում առաջացող մի շարք խնդիրներ:

Ատենախոսությունը ներկայացնում է Համլետ Արայիկի Իսունցի կողմից իրականացված գիտափորձերի, հետազոտությունների և հրատարակված գիտական աշխատանքների համակցված շարադրանքը:

Աշխատանքը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, ընդհանուր եզրակացություններից և օգտագործված գրականության ցանկից, որը ներառում է 111 անվանում: Ատենախոսությունը շարադրված է 116 համակարգչային տպագիր էջերում, պարունակում է 46 նկար և 4 աղյուսակ:

Ատենախոսության արդիականությունը և հրատապությունը

Տարրական մասնիկների արագացուցիչներում էլեկտրոնային փնջերի արտածումը իրականացվում է արտանցման պատուհանների միջոցով: Սովորաբար արտանցման պատուհանը իրենից ներկայացնում է բարակ թաղանթ, որը ամրացված է խողովակաշարերին և որի միջով անցնում է էլեկտրոնային փունջը:

Բնական է, որ հանգույցի նյութերը մեծ նշանակություն ունեն, քանի որ դրանց կազմից և ընտրված նյութերից կախված կարող են փոփոխվել ստացվող փնջի բնութագրերը, ինչպես նաև վակուումային հերմետիկության աստիճանը:

Ներկայումս առավել լայն կիրառություն ունեն տիտանի թաղանթից պատրաստված արտանցման պատուհանները, քանի որ տիտանը բնութագրվում է բարձր մեխանիկական ամրությամբ և հուսալիությամբ, ինչպես նաև ունի բավարար թափանցելիություն էլեկտրոնային փնջերի նկատմամբ՝ համեմատած այլումինից և բերիլիումից պատրաստված թիթեղների հետ, որոնք նույնպես կիրառվել են արտանցման պատուհանների պատրաստման մեջ:

Պարզ է, որ արտանցման պատուհանների մետաղաթաղանթների հիմնական բնութագրերը (նյութը, հաստությունը, տրամագիծը և այլն) կախված են տարրական մասնիկների արագացուցչի էներգիայից:

Հատկապես կարևոր են երկու պարամետրեր՝ մետաղաթաղանթի հաստությունը և դրա դիմացկունությունը գերբարձր վակուումային պայմաններում: Որքան բարակ է մետաղաթաղանթը, այնքան նվազում են դրա միջով անցնող փնջի բնութագրերի կորուստները: Սակայն, միևնույն ժամանակ, հաստության նվազումը մեծացնում է մետաղաթաղանթի խզման (պատռման) հավանականությունը:

Ներկայումս լայն կիրառություն ունեն տիտանե մետաղաթաղանթները և CF տիպի կցաշութային հանգույցները, սակայն դրանց վարքը մեխանիկական և վակուումային ազդեցությունների պայմաններում պահանջում է մանրակրկիտ ուսումնասիրություն:

Արտանցման պատուհանի խափանումը կարող է հանգեցնել վակուումի կորստի և զգալի ֆինանսական վնասների՝ սարքավորումների աշխատանքի դադարեցման հետևանքով: Հետևաբար, արտանցման պատուհանների համակարգչային և փորձարարական համալիր

հետազոտությունը խիստ կարևոր է արագացուցիչների հուսալի և արդյունավետ շահագործումն ապահովելու համար, ինչը և պայմանավորում է տվյալ աշխատանքի արդիականությունն ու հրատապությունը:

Ստացված արդյունքների և եզրակացությունների նորությունը

Ատենախոսությունում ձևակերպված գիտական չորս դրույթները հիմնավորված են ուսումնասիրվող գործընթացների տեսական վերլուծությամբ և գիտափորձարարական հետազոտություններով: Օգտագործվել են ժամանակակից վերլուծական մեթոդներ, որոնք հեղինակին հնարավորություն են տվել հաջողությամբ իրականացնել հետազոտության նպատակներն ու ծրագրերը և ստանալ հավաստի գիտափորձարարական արդյունքներ:

Ուսումնասիրվել են տարբեր արտանցման պատուհանների վերաբերյալ հայրենական և արտասահմանյան գիտական գրականությունում առկա տվյալները: Քննարկվել են արտանցման պատուհանների հավաքման եղանակները՝ ինչպես քանդվող, այնպես էլ չքանդվող միացությունների ձևով: Դիտարկվել են մետաղաթաղանթի տեղադրման տարբեր դեպքեր՝ խտարար օղակից առաջ և հետո: Մշակվել է համեմատական աղյուսակ, որը ներկայացնում է արտանցման պատուհաններում կիրառվող մետաղաթաղանթի ներկայիս վեճակը՝ դրանց չափերը, հենարանային ցանցի առկայությունը (առկայության դեպքում՝ նյութը), փնջի էներգիան և էներգետիկ կորուստները: Քննարկվել է նաև վակուումային հերմետիկության ապահովման խնդիրը: Քանի որ արտանցման պատուհանների հանգույցները կարող են հավաքվել տարբեր տեխնոլոգիական եղանակներով՝ մեխանիկական հերմետիկացում, վակուումային դիֆուզիոն միացում կամ զոդում, յուրաքանչյուր մեթոդ պետք է նախագծվի այնպես, որ ապահովի կայուն վակուումային վիճակ՝ հաշվի առնելով կիրառվող տեխնոլոգիայի մեխանիկական և ջերմային սահմանափակումները:

Կատարված հետազոտությունների և վերլուծությունների հիման վրա հեղինակը հանգել է հետևյալ եզրակացություններին. KF տիպի կցաշորթերը չեն ապահովում անհրաժեշտ վակուումային խտություն, հետևաբար նախընտրելի են CF տիպի կցաշորթերը՝ բացառությամբ մշտական բարձր ջերմաստիճանային միացումների դեպքերի: Տիտանի կիրառումը կցաշորթերի պատրաստման համար տնտեսապես նպատակահարմար չէ: 304 և 304L տեսակի չժանգոտվող պողպատները տնտեսապես առավել շահավետ են, սակայն իրենց մեխանիկական հատկություններով զիջում են 316 և 316L տեսակներին: Ռետինե խտարար օղակները բարձր ջերմաստիճանային պայմաններում չեն ապահովում անհրաժեշտ գործառույթները, հետևաբար դրանց կիրառումը նման միջավայրերում պետք է բացառել: 1-ին դասի տիտանը կիրառելի է միայն ցածր էներգիաների դեպքում, մինչդեռ 2-րդ և 5-րդ դասերի տիտանը խորհուրդ է տրվում բարձր պահանջներով կիրառությունների համար՝ դրանց բարձր ամրության և ջերմակայունության շնորհիվ:

Մոդելավորումների արդյունքում կառուցվել են Y առանցքի նկատմամբ մետաղաթաղանթի ընտրված կետերի տեղափոխությունների գրաֆիկները՝ կախված շառավիղի մեծությունից:

Հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա ստացվել է ֆունկցիա, որը հնարավորություն է տալիս ճշգրիտ հաշվարկել 1-ին դասի տիտանե թաղանթի կենտրոնի տեղաշարժը՝ կախված դրա հաստությունից:

Ուսումնասիրվել է արագացուցչային արտանցման պատուհաններում կիրառվող 1-ին դասի տիտանե մետաղաթաղանթների լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակը, և ստացվել են 50–500 μm հաստությունների դեպքում դեֆորմացված վիճակներում մետաղաթաղանթների հատույթների ձևերը՝ որպես հանգույցների տեղափոխության կորեր:

Ցույց է տրվել, որ 60–100 μm հաստության միջակայքում գոյություն ունի մետաղաթաղանթի հաստության կրիտիկական արժեք՝ δ_x , որից սկսած վակուումային ճնշման ազդեցությամբ σ_r և σ_θ լարումները ընդունում են բացասական արժեքներ, այսինքն՝ $\delta > \delta_x$ դեպքում մետաղաթաղանթը հենարանային եզրերում ենթարկվում է ծռման:

Պարզվել է, որ 150 μm հաստությունը ամրության տեսանկյունից հանդիսանում է առավել նպատակահարմար ընտրություն:

Հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տվել, որ առավելագույն պլաստիկ դեֆորմացիան առաջանում է թաղանթի կենտրոնական հատվածում, մինչդեռ ամրացման գոտիներում դիտվում են համեմատաբար փոքր արժեքներ:

Հեղինակը ներկայացրել է հիմնական գործիքակազմը և սարքավորումները, որոնց միջոցով իրականացվել է հետազոտության փորձարարական մասը, ինչպես նաև տրվել են օգտագործված սարքավորումների հիմնական բնութագրերը:

Փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները ցույց են տվել, որ նույնիսկ տասը պոմպահանման ցիկլերից հետո թաղանթի պրոֆիլում էական շեղումներ չեն արձանագրվել. առավելագույն տարբերությունը կազմել է ընդամենը 3 μm : Այս կայունությունը վկայում է թաղանթի բարձր ամրության և հուսալիության մասին:

Համակարգչային և փորձարարական մեթոդներով առաջին անգամ վերլուծվել և հստակեցվել են արագացուցչային արտանցման պատուհանների բաղկացուցիչ մասերը, դրանց երկրաչափական առանձնահատկությունները, կիրառվող նյութերը և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները:

Ուսումնասիրվել է արտանցման պատուհանի հանգույցը լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակի (ԼԴՎ) տեսանկյունից: CAE ավտոմատացված ծրագրային միջավայրում (ԱԾՄ) մոդելավորվել է տարբեր հաստությամբ տիտանի՝ առաջին և երկրորդ դասի տիտանե մետաղաթաղանթների լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակները: Համակարգչային և փորձարարական մեթոդներով հետազոտվել են արտանցման պատուհանի մետաղաթաղանթի երկու աշխատանքային դիրքերը՝ խտարար օղակից առաջ և հետո:

Ուսումնասիրվել է արտանցման պատուհանի մետաղաթաղանթի վարքը հերմետիկացման և պոմպահանման գործընթացների ընթացքում, իրականացվել է համակարգչային և փորձարարական արդյունքների համեմատական վերլուծություն, ինչպես նաև մշակվել է նոր և պարզ երկրաչափությամբ կցաշուրթ՝ արտանցման պատուհանների համար:

Արդյունքների նշանակությունը գիտության և արտադրության ոլորտներում

Ատենախոսական աշխատանքում ներկայացված վերլուծական, համակարգչային և փորձարարական արդյունքները կարող են կիրառվել արագացուցչային տեխնիկայում և վակուումային համակարգերում, հատկապես ՄԷՎ էներգիաների տիրույթի (ցածր էներգիաների) արագացուցիչներում, մասնավորապես՝ ՔԵՆԴԼ սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտում գործող ԱՐԵԱԼ գծային էլեկտրոնային արագացուցչում: Ստացված արդյունքները կիրառելի են ոչ միայն արագացուցչային տեխնիկայում, այլև այն ոլորտներում, որտեղ օգտագործվում են տիտանե բարակ մետաղաթաղանթներ:

Ընդհանուր առմամբ, հայցորդ Հ.Ա. Իսունցի կողմից իրականացվել են մեծ ծավալի գիտահետազոտական աշխատանքներ, որոնց արդյունքները նորություն են ներկայացնում արագացուցչային և վակուումային տեխնիկայում: Հայցորդի կողմից հրատարակված 5 գիտական աշխատանքներից երկուսը տպագրվել են «Scimago Journal & Country Ranking (SJR)» համակարգում դասակարգված ամագրերում՝ առաջին (Q1) և երրորդ (Q3) ընդգրկված պարբերականներում (ներառված են ինչպես Scopus, այնպես էլ Web of Science միջազգային գիտական շտեմարաններում): Նշված աշխատանքները լիովին համապատասխանում են թեմայի ուղղվածությանը, գիտական դրույթների բացահայտմանը և ամբողջությամբ արտացոլում են ատենախոսական աշխատության բովանդակությունը:

Ատենախոսության վերաբերյալ առկա են հետևյալ դիտողությունները

1. Ատենախոսությունում մետաղաթաղանթի լարվածադեֆորմացման վիճակը ուսումնասիրվում է հաստությունից կախված, սակայն ուսումնասիրված չէ շառավղից և ձևից կախված լարվածադեֆորմացման վիճակի փոփոխությունը, ինչը սահմանափակ է դարձնում օպտիմալության մասին պնդումը:
2. Ատենախոսությունում ուսումնասիրված արտանցման պատուհանները նախատեսված են արագացուցիչներում կիրառման համար, սակայն փնջերի բնութագրերի վրա դրանց ազդեցության մասին անդրադարձ կատարված չէ:
3. Ատենախոսությունում որպես արդյունքների կիրառական նշանակություն բերված է՝ «հետազոտությունների հիման վրա կարելի է հստակ արտանցման պատուհաններ կազմել լայն տիրույթով էներգիաների արագացուցիչների համար»: Ցանկալի կլիներ աշխատանքում ներկայացված լիներ այս պնդման գիտական և տեխնիկական հիմքերը:
4. Ցանկալի կլիներ աշխատանքում առավել ուշադրություն դարձնել անվտանգության կանոնների պահպանության խնդիրներին, հատկապես անվտանգության ռիսկերի նվազեցման ուղղությամբ, ինչը կնպաստեր արտանցման հանգույցի ավելի անվտանգ շահագործմանը:

Նշված դիտողությունները չեն նսեմացնում ատենախոսության գիտական և կիրառական արժեքը: Աշխատանքը ձևակերպված է բարձր գիտական մակարդակով, առաջադրված խնդիրները հեղինակի կողմից լուծված են լիարժեք: Ստացված արդյունքները, մշակված

տեխնոլոգիան և տեսական հիմնավորումները ապահովում են զգալի առաջընթաց արագացուցչային տեխնիկայի բնագավառում:

Աշխատանքը արդիականությամբ, գիտական նորույթով և գործնական նշանակությամբ լիովին համապատասխանում է ՀՀ Բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի (ԲԿԳԿ) կանոնակարգի պահանջներին, իսկ հեղինակը՝ Համլետ Արայիկի Իսունցը, արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը «Փնջերի ֆիզիկա և արագացուցչային տեխնիկա» մասնագիտությամբ (դասիչ՝ Ա.04.20):

ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների ինստիտուտի
«Ճառագայթների և տարրական մասնիկների
փոխազդեցությունը նյութերի հետ» լաբորատորիայի
առաջատար գիտաշխատող, տեխ.գիտ.դոկտոր, պրոֆեսոր

Հ.Ռ.Դրմեյան

ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների
ինստիտուտի գիտքարտուղար

Ա.Ա.Նահապետյան

