

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ-ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

# ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ.  
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

#### ԽՄԲԱՎՐԱԿԱՆ ԿՈՒՆԻՒԱ

Ազոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղ.), Անանյան Ա. Կ., Գառ-  
պարյան Ա. Մ., Եղիազարյան Ի. Վ., Կասեան Մ. Վ., Խոսրովերդ-  
յան Վ. Մ., Նազարով Ա. Գ. (պատ. խմբագիր), Սիմոնով Մ. Չ.,  
Փինաջյան Վ. Վ. (պատ. ընթացակարգի):

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Азониц *И. Т.* (зам. отв. редактора), *Ананян А. К.*, *Гаспа-  
рян А. М.*, *Егизарова И. В.*, *Касьян М. В.*, *Назаров А. Г.* (отв.  
редактор), *Пинагусян В. В.* (отв. секретарь), *Симонов М. З.*,  
*Худавердян В. М.*

Մ. Վ. ԿԱՍՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՈՒ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԳԵՄԻՈՒՅԻ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ  
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲԱԺԱՆՄՈՒՂՔԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՈՐՈՇ ԱՐԴՅՈՒՄՔՆԵՐԻ ՄԵՍԻԿ,  
ՀՈԿՏԵՄԲԵՐՅԱՆ, ՍՈՑԻԱԼԻՍՏԱԿԱՆ ՄԵՏ ԹԵՎՈՒՅՈՒՅԻՆՑԻ 10-ԱՄՅԱԿԻ ԱՌԹԻՎ

Հայաստանի բազմաճյուղ արդյունաբերությունը, որն իր զարգացումն ստացավ միայն Սովետական իշխանության հաստատման ժամանակաշրջանում, կանխորոշեց ռեսուրսայինայում համապատասխան զիտական հիմնարկների կազմակերպումը, որոնցում իրադրվեցին բազմակողմանի նեոազատություններ տեխնիկական զիտությունների բնագավառում: Մի շարք դեպքերում այդ նեոազատությունների արդյունքները արտադրության այս կամ այն ճյուղի տեխնիկայի ու տեխնոլոգիայի զարգացման հիմք հանդիսացան:

Նախնական շրջանում, երբ ռեսուրսայինայում ճյուղային զիտանեոազատական ինստիտուտներ չկային, կարիք էր լինում Հայկական ՍՍՔ Գիտությունների ակադեմիայի սիստեմում նոր կազմակերպվող զիտական բջիջների վրա խոշորագույն խնդիրների սանդագործական լուծման նեո մեկտեղ դնել նաև կոնկրետ հարցերի լուծումը: Այսպիսով, Հայկական ՍՍՔ Գիտությունների ակադեմիան, իր սիստեմում այլ զիտանեոազատական հիմնարկների թվում կազմակերպեց նաև՝ Զրա-էներգետիկ ինստիտուտը, կրկարամական զիտությունների ինստիտուտը, Շինանյութերի և կառուցվածքների ինստիտուտը, Քիմիական ինստիտուտը և ինքնուրույն էլեկտրատեխնիկայի բարձրագույնը: Այս զիտական հիմնարկների զործունեության զեկավարությունը զրված էր Տեխնիկական զիտությունների բաժանմունքի վրա:

Սակայն, արդյունաբերության նեոազա զարգացման նեոաներով, բանի որ վերը նշված ինստիտուտները չէին կարող արդյունաբերության նոր ճյուղերն ընդգրկել, ռեսուրսայինայում կազմակերպվեցին՝ Հիդրոտեխնիկայի և մեխորացիայի ինստիտուտը, Մաթեմատիկական մեքենաների ինստիտուտը, Սիլիկատների բիմիայի ինստիտուտը, Քիմիական արդյունաբերության ու զունավոր մեոաշուրջիայի ձեոնարկությունների աժամտազման ինստիտուտը, Աննա-մեոալուրդիական ինստիտուտը, էլեկտրատեխնիկական արդյունաբերության մինիստրության զիտանեոազատական ինստիտուտի ֆիլիալը և արիշներ, որոնք լավ հաղեցված են աժյալ բնագավառի աժնեոբյա և նեոանկտրային խնդիրները լուծելու համար:

Ինչպես հայտնի է, Հայկական ՍՍՔ իր ընդերքում ունի զունավոր և հազվազյաո մեոաղների հանքեր, նա բազաոթիկորեն հարուստ է հիանալի բնական շինանյութերով (աուֆեր, բազալտ, պեմզա, պերլիտ, հրաբխային շլարներ և այլն), հրակայուն կավերով, նեֆիլինային սիլեիտներով և այլն: Տեղական հումքի բազայի վրա արդյունաբերության զարգացման ինկամիա պայմանները պահանջում էին ռեսուրսայինայի էներգետիկայի յուրջ զարգացում՝ ջրային էներգիայի համեմատարար ոչ մեո պաշարների հիման վրա: էլեկտրաէներգիայի զարգացում արտադրությունը էներգատար արտադրության կազմակերպ-

ման Վեա մեկտեղ, հնարավորություն տվեց կարգավորել լայն դիտողազունի անխնդիրական բնութագրության խոշոր սերիական թողարկման էլեկտրական մեքենաների պատրաստումը: Զարգացավ զազգահաշինությունը, կազմակերպվեց գործերաշինությունը, կարգավորվեց կամպրեսորների և պոմպերի, տուրբինների և տրանսֆորմատորների թողարկումը և այլն:

Երկրի արտադրողական ուժերի նպատակաուղղված զարգացումը հնարավոր էր միայն բազմակողմանի և խոր հետազոտությունների շնորհիվ, հետազոտություններ, որոնք կարևոր են այս կամ այն տեխնոլոգիական պրոցեսի տեխնիկական-տնտեսական հիմնավորման համար:

Նոր կազմակերպված ձեռնարկությունները բարձրացնում էին ինստիտուտների կատարած հետազոտությունների որակը և աջակցում սեպարելիկայում գույզահետարար զարգանում էին և՛ դիտա-տեխնիկական միտքը և՛ արտադրությունը:

Բազմական երկար ժամանակաընթացում էներգետիկները ջանքերն ուղղված էին սեպարելիկայի ջրային տեսարանները հնարավորին շափ սացիոնալ կերպով օգտագործելուն: Եվ եթե սկզբնական շրջանում գերիշխում էր Մեծ Աևանի ջրերի դարավոր պաշարների լրիվ իջեցման զազափարը, ապա շնորհիվ հետագա մեծ և քեղուն աշխատանքի և Հայաստանի Կոմունիստական պարտիայի ԿԿ-ի ու Հայկական ՄՍՖ Մինիստրների Մովսես որոշման, այդ հարցը, որ բացառիկ կենսական է սեպարելիկայի արդյունաբերության հետագա պրոցեսի համար, ստացավ իր առավել լիարժեք լուծումը: Ներկայումս Ջրա-էներգետիկ ինստիտուտի աշխատակիցների ամբողջ գործունեությունը նրան բազարի տեխնիկական հասարակայնության հետ մեկտեղ ուղղված է Մեծ Աևանի մակարդակը հնարավորին շափ բարձր նիշի վրա պահելուն: Դրա հետ մեկտեղ տարվում են հետանկարային հետախույզություններ, որոնց նպատակն է ապահովել բուն կերպով աճող արդյունաբերությունը անհրաժեշտ էներգետիկական բազայով: Ընդ որում, հաշվի առնելով սեպարելիկայում մասկանյութի հանքավայրերի ուսումնասիրության բացակայությունը, հատուկ ուշադրություն պետք է նվիրվի սրևի և բամու էներգիայի օգտագործման հարցերին, ավելի սացիոնալ կերպով պետք է օգտագործվի արդյունաբերության մեջ ապարդյուն կերպով ջերմությունը, և այլն:

Արան գույզահետ, Մովսեսական Միության առաջատար գիտահետազոտական կազմակերպությունների կոլեկտիվների հետ մեկտեղ, տարվում է բարձրալեռ ջրավազանից դարավոր ջրերի իջեցման հետ կապված նրևոլյաների բազմակողմանի ուսումնասիրություն, մի ջրավազան, որը համարյա առանձնապես մեծ է Այդ հետազոտությունների կոմպլեքսը հնարավորություն կտա ճշտելու մի շարք հարցերի լուծումը՝ մակերևույցի գոլորշիացման, ջրի թփվածային սեփի, աղբյուրների ընթացքի և այլն:

Մեծ-Ջրազգան կոտկոտի կայանների նախադժման և կառուցման պրոցեսում Ջրա-էներգետիկ ինստիտուտում իրացված հատուկ մոդելների վրա կատարված հետազոտությունները նպաստեցին առավել օպտիմալ հիպոտեզաների կազմակերպման և կոնստրուկցիաներ ընդգրկելուն: Որոշ հաջողություններ կան ջրատարի շրջադարձերում հեղուկի շարժումն ու հիդրավիկական հարվածի մոդելավորումն ուսումնասիրելու ուղղությամբ:

Հայաստանի ալևոր և գեղատեսիլ լեռները շափաղանց հարուստ են օգ-

տակար հանձնաժողով: Եվ ինչքան կատարելագործվում է հանրագայքերի և հան-  
րիքի նյութական անալիզը, այնքան մեծանում է հարստությունների ցուցակը:  
Երկրարանական դիտությունները, ինստիտուտի աշխատակիցների գերը այդ  
ցուցակի հարստացման գործում նշանակալի է: Ինստիտուտի առաջատար  
երկրարանները, խորապես ուսումնասիրելով օգտակար հանձնաժողովի տեղա-  
բաշխման օրինաչափությունները, մեկ նոր տեղեկություններ տվեցին ռեսպու-  
բլիկայի հարստությունների մասին, ձշտորեն նախատեսելով փնտրումների  
գնանները:

Պզինձը և մոլիբդենը, մագնեզիումը և նեֆելինները, քարե նյութերի հա-  
րստ գամման, հալվազոլուտ և զրված էլեմենտների մեծ խումբը, գրանց մեջ՝  
սենիումը, դերմանիումը, գալիումը, Թելուրը, սելենը և մյուսները — ահա սե-  
պտաբիկայի համար արդյունաբերական նշանակություն ունեցող էլեմենտների  
ոչ լրիվ ցուցակը:

Երկրարանական դիտությունների ինստիտուտում, որն ունի գրունտների  
մեխանիկայի լավ սարքավորված յարտադրիա, երկրաչափական հարցերի  
հետ մեկտեղ զբաղվում են նաև սողաչափի երևույթների ու լեռնային ճնշման  
հարցերով: Առնային ինժեներների հատուկ խումբը բեղուն աշխատանք է տա-  
նում լեռնային ձևաբանությունների հարստացման ֆարրիկանները հիդրոֆո-  
շեզրեկու ուղղությամբ:

Անհրաժեշտ է հատկապես նշել հիդրոբիոմիայի բնագավառում ինստիտու-  
տի կատարած աշխատանքը, որի շնորհիվ ստացվել են մի շարք հետաքրքի-  
տ տվյալներ:

Քիմիայի ինստիտուտի կոլեկտիվի առջև դրված էին կարևոր խնդիրներ,  
որոնց լուծումն ուժեղ շարժով կնպաստեր արդյունաբերության պարզացմանը:  
Այդպիսիք են, առաջին հերթին, նեֆելինային սիենիտների վերամշակման  
տեխնոլոգիայի ռացիոնալ շահագործումը, վերամշակման ենթակա պրոցուրի-  
աների էֆեկտիվ օգտագործումը, այն բնագավառի բնորոշումը, որակի տաֆիրի  
մոացուկները ամենաձևանոտե կերպով կոդուպործիին, և այլն: Ինստիտուտի  
կոլեկտիվը գտավ նեֆելինային սիենիտների վերամշակման լավագույն պայ-  
մանները, որոնք իրագործելու գնալուով յուրաքանչյուր տոննա կավահողի հետ  
լուսուցիչ ստացվում է մոտավորապես տասն տոննա ցեմենտ, տոննաներով  
սոդա, նոտրիում մետասիլիկատ և կալցիում մետասիլիկատ, կիրոլրամներով  
յուրձր մաքրույթան կալքաբարձող, պրամներով ֆանկարմեր պալլում և ուրիշ-  
ներ:

Երկրաբան հետազոտություններից հետո ինստիտուտը սրտեց, սր առ-  
ջի մնացուկները, հատուկ ձևով մշակելու գնալուով, կարող են հիանալի նյութ  
հանդիսանալ էլեկտրամեկուսիչ շինվածքների արտադրության համար: Մեծ  
հետաքրքրություն են ներկայացնում ֆրակցիայից ու ձևից և մասնիկների ու  
միջավայրի այլ ցուցանիշներից կախված մասնիկների կաշկանդված անկման  
օրինաչափությունները որոշելու ուղղությամբ ինստիտուտի կատարած հետա-  
զոտությունները:

Բացասիկ մեծ աշխատանք է տարվում օրգանական սինթեզի բնագավա-  
ռում. այստեղ գուտ արտադրական նշանակություն ունեն կապրոլակտամի ֆո-  
տոսինթեզի և գործարանի մնացուկներից կառուցի ստանալու համար նոր տեխ-  
նոլոգիայի ստեղծման ուղղությամբ տարվող հետազոտությունները: Այդ կառու-  
շտի օգտագործումը ավտոդոզերի արտադրության մեջ շատ նպաստակա հար-

մար է, նկատի ունենալով, որ նա մաշակայունության բարձր ցուցանիշներ է տվել: Ուսումնասիրված են տեղական կվարցիտների հատկությունները էլեկտրակուրային ապակու արտադրության համար և դրա հիման վրա գործարանին արվել են համապատասխան հանձնարարություններ հյուսիսից բերվող էլեկտրակուրյանների վրա կատարվող ծախսերը կրճատելու նպատակով:

Բարձր ֆիզիկո-մեխանիկական ցուցանիշներով և ղեկորեստիվ հատկություններով ոժտված հիանալի շինանյութերի անսահմանափակ պաշարները մեկ կողմից, սեսպուլիկայի շրջանների համեմատաբար բարձր սեյսմիկությունը մյուս կողմից, որոշեցին Շինանյութերի և կոռուցվածքների ինստիտուտի գիտական գործունեության ուղղությունը և բնագավառը: Ինժեներական սեյսմոլոգիայի և հակասեյսմիկական շինարարության հարցերը զուտվում են ինստիտուտի մասնագետների ուղղորդության կենտրոնում: Այստեղ գիտական լուրջ գիրքավորումներից ճշտվում են կոռուցվածքների վրա ներգործող ուժերի բնույթը և մեծությունը, պատրաստվում են նոր տիպի սեյսմոմետրեր, ատեղծվում են սեյսմիկական պաշտաններում աշխատող հասարի շինարարական կանսարուկցիաներ: Ղեկավարվելով գիտելիքի օրգանների ցուցումներով, ինստիտուտի կազմակերպիչ մշակեց հավաքովի թեթի կրկաթեռանի տիպի մի բունի կանսարուկցիաներ, որոնք բանի գնում ավելի շատ են օգտագործվում սեսպուլիկայի բնակիչի շենքերի շինարարության մեջ: Մեծ ծավալով աշխատանքներ են տարվում մասնակախից բեռանային և կրկաթեռանային բարձր էֆեկտիվություն ունեցող շինվածքների ստեղծման ուղղությամբ: Միանգամայն էսական է ինստիտուտի մասնագետների օգնությունը հիդրատեխնիկական շինարարության մեջ:

Անբնդ հատ ուսումնասիրման առարկա են հանդիսանում բնական բարերը՝ պեմզան, հրաբխային շաքաները և այլ նյութեր, նրանց օգտագործման ավելի նպատակահարմար պայմանները որոշելու նպատակով:

Ինստիտուտը ինտենսիվ կերպով զբաղվում է քարի կարման պրոցեսի ֆիզիկական հիմունքների ուսումնասիրմամբ: Ստացված արդյունքներն արդեն դրված են բար կարող նոր տիպի սարքավորման կոնստրուկցիաների հիմքում:

Ռեսպուլիկայում սրտակի նյութերի առկայության շնորհիվ մեքենաշինության մեջ էլեկտրական մեքենաների արտադրությունը աստջատար տեղ զբաղեց: Մինխորն զենեքատորներում մեքենական զրգոխի փոխարեն մեխանիկական ուղղիչի օգտագործումն այն մասնակ հարմար էր և տեղի էր ունենում այն դեպքում, երբ լարման ափսոմատիկական կամոնավորման ճշտությունը պահպանվում էր սրտակի սահմաններում: Այս հանգամանքն ավելի կարեոր է ներկայումս կիրառվող կիսահագորդիչային ուղղիչին անցնելիս:

Էլեկտրատեխնիկայի յարտատորիան իր գործունեության մի մասն ուղղել է հենց այս բնագավառի ուսումնասիրություններին, և, հաջողությամբ լուծելով միտցբայ սերիայի սինիտուն զենեքատորների ստեղծման հետ կապված առանձին հարցեր, հետազոյում դրանց լուծումը հանձնեց Համաժիտիթեկական էլեկտրատեխնիկական ինստիտուտի ֆիլիային, որն այդ ժամանակներս կազմակերպվեց Վ. Բ. Լենինի անվան Հայէլեկտրագործարանին կից: Հետագայ էլեկտրահագորդումների բարձրորեն դժերը բնորոշ են պատկի վրա ունեցած նշանակալի կոբուտներով: Պտակազոյացման վրա կորուստների հարցը հետաքրքրում է ամբողջ էլեկտրատեխնիկական հասարակայնությանը, դրա համար էլ այդ պրոբլեման, ինչպես և մի շարք այլ պրոբլեմաներ, իրենց կատարման ըն-

Քացրում կոորդինացվում են կենտրոնից: Լարորատորիայում մշակված և ծովի մակերևույթից 1100 ու 2000 մ բարձրության վրա փորձարկված մեթոդիկան լավագույնը դուրս եկավ և Սովետական Միության մյուս շրջաններում էլ դրանով պիտի շարունակվեն պսակի ուսումնասիրման աշխատանքները: Այստեղ էլ ուսումնասիրվում են էլեկտրաթերմիկական սրբոցեսների էլեկտրական ցուցանիշները: Այնուհետև սկսված են էլեկտրաախտեմների մոդելի ստեղծման աշխատանքները և դրա օղնոթյամբ էներգոսխտեմների բարդ կառուցվածքների սացիոնայ սկզբունքների և, մասնավորապես, գույզահեռարար միացված էներգոսխտեմների միջև էլեկտրական կապերի հարցերի ուսումնասիրությունները:

Արդյունաբերության և շինարարության ղեկավարման վերակադրակերպումը հանդեպը քաջակալան ՍՍՄ պայմաններում տեխնիկայի բնագաղափարում աշխատող գիտահետազոտական ինստիտուտների սխտեմի վերակազմակերպմանը: Այդ վերակազմակերպումը կատարվեց հետևյալ կերպ. Շինանյութերի և կառուցվածքների ինստիտուտը անցավ Շինանյութերի մինիստրության գերատեսչության տակ, նրկրարանական դիտությունների ինստիտուտի լեննային խմբի և հարտացածան սեկտորի, ինչպես և Քիմիական ինստիտուտի մնաալուրդիայի լարորատորիայի բաղաչի վրա կազմակերպվեց Լեննա-մետալուրգիական ինստիտուտը ժողտնտխորհի գունավոր մետալուրգիայի կառավարչությանը կից, և, վերջապես, Քիմիական ինստիտուտից առանձնացված է անօրդանական սեկտորը և նրա բաղաչի վրա կազմակերպված Միլիկատների քիմիայի ինստիտուտը՝ դարձյալ ժողտնտխորհին կից:

Այս նոր կազմակերպված, արտադրությանն ազելի մոտեցրած գիտական հիմնարկների գործունեության սկզբում իսկ արդեն կան նկատելի հաջողություններ:

М. В. КАСЬЯН

## О НЕКОТОРЫХ ИТОГАХ РАБОТЫ ОТДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК АН АРМЯНСКОЙ ССР К Сорокалетию ВЕЛИКОЙ Октябрьской Социалистической Революции

### Резюме

Многогранная промышленность Армении, получившая развитие только за период установления Советской власти, предопределила организацию соответствующих научных учреждений в Республике, в которых были осуществлены многосторонние исследования в области технических наук. В ряде случаев, результаты этих исследований легли в основу дальнейшего развития техники и технологии той или иной отрасли производства.

В первоначальный период, когда отраслевых научно-исследовательских институтов в республике не было, приходилось возлагать на вновь организуемые научные ячейки в системе Академии наук Армянской ССР разрешение конкретных вопросов наряду с творческим решением больших задач.

С последующим развитием промышленности в республике был организован ряд отраслевых институтов.

За истекшее время в Республике проведена большая исследовательская работа по решению комплексной проблемы озера Севан как бассейна многолетнего регулирования, по выявлению и эксплуатации руд цветных и редких металлов, изучению короннообразования в высокогорных районах, естественных строительных материалов, по комплексному решению задачи получения глинозема и цемента на базе нефелиновых сиенитов, по физическим основам резания строительных камней, по разработке технологии легких бетонов, по вопросам сейсмостойкости и инженерной сейсмологии и др.

Реорганизация управления промышленностью и строительством привели к необходимости в условиях Армянской ССР реорганизовать и систему научно-исследовательских институтов, работающих в области техники. Эта реорганизация свелась к следующему: Институт строительных материалов и сооружений передан в ведение Министерства строительства, на базе горной группы и сектора обогащения Института геологических наук, а также лаборатории металлургии Института химии организован горно-металлургический институт при Управлении цветной металлургии Совнархоза, и, наконец, из Института химии выделен сектор неорганической химии и на его базе организован Институт силикатной химии также при Совнархозе. В начале же деятельности этих вновь организованных научных учреждений, еще более приближенных к производству, имеются заметные успехи.

А. К. АНАНЯН

## ПРОБЛЕМА ОЗЕРА СЕВАН ДОЛЖНА РЕШАТЬСЯ ПО-НОВОМУ

Как известно в озеро Севан впадают 28 рек, суммарный годовой сток которых составляет в среднем 750 млн куб м. Осадки на зеркало озера составляют 500 млн куб м. Почти весь этот приток в естественных условиях идет на испарение с поверхности озера. В настоящее время для нужд народного хозяйства производится отбор воды из вековых запасов озера в объеме 1200 млн куб м в год. В результате происходит понижение уровня озера, которое в среднем составляет около одного метра в год. В настоящее время это понижение уровня достигло примерно 11 м.

Сущность старой схемы использования вод озера Севан заключается в уменьшении площади зеркала озера, и тем самым, испарения с его поверхности, что дает возможность увеличить расходную часть баланса озера. Существенного уменьшения площади озера можно достигнуть снижением его горизонта на 50 м, что приведет к полному осушению Большого Севана.

Учитывая исключительную важность вопроса рационального использования озера для обеспечения Республики энергетической базой, и постоянным источником орошения засушливых районов, Правительство Армении вынесло решение о проведении ряда мер по более экономичному и рациональному использованию в дальнейшем озера Севан и по сохранению уровня большого Севана на возможно высокой отметке. Такое решение соответствует также обеспечению нормальных режимов работы Армянской Энергетической системы в условиях ее совместной работы с Единой Энергетической системой Союза и использованием озера Севан как бассейна многолетнего регулирования. Постановление Правительства ставит перед научно-исследовательскими и проектными институтами и другими организациями вопрос о пересмотре старой схемы, учитывая новые требования и последние достижения науки и техники.

Одновременно проводятся мероприятия по ускорению строительства каскада гидроэлектростанций на реке Воротан и атомных станций. Чем раньше будут осуществлены эти мероприятия, тем рациональнее могут быть использованы воды озера Севан.

АрмНИИГиМ разрабатывает схему орошения Араратской равнины из существующих в пределах ее больших запасов подземных вод, что дает возможность сократить попуски из озера примерно на 150 млн куб м в год.

Эта схема утверждена Севанским Комитетом при Совете Министров Армянской ССР и в настоящее время осуществляется.

Большой комплекс исследовательских работ ведет Водно-энергетический институт Академии наук Армянской ССР (ВЭНИИ) совместно с научно-исследовательскими организациями Академии наук СССР и республиканскими организациями.

Кроме разработки схем экономного использования вод озера Севан, необходимо изыскание источников дополнительного притока в озеро. Сектором общей энергетики ВЭНИИ разработана принципиальная схема переброски в бассейн озера Севан вод из соседних бассейнов.

При разработке этой схемы были рассмотрены следующие реки: Мармарик, Намбак, Гетик, Воротан, Арпа и ряд рек бассейна р. Куры. Произведенные расчеты показали, что экономически оправдывается переброска части стока верховьев р. Арпа с притоком Элегис и р. Воротан. Сущность схемы переброски рр. Воротан, Арпа и Элегис заключается в следующем.

На реке Воротан на отметке 2150 м создается небольшой водоприемник, при помощи которого вода самотеком (безнапорным 6 километровым тоннелем) направляется в район с. Кечут. Здесь на реке Арпа сооружается небольшое водохранилище, из которого вода насосами перекачивается на высоту 64 м. Воды р. Воротан и Арпа по 18 км безнапорному тоннелю направляются в бассейн реки Элегис. На этой реке на отметке 1685 м строится небольшое водохранилище, из которого воды р. Элегис откачиваются на высоту 256 м. Далее воды трех указанных рек по 29 километровому безнапорному тоннелю направляются в оз. Севан с выходом у сел. Цовинар. Необходимо указать, что воды рр. Арпа и Элегис можно поднять на соответствующие высоты сооружением земляной или каменно-набросной плотины. Такой самотечный вариант отбора воды из рр. Арпа и Элегис в настоящее время разрабатывается АрмГидЭПом. По описанной схеме перебрасывается в озеро Севан 344 млн куб м в год, из коих на долю реки Воротан приходится 64 млн куб м, на долю реки Арпа 173 млн куб м и на долю р. Элегис 106 млн куб м. Общая длина тоннеля составляет 53 км при минимальном диаметре 2 м.

Благодаря этому мероприятию разрешаются следующие вопросы.

1. Энергосистема Армении в составе Единой энергосистемы Союза получит зарегулированный сток в многолетнем разрезе (примерно 220 млн куб м в год). При этом за счет переброски вод в Севан из других бассейнов и за счет использования подземных вод Араратской равнины Энергосистема получает возможность дать регулируемую в многолетнем разрезе энергию на Севан-Разданском каскаде 450 млн кв часов (в среднем за многолетие).

2. Разрешается вопрос о сохранении уровня Большого Севана на возможно высокой отметке.

3. Сокращается ущерб,—наносимый осушением озера Севан сельскому и рыбному хозяйствам и др.

Предложенная схема переброски принята Севанским Комитетом при Совете Министров Арм.ССР и в настоящее время АрмГИДЭПом ведутся соответствующие изыскательские и проектные работы.

Необходимо указать, что практика гидротехнического строительства за рубежом и в Союзе ССР имеет много примеров переброски стока рек из одних бассейнов в другие.

Так у нас в настоящее время составляется грандиозный план переброски стока северных рек Печоры и Вычегды в бассейны рек Камы и Волги. Переброска указанных рек позволяет одновременно разрешить как энергетическую проблему так и проблему пополнения Каспийского моря, уровень которого уже ряд лет снижается в связи с уменьшением притока в море. Пополнение озера Севан водами рр. Воротан и Арпа по сравнению с аналогичными работами, которые осуществляются и будут осуществляться в других местах, является проблемой небольшого масштаба. Необходимо, чтобы проектные и научно-исследовательские организации форсированно работали над этой темой, так как фактор времени для разрешения Севанской проблемы является решающим.

Большие экспедиционные работы ведутся с 1956 года ВЭНИ Академии наук АрмССР и Государственной Геофизической Обсерваторией им. Воейкова, по уточнению размера возможного испарения с поверхности озера при различных стояниях его уровня. Кроме постоянно действующих в системе УГМС Арм.ССР гидрометеостанций за последние два года были организованы новые пункты, на которых ведутся наблюдения непосредственно на поверхности озера. Были созданы две плавучие испарительные станции вблизи полуострова Севан и сел. Мартуни. На плотях ведутся круглосуточные комплексные наблюдения, данные которых используются для расчета интенсивности испарения с поверхности озера. На полуострове Севан, у сел Дара, Алучалу, Мартуни и Норрадуз установлены береговые мостики, где непосредственно вблизи уреза озера ведутся круглосуточные наблюдения по влажности, ветру, температуре и т. д. Кроме того у сел. сел. Дара, Алучалу и Норрадуз и на полуострове Севан установлены специальные маяки высотой 16 метров с анемометрами на разных уровнях. Ход изменения силы ветра автоматически записывается хронографами. Эти данные необходимы для подсчета испарения по методу теплового баланса, по диффузионному методу и по методу береговых испарителей. Кроме этих наблюдений, экспедицией ГГО ведутся шаропилотные наблюдения на полуострове Севан и в г. Нор-Вязете. Производится также с самолетов зондирование атмосферы. В одном из 15 пунктов (из Малом Севане) по расширенной программе ведутся гидрометрические и термические наблюдения. В 1957 и 1958 годах специальной экспедицией ГГО ведутся и будут вестись исследования в бассейне озера Севан для установления возможности воздействия

на облака с целью искусственного осаждения дождя. В настоящее время ВЭНИ, совместно с ГГО, обрабатывает материалы натуральных наблюдений для расчета испарения. Главная задача проведенных исследований заключается в составлении водного баланса озера Севан для того уровня, на котором будет решено остановить дальнейшее понижение его горизонта.

ВЭНИ, совместно с Институтом географии им. Докучаева Академии наук СССР, в районе Мартуни были организованы в 1957 г. наблюдения для определения испарения с поверхности суши. Результаты этих наблюдений дадут возможность более правильно определить размеры возвратных вод, орошения, что имеет определенное значение при уточнении водного баланса озера.

Для правильного разрешения Севанской проблемы, большое значение имеет определение баланса подземных вод для решения вопросов мелиорации обнажающихся участков дна Большого Севана.

Для разрешения последней задачи, кроме ВЭНИ большую исследовательскую и научную работы ведут Управление по делам геологии и охраны недр при Совмине Арм.ССР, Институт геологических наук Академии наук Арм.ССР и Лаборатория гидрогеологических проблем им. Саваренского Академии наук СССР. Управление по делам геологии в 1957 году выполнит большой объем буровых работ. В районе Мазры пробурено 12 скважин глубиной от 150 м до 160 м. В результате произведенных изысканий выяснилось, что в этом районе имеются глубокие водоносные горизонты напорных вод, которые частично выклиниваются на дне озера.

Аналогичные работы, выполненные в районе сел. Гезалдара, Личк г. Нор-Баязета и сел. Муган. Число глубоких скважин заложенных в этих местах превышает 15. Одновременно с буровыми работами велись необходимые гидрогеологические исследования. Институт геологических наук АН АрмССР составляет карту гидроизолиний в районе сел. Мазра, Гезалдара, Личк и Норадуз. Этим институтом совместно с Армянским Геологическим управлением составлена по всему Севанскому бассейну геологическая карта в масштабе 1:50.000.

Удовлетворительные результаты дает электроразведка, организованная Управлением по делам геологии в районе с. Чашен (Ордак-лю). Предварительные исследования дают возможность получить представление о путях и размерах фильтрации из озера при различных уровнях стояния его горизонта.

Гидрогеологическая партия Управления по делам геологии на пробуренных скважинах (после соответствующего их оборудования) организовала стационарные наблюдения над режимом грунтовых вод. Этот вопрос играет существенную роль при разрешении ряда вопросов сельско-хозяйственного освоения освобожденных от воды земель.

В 1957 году отделом полевых исследований ВЭНИ закончен большой комплекс экспедиционных работ, связанных с изучением характера деформации русел рек в пределах осушенного дна озера. Результа-

ты этих исследований дают возможность правильно разработать принципиальную схему подвода рек к будущему урезу Севана. Для этой цели произведены так же повторные аэрофотосъемки прибрежной полосы, что дает возможность более полно судить о динамике русловых процессов. И наконец, сектором гидравлики того же института ведутся модельные и теоретические исследования для установления характера деформации русел рек. Эти работы в конечном счете дадут нам возможность правильно составить принципиальную схему руслорегулирующих сооружений и оценить затраты связанные с понижением уровня оз. Севан.

По предварительным подсчетам эти затраты соизмеримы с затратами на переброску стока из соседних бассейнов в бассейн озера Севан (об этой переработке было сказано выше). При сохранении уровня большого Севана на высокой отметке затраты связанные с русло-регулирующими сооружениями, мелноративными мероприятиями на обнаженной части дна Севана, постройкой новых водозаборных сооружений для Севано-Разданского каскада, ущерба рыбного хозяйства и сельского хозяйства и т. д. резко сокращаются. После оценки положительных и отрицательных сторон этого варианта, надо предполагать, что более целесообразно будет уровень большого Севана держать на возможно высокой отметке, а эти затраты направить для наполнения озера Севан водами соседних бассейнов и постройкой других энергетических источников. Воды озера Севан следует сохранить для орошения и как источник регулирующей энергии для энергосистемы.

Перечисленный далеко не полный комплекс исследований должен послужить основой для разработки принципиальной схемы сохранения уровня Большого Севана на возможно высокой отметке. Первый этап этих работ намечается завершить в 1958—1959 годах.

Водно-энергетический институт  
Академии наук АрмССР

Поступило 30 IX 1957

Ա. Գ. ԱՆԱՅԱՆ

ՍԵՎԱՆԻ ԼՃԻ ՊՐՈՐԸՆԵՄԱՆ ՊԵՏՔ Է ԼՈՒՄՎԻ  
ՆՈՐ ՈՒՂՂՈՒԹՅԱՄԻ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Սեանի լճի ջուրը տնտեսապես նպատակահարմար օգտագործելու սխեմայի մշակումից բացի, անհրաժեշտ է լրացուցիչ ազդեցություններ փնտսել լիճը ջրով լցնելու համար: Ենթադրումն է շալի: ՍՍՌ Գիտությունների ակադեմիային կից Ջրաներգետիկ ինստիտուտի ընդհանուր էներգետիկայի բաժինը վերջացրել է Սեանի լճի ջրի ավելացման սխեման:

Այդ սխեմայով նախատեսվում է տարեկան մոտավորապես 344 մլրդ խ. մ. ջուր լցնել Սեանա լիճը Ի հաշիվ Արփա, Էրեղիս և ժառանգ Արտան գետերի նախնական հաշիվները ցույց են տալիս, որ այդ քանակությամբ ջրի տեղափոխումը Սեանա լիճը տնտեսապես արդարացիում է և միևնույն ժամանակ զգալի կերպով չի ազդում ավելյալ գետերի հիդրոէներգետիկ ու իրիդացիոն խթն-

գիրները լուծման վրա: Ներկայումս Հայդիդայր այդ ուղղությամբ կատարում է ավելի ճշգրիտ ու մանրամասն աշխատանքներ:

1957 թ. Հայաստանի ակադեմիայի Ջրաէներգետիկ ինստիտուտի կողմից կազմակերպվեց Սեանի ավազանն ու լիճը ներկայիս մեթոդներով ուսումնասիրող կամպլեքս էքսպեդիցիա, որի աշխատանքներին մասնակցում էին Կոնյեվիսկի անվան գլխավոր պետֆիզիկոսական դիտարանը, Մալարինսկու անվան հիդրո-դեռոլոգիական լաբորատորիան, Միոսյան ակադեմիային կից Գոկուչանի անվան Աշխարհագրական ինստիտուտը, Հայաստանի երկրաբանական վարչությունը, Հայաստանի ակադեմիայի երկրբանական պիտուսյունների ինստիտուտը, Ջրաէներգետիկ ինստիտուտի հիդրոլոգիայի ու մելիորացիայի և դաշտային աշխատանքների բաժինները և այլ ձևանարկություններ:

Այժմ Սեանի ավազանում արհեստական անձրևներ տառաջանելու խնդրի լուծման համար Գեոֆիզիկական դիտարանի հատուկ էքսպեդիցիան համապատասխան պիտուստոլոգիական աշխատանքներ է կատարում: Ջրաէներգետիկ ինստիտուտի էքսպեդիցիան այս տարի մանրագնդին հետազոտություններ է կատարել պետերի հունների զեֆորմացիաների հետազոտման և նրանց կոշտ ելրերի մեծությունները որոշելու ուղղությամբ: Նախատեսված է 1958 թ. փետրվարի էքսպեդիցիան աշխատանքները շարունակել:

Կատարված աշխատանքների հիման վրա, Ջրաէներգետիկ ինստիտուտը պետք է հաշվի լնի ջրերի բալանսը այն հորիզոնի համար, որից հետո կատարվեցին հորիզոնի հետագա իջեցումը: Կատարված և հետապլում կատարվող էքսպեդիցիան աշխատանքները հնարավորություն են տալիս որոշել այն ծախսերը, որոնք կապված են Սեանու լիճը թափվող պետերի հունների կարգավորման ու ջրից ազատված տերիտորիաներում մելիորացիայի միջոցառումների հետ: Նախնական աշխատանքները ցույց են տալիս, որ այդ դումարները բավականին մեծ չափերի են հասնում և նրանց տրվեք համաշխարհային է այն դումարներին, որոնք կապված են Սեանա լիճը լրացուցիչ ջրերով լցնելու հետ:

Եթե Մեծ Սեանի ջրի հորիզոնը պահի ավելի բարձր նիշի վրա, ապա այդ պետերում այն դումարները, որոնք պետք է ներդրվեն վերահիշյալ աշխատանքների վրա, կարող են հասնել չառ շնչին չափերի: Բացի դրանից, հորիզոնը բարձր նիշի վրա պահելու պետերում փոքրանում են այն ծախսերը, որոնք կապված են Սեան — Հրազդան կասկադի համար նոր ջուլընդունիչ կոտուցելու հետ, և ընդհանրապես շատ են փոքրանում այն վնասները, որոնք կապված են պլուզատնասություն, ձկնային տնասություն և այլ հարցերի հետ: Բացի վերահիշյալներից, ներկայիս էներգետիկական պահանջում է բազմազարյան կարգավորող էներգիայի աղբյուր, իսկ այդ հարցի լուծման համար Սեանա լիճը դրափում է անփոխարինելի դիրք:

Մեր խնդիրն է որոշել բոլոր այն ծախսերը, որոնք կապված են Սեանա լճի հորիզոնի պղպի իջեցման հետ, դնահատել միևնույն ժամանակ այդ փոքրանող դրահան կոպները և հիմնավորել այն հորիզոնը, որից հետո պետք է դադարեցնել լճի հորիզոնի հետագա իջեցումը:

## ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

А. Г. НАЗАРОВ

О МЕХАНИЧЕСКОМ ПОДОБИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И ЕГО  
ПРИМЕНЕНИИ К ИССЛЕДОВАНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ

## Сообщение I

Настоящая работа является развитием идеи, изложенной в [1], позволяющей дать простое, достаточно полное описание условий механического подобия и моделирования твердых деформируемых тел<sup>\*</sup>.

## 1. Предварительные замечания

Для дальнейшего необходимы следующие исходные предпосылки и определения.

1. Вырежем мысленно из какого-либо напряженного тела, находящегося под нагрузкой, элементарный прямоугольный параллелепипед со сторонами  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  и  $\Delta z$ . Рассматриваемое элементарное тело находится в равновесии. Нетрудно показать, что если все стороны этого элементарного тела изменить в  $\alpha$  раз, при условии сохранения величины компонентов напряжения в сходственных точках, то равновесие не нарушится.

2. При изменении сторон элементарного тела в  $\alpha$  раз, при условии сохранения неизменными величины компонентов напряжения, величины компонентов деформации останутся также неизменными.

3. Для каждого материала имеется определенная связь между тензором деформаций (в дальнейшем деформация  $\varepsilon$ ) и тензором напряжений (в дальнейшем напряжение  $\sigma$ ).

Эту связь, которую обозначим как  $\sigma = F(\varepsilon, x, y, z, t)$ , надо понимать как связь между  $\sigma$  и  $\varepsilon$  в точке  $x, y, z$ , в момент времени  $t$  в зависимости от истории загрузки тела  $A$  в интервале времени от 0 до  $t^*$ . Такое „интегральное“ представление о связи между деформацией и напряжением пока достаточно для нашей цели.

4. Два твердых деформируемых тела  $A$  и  $A'$  мы называем механически подобными в простом смысле, если они удовлетворяют следующим требованиям:

\* О современном состоянии вопроса см., например, статью Гудинера „Анализ размерностей“ [6].

\*\* Под  $F$  можем подразумевать и систему функций, преобразующих тензор  $\varepsilon$  в тензор  $\sigma$  при любых условиях загрузки и разгрузки. Вязкость тела пока не рассматривается.

а) тела  $A$  и  $A'$  геометрически подобны (линейные размеры тела  $A'$  отличаются в  $\alpha$  раз от сходственных размеров тела  $A$ );

б) соотношение между напряжением и деформацией в сходственных точках обоих тел одинаково\*;

в) плотности  $\rho$  обоих тел в сходственных точках одинаковы.

Из определения б) можно установить, что прочности обоих тел в сходственных точках также одинаковы. В дальнейшем, для сокращения, будем говорить о телах  $A$  и  $A'$  удовлетворяющих перечисленным условиям, что между ними имеется простое подобие.

5. Для твердых деформируемых тела мы называем механически подобными в расширенном смысле, если они удовлетворяют следующим требованиям:

а) тела  $A$  и  $A'$  геометрически подобны (линейные размеры тела  $A'$  отличаются в  $\alpha$  раз от сходственных линейных размеров тела  $A$ );

б) в сходственных точках тел  $A$  и  $A'$  имеют место соответственно следующие соотношения между деформацией и напряжением:

$$\sigma = F(\epsilon, x, y, z, t),$$

$$\frac{\sigma'}{\beta} = F\left(\frac{\epsilon'}{\gamma}, \frac{x'}{\alpha}, \frac{y'}{\alpha}, \frac{z'}{\alpha}, \frac{t'}{\eta}\right), \quad (1)$$

то есть множитель подобия для деформаций равен  $\gamma$ , для напряжений —  $\beta$  и для времен —  $\eta$ ;

в) плотности обоих тел в сходственных точках подчинены условию  $\rho' = \delta\rho$ ,  $\delta = \text{const}$ .

Из определения б) можно установить, что прочности тел  $A$  и  $A'$  отличаются в  $\beta$  раз.

В частности, если тела  $A$  и  $A'$  изотропны и упруги, то соответственно модули упругости и коэффициенты Пуассона их связаны соотношением\*\*.

$$E' = \frac{\beta}{\gamma} E, \quad G' = \frac{\beta}{\gamma} G, \quad \nu' = \nu. \quad (2)$$

Для сокращения будем говорить о телах  $A$  и  $A'$ , удовлетворяющих перечисленным условиям, что между ними имеется подобие. Простое подобие является частным, но важным случаем подобия при  $\beta = 1$ ,  $\gamma = 1$ ,  $\delta = 1$ .

Тела  $A$  и  $A'$  находятся в подобном состоянии, если механические величины в их сходственных точках отличаются между собою постоянными множителями.

Мы будем считать пока для определенности, что подобные тела не подвергались в прошлом механическим воздействиям.

\* На так называемом факторе масштабности в будущем остановимся особо.

\*\* Условимся и в дальнейшем физические величины для тел  $A$  и  $A'$  обозначать соответственно одинаковыми буквами, отличающимися индексом штрих.

Далее, если материалы тел  $A$  и  $A'$  стареют [2], то есть соотношения между деформацией и напряжением в материале меняются со временем даже при отсутствии нагружения, будем полагать для удобства, что тела  $A$  и  $A'$  изготовлены одновременно. Ясно, что сходственные возрасты обоих тел должны быть соответственно равны  $t$  и  $t' = \eta t$  для обеспечения условий (1). При  $\eta = 1$  старение происходит с одинаковой скоростью для обоих тел.

Приведенные выше условия допускают к рассмотрению разнообразных подобные тела. Они могут быть упругими, упругопластическими, хрупкими, однородными, неоднородными, изотропными и анизотропными, причем в произвольных допустимых сочетаниях, лишь бы в их сходственных точках выполнялись условия б) и в).

## 2. Теорема 1 (основная)

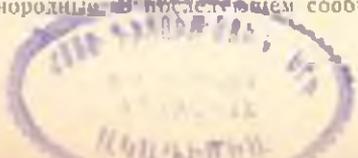
Пусть тело  $A$  в момент времени  $t = 0$  нагружено по поверхности  $\Sigma$  какой-либо нагрузкой, напряженность которой можем также как и напряжение, без ущерба для точности изложения, обозначить через  $\sigma$ . Рассмотрим теперь момент времени  $t$ , к которому произошло какое-то старение материала тела  $A$ , а также имела место деформация, зависящая от времени (ползучесть, пластичность, усадка).

Рассечем мысленно в этот момент времени тело  $A$  системой плоскостей, параллельных осями  $x$ ,  $y$  и  $z$ , на элементарные прямоугольные параллелепипеды. Для сокращения их назовем элементами. В общем случае элементы, прилегающие к поверхности  $\Sigma$  тела будут с ущербом. Их можно мысленно отбросить и принять, что поверхность  $\Sigma$  ступенчатая и нагрузку передавать непосредственно на целые элементы. От этого напряженное и деформированное состояние тела практически не изменяется.

Все шесть граней выделенных элементов находятся под воздействием напряжений, а элементы определенным образом деформированы\*. Увеличим стороны элементов в  $\alpha$  раз, сохраняя величины напряжений. При этом, как было указано в предварительных замечаниях, распределение напряжений, а также величины деформаций остаются неизменными.

Укладывая преобразованные элементы в том же порядке, как и в теле  $A$ , мы получим тело  $A'$  с поверхностью  $\Sigma'$ , геометрически подобное телу  $A$ , к которой приложены распределенные силы той же напряженности, что и в сходственных точках тела  $A$ . При этом напряжения и деформации в сходственных точках обоих тел будут одинаковыми. Эта теорема впервые была доказана для упругих тел иным путем В. Л. Кирпичевым еще в прошлом столетии [3].

\* Если тело  $A$  неоднородно, будем подразумевать, что неоднородность его изменяется непрерывно с изменением координат. Поэтому элементы могут рассматриваться как тела однородные. В последующем сообщении это ограничение снимем.



Из хода доказательства видно, что можно снять ограничение о одновременном приложении внешней нагрузки. Действительно, допустим, что внешняя нагрузка, приложенная к поверхности тела  $\Sigma$  меняется по какому-либо закону, причем динамическим эффектом, то есть силами инерции можно пренебречь. Мы видим, что в силу простого подобия, элементы тел  $A$  и  $A'$  изменяют свои напряженные и деформативные состояния одинаковым образом и с одинаковой скоростью, причем в равные моменты времени в сходственных точках поверхностей  $\Sigma$  и  $\Sigma'$  должны действовать нагрузки одинаковой напряженности.

Нетрудно также убедиться, что если условия загрузки тела  $A$  приводят к однозначному распределению напряжений и деформаций в нем, то такое же распределение будет и для тела  $A'$ . Действительно, допустим обратное. Положим, что в теле  $A'$  имеет место распределение напряжений и деформаций, отличное от таковых в сходственных точках тела  $A$ . Тогда рассекая тело  $A'$  на элементы и изменяя их стороны в  $1/2$  раз без изменения напряжений и деформаций и снова их собирая, мы получим тело  $A$ , которое окажется в другом напряженном и деформированном состоянии под действием тех же внешних сил, что противоречит условию однозначности, из которой мы исходили.

До сих пор мы имели дело лишь с поверхностными силами. Спрашивается, каковы должны быть соотношения объемных сил  $\bar{K}$  и  $\bar{K}'$  тел  $A$  и  $A'$  для обеспечения подобия их состояний.

Проведем в телах  $A$  и  $A'$  подобно расположенные плоскости перпендикулярные, скажем, к сходственным осям  $z$  и  $z'$  через равные интервалы  $\Delta z$  и  $\Delta z' = \sigma \Delta z$ . Обозначим эти плоскости для тела  $A$  через  $\Sigma(z_1), \Sigma(z_2), \dots, \Sigma(z_l) = \Sigma(z_{l-1} + \Delta z) \dots$

Для тела  $A'$  соответственные сходственные плоскости будут  $\Sigma'(z'_1), \Sigma'(z'_2), \dots, \Sigma'(z'_l) = \Sigma'(z'_{l-1} + \Delta z') \dots$

Рассмотрим сначала слой в теле  $A$ , ограниченный плоскостями  $\Sigma(z_{l-1})$  и  $\Sigma(z_l)$ . Объемные силы, ограниченные этими двумя поверхностями, можем приближенно заменить поверхностными силами, приложенными к одной из ограничивающих плоскостей, скажем к плоскости  $\Sigma(z_{l-1})$ . Напряженность полученных таким образом поверхностных сил равна  $K\Delta z$ .

Проведя аналогичную операцию для тела  $A'$  найдем эквивалентную поверхностную нагрузку по плоскости  $\Sigma'(z'_{l-1})$  равную  $K'\Delta z'$ . Для обеспечения подобия состояний тел  $A$  и  $A'$ , то есть равенства напряжений и деформаций в сходственных точках, как это только что было доказано, напряженности поверхностных сил должны быть одинаковыми.

Следовательно должно быть

$$K'\Delta z' = K\Delta z.$$

Учитывая, что  $\Delta z' = \alpha \Delta z$ , найдем

$$\bar{K}' = \frac{1}{\alpha} \bar{K}. \quad (3)$$

Итак, для обеспечения подобия состояний в случае простого подобия, объемные силы должны быть обратно пропорциональными линейным размерам тел  $A$  и  $A'$ .

Приведенная методика замены объемных сил поверхностными может быть реализована на практике для приближенного моделирования.

Теперь сравним линейные смещения сходственных точек тел  $A$  и  $A'$ , причем для удобства исключаем возможность движения тела как твердого целого. В таком случае существует хотя бы одна точка  $a$  этого тела, которая не имеет поступательных перемещений относительно трех взаимно перпендикулярных осей и, кроме того, окрестность этой точки не вращается относительно тех же осей. Пусть некоторая точка  $b$  в теле  $A$  в процессе деформации, в момент  $t$ , перешла в точку  $b_1$ . Тогда вектор смещения точки  $b$  есть  $\bar{w} = \bar{b}b_1$ . Соединим точку  $a$  с точкой  $b$  какой-либо ломаной, состоящей из достаточного количества элементарных отрезков, расположенных полностью в теле  $A$ . В процессе деформации каждый из элементарных отрезков получает некоторый поворот и некоторое относительное удлинение.

В результате деформации ломаная линия  $ab$  займет положение  $ab_1$ . В теле  $A'$  сходственная ломаная линия  $a'b'$  займет сходственное же положение  $a'b'_1$ .

Поскольку деформации сходственных отрезков тел  $A$  и  $A'$  одинаковы, а линейные размеры тела  $A'$  отличаются в  $\alpha$  раз от линейных размеров тела  $A$ , то как нетрудно убедиться, и смещение точки  $b'$  будет отличаться  $\alpha$  раз от смещения точки  $b$  (причем направления их одинаковы).

Теперь окончательно можем сформулировать теорему подобия для случая простого подобия тел  $A$  и  $A'$ .

Если к двум телам  $A$  и  $A'$ , подобным в простом смысле, одинаковым способом закрепленным, одновременно приложены в сходственных точках поверхностные силы одинаковой напряженности, изменяющиеся с одинаковой скоростью и приложены объемные силы обратно пропорциональные линейным размерам тел, также изменяющиеся с одинаковой скоростью, то напряжения и деформации в сходственных точках обоих тел совпадают, а смещения относятся как линейные размеры этих тел.

Нетрудно развить теперь содержание этой теоремы в применении к подобным телам (в расширенном смысле). Для наглядности рассмотрим сначала три простейших случая.

1) Положим, что при  $\beta = 1$ ,  $\eta = 1$  деформация тела  $A'$  и  $\gamma$  раз отличается от деформации тела  $A$ .

Если теперь мысленно преобразовать тело  $A$  в тело  $A'$  путем его членения и преобразования элементов, как это делалось в процессе доказательства теоремы, то придем к выводу, что все условия теоремы сохраняются за исключением того, что деформации тела  $A'$  будут отличаться от деформаций тела  $A$  в сходственных точках в  $\gamma$  раз, а смещения точек тела  $A'$  будут отличаться в  $\alpha\gamma$  раз.

2) Положим теперь, что при  $\gamma = 1$ ,  $\alpha = 1$  компоненты напряжения тела  $A'$  отличаются в  $\beta$  раз от компонентов напряжения тела  $A$ .

Если теперь мысленно преобразовать тело  $A$  в тело  $A'$  путем его членения и преобразования элементов, то придем к выводу, что все условия теоремы сохраняются за исключением того, что напряженность поверхностных сил тела  $A'$  будет отличаться в  $\beta$  раз, а объемные силы в  $\frac{\beta}{\alpha}$  раз, то есть  $\sigma' = \beta\sigma$  и  $\bar{K}' = \frac{\beta}{\alpha}\bar{K}$ .

3) Положим теперь, что при  $\beta = 1$ ,  $\alpha = 1$ , скорость протекания деформаций тела  $A'$  в  $\gamma$  раз отличается от скорости протекания деформаций тела  $A$ . Если теперь мысленно преобразовать тело  $A$  в тело  $A'$  путем его членения и преобразования элементов, то придем к выводу, что деформации и напряжения одинаковы в сходственные моменты времени  $t$  и  $t' = \gamma t$ , причем скорости нагружения поверхностными и объемными силами также подчиняются этому соотношению.

Мы видим, что все эти случаи независимы друг от друга. Поэтому можем сформулировать следующую основную теорему для общего случая подобия тел  $A$  и  $A'$ .

*Подобные тела  $A$  и  $A'$  находятся в подобном состоянии в сходственные моменты времени  $t$  и  $t' = \gamma t$ , причем напряжения равны соответственно  $\sigma$  и  $\sigma' = \beta\sigma$ , деформации равны  $\varepsilon$  и  $\varepsilon' = \gamma\varepsilon$ , смещения равны  $w$  и  $w' = \alpha\gamma w$  при условии, что в моменты времени  $t$  и  $t' = \gamma t$  напряженности поверхностных сил в сходственных точках равны  $\sigma$  и  $\sigma' = \beta\sigma$  и интенсивности объемных сил в сходственных точках равны  $K$  и  $K' = \frac{\beta}{\alpha}K$ .*

Соображения об однозначности решения, приведенные выше, сохраняются и для этого случая.

### 3. Некоторые следствия основной теоремы

*Следствие 1.* Если тела  $A$  и  $A'$  имеют начальные напряжения  $\sigma_0$  и  $\sigma'_0$  и начальные деформации  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon'_0$  в моменты  $t$  и  $t' = \gamma t$ , то для подобия их состояний должны быть выполнены условия:

\* Из этой теоремы следует, что различные величины: длина и перемещение, имеющие одинаковую размерность  $L^*$ , имеют различные множители подобия. Это объясняется тем, что нами введен множитель подобия  $\gamma^*$  для безразмерной величины—деформации.

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= \beta \sigma_0 \\ \varepsilon_0 &= \lambda \varepsilon_0 \end{aligned} \quad (4)$$

Только при выполнении этих условий загрузка тел  $A$  и  $A'$  по закону, предписанному теоремой, может обеспечить подобие состояний тел.

Теперь мы можем снять ограничение, сделанное выше, заключающееся в том, что подобные тела в прошлом не подвергались механическим воздействиям. Действительно, если тела  $A$  и  $A'$  в прошлом подвергались загрузке и разгрузке в соответствии с условиями теоремы, то начальные напряжения и деформации будут подчинены условиям (4). Мы можем утверждать также, что технологии изготовления тел  $A$  и  $A'$  должны быть таковы, чтобы условия (4) были выполнены.

*Следствие 2.* Погонные силы  $\bar{q}$  и  $\bar{q}'$ , распределенные вдоль сходственных кривых  $C$  и  $C'$  на поверхностях  $\Sigma$  и  $\Sigma'$  тел  $A$  и  $A'$ , должны подчиняться условию

$$\bar{q}' = \alpha \bar{q} \quad (5)$$

для обеспечения подобия состояний.

Действительно, рассмотрим полоску вдоль кривой  $C$  тела  $A$  шириной  $\Delta l$ . Пусть на этой полоске имеется сплошная нагрузка напряженностью  $\frac{q}{\Delta l}$ . Тогда, согласно условию теоремы, для обеспечения подобия состояний, тело  $A'$  должно быть загружено вдоль кривой  $C'$  по полоске  $\Delta l' = \alpha \Delta l$  (условие геометрического подобия) нагрузкой напряженностью  $\beta \frac{q}{\Delta l}$ . Переходя к пределу таким образом, чтобы при  $\Delta l \rightarrow 0$ ,  $q = \text{const}$ , получим погонные нагрузки для тел  $A$  и  $A'$  соответственно интенсивностью  $\bar{q}$  и  $\bar{q}' = \alpha \beta \bar{q}$ .

*Следствие 3.* Сосредоточенные силы  $\bar{P}$  и  $\bar{P}'$ , приложенные к сходственным точкам тел  $A$  и  $A'$  должны подчиняться условию

$$\bar{P}' = \alpha^2 \bar{P} \quad (6)$$

для обеспечения подобия состояний тел  $A$  и  $A'$ .

Действительно, пусть тело  $A$  загружено по поверхности на участке малой площади  $\Delta S$  нагрузкой  $P/\Delta S$ . Тогда для обеспечения подобия состояний, по сходственной площадке  $\Delta S'$  тела  $A'$  должна быть приложена нагрузка напряженностью  $\beta \frac{P}{\Delta S}$ .

Переходя к пределу при постоянстве  $P$  и учитывая, что в силу геометрического подобия имеет место  $\Delta S' = \alpha^2 \Delta S$ , получим (6).

*Следствие 4.* Сосредоточенные моменты  $M$  и  $M'$ , приложенные к сходственным точкам тел  $A$  и  $A'$ , должны подчиняться условию

$$M' = \alpha^2 \beta M \quad (7)$$

для обеспечения подобия состояний тел  $A$  и  $A'$ .

Пусть к телу  $A$  приложена пара сил  $P$  и  $-P$  с плечом  $\Delta l$ , так что  $M = P\Delta l$ . Если к телу  $A'$  в сходственных точках приложить пару сил  $P' = \alpha^2 \beta P$  и  $-P' = -\alpha^2 \beta P$ , то ее плечо должно быть равно  $\Delta l' = \alpha \Delta l$  для обеспечения подобия состояний. Отсюда получим условие (7).

*Следствие 5.* При обеспечении подобных состояний градиенты величин компонентов напряжений тела  $A'$  отличаются от градиентов величин компонентов напряжений тела  $A$  в  $\frac{\beta}{\alpha}$  раз, а градиенты величин компонентов деформаций тела  $A'$  отличаются от градиентов величин компонентов деформаций тела  $A$  в  $\frac{\beta}{\alpha}$  раз.

Пусть, например, в точках  $a_1$  и  $a_2$  тела  $A$  какой-либо компонент напряжений равен  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . В сходственных точках  $a_1'$  и  $a_2'$  тела  $A'$  по условию имеют место компоненты напряжений соответственно  $\sigma_1' = \beta \sigma_1$  и  $\sigma_2' = \beta \sigma_2$ . Скорость изменения напряжений в теле  $A$  равна

$$k = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{a_2 - a_1}$$

Скорость изменения напряжения в теле  $A'$  равна

$$k' = \frac{\sigma_2' - \sigma_1'}{a_2' - a_1'} = \frac{\beta}{\alpha} k,$$

что и требовалось установить. Аналогичное соотношение имеет место и для деформаций, следует лишь заменить  $\beta$  на  $\gamma$ . При простом подобии градиенты величин напряжений и деформаций обратно пропорциональны линейным размерам тел.

*Следствие 6.* Если граничные условия для тела  $A$  заданы в смещениях  $w$  точек поверхности, то для обеспечения подобного состояния необходимо сходственным точкам тела  $A'$  сообщить смещения  $w' = \alpha \gamma w$ .

Для обеспечения заданных смещений точек поверхности тела  $A$ , к ней должны быть приложены поверхностные силы определенной напряженности  $\tau$ . Если приложить поверхностные силы напряженностью  $\tau' = \beta \tau$  к телу  $A'$ , то обеспечится подобие состояний тел  $A$  и  $A'$ . Но при этом смещения точек тела  $A'$  будут равны  $w' = \alpha \gamma w$ . Поэтому, если граничные условия для тела  $A$  заданы в смещениях  $w$  точек поверхности, то заданными смещениями для сходственных точек поверхности тела  $A'$  должны быть  $w' = \alpha \gamma w$ , что и требовалось установить.

*Следствие 7.* Если граничные условия для тела  $A$  заданы частично в напряжениях  $\tau$  и частично в смещениях  $w$ , то в сходствен-

ных точках тела  $A'$  должны быть заданы сходственные напряжения  $\sigma' = \beta\sigma$  и смещения  $\bar{w}' = \alpha\gamma\bar{w}$  для обеспечения подобия состояния тел  $A$  и  $A'$ .

*Следствие 8.* Деформированные тела  $A$  и  $A'$  сохраняют в точности геометрическое подобие лишь при условии  $\gamma = 1$ .

Действительно, только в этом случае смещения сходственных точек тел  $A$  и  $A'$  относятся как их линейные размеры. Поэтому, строго говоря, основная теорема при  $\gamma \neq 1$  справедлива лишь при малых перемещениях, когда можно практически считать, что геометрическое подобие тел не нарушается и ориентация действующих сил по отношению к телам  $A$  и  $A'$  практически не изменяется.

При условии  $\gamma = 1$  результаты основной теоремы сохраняют свою силу и для больших перемещений, если силы действующие на тела  $A$  и  $A'$  одинаковым образом изменяют свою ориентацию. Действительно, если пересмотреть вывод основной теоремы, с этой точки зрения, то убедимся, что и в этом случае механические состояния элементов обоих тел неизменно удовлетворяют условиям подобия в процессе деформации.

*Следствие 9.* Внешние силы, приложенные к телам  $A$  и  $A'$ , удовлетворяющие условиям основной теоремы, совершают соответственно работы  $U$  и  $U' = \alpha^2\gamma U$ .

Рассмотрим, например, работу внешних поверхностных сил. Линейные размеры тела  $A'$   $\beta\alpha$  раз отличаются от линейных размеров тела  $A$ . Стало быть величины поверхностных сил приложенных к телам  $A'$  и  $A$  относятся как  $\alpha^2\beta$  (следствие 3).

Смещение точек поверхностей  $A'$  и  $A$  относятся как  $\alpha\gamma$ . Стало быть работы должны относиться как

$$\alpha^2\beta \cdot \alpha\gamma = \alpha^2\beta\gamma.$$

Доказательство для работ, развиваемых внешними объемными силами, а также силами внутренними, аналогично. Работы, отнесенные к единице объема обоих тел  $A'$  и  $A$  относятся как  $\beta\gamma$ .

*Следствие 10.* Если предельное состояние тела  $A$ , выраженное в напряжениях, погонных нагрузках, силах или моментах суть соответственно  $\sigma_{пр}$ ,  $q_{пр}$ ,  $P_{пр}$ ,  $M_{пр}$ , то предельное состояние тела  $A'$  соответственно выразится так:

$$\sigma'_{пр} = \beta\sigma_{пр}, \quad q'_{пр} = \alpha\beta q_{пр}, \quad P'_{пр} = \alpha^2\beta P_{пр}, \quad M'_{пр} = \alpha^2\beta M_{пр}. \quad (8)$$

Действительно, предельное состояние может быть достигнуто в процессе постепенного роста нагрузок и деформаций, то есть оно не выходит за пределы теоремы 1 и следствий 2, 3 и 4. При разрыве сплошности (возникновении трещины) подобие предельных состояний рассмотрим в последующем сообщении. Соотношения (8), при пластических деформациях, и пропорциональном росте внешних сил, могут быть непосредственно установлены из условий предельного равновесия  $A$ . А. А. Гвоздева [5].

## 4. Примеры

## 1. Теория упругости

Здесь будем рассматривать, для краткости, по одному уравнению каждого типа.

Уравнения равновесия для упругих тел  $A$  и  $A'$ :

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + K_x = 0,$$

$$\frac{\partial \sigma'_x}{\partial x'} + \frac{\partial \tau'_{x'y'}}{\partial y'} + \frac{\partial \tau'_{x'z'}}{\partial z'} + K'_x = 0.$$

Учитывая, в соответствии с теоремой 1, что  $z'_x = \beta z_x$  и т. д. и что  $K'_x = \frac{\beta}{\alpha} K_x$ , мы убеждаемся, поскольку  $x' = \alpha x$ , что оба уравнения тождественны.

Уравнения, выражающие зависимость деформаций от напряжений:

$$\varepsilon_x = \frac{z_x - \nu (\sigma'_y + \sigma'_z)}{E},$$

$$\varepsilon_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

и, соответственно

$$\varepsilon'_x = \frac{\sigma'_x - \nu' (\sigma'_{y'} + \sigma'_{z'})}{E'},$$

$$\varepsilon'_{x'y'} = \frac{\tau'_{x'y'}}{G'}.$$

Подставляя сюда значения  $E' = \frac{\beta}{\gamma} E$ ,  $G' = \frac{\beta}{\gamma} G$ ,  $\nu' = \nu$  найдем, что

$$\varepsilon'_x = \gamma \varepsilon_x, \quad \varepsilon'_{x'y'} = \gamma \varepsilon_{xy} \quad (\text{см. [2]}).$$

Уравнения, связывающие деформации с перемещениями

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_{xy} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y},$$

Подставляя сюда значения  $u' = \alpha u$ ,  $x' = \alpha x$ , найдем

$$\varepsilon'_x = \gamma \varepsilon_x.$$

Граничные условия для случая, когда заданы поверхностные силы

$$\sigma_x \cos(n, x) + \tau_{xy} \cos(n, y) + \tau_{xz} \cos(n, z) = F_{nx}$$

и

$$\sigma'_x \cos(n', x') + \tau'_{x'y'} \cos(n', y') + \tau'_{x'z'} \cos(n', z') = F_{n'x'}.$$

Имея в виду, что

$$\sigma_x = \beta \sigma'_x,$$

$$\tau_{xy} = \beta \tau'_{x'y'},$$

$$\tau_{xz} = \beta \tau'_{x'z'}$$

и что в силу подобия

$$\cos (n', x') = \cos (n, x),$$

$$\cos (n', y') = \cos (n, y),$$

$$\cos (n', z') = \cos (n, z),$$

найдем, что поверхностные силы должны подчиниться требованию

$$F'_{n'x'} = \beta F_{nx}.$$

Таким образом действительно теорема 1 обеспечивает подобие состояний упругих тел.

## 2. Техническая теория изгиба балок

Пусть тело  $A$  представляет собой балку как-либо закрепленную на опорах при пролете  $l$ , ширине  $b$ , высоте  $h$  и модуле упругости  $E$ . Балка загружена по длине погонной нагрузкой  $q$ , сосредоточенной силой  $P$  и сосредоточенным моментом  $M$ .

Пусть характеристика балки  $A'$  такова:

$$l' = \alpha l, \quad b' = \alpha b, \quad h' = \alpha h \quad \text{и} \quad E' = \frac{\beta}{\gamma} E.$$

Для обеспечения подобия состояний балок  $A$  и  $A'$  к балке  $A'$  должны быть приложены в сходственных точках нагрузки в соответствии со следствиями 2, 3 и 4:

$$q' = \alpha^2 \beta q, \quad P' = \alpha^2 \beta P \quad \text{и} \quad M' = \alpha^2 \beta M.$$

При этом имеют место следующие соотношения между напряжениями  $\sigma$  и  $\sigma'$ , а также прогибами  $y$  и  $y'$  балок  $A$  и  $A'$

$$\sigma' = \beta \sigma,$$

$$y' = \alpha \gamma y.$$

В частности при шарнирно опертой балке  $A$  пролетом  $l$ , несущей в середине груз  $P$ , имеем

$$M = \frac{Pl}{4}, \quad W = \frac{bh^2}{6}.$$

Напряжение в середине балки

$$\sigma = \frac{M}{W}.$$

Прогиб в середине балки

$$y = \frac{Pl^3}{48 EJ}.$$

Рассмотрим теперь балку  $A'$ :

$$M' = \frac{P'l'}{4} = \frac{(\alpha^2 \beta P)(\alpha l)}{4} = \alpha^2 \beta M,$$

$$W' = \frac{b' (h')^2}{6} = \frac{(\alpha b) (\alpha h)^2}{6} = \alpha^3 W,$$

$$a' = \frac{M'}{W'} = \frac{\alpha^3 \beta M}{\alpha^3 W} = \beta a,$$

$$\gamma' = \frac{P' (I')^3}{48 E' J'} = \frac{(\alpha^3 \beta P) (\alpha I)^3}{48 \left( \frac{\beta}{\gamma} E \right) (\alpha^4 J)} = \alpha \gamma.$$

Отсюда становится ясной преимущество зависимости модуля упругости от двух параметров  $\beta$  и  $\gamma$ , так как это позволяет существенно расширить область моделирования упругих тел.

### 3. Упруго-пластическое кручение стержня круглого сечения

Пусть тело  $A$  представляющее собою круглый стержень радиуса  $a$ , длину  $l$  находится под действием крутящего момента  $M$ .

Тогда касательное напряжение [4]:

$$\tau_r = \begin{cases} \frac{r}{c} \tau_s & \text{при } r \leq c, \\ \tau_s & \text{при } r > c, \end{cases}$$

где  $r$  — радиус,  $r = c$  — граница, отделяющая упругие деформации от пластических;  $\tau_s$  — предел текучести.

Скручивающий момент

$$M = M_* \left( 1 - \frac{1}{4} \frac{c^3}{a^3} \right),$$

где

$$M_* = \frac{2}{3} \tau_s a^3$$

есть предельный момент.

Угол поворота

$$\varphi = \frac{\tau_s}{G} \frac{l}{c}.$$

Пусть тело  $A'$  представляет собою круглый стержень радиуса  $a' = \alpha a$  и длиной  $l' = \alpha l$ , причем для него предел текучести  $\tau'_s = \beta \tau_s$ .

Покажем, что для обеспечения подобия состояний тел  $A$  и  $A'$ , следует к  $A'$  приложить крутящий момент  $M' = \alpha^3 \beta M$  (следствие 4).

Действительно, должно быть

$$\tau'_{r'} = \begin{cases} \frac{r'}{c'} \tau'_s & \text{при } r' \leq c' \\ \tau'_s & \text{при } r' > c' \end{cases}$$

$$M' = M_*' \left( 1 - \frac{1}{4} \frac{c'^3}{a'^3} \right),$$

где

$$M' = \frac{2}{3} \tau_3' \pi a'^3,$$

$$\varphi' = \frac{\tau_3'}{G'} \frac{l'}{c'}.$$

Подставляя в эти формулы

$$r' = \alpha r; c' = \alpha c; a' = \alpha a; l' = \alpha l; \tau_3' = 2\tau_3; G' = \frac{\beta}{\gamma} G$$

найдем, что в действительности

$$M' = \alpha^3 \beta M, M'_0 = \alpha^3 \beta M_0 \text{ (следствие 10),}$$

причем зоны распределения пластичности и упругости тел А и А' геометрически подобны и угол кручения

$$\varphi' = \gamma \varphi.$$

Институт стройматериалов и сооружений  
 Министерство строительства Армянской ССР

Ա. Գ. ՆԱԶԱՐԱՆԻ

ԳԻՆԵՒ ՄԱՐԿՈՒՆԵՆԻՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՆՄԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ  
 ԿՈՆՍՏՐԱԿՏԻՎԱՆԵՐԻ ՈՒ ԿԱՌՈՒՅՎԱՆՔՆԵՐԻ ՍԵՅՄՄԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ  
 ՄԵՋ ՆՐԱ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. լ. մ.

Հողի մասում զարգացված են [1] եղած խղեաները, որոնք թույլ են ապրիս պինդ և զեֆորմացիայի ենթարկվող մարմինների մեխանիկական նմանության և մոդելացման պայմանների պարզ, բայց և բախարար ու լրիվ նկարագրումը:

Մինչև հիմնական թևորեմայի ապացուցմանը անցնելը, կատարված են նախնական մի քանի գիտողություններ, որտեղ նշվում են էլիմենտար մարմնի հավասարակշռության, լարվածության անհրաժեշտ պայմանները, զեֆորմացիայի տեղորի և լարվածության թեղորի կապը: Տրված են երկու կոշտ մարմինների մեխանիկական նմանություն, նույնպես և նրանց երկրաչափական նմանությունը ապահովող պորժոնները, որոնք կախված են վերջիններիս մեջ հարաբերած չափերի ու խտության, զեֆորմացիայի ու լարվածության, ֆիզիկական հատկությունների՝ ինչպես և մասնաձևի ընթացքում զրանց փոփոխման կապից:

Թևորեմայի էությունը մասալորապես հետևյալն է: Մի Ա. մարմին, որը կարող է որոշակի լարվածություն անենալ իր Σ մակերևույթի վրա X, Y, Z հարթություններով, բաժանում ենք էլիմենտար ուղղանկյուն խորանարդների:

Անուհետև, մեծացնելով խորանարդների կողմերը  $\alpha$  անգամ, լարվածությունը նրա մակերևույթների վրա, ինչպես և զեֆորմացիոն գիճակը, պահպանում ենք ըստ մեր վազուրք ընդունած պայմանների: Մեծացված խորանարդիկները նույն կարգով հավաքելուց հետո ստանում ենք մի նոր մարմին՝  $\Lambda'$  իր  $\Sigma'$  մակերևույթով: Այս երկու մարմինները նման կետերում կանենան նույնանման լարվածություն և զեֆորմացիա: Այս թեորեման առաջին անգամ առաձգական մարմինների վերաբերյալ ապացուցված է եղել Վ. Լ. Կիրպիչևի կողմից ղևա անցյալ դարում:

Թեորեմայի ապացուցման ընթացքում մյուս գործոններից պատ գիտված է նաև մակերեսային և ծալալային ուժերի գիտամիկ փոփոխման առկալթյան պայմանը, որին հետևում է եզրակացությունը. եթե երկու միանման ամրացում աճեցող նման  $\Lambda$  և  $\Lambda'$  մարմինների միանման կետերում միաժամանակ կիրառվեն նույնաչափ լարվածություն մակերեսային ուժեր, որոնք փոխվում են միանման արագոթյամբ, ինչպես և միանման իրար հաստար արագոթյամբ փոփոխվող ծալալային ուժեր, որոնք հակադարձ համեմատական են այդ մարմինների գծային չափերին, ապա այս երկու մարմինների նույնանման կետերում եղած զեֆորմացիաները և լարվածությունները կհամընկնեն, իսկ տեղափոխումները կհարաբերեն ինչպես այդ մարմինների գծային չափերը:

Թեորեմայից արված են մի շարք հետևություններ:

Աշխատանքի վերջում օրինակների ձևով գիտված են մի շարք հավասարամեր առաձգականություն լուծում, հեծանների ծոման տեխնիկական տեղում, կոլոր հարվածքի ձողի առաձգա-պլաստիկական ոլորման բնագավառներից:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. A. Г. Назаров. ДАН АрмССР, т. XXV, № 3, 1957.
2. И. X. Арутюнян. Некоторые вопросы теории ползучести, ГТТИ, М., 1952.
3. В. Л. Кирпичев. О подобии при упругих явлениях. Собр. соч., том I, Издание Совета Петроградского политехн. ин-та, Петроград, 1917.
4. Л. М. Качанов. Основы теории пластичности. ГТТИ, М., 1956.
5. А. А. Гвоздев. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. М., Стройиздат, 1949.
6. Handbook of Experimental stress Analysis, Edited by M. Hetenyi, sec. prin., New York, London, 1954, Appendix II.

Л. А. ЧИЛНИГАРЯН

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕКОТОРЫХ ЭНЕРГО-ИРРИГАЦИОННЫХ СХЕМ НА ГОРНЫХ МАЛЫХ ВОДОТОКАХ

В технической литературе недостаточно освещены вопросы связанные с определением параметров энерго-ирригационного комплекса в южных горных районах. Имеются некоторые исследования по энергетическим и ирригационным особенностям горных районов [4], а также методы по определению машинного зонального орошения [1, 3], однако, они не дают конкретного метода решения задач энергетического и ирригационного использования малых водотоков в их взаимосвязи.

При составлении схемы рационального энерго-ирригационного использования этих водотоков, с целью возможно полного использования энергетических ресурсов, в технико-экономическом анализе, помимо других, должны рассматриваться и варианты, обеспечивающие максимальную энергетическую эффективность. Под этим термином в данной работе понимается максимальная выработка энергии за год (или максимальная среднегодовая мощность), максимальная выработка энергии за летний ирригационный период и максимальная гарантированная (обеспеченная) мощность летом.

В настоящей работе сделана попытка разработать методiku определения основных параметров отдельных и каскадно расположенных энерго-ирригационных установок в указанных выше районах, основываясь на принципе получения максимального энергетического эффекта с одновременным полным (или согласованным) удовлетворением нужд ирригации прилегающей к водотоку площади.

Такая постановка вопроса отвечает требованиям инструкции [2].

При определении основных параметров энерго-ирригационных установок в работе принимаются следующие допущения:

1. Считаются известными гидрологические характеристики используемого участка реки;
2. Принимаются известными характеристики орошаемой площади, т. е. границы орошения вдоль используемого участка водотока, график гидромодуля орошения (или максимальная  $q_{\text{макс}}$  и средняя  $q_{\text{ср}}$  орди-



### 1. Схема первая. Ступень каскада энерго-ирригационных установок

Сущность схемы заключается в следующем. Вода забирается в общий энерго-ирригационный канал, из которого часть воды отвлекается на ирригацию, а остальная часть поступает на ГЭС. Вода, отработанная на ГЭС в сумме с расходом, накопившимся в реке за счет притоков, снова делится между ирригацией и энергетикой по аналогичной описанной схеме (рис. 1).

Пропускные способности ирригационных каналов определяются площадями, заключенными между ними.

Основными параметрами, подлежащими определению, являются: высота ступени (напор гидростанции), забираемый общий расход и соотношение между расходами ГЭС и ирригации.

В качестве расчетного энергетического эффекта может быть принята мощность или энергоотдача ГЭС, в зависимости от связи ГЭС с энергосистемой и от требований, предъявляемых к ГЭС.

При связи гидростанций с энергосистемой, имеющей регулирующие станции, рассматриваемым эффектом будет энергоотдача ГЭС в годовом разрезе. В случае изолированной работы ГЭС, когда ее мощность зимой больше, чем летом в ирригационный период (это

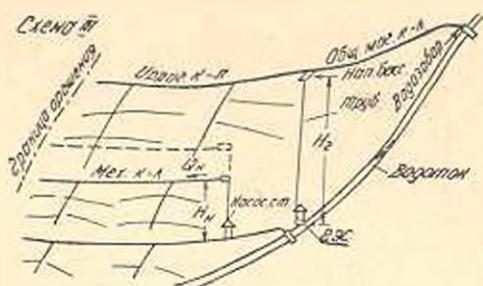


Рис. 3.

обстоятельство требует проверки), во многих случаях потребуется обеспечение возможно большей гарантированной мощности в летний период, или же—обеспечение возможно большей энергоотдачи. В первом случае, при известном забираемом расходе в общий водозабор, с увеличением высоты ступени мощность ГЭС, а также выработка энергии вначале возрастает, а затем убывает вследствие увеличения потребного ирригационного расхода. Каждому значению расчетного расхода соответствует одно значение оптимальной высоты соответствующей максимальной энергоотдаче, которая тем больше, чем больше расчетный расход. Поэтому, выработка энергии ГЭС с увеличением расчетного расхода может увеличиваться, а затем снижаться, так как увеличением оптимального напора отнимаемый ирригационный расход все возрастает за счет расхода ГЭС.

Для учета отнимаемого ирригационного расхода в летний поливной период гидрологический год делим на летний и зимний периоды и строим соответствующие кривые продолжительности расходов (рис. 4).

Годовая выработка энергии на рассматриваемой ступени, с учетом

объема ирригационного расхода

$$Q_{\text{ир}} = A_{\text{ир}} A H^m \quad (3)$$

в летнем периоде, выразится формулой:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{гоа}} = A_{\text{г}} \left[ H (Q_{\text{р}} - A_{\text{ир}} A H^m) t_{\text{л}} + H \int_{t_{\text{л}}}^{T_{\text{л}}} (Q_{\text{р}} - A_{\text{ир}} A H^m) dt_{\text{л}} + \right. \\ \left. H Q_{\text{р}} t_{\text{з}} + H \int_{t_{\text{з}}}^{T_{\text{з}}} Q_{\text{р}} dt_{\text{з}} \right], \quad (4) \end{aligned}$$

где  $A_{\text{г}} = 9,81 \eta_{\text{г}}$  — коэффициент мощности ГЭС;

$\eta_{\text{г}}$  — к. п. д. гидростанций;

$A_{\text{ир}} = q_{\text{макс}} \frac{\eta_{\text{па}}}{\eta_{\text{ис}}}$  — коэффициент ирригационной характеристики оро-

шаемой площади;

$T_{\text{л}}$  — продолжительность летнего периода в часах;

$T_{\text{з}}$  — продолжительность зимнего периода;

$t_{\text{л}}$  — продолжительность расчетного расхода  $Q_{\text{р}}$  в летнем периоде (в часах);

$t_{\text{з}}$  — то же и зимнем периоде.

Из условия максимума  $\mathcal{E}_{\text{гоа}}$  (дифференцируя  $\mathcal{E}_{\text{гоа}}$  по  $H$  и по  $Q_{\text{р}}$  и приравнявая нулю) получаем следующее значение оптимальной высоты ступени:

$$H_{\text{опт}} = \sqrt[m]{\frac{\omega_{\text{р. опт}}}{(m+1) A_{\text{ир}} A T_{\text{л}}}}, \quad (5)$$

где

$\omega_{\text{р. опт}}$  — оптимальное значение используемого годового стока (уменьшенное 3600 раз).  $\omega_{\text{р. опт}}$  определяется совместным решением следующих уравнений:

$$\omega_{\text{р}} = (t_{\text{л}} + t_{\text{з}}) Q_{\text{р}} + \int_{t_{\text{л}}}^{T_{\text{л}}} Q_{\text{р}} dt_{\text{л}} + \int_{t_{\text{з}}}^{T_{\text{з}}} Q_{\text{р}} dt_{\text{з}}, \quad (6)$$

$$\frac{\omega_{\text{р}}}{(m+1) T_{\text{л}}} = \frac{t_{\text{л}} + t_{\text{з}}}{\frac{dt_{\text{л}}}{dQ_{\text{р}}}}, \quad (6')$$

где

$Q_{\text{л}}$  и  $Q_{\text{з}}$  — расходы по кривой обеспеченности (продолжительности) летнего и зимнего периодов.

Уравнения (6) и (6') легко решаются графоаналитическим способом, при заданных значениях  $Q_{\text{р}}$ . Если имеются аналитические выражения

функции  $t_1 = f_1(Q_1)$  и  $t_2 = f_2(Q_2)$ , решение можно произвести аналитически.

Если известны забираемые средние используемые расходы [5] в летний ( $Q_{с.л.}$ ) и зимний ( $Q_{с.з.}$ ) периоды, то годовую выработку энергии ГЭС можно выразить следующей формулой:

$$\mathcal{E}_{год} = A_T H [(Q_{с.л.} - A_{ирр} A H^m) T_1 + Q_{с.з.} T_2]. \quad (4)$$

Дифференцируя  $\mathcal{E}_{год}$  по  $H$  и приравнявая полученное выражение нулю, определяем:

$$H_{опт} = \sqrt[m]{\frac{Q_{с.л.} (1 + \alpha_Q \alpha_1)}{(m+1) A \cdot A_{ирр}}}. \quad (7)$$

Здесь обозначены

$$\alpha_Q = \frac{Q_{с.з.}}{Q_{с.л.}} \quad \text{и} \quad \alpha_1 = \frac{T_2}{T_1}$$

Согласно формул (3) и (7) при  $H_{опт}$  соотношение расходов ирригации и ГЭС в летнем периоде составит:

$$\frac{Q_{ирр}}{Q_{гэс.л.}} = \frac{1 + \alpha_Q \alpha_1}{1 - \alpha_Q \alpha_1} \quad (8)$$

Нетрудно заметить, что полученное выражение не зависит от характеристического коэффициента ирригации  $A_{ирр}$  и от постоянного коэффициента роста площади  $A$ .

Если за расчетную энергетическую эффективность принять обеспечение максимальной выработки энергии в летний период, то задача сводится к частному случаю предыдущей.

В ф-ле (7), принимая  $Q_{с.з.} = 0$  и коэффициентом  $\alpha_{ор}$  (коэффициент плотности графика гидромодуля  $\alpha_{ор} = \frac{q_{ср.л.}}{q_{макс}}$ ), учитывая возможность использования сбросных расходов ирригации, получим:

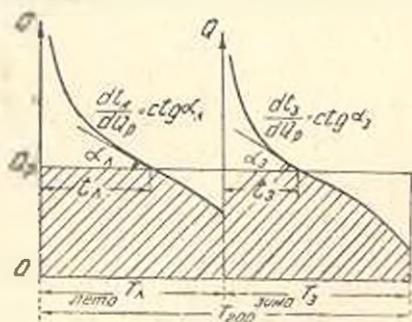


Рис. 4

$$H_{мин} = \sqrt[m]{\frac{Q_{с.л.}}{(m+1) \alpha_{ор} A_{ирр} A}} \quad (7')$$

Отношение средних расходов будет

$$\frac{Q_{ирр. ср.}}{Q_{гэс. ср.л.}} = \frac{1}{m} \quad (8')$$

Возможен также частный случай, когда имеется необходимость получения максимальной обеспеченной мощности летом. При этом в расчетах вместо среднего расхода следует взять минимальный обеспеч, Изв. ТН, № 5

печенный расход летом ( $Q_{\text{мин. л.}}$ ) и не учесть  $\alpha_{\text{ор}}$ .  
Тогда

$$H_{\text{опт}} = \sqrt[m]{\frac{Q_{\text{мин. л.}}}{(m+1) A_{\text{ир}} A}} \quad (9)$$

Соотношение расходов будет:

$$Q_{\text{гвс. л.}} = \frac{m}{1+m} \cdot Q_{\text{мин. л.}}; \quad \frac{Q_{\text{гвс. л.}}}{Q_{\text{гвс. л.}}} = \frac{1}{m} \quad (8'')$$

Следует учесть, что высота ступени не может быть больше предельной

$$H_{\text{пред.}} = \sqrt[m]{\frac{Q_{\text{мин. л.}}}{A_{\text{ир}} A}} \quad (10)$$

при которой расход  $Q_{\text{мин. л.}}$  целиком поступает на ирригацию. Поэтому в случае  $H_{\text{опт}} > H_{\text{пред.}}$  надо положить  $H_{\text{ступень}} = H_{\text{пред.}}$ . Только в случае (9) можно с уверенностью сказать, что всегда  $H_{\text{опт}} < H_{\text{пред.}}$ .

Отношение  $\frac{H_{\text{опт}}}{H_{\text{пред.}}} = \frac{1}{\sqrt[m]{m+1}}$  (11) зависит только от формы

кривой роста площади. Оно практически, как и видно из таблицы 1, изменяется в пределах  $\frac{H_{\text{опт}}}{H_{\text{пред.}}} = 0,424 \div 0,633$  (если учесть, что для небольших площадей  $m = 0,33 \div 3,0$ ).

Таблица 1

$m$	0,33	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
$\frac{H_{\text{опт}}}{H_{\text{пред.}}}$	0,424	0,445	0,50	0,544	0,578	0,633
$\frac{Q_{\text{гвс. л.}}}{Q_{\text{мин. л.}}}$	0,25	0,333	0,5	0,6	0,667	0,75
$\frac{Q_{\text{ир.}}}{Q_{\text{мин. л.}}}$	0,75	0,667	0,5	0,4	0,333	0,25
$\frac{Q_{\text{ир.}}}{Q_{\text{гвс. л.}}}$	3,0	2,0	1,0	0,667	0,5	0,333

Оптимальную высоту ступени  $H_{\text{опт}}$  для приведенных выше случаев легко определить графическим способом при помощи действительной кривой  $\Omega = f_{\Omega}(H)$ .

## 2. Схема вторая. ГЭС на спаде нижней ветки ирригационного канала

Такая схема (рис. 2) часто встречается в практике проектирования ирригационных каналов вне каскада ГЭС, особенно в предгорных районах.

Здесь, как и в рассмотренном выше случае, в летний период забирается расход определенной обеспеченности  $Q_x = Q_{\text{ир}}$  и им осуществляется орошение определенной площади.

$$\Omega_0 = \frac{Q_x}{A_{\text{ир}}}$$

следовательно, падение отметок орошаемой площади  $H_0$ , при известных боковых границах орошаемой площади определению. Из формулы (3) и (4) следует, что:

$$H_0 = \sqrt[m]{\frac{\Omega_0}{A}} = \sqrt[m]{\frac{Q_x}{A_{\text{ир}} A}} \quad (10')$$

Но площадь  $\Omega_0$  делится на две части  $\Omega_0 = \Omega_1 + \Omega_2$ . Площадь  $\Omega_1$  орошается верхней веткой канала, а  $\Omega_2$  — нижней. Ирригационный расход в нижней ветке проходит через ГЭС, следовательно, чем больше  $\Omega_2$ , тем больше расход ГЭС. Но так как площадь  $\Omega_2$  можно увеличить только за счет верхней ее границы, что связано с уменьшением напора ГЭС, то задача сводится к определению энергетически оптимального напора на ГЭС. Под последним здесь, как и в прежней схеме, можно понимать напор, при котором обеспечивается гарантированная летняя мощность, или максимальная летняя выработка энергии, или максимальная годовая выработка энергии.

Несмотря на то, что эта схема отличается от первой, вопрос решается так же, как при первой схеме. Действительно, в данном случае перепад  $H_0$  в пределах орошаемой площади играет такую же роль, как и предельная высота ступени в первой схеме. Перепад же на нижней ветке канала (напор ГЭС) можно определить тем же способом и по тем же формулам, по которым определяется оптимальная высота ступени по первой схеме.

### 3. Третья схема. Участие механического орошения в энерго-ирригационном комплексе

Эта схема (рис. 3) также имеет большое распространение. Введение в энерго-ирригационную схему насосной станции на канале нижней ступени (или при некаскадной схеме на отводящем канале ГЭС) для подачи воды на орошение нижней полосы данной ступени позволяет соответствующий ей расход пропустить через ГЭС, получая при этом дополнительную мощность (энергию). При увеличении напора насосной станции увеличивается площадь механического орошения, следовательно, и дополнительный расход, проходящий через ГЭС, что вызывает увеличение дополнительной мощности и энергии. С другой стороны, увеличение напора насосной станции увеличивает потребляемую ею мощность.

Разность между получаемой дополнительной мощностью (энергией) на ГЭС и потребной мощностью (энергией) для работы насосной

станции дает энергетический эффект от включения механического орошения.

С энергетической точки зрения, оптимальный напор насосной станции должен обуславливать максимум энергетического эффекта.

Рассмотрим случаи, когда высота ступени задана и когда она не задана.

В первом случае энергетической эффективностью является разность дополнительной мощности на ГЭС  $N'_r$  и потребной мощности для насосной станции  $N_n$ , которая составляет:

$$N'_r - N_n = A_r A_{np} A \left[ H_r^m - (H_r - H_n)^m \right] \left( H_r - H_n \frac{A_n}{A_r} \right), \quad (12)$$

где  $H_r$  — заданная высота ступени (напор ГЭС);

$H_n$  — высота нагнетания насосной станции;

$A_n = \frac{9,81}{\tau_{н.с.}}$  — коэффициент мощности насосной станции;

$\tau_{н.с.}$  — к. п. д. насосной станции.

Из условия максимума получаем:

$$\frac{H_{н. опт.}}{H_r} = 1 - \sqrt[m]{\frac{\alpha_n}{m + \alpha_n - \alpha_n(m+1) \frac{H_{н. опт.}}{H_r}}} \quad (13)$$

где  $\alpha_n = \frac{A_n}{A_r}$

Уравнение (13) можно решить методом последовательного приближения или графоаналитически.

В таблице 2 даются значения  $\frac{H_{н. опт.}}{H_r}$  и  $\frac{N'_r - N_n}{N_r}$  в зависимости от  $m$  и  $\alpha_n$ , по этим данным видно, что  $\frac{H_{н. опт.}}{H_r}$  для выпуклого профиля ( $m < 1,0$ ; если ширина площади по высоте не меняется) больше, чем для вогнутого ( $m > 1,0$ ) и тем меньше, чем меньше к. п. д. ГЭС и насосной станции. То же можно сказать насчет величины  $\frac{N'_r - N_n}{N_r} = \frac{Q_{доп.}}{Q_{ос. л.}} \cdot \frac{m}{(m+1) \frac{m}{m+1}}$ , т. е. относительного увеличения дополнительной мощности.

Относительное увеличение общей мощности ГЭС  $N'_r - N_r + N'_r$  составит:

$$\frac{N'_r}{N_r} = \frac{Q_{с. л.} - Q_{ос. л.} \left( 1 - \frac{H_{н. опт.}}{H_r} \right)^m}{Q_{ос. л.}} \quad (14)$$

Если  $H_r = H_{r. \text{ опт.}}$  (по I-й схеме) то:

$$\frac{N_r'}{N_r} = 1 - \frac{1}{m} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{H_n}{H_r} \right)^m \right]. \quad (14')$$

Отношение мощности насосной станции  $N_n$  к первоначальной мощности ГЭС  $N_r$  составит:

$$\frac{N_n}{N_r} = \frac{a_n}{A_r} \cdot \frac{Q_{\text{нр}}}{Q_{\text{гэс. н}}}, \quad (15)$$

где 
$$a_n = A_n \frac{H_{n. \text{ опт.}}}{H_r} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{H_{n. \text{ опт.}}}{H_r} \right)^m \right].$$

В случае когда  $H_r = H_{r. \text{ опт.}}$  (по I-й схеме):

$$\frac{N_n}{N_r} = \frac{a_n}{A_r} \cdot \frac{1}{m}; \quad (15')$$

$$\frac{N_n}{N_r} = \frac{a_n}{A_r} \cdot \frac{m-1}{m(m+2)} \quad (16)$$

Таблица 2

Значения  $\frac{H_n}{H_r}, \frac{N_r' - N_n}{N_r}$

Отношение	$\alpha_n$ $m$	1,0	1,57	1,79
		( $\gamma_r = 1,0$ $\gamma_{н.с.} = 1,0$ )	( $\gamma_n = 0,85$ $\gamma_{н.с.} = 0,75$ )	( $\gamma_n = 0,8$ $\gamma_{н.с.} = 0,7$ )
$\frac{H_n}{H_r}$	0,5	0,55	0,33	0,295
	1,0	0,50	0,32	0,280
	1,5	0,46	0,307	0,267
$\frac{N_r' - N_n}{N_r}$	0,5	0,296	0,172	0,151
	1,0	0,25	0,160	0,140
	1,5	0,217	0,147	0,136

В таблице 3 даются оптимальные соотношения  $\frac{N_r'}{N_r}, \frac{N_n}{N_r}$  и  $\frac{N_n}{N_r'}$

Из этой таблицы видна тенденция уменьшения указанных соотношений с увеличением  $m$  и  $\alpha_n$ . Приведенные в таблицах 2 и 3 отношения соответствуют случаю, когда заданная величина  $H_r$  является оптимальной (для данной  $m$ ) по схеме без участия насосов (I и II схемы), в остальных случаях когда  $H_r \neq H_{r. \text{ опт.}}$  эти отношения будут больше.

Другие параметры насосной станции и ГЭС (расходы, мощности и т. д.) легко можно определить на основе приведенных параметров.

Пользуясь действительной кривой  $Q = f_2(H)$  и заданными значениями  $\gamma_r, \gamma_{н.с.}, H_{н. \text{ опт.}}$  легко определяется графическим способом.

В случае выборочного использования участка водотока, аналогично первой схеме высота ступени (напор ГЭС) также может быть не заданной. Тогда задача энергетического решения заключается как в определении высоты нагнетания насосной станции  $H_n$ , так и определении напора ГЭС  $H_r$ , с тем, чтобы на данной ступени получить максимум энергетической эффективности.

Таблица 3

		Значения $\frac{N_r^*}{N_r}$ ; $\frac{N_n}{N_r}$ ; $\frac{N_n}{N_r^*}$		
Отношение	$\alpha_n$	1,0 ( $\tau_r = 1,0$ $\tau_{н.с.} = 1,0$ )	1,57 ( $\tau_r = 0,85$ $\tau_{н.с.} = 0,75$ )	1,79 ( $\tau_r = 0,8$ $\tau_{н.с.} = 0,7$ )
	$m$			
$\frac{N_r^*}{N_r}$	0,5	1,667	1,36	1,32
	1,0	1,50	1,32	1,28
	1,5	1,40	1,27	1,25
$\frac{N_n}{N_r}$	0,5	0,363	0,187	0,168
	1,0	0,240	0,161	0,140
	1,5	0,225	0,135	0,095
$\frac{N_n}{N_r^*}$	0,5	0,218	0,112	0,101
	1,0	0,167	0,107	0,094
	1,5	0,163	0,096	0,084

Расчетной эффективностью нужно считать полезную мощность ступени летом, т. е. разность мощностей ГЭС и насосной станции.

$$N_r^* - N_n = A_r Q_n H_r - A_{np} A (H_r - H_n)^m (A_r H_r - A_n H_n) - A_{np} A_n A H_r^m = \text{макс.} \quad (17)$$

Здесь  $Q_n$  — забираемый общий расход летом — средний или минимальный, в зависимости от того, что имеется в виду — средняя или обеспеченная мощность летом.

Из условия максимума функции ( $N_r^* - N_n$ ) легко определить искомые  $H_r$  и  $H_n$ . Здесь необходимо отметить, что отношение  $\frac{H_n}{H_r}$  оста-

Таблица 4  
Значения  $\frac{H_n}{H_{\text{прод.}}}$ 

$m$	$\alpha_n$	1,0	1,57	1,79
	0,5	0,61	0,53	0,52
1,0	0,67	0,59	0,58	
1,5	0,71	0,64	0,61	

ется таким же, как в первом случае, при заданном  $H_r$  (см. табл. 2). Отношение же  $\frac{H_n}{H_{\text{прод.}}}$  (см. табл. 4) несколько больше, чем

по схеме без участия механического орошения (формула 11, табл. 1), и это тем более ощутимо, чем выше к. п. д. насосной станции и ГЭС т. е. чем меньше  $\alpha_n$ .

Анализ зависимостей других параметров насосной станции и ГЭС аналогичен приведенному анализу по задаче при заданном  $H_r$ .

## 4. Каскад энерго-ирригационных установок.

## Разбивка каскада

Последовательно расположенные вдоль водотока энерго-ирригационные установки по первой схеме представляют из себя каскад. Поэтому, к вопросу определения параметров отдельных ступеней необходимо подходить с точки зрения энергетической эффективности каскада в целом [5].

Для решения поставленной задачи необходимо располагать связью между изменениями орошаемой площади  $\Omega$  и перепадом  $H$ :

$$\Omega = f_2(H) = AH^m.$$

Кроме того, для определения возможных забираемых расходов отдельных ступеней, при варьировании высотами ступеней, необходимо иметь также кривую роста средних используемых расходов ( $Q_{с.н.}$ ) водотока (определяемые по ф-ле 1) по мере его падения.  $Q_{с.н.}$  определяется по кривой обеспеченности по ф-ле [5]:

$$Q_{с.н.} = \frac{1}{100} \int_0^{Q_p} P(Q) \cdot dQ, \quad (18)$$

где  $P(Q)$ —функция обеспеченности от расхода  $Q$  в процентах.

Связь же  $Q_{с.н.}$  последовательных створов реки, называемая напорной характеристикой, для малых горных водотоков (на участках между значительными притоками) можно с достаточной для практических расчетов точностью выразить ф-лой ([5]):

$$Q = Q_n + \alpha H^\gamma, \quad (19)$$

где  $Q_n$ —расход в начале рассматриваемого участка;

$Q$ —то же на падении  $H$ , отсчитывая от начала участка (в дальнейшем индекс к  $Q_{с.н.}$  будем опускать);

$\alpha$  и  $\gamma$ —постоянные коэффициенты.

Таким образом, располагая кривыми роста площади и средних используемых расходов, можно разбить каскад между ступенями так, чтобы одновременным удовлетворением нужд ирригации получить максимальную суммарную энергию (среднегодовую мощность) на всех ГЭС каскада.

Из приведенной схемы (рис. 5) видно, что расход на каждой ступени делится на две части—энергетическую и ирригационную. Последняя в сумме известна для всего участка  $Q_{ир.уч.} = A_{ир} H_{уч.}^m$ , но для отдельных ступеней она зависит от высоты данной ступени и увеличивается с увеличением последней.

В случае разбивки участка реки на две ступени (рис. 5а) ус-

ЛЮВЛЯ ЗАДАЧИ ТАКОВЫ:

$$H_1 + H_2 = H_{\text{уч.}}$$

$$Q_2 = Q_1 + \alpha H_1^{\gamma}$$

$$Q_{\text{пр. 1}} = A_{\text{пр}} A H_1^m$$

$$Q_{\text{пр. 2}} = A_{\text{пр}} A (H_{\text{уч.}}^m - H_1^m).$$

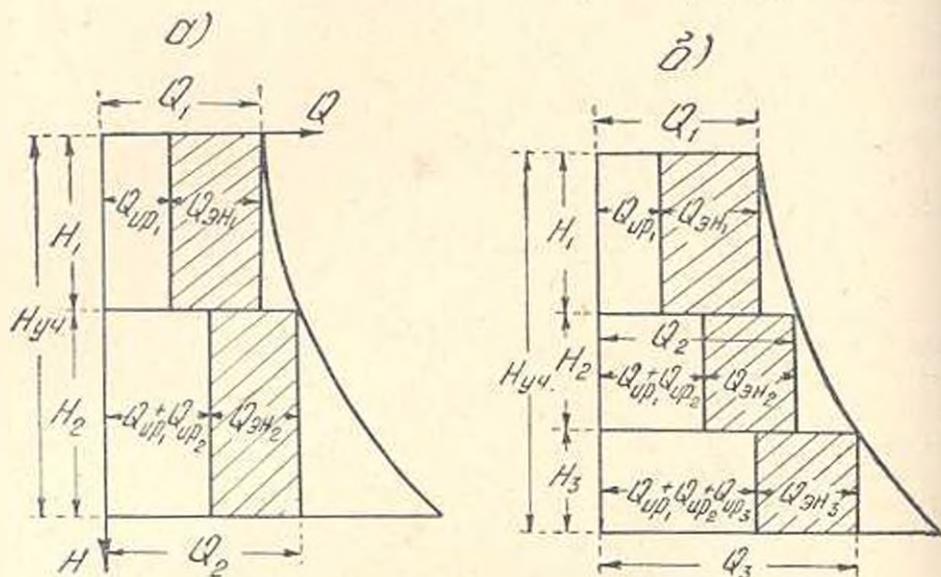


Рис. 5

Условия максимума выработки энергии на двух ГЭС каскада за год будет:

$$H_1 Q_1 T_2 + H_2 (Q_1 - A_{\text{пр}} \cdot A H_1^m) T_2 + H_2 (Q_1 + \alpha H_1^{\gamma} - A_{\text{пр}} A H_{\text{уч.}}^m) T_2 = \text{макс.} \quad (20)$$

Дифференцируя по  $H_1$ , приравнявая нулю и расчлняя по степеням  $\gamma$  и  $m$ , будем иметь:

$$H_{\text{уч.}} \alpha \gamma H_1^{\gamma-1} T_{\text{гол}} - \alpha T_{\text{гол}} (\gamma + 1) H_1^m = - A_{\text{пр}} A T_2 (m + 1) H_1^m - A_{\text{пр}} A H_{\text{уч.}}^m T_2; \quad (20')$$

где

$$T_{\text{гол}} = T_2 + T_2.$$

$H_{1, \text{опт}}$  определяется решением уравнения (20') графоаналитическим способом, или аналитически при целых числах  $\gamma$  и  $m$ .

Таблица 5

Значения $\frac{H_{1, \text{опт.}}}{H_{\text{уч.}}}$				
$\gamma$	1	2	3	
$m$				
1	0,5	0,66	0,75	
2	0,56	0,25 ÷ 0,47	0,75	
3	0,63	0,55 ÷ 0,63	0,45 ÷ 0,65	

В таблице 5 приведены оптимальные величины  $\frac{H_{1, \text{опт.}}}{H_{\text{уч.}}}$  для нескольких значений  $\gamma$  и  $m$ , откуда видно, что  $\frac{H_1}{H_{\text{уч.}}}$  зависит от  $\gamma$  и  $m$  и их комбинации. Характерно что  $\frac{H_1}{H_{\text{уч.}}} = 0,5$  при  $\gamma = 1,0$ ;  $m = 1,0$ .

При разбивке участка на три

(рис. 5б), четыре и более число ступеней решение осложняется в связи с увеличением неизвестных переменных. Однако при этом так же можно поступить аналогичным образом, применяя графоаналитический способ.

### 5. Некоторые соображения по технико-экономическим расчетам энерго-ирригационного комплекса

Рассмотренные выше схемы, как отвечающие максимальному энергетическому эффекту, становятся одними из наиболее целесообразных (особенно для небогатых энергоресурсами районов) и могут быть использованы в вариантном технико-экономическом анализе.

Целью же технико-экономических расчетов в случае рассмотрения комплекса является соответствующее обоснование схемы и выбор основных параметров с тем, чтобы получить максимально возможный суммарный эффект для комплекса в целом. Методика такого расчета в технической литературе разработана недостаточно. Это объясняется тем, что определение эффективности сооружений и установок комплексного назначения представляет из себя сложную задачу. Сложность прежде всего заключается в трудности сопоставления эффективностей отдельных составляющих комплекса.

По нашему мнению, к этому вопросу можно подойти путем стоимостной оценки отдельных компонентов. Для сопоставления же необходимо иметь общий измеритель сравнения. Для рассматриваемого энерго-ирригационного комплекса измерителем может служить стоимость единицы приведенной продукции, определяемой по ф-ле:

$$S_{\text{прив.}} = \frac{\Sigma U}{\mathcal{E} + \frac{\mathcal{E}_{\text{ир.}}}{s_2} \cdot \Omega_{\text{орош.}}}, \quad (21)$$

где  $\Sigma U$  — суммарные издержки,  $\Sigma U = U_3 + U_{\text{ир.}}$ ;

$U_3$  — годовые издержки, относящиеся к энергетике (с учетом тяжести капиталовложений);

$U_{\text{ир.}}$  — то же для ирригации (в расчете нет необходимости распределять издержки на  $U_3$  и  $U_{\text{ир.}}$ );

$\mathcal{E}$  — годовая выработка энергии по среднему году в квтч-ах;

$\Omega_{\text{орош.}}$  — орошаемая площадь в га;

$s_2$  — средняя себестоимость единицы энергии по данному району, с учетом тяжести капиталовложения;

$s_{\text{ир.}}$  — то же для ирригации на один га (с учетом затрат по строительству и эксплуатации только гидротехнических сооружений).

По (21)  $S_{\text{прив.}}$  имеет смысл себестоимости, так как знаменатель представляет из себя приведенную к энергии продукцию. По аналогии принципа минимума себестоимости, оптимальное решение (параметры комплекса) должно соответствовать условиям  $S_{\text{прив.}} = \text{минимум}$ .

Указанный принцип нельзя применить для выбора источника энергии или определения относительных масштабов энергетики и ирригации вообще. С его помощью можно определить оптимальные пара-

метры только конкретного объекта (или схемы) энерго-ирригационного комплекса с обязательным удовлетворением потребности ирригации, принимаемой постоянной во всех расчетах данной схемы.

В случае каскада энерго-ирригационных установок можно брать варианты, определенные по изложенному выше энергетическому методу—для различных чисел ступеней, сохраняя общую площадь орошения. Вариантный анализ дает возможность определить экономичное число ступеней и параметры каскада (аналогично [5]), отвечающие минимуму себестоимости приведенной продукции по всему каскаду.

## В ы в о д ы

1. При определении параметров энерго-ирригационных схем на малых горных реках для рационального использования гидроресурсов необходимо в технико-экономическом анализе учесть варианты, отвечающие максимальному энергетическому эффекту.

С этой точки зрения оптимальный напор гидростанции в энерго-ирригационных схемах (I, II, см. рис. 1, 2), являющийся одновременно высотой перепада между двумя ирригационными каналами, зависит от характера роста по высоте орошаемой площади, гидромодуля орошения, коэффициента использования орошаемой площади и к. п. д. оросительной системы; соотношения зимних и летних расходов и продолжительностей соответствующих периодов.

Указанный оптимальный напор и другие параметры можно определить на основе предлагаемого в работе метода.

2. При включении насосной станции на нижней ступени каскада энерго-ирригационных установок или на отводящем канале ГЭС отдельной установки для подъема воды на нижнюю полосу орошаемой площади, при оптимальной высоте подъема можно получить максимальный выигрыш в мощности (энергии) летом, достигающий до 20% и выше (от первоначальной мощности без включения насосов).

Соответствующая оптимальная высота нагнетания насосной станции, которую можно определить предлагаемым методом, зависит от параметров кривой роста орошаемой площади и к. п. д. ГЭС, а также к. п. д. насосной станции.

3. При энерго-ирригационном использовании малой горной реки каскадом установок, без ущерба для ирригации, можно разбить падение участка реки так, чтобы получить максимальный суммарный энергетический эффект (выработка энергии) на всех ГЭС участка.

Соотношение высот ступеней, следовательно, и расходов на ГЭС и ирригации, помимо напорной характеристики зависит как от кривой роста орошаемой площади вдоль подтока, так и от заданного числа ступеней. Приведенным в работе методом можно определить соответствующие оптимальные соотношения.

4. При экономическом расчете выбора общих параметров отдельной энерго-ирригационной установки можно исходить из принципа минимума себестоимости приведенной продукции энергетики и ирригации (с обязательным удовлетворением нужд ирригации).

Себестоимость приведенной продукции можно установить в зависимости от выработки электроэнергии и размера орошаемой площади по предлагаемой в работе формуле.

Водно-энергетический институт  
Академии наук Армянской ССР

Поступило 5 IV 1957

Լ. Ա. ԶԻՆԻՆԻԱՐԱՆ

ԼՆԵՐԳԱՅԻՆ ՓՈՔՐ ԳԵՏՏՐԻ ՎՐԱ ԳՏՆՆՈՂ ՄԻ ՔԱՆԻ ԷՆԵՐԳԱ-  
ԻՌԻԳԱՅԻՆ ՍԵՆՄԱՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ  
ՈՐՈՇՄԱՆ ՇՈՒՐՋ

Ա մ փ ո փ ու մ

Էներգատիրոջացիոն կամայեքսի պարամետրերի որոշման հարցը, որն առանձնապես կարևոր է փոքր զեռերի սայրիոնայ օդատարածման սխեմաներ կազմելու տեսակետից, բավարար չափով չի պարզարանված տեխնիկական դրականություն մեջ:

Տվյալ աշխատություն մեջ փորձ է արված տալ էներգատիրոջացիոն միջանի սխեմաների հիմնական պարամետրերի (ելքերի հարաբերություն, գէսի նապորի և այլն) որոշման մեկնույնը, որոնք հիմնված են մաքսիմում էներգատիրական էֆեկտ (էներգատարադրանք, հզորություն) ստանալու սկզբունքի վրա:

Դիտարկվում են հետևյալ սխեմաները. ա) էներգատիրոջացիոն կայանների կառուցի մեկ առանձինն ստորման և ամբողջ կասկադ (նկ. 1, 3), բ) որոշակի հողատարածության ոռոգման երկճյուղ ջրանցք, որի ներքևի ճյուղի անկման վրա դրսևում է հիդրոկայանը (նկ. 2), գ) մեխանիկական ոռոգման միացումը նախորդ էներգատիրոջացիոն սխեմաներին (նկ. 3):

Քննարկ լուծման համար անհրաժեշտ է ունենալ ինչպես գետի հիդրոլոգիական ավյայները, այնպես էլ ոռոգման հողատարածության բնութագրերը. — այն է՝ նրա մակերևույթի աճման կարը կախված նիշերի անկումից (րանաձև 1, 2), հիդրոմոդուլի պրաֆիկը, հողային օդատարածման դորմակիցը և ոռոգման սխեմաի օ. դ. դ.ն:

Ըստ այս սխեմաների գէսի նապորի աճմանը զուգընթաց մեծանում է համապատասխան նիշերի անկում ունեցող ոռոգման հողատարածությունը, — հետևապես ոռոգման ջրատու մն բնականուր ջրանցքից ավելանում է, իսկ գէսի ելքը՝ սլակասում: Քննարկի հիմնական իմաստն է գտնել այն նպատակահարմար նապորը, որի զեռում ոռոգման ջրատման պայմաններում գէսը ապիս է մաքսիմում էներգիա տարվա մեջ (րանաձև 4), կամ ուժաովա

ոռոգման ջրօնում, կամ էլ մաքրվում ապահովված հզորություն (դիտարկվում է սխեմանափոփոց գէս)։ Խնդիրը լուծվում է նշված այս կամ այն հաշվային քննունդով, Էներգետիկական էֆեկտի մաքրվումի պայմանից (բանաձև 5, 7, 7<sup>0</sup>)։

Էներգախիզացիոն սխեմայում պոմպակայանի միացման (ՏՖ. 3) իմաստը կայանում է նրանում, որ ավյայ հողատարածությունների ներքևի դոտին ոռոգվում է մեխանիկական բարձրացմամբ, որը հնարավորություն է տալիս ջրի համապատասխան էջը հապորային ավազանից ոռոգման ջրանցք տալու փոխարեն ուղղել դեպի հիդրոկայան։ Այս դեպքում հաշվային Էներգետիկական էֆեկտ հանդիսանում է գևի լրացուցիչ հզորության և պոմպակայանի պահանջով հզորություն տարբերությունը (բանաձև 12, 17)։ Մեխանիկական բարձրացման օպտիմալ չափը (բանաձև 13, աղյուսակ 2, 4) որոշվում է նշված էֆեկտի մաքրվումի պայմանից։

Էներգախիզացիոն կայանների կանաչի դեպքում (նկ. 1, 5) աստիճանների բաժանումը կատարվում է գէսերի զուտարային մաքրվում արտադրանքի սկզբունքով (բանաձև 20), դեռի երկայնքով ընկած ոռոգելի տարածություն ջրի պահանջի բավարարման պայմաններում։

Առաջարկվող մեխանիզմ կարելի է կազմել սխեմաներ նախնական նախագծման ստադիայում, որոնք կարող են ծառայել որպես նպատակահարմար վարիանտներ տեխնիկա-տեխնոլոգիական վերլուծման համար։ Տեխնոլոգիա հիմնավորված վարիանտ կարելի է ընտրել բերված արտադրանքի միջիմաստի ինքնարժեքի (բանաձև 21) սկզբունքով։

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. П. Войнич-Сяноженцкий—Установление рациональной ирригационной схемы для системы с машинным зональным водоподъемом. ВНИИГиМ, Автореферат докторской диссертации, 1951 г.
2. Инструкция ВНИИГ—Энергетические расчеты ГЭС. 1945 г.
3. Н. В. Мостицкий—О наимыгоднейшей широте подъема воды при машинном орошении. „ГТС“, № 7. 1937 г.
4. Принципы и методы комплексного использования водных ресурсов малых бассейнов, АН СССР, секция по научной разработке проблем водного хозяйства, часть III. 1950 г.
5. Л. А. Чилингарян—К вопросу разбивки горных водотоков на ступени каскада деривационных ГЭС. Известия АН Арм. ССР, том X, № 2, 1957 г. (серия техн. наук).

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Л. В. ШАХСУВАРЯН

АНАЛИЗ РАБОТЫ СТЫКОВ БАЛОК-НАСТИЛОВ НА  
СЕЙСМИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Существенная роль противодействия междуэтажного перекрытия разрушению стен здания при землетрясении несомнения. Представляя собой горизонтальную диафрагму и создавая общую связь между продольными и поперечными стенами, междуэтажное перекрытие как-бы становится опорой для них при горизонтальном воздействии статических или динамических сил. Замоноличивание железобетонных балок в сборном междуэтажном перекрытии является одним из важных факторов надежности работы перекрытия. Однако, несколько жесткие требования, предъявляемые Положением по строительству в сейсмических районах сборным междуэтажным перекрытиям в части замоноличивания балок, в значительной мере затрудняют эти работы и тормозят внедрение сборных элементов перекрытий в большом масштабе в строительстве в сейсмических районах [1]. Исходя из этого мы попытались проанализировать, хотя бы в первом приближении, действительную работу стыков балок сборного перекрытия при воздействии горизонтальных сейсмических сил, с целью установления возможности облегчения вышеотмеченных требований.

§ 1. Точного расчета прочности междуэтажного перекрытия здания и вообще прочности здания на сейсмическую нагрузку не имеется. Для такого расчета необходимо пользоваться теорией колебания коробчатых конструкций, частично ослабленных отверстиями [2]. Применение точного математического аппарата для проведения подобного рода расчетов нецелесообразно. Следовательно, при расчете прочности междуэтажного перекрытия приходится исходить из определенных допущений.

При расчете на сейсмостойкость опасными для здания являются горизонтальные колебания почвы, а для жестких соединений — импульсивные силы, предшествующие силам инерции длительнопериодных колебаний. Поочередно рассмотрим два возможных случая, когда направление землетрясений перпендикулярно продольным стенам здания и когда параллельно им.

Ввиду того, что в данном случае анализируется только работа междуэтажного перекрытия, сделаем допущение, что отрыва стен от перекрытия не имеет места. Это значит, что горизонтальная инерционная нагрузка от массы стены данного участка передается междуэтажному перекрытию.

Для анализа работы стыков балок-настилов сборного междуэтажного перекрытия начнем с того случая, когда сейсмическая сила направлена перпендикулярно к продольным стенам здания.

Просмотрев план здания, характерный для гражданского строительства (рис. 1), нетрудно заметить, что две заштрихованные балки перекрытия вместе с рваными им по ширине отрезками продольных

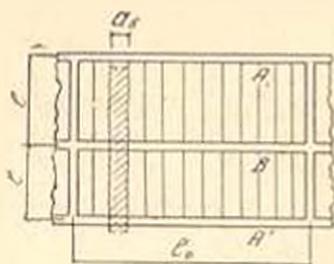


Рис. 1.

стен под действием инерционной нагрузки могут получить перемещение в горизонтальной плоскости по направлению сейсмического воздействия, если этому не будут противодействовать связи между балками перекрытия, а также прочность на сдвиг самой кладки стен. В связи с прочностью швов кладки стен, в сравнительно трудных условиях работы могут находиться междуэтажные пе-

рекрытия в зданиях, собранных из крупных блоков, и особенно при двухразрезной кладке. При расчете для запаса берем именно такую кладку (рис. 2б). Из-за возможной ничтожной прочности вертикальных швов кладки, можем работу последних не брать в учет и считать, что вся инерционная нагрузка передается связям балок перекрытия.

Из этого следует, что при наличии сборного междуэтажного перекрытия, собранного из железобетонных пустотелых балок, или других видов настила, стыки и швы

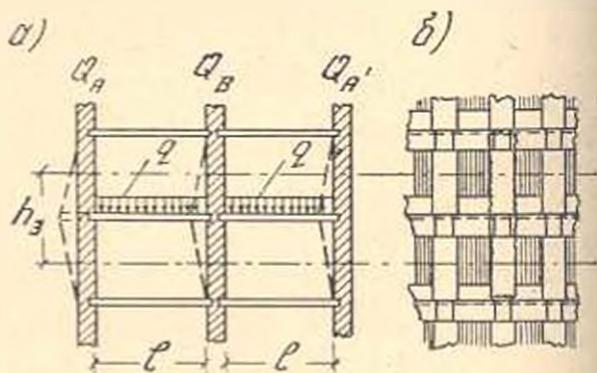


Рис. 2.

должны работать на горизонтальный сдвиг. Проследим, какой величины напряжения сдвига появятся в стыках междуэтажного перекрытия по время землетрясения силой соответственно 7, 8 и 9 баллов.

Для такого анализа необходимо исходить из конкретных цифровых данных. Возьмем следующие их значения. Пролет  $l$  между продольными стенами (рис. 2а) обычно не превышает 6 м. Ширины же двух, четырех и шести-пустотелых балок-настилов бываюг соответ-

ственно в пределах: 0,4; 0,8; 1,2 м. Мы примем для расчета шестипустотную балку, ибо, чем шире балка-настил, тем большая горизонтальная нагрузка падает на один и тот же шов или на один и те же стыки. Высоту этажа принимаем  $h_2 = 3,6$  м как максимально встречающуюся в строительстве. Неупомянутые, но необходимые для расчета данные, как например, объемные веса кладки, перекрытия, полезная нагрузка на перекрытия и т. д. находятся по нормативным табличным данным.

При расчете горизонтальные нагрузки, действующие на балки перекрытия и заставляющие последние перемещаться относительно друг друга в горизонтальной плоскости, примем от массы стен высотой равной одному этажу и шириной равной ширине балки-настила, а также от массы 2-х балок-настилов, помещенных между отмеченными отрезками продольных стен (рис. 2-а).

Горизонтальную сейсмическую нагрузку посчитаем по формуле

$$S = \alpha K_c P.$$

Значение  $P$  определится из выражения

$$P = 2 Q_A + Q_B + 2 (Q_{\text{ст}} + ql).$$

где  $Q$  — вес стен и балок,  $q$  — полезная нагрузка на балки. Для простоты можем считать, что  $Q_B$  вес внутренней стены равен  $Q_A$  — весу внешней стены, где проемы не учтены. Полезную нагрузку на балки перекрытия добавим к собственному весу самой балки. Тогда будем иметь

$$P = 3Q_A + 2Q_0$$

Отдельно подсчитаем каждый из этих членов:

$$Q_A = h_2 \cdot b_{\text{ст}} \cdot a_6 \cdot \gamma_{\text{кл}} = 3900 \text{ кг}$$

где  $h_2$  — высота этажа, равная 3,6 м;  $b_{\text{ст}}$  — толщина стены, в среднем — 0,5 м;  $\gamma_{\text{кл}}$  — максимальный объемный вес кладки из местных туфов  $1,8 \text{ т/м}^3$ ;  $a_6$  — ширина полосы стены 1,2 м.

Аналогично поступаем и для балки:

$$Q_0 = F_{\text{пусто}} \cdot l_0 \cdot \gamma_0 + l_0 \cdot a_6 \cdot q_n = 2810 \text{ кг.}$$

где  $F_{\text{пусто}}$  — поперечное сечение балки с учетом пустот;  $l_0$  — длина балки в свету, принятая нами равной 6 м;  $a_6$  — ширина шестипустотной балки — 1,2 м;  $q_n$  — полезная нагрузка на перекрытия —  $150 \text{ кг/м}^2$ , без учета коэффициента перегрузки;  $\gamma_0$  — объемный вес легкого железобетона, в среднем равный  $2000 \text{ кг/м}^3$ . Окончательно вес участка стен балок перекрытия совместно с полезной нагрузкой будет равен

$$P = 3 \times 3900 + 2 \times 2810 = 17320 \text{ кг.}$$

Выбирая значение коэффициента  $\alpha$  из таблицы, исходя из динамических характеристик рассчитываемого элемента здания, примем мак-

симальное значение  $\alpha$  равным 5, который может быть характерным для таких жестких соединений, как в данном случае соединение балок перекрытия раствором швом. Такой подход объясняется намерением выбрать наилучшие условия для работы перекрытия.

В результате подстановки имеющихся значений, а также для 7-балльного района коэффициента сейсмичности  $K_c = 1/40$ , получаем следующую величину горизонтальной сейсмической нагрузки

$$S_7 = 5 \times \frac{1}{40} \times 17320 = 2165 \text{ кг.}$$

Данная нагрузка действует по боковым плоскостям балок. Стало быть при стыке в виде простого растворного шва, получившегося между железобетонными балками перекрытия, на срез работают боковые поверхности данных балок, общая площадь которых равна

$$F_{\text{срез}} = 4 \times l_6 \times h_6 = 4 \times 600 \times 17 = 40800 \text{ см}^2,$$

где  $l_6$  и  $h_6$  соответственно длина и высота той части балки, куда заливается раствор.

Отсюда можно подсчитать величину тангенциального напряжения в шве между балками перекрытия

$$\tau_7 = \frac{S_7}{F_{\text{срез}}} = \frac{2165}{40800} = 0,05 \text{ кг/см}^2.$$

Если произведем такой же расчет для районов с сейсмичностью 8 и 9 баллов, то получим величины тангенциального напряжения соответственно  $\tau_8 = 0,10 \text{ кг/см}^2$  и  $\tau_9 = 0,21 \text{ кг/см}^2$ .

§ 2. Вернемся снова к случаю, когда сейсмическая нагрузка действует перпендикулярно к продольным стенам здания. Тогда, как видно из рис. 3, продольные стены под действием инерционных сил будут изгибаться в горизонтальной плоскости, имея свободный пролет  $l_6$ . Замоноличенное сборное междуэтажное перекрытие, будучи заземленным в поперечных стенах здания, которые служат для них опорами, в данном случае работает по схеме горизонтальной балки-пластинки [3]. Горизонтальная инерционная нагрузка, действующая на эту балку-пластинку в виде равномерно распределенной нагрузки,

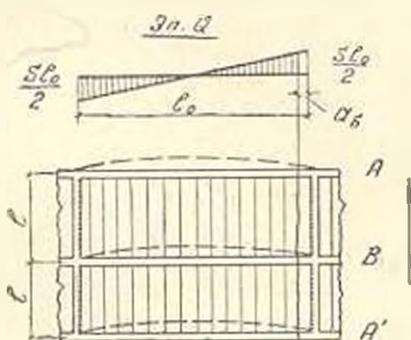


Рис. 3.

получившейся от массы продольных стен и от веса самих перекрытий дает максимальное значение поперечной силы у опор последних. Следовательно вблизи поперечных стен здания, где появляются значительные величины максимальных поперечных усилий, стыки между балками перекрытия подвергаются действию среза.

Как и прежде, для запаса игнорируем работой кладки стен на срез и на изгиб и будем считать, что вся горизонтальная инерционная нагрузка передается только на стыки перекрытия.

При расчете горизонтальных нагрузок нес стен высотой в один этаж рассчитываемого здания берем брутто, т. е. не учитываем проемные пустоты в стенах, что снова идет в запас. Остальные данные уже фигурировали в предыдущем расчете и на них больше останавливаться не будем.

Как уже отметили, данная сейсмическая нагрузка действует по длине перекрытия в виде равномерной нагрузки, поэтому для удобства расчета масс, выделим в плане вдоль продольных стен участок равный 1 пог. м. Тогда вес трех стен будет

$$Q_{\text{стен}} = 3 (h_{\text{э}} \cdot l \cdot b_{\text{ст}} \cdot \gamma_{\text{кз}}) = 9720 \text{ кг.}$$

Нагрузка от междуэтажного перекрытия, учитывая на нем и полезную нормативную нагрузку  $q_n = 150 \text{ кг/м}^2$ , будет

$$Q_{\text{пер}} = 2 (Q_{\text{за}} + 1 \cdot l_0 \cdot q_n) = 5260 \text{ кг.}$$

Общая вертикальная нагрузка от стен и перекрытия в пог. м будет

$$P = Q_{\text{стен}} + Q_{\text{пер}} = 9720 + 5260 \approx 15000 \text{ кг.}$$

Принимая те же значения коэффициентов, что и в предыдущем примере, подсчитаем сейсмическую нагрузку приходящую на 1 пог. м длины перекрытия

$$S_{\text{распр.}} = \alpha K_c P = 5 \times \frac{1}{40} \times 15000 = 1875 \text{ кг/п. м} = 18,75 \text{ кг/п. см.}$$

Эпюра перерезывающих сил в случае однопролетной балки-пластинки под действием равномерно распределенной горизонтальной нагрузки будет треугольной формы, как показано на рис. 3, с максимальной ординатой у опор  $\frac{S_{\text{распр.}} \cdot l_0}{2}$ . Однако, возможен срез скорее всего произойдет не между стеной и первой балкой междуэтажного перекрытия, а между первой и второй балками, так как первая балка связывается с поперечной стеной другими конструктивными более надежными приемами; близлежащий же шов (стык) находится в худших условиях. Это значит, что расчетная перерезывающая сила должна быть  $S_{\text{распр.}} \left( \frac{l_0}{2} - a_0 \right)$ , где  $a_0$  — ширина балки перекрытия, принятая у нас равной 1,2 м;  $l_0$  — свободная длина продольных стен, или, что одно и то же, рабочий пролет рассчитываемой балки-пластинки\*. Полученная перерезывающая сила будет распределяться между стыками (швами) двух балок перекрытия (рис. 3). Имея значения поперечной сейсмической нагрузки и рабочую площадь швов, подсчитаем тангенциальное напряжения по следующей формуле:

\* Для 7-балльной зоны, нормативная длина для кладки второй категории  $l_0 < 20 \text{ м.}$

$$\tau_1 = \frac{S_{\text{распр.}} \left( \frac{l_0}{2} - a_0 \right)}{2 \cdot l_0 \cdot h_0} = \frac{18,75 \left( \frac{2000}{2} - 120 \right)}{2 \times 600 \times 17} = 0,81 \text{ кг/см}^2.$$

Аналогичным образом подсчитанные тангенциальные напряжения для 8 и 9 балльной зоны соответственно составляют

$$\tau_8 = 1,62 \text{ кг/см}^2 \text{ и } \tau_9 = 3,24 \text{ кг/см}^2$$

§ 3. Теперь возьмем тот случай, когда направление сейсмической силы совпадает с направлением продольных стен здания. Из схемы (рис. 4) видно, что на этот раз в неблагоприятных условиях находятся

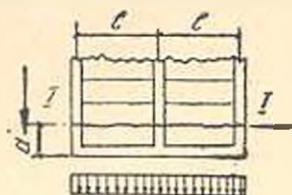


Рис. 4.

торцевые стены, которые изгибались под инерционной нагрузкой в своей плоскости. Стены эти, при ненадежном закреплении с продольными стенами и балками перекрытия, могут вывалиться в наружную сторону. Следовательно, в этом случае в стыках балок междуэтажного перекрытия появятся растягивающие усилия. Подсчитаем снова на конкретном примере какие напряжения могут возникнуть в стыках от горизонтальных инерционных сил землетрясения.

План здания, компоновку стен и все размеры берем такими же, какими были они в предыдущем примере. Снова, как допущение, примем, что вертикальные швы двухразрезной кладки не работают на растяжение, и вся горизонтальная нагрузка передается на междуэтажное перекрытие. Более опасным вариантом, с точки зрения получения максимальной инерционной нагрузки, является тот случай, когда торцевая стена получает отрыв по вертикальной штрабе, показанной на рис. 5. Как видно, сечение кладки по этой поперечной плоскости здания сильно ослаблено проемами.

В случае отрыва торцевой стены по всей высоте здания, на долю каждого междуэтажного перекрытия придется нагрузка от стен высотой одного этажа.

Пренебрегая работой швов кладки, предполагаем, что инерционная нагрузка от торцевой стены, от крайних балок двух пролетов с полезной нагрузкой на них и, наконец, от оторванных частей продольных стен передается на швы междуэтажных перекрытий (рис. 4). Учитывая вышензложенное подсчитаем веса, создающие инерционные нагрузки при колебании здания.

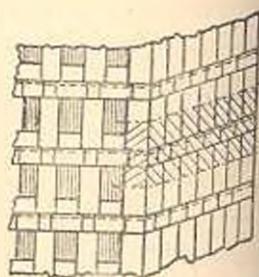


Рис. 5.

$$Q_{\text{стен}} = h_3 \cdot b_{\text{ст}} \cdot \gamma_{\text{кл}} (2l_0 + 3a') = 55400 \text{ кг,}$$

где  $a'$  — участок продольных стен длиной равной ширине одной балки перекрытия, плюс толщина торцевой стены, которые соответственно

имеют значения 1,2 м и 0,5 м. Остальные обозначения остаются прежними.

Для веса крайних отрывающих балок перекрытия с полезной нагрузкой используем ранее подсчитанные значения

$$Q_6 = 2 (F_{\text{нетто}} \cdot l_6 \cdot \gamma_6 + b_6 \cdot a_6 \cdot q_n) = 2 \times 2810 = 5620 \text{ кг.}$$

Принимая старые значения  $\alpha = 5$ , и  $K_c = 1/40$  (для семибалльной зоны) получим полную инерционную нагрузку

$$S_2 = 5 \times \frac{1}{40} (55400 + 5620) = 7627 \text{ кг.}$$

Так как эта нагрузка распределяется на швы двух балок междуэтажного перекрытия, то напряжение от нормального растяжения в швах будет

$$\sigma_2 = \frac{S_2}{F} = \frac{7627}{20400} = 0,37 \text{ кг/см}^2.$$

Подсчитав аналогичным образом для зон 8 и 9-балльной интенсивности, получим соответственно напряжения  $\sigma_8 = 0,75 \text{ кг/см}^2$  и  $\sigma_9 = 1,50 \text{ кг/см}^2$ .

Резюмируя произведенные подсчеты по работе перекрытия при сейсмической горизонтальной нагрузке получим следующую картину максимальных напряжений сдвига и растяжения в швах (стыках) железобетонных балок междуэтажного перекрытия.

Коэффициент $\alpha$	Вид напряжения	Интенсивность землетрясения		
		7 баллов	8 баллов	9 баллов
5	Сдвиг $\text{кг/см}^2$ Растяжение $\alpha \text{ кг/см}^2$	0,81	1,62	3,24
5		0,37	0,75	1,50

При анализе полученных результатов нельзя упускать из виду, что в этих расчетах взяты были самые возможно худшие исходные данные, которые увеличивали расчетные нагрузки. Так, например, были взяты максимальные значения:

- высоты этажа;
- объемного веса кладки;
- полезной нагрузки на балки перекрытия.

Также были сделаны следующие допущения, с той же целью:

а) кладка стен во всех случаях не участвует в работе перекрытия и горизонтальные сейсмические нагрузки целиком передаются балкам перекрытия;

б) при расчете горизонтальных нагрузок от массы стен проемы в стенах не учитываются.

Наряду с этими допущениями при расчете не были учтены два момента, конечно, существенно не ухудшающих работу стыков. Первое, при расчете напряжения от сдвига в швах (стыках) балок, кроме напряжения от горизонтальной сейсмической нагрузки, не было возможным учесть и те напряжения сдвига, которые могли появиться от несовместного и неравномерного изгиба смежных балок перекрытия, вследствие воздействия вертикальных нагрузок; второе, в случае растяжения было принято, что горизонтальная сейсмическая нагрузка действует центрально относительно высоты растворных швов (стыков), в то время как данная нагрузка в действительности может действовать и с некоторым эксцентриситетом.

Анализ работы стыков междуэтажного сборного перекрытия на воздействие сейсмической нагрузки показал, что стыки между балками настила претерпевают усилия сдвига и растяжения. Исходя из этого перед нами была поставлена задача экспериментальным путем изучить работу стыков балок междуэтажного сборного перекрытия, с целью выбора рационального вида стыка, который мог бы себя оправдать как с точки зрения надежности работы в сейсмических условиях, так и по легкости технологии возведения и экономичности.

Итак, для испытания на сдвиг и растяжение было изготовлено 6 партий стыков разных конструкций. Кроме одного вида стыка, осуществленного в виде растворного шва, остальные все пять видов помимо растворного шва имели также армированные шпонки. Не останавливаясь на исследовании всех шести видов стыков, приводим некоторые данные о стыке, осуществленного в виде растворного шва. Стыки этой партии возводились на двухпустотных железобетонных балках заводского изготовления. Раствор брался марки „100“ на кварцевом песке, составом 1:0,2:3 (цемент : шлам : песок). Консистенция раствора полужидкая, с погружением конуса СтройЦНИЛ-а 10-11 см.

Изготовленные 12 образцов стыков в виде растворного шва (рис. 6) после месячной выдержки испытывались на сдвиг и растяжение по общепринятой методике, не нуждающейся в разъяснении. Испытания показали, что временное сопротивление данного стыка при сдвиге и растяжении составляет соответственно  $\tau = 5 \text{ кг/см}^2$  и  $\sigma = 2,8 \text{ кг/см}^2$ .

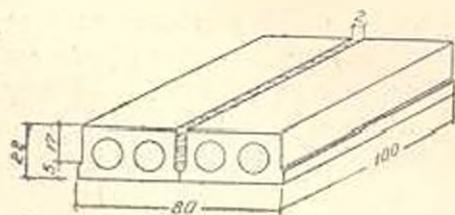


Рис. 6.

Имея под рукой некоторые сравнимые данные, полученные путем анализа работы стыков междуэтажного сборного перекрытия, а также результаты испытания этих же стыков, приходим к следующим выводам:

1. Стыки сборного междуэтажного перекрытия, испытывающие горизонтальные инерционные нагрузки, могут претерпевать уси-

для сдвига и усилия нормального растяжения. При этом необходимо отметить, что преобладающим видом усилия являются усилия сдвига.

2. При самых невыгодных предположениях, в запас прочности, игнорируя совместную работу кладки стен с перекрытием, для расчетной сейсмичности 7 баллов сдвигающее напряжение в стыках балок междуэтажного перекрытия получается менее  $1 \text{ кг/см}^2$ ; растягивающее напряжение составляет половину последнего.

3. Испытанием стыка в виде растворного шва, при растворе марки „100“, было установлено, что временное сопротивление последнего при сдвиге и растяжении несколько раз выше ожидаемых соответствующих напряжений, получаемых в швах (стыках) балок междуэтажного перекрытия при интенсивности землетрясения 7 баллов. Следовательно, стыки железобетонных балок сборного междуэтажного перекрытия в зданиях до 5 этажей, при расчетной сейсмичности 7 баллов, можно осуществлять в виде растворного шва на растворе марки „100“, не прибегая к стыкованию с помощью армированных шпонок, которые в известной мере удорожают и усложняют производство работ.

Институт строительных материалов и сооружений АН Армянской ССР

Поступило 15 V 1957

Լ. Վ. ՇԱՆՈՒՎԱՐՅԱՆ

ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԱՅԻՆ ՈՒԺԵՐԻ ՏԱԿԻ ՀԵՄԱՆ-ՎՐԱՔԱՇՆԵՐԻ ԱՄՐԱԿՅՈՒՄՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՎԵՐԼՈՒՄՈՒՄԸ

Ու մ փ ո ւ փ ո ս մ

Հողվածուժ առաջ են քաշված երկաթբետոնե հեծաններից համաքվող միջնարկային ծածկերի ամրակցումների աշխատանքի այն հնարավոր եղանակները, որոնք կարող են առաջանալ երկրաշարժի վեպքում: Առանձին-առանձին գիտված են հեծանների ամրակցումների աշխատանքը, երբ երկրաշարժային երկայնական ալիքները ազդում են շինքի բնակրկայնական պատերին դուգանիս ազդու թլամբ կամ ուղղահարաց են վերջիններիս:

Ամրակցումների աշխատանքի վերլուծման համար վերցված է շինքի մի սխեմա, որը մեծ բնդհանրութլուն ունի և տարածված է քաղաքացիական շինարարութլյան մեջ (նկ. 1): Ելնելով շինքի կոնստրուկցիաների կոնկրետ պայմաններից, նկատի ունենալով պատերի շարվածքի տեսակը, ծածկի հեծանների ձևը, ինչպիս և հաջվի համար պիաք կկող ծավալային կշիռները, օգտակար բեռնվածութլյունը միջնարկային ծածկի վրա և այլն մեծութլյուններ, (1) բանաձևով շաղվված է իներցիոն ուժերի այն մեծութլյունը, որն ընկնում է միջնարկային ծածկերի ամրակցումների վրա: Այդ

հաշվումների ժամանակ հեծանների ամրակցումների համար հնարավոր վառ պայմաններ ստեղծելու նպատակով պատերի շարվածքի աշխատանքը սահքի, ծաման և ձգման զեղքերում հաշվի չի առնված:

Երկրաշարժային ուժերի ազդեցությունը շենքի երկայնական պատերին ուղղահայաց լինելու դեպքում միջնարկային ծածկերի ամրակցումների աշխատանքը դիտված է երկու սխեմաների համաձայն: Առաջին սխեմայի դեպքում (նկ. 1) դիտված է շենքի՝ միջնարկային հավաքովի ծածկի հեծանի լայնությունը մի լայնական հատվածքի սահքի դեֆորմացիան: Երկրորդ սխեմայում միջնարկային հավաքովի ծածկի հեծանները ընդունված են որպես մոնոլիտացված սալեր, ուստի դիտված է նրանց կտրման աշխատանքը (նկ. 3): Այս երկու դեպքերի համար էլ հաշվված է ամրակցումների մեջ առաջացող սահքի ճիգերի մեծությունները, ինժեներական սեռակետից հետաքրքրություն ներկայացնող սեյսմիկության 7,8 և 9 բալլ ինտենսիվության դեպքում:

Երկրաշարժային ուժերի ազդեցության՝ շենքի երկայնական պատերին դուղահեռ լինելու դեպքում, ամրակցումների մեջ առաջանում են ձգող ճիգեր (նկ. 4): Այս դեպքում նույնպես հաշված է այդ ճիգերի մեծությունները, հաշվային կոնկրետ պայմանների համար: Զոման և սահքի տարրերը դեպքերում առաջացող ճիգերի հաշվված մեծությունները բերված են առանձին աղյուսակով:

Երկրաշարժային ուժերի տակ հավաքովի միջնարկային ծածկի հեծանների ամրակցման աշխատանքը անալիզի ենթարկելուց և որոշակի թվական տվյալներ ստանալուց հետո մեր կողմից լաբորատոր փորձարկումներ են զրվել տարբեր ձևերի ամրակցումները սահքի և ձգման ենթարկելու համար: Փորձարկման նմուշները պատրաստված էին գործարանային արտադրությունների երկսնամեջ երկաթբետոնե հեծաններից: Երկայնացված 6 տարրեր կոնստրուկցիաների ամրակցումներից մեկը միայն շաղախի կտրանի ձևով և առանց մտադաստի դիտվելու մաս ունեցող ամրակցում էր (զմ. 6): Այդ ամրակցման մեջ օգտագործված էր «100» մարկայի կիտայյժ կոնստրուկցիա ունեցող խողը շաղախ: Փորձարկման համընդհանուր եզանակով սահքի ու ձգման են փորձարկվել վերը նշված ախպի ամրակցման 12 նմուշներ:

Հոլվածի վերջում բերված են միջնարկային ծածկի երկաթբետոնե հեծանների նշված ամրակցման վրա կոնստրուկցիայի սահքի և ձգման լաբորատոր փորձարկման արդյունքները: Այն համեմատված է հաշվումներից ստացված տվյալների հետ և արված է պրակտիկ եզրակացություն:

### Л и т е р а т у р а

1. Положение по строительству и сейсмических районах (ПСР-101—51). М., 1952.
2. К. С. Завриев. Динамика сооружений. М., 1946.
3. Г. Л. Войчек. О применении сборных железобетонных перекрытий в сейсмических районах. Журнал «Бетон и железобетон», № 3, 1956.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Г. М. ЧОМАХИДЗЕ

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ АРОЧНЫЙ МОСТ С ЖЕСТКОЙ АРМАТУРОЙ

Между двумя густонаселенными районами города, для обеспечения нормальной связи между ними, взамен двух эксплуатируемых старых металлических балочных мостов малой грузоподъемности, шириной 6 и 8 м, был построен новый арочный мост шириной 25,6 м, который обеспечивает пропуск всех видов современного городского транспорта.

Новый мост железобетонный, двухпролетный (рис. 1), с речным пролетом в 43 м и береговым пролетом в 20 м (автор проекта и руководитель строительства моста Г. М. Чомахидзе, автор архитектур-

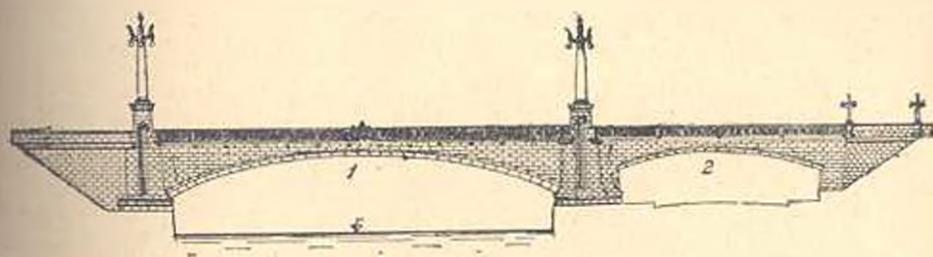


Рис. 1. Общий вид моста. 1—речной пролет. 2—береговой пролет.

ной части проекта арх. С. В. Демчицели). Под береговым пролетным строением моста проходит набережная улица. С целью уравновешивания давления пролетных строений разного пролета на опору моста, береговой пролет был перекрыт сплошным железобетонным сводом со сплошным надсводным строением, а речной пролет тремя отдельными арками с пустотелым надарочным строением в виде восьмипролетной эстакады с декоративными щековыми стенками. Ширина двух крайних арок равна 4,8 м, а ширина средней арки—6 м. Просветы между арками, шириной по 4,5 м, перекрыты декоративными ребристыми железобетонными плитами. В речном пролетном строении, расчетный пролет арок равен 43,5 м; стрела подъема арок 4,87 м ( $l/f=9$ ); толщина арок в замке 0,7 м; в пяте—1,1 м.

Поперечный разрез речного пролетного строения показан на (рис. 2).



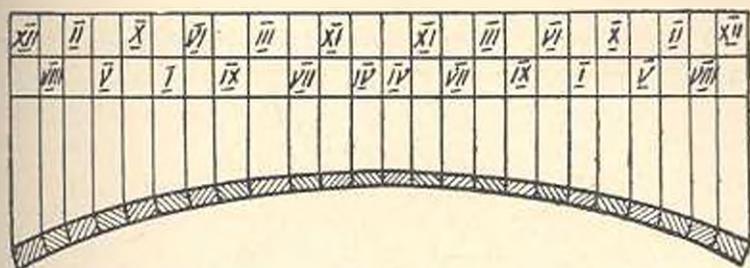


Рис. 4. Схема бетонирования арок речного пролетного строения.  
Цифрами показан порядок бетонирования секций арок.

Расчетные напряжения в поясах арочных ферм приведены в следующей таблице.

Таблица максимальных (расчетных) напряжений в поясах стальных арочных ферм речного пролетного строения

Сечение арки	Расчетные напряжения в кг/см <sup>2</sup>			
	От собств. веса арочных ферм.	При секционном бетонировании арок* (См. рис. 4)	От собств. веса надарочного строения и временной нагрузки	От собств. веса пролетного строения с учетом температурных колебаний, усадки бетона и от временной нагрузки
В замке	60	772/343	644	1176
В четверти	96	568/458	400	1064
В пяте	60	510/738	765	1563

\* В числителе дроби приведены напряжения в верхнем поясе, а в знаменателе дроби—напряжения в нижнем поясе арочных ферм.

Расчетные напряжения в бетоне железобетонных арок речного пролета не превышали 56 кг/см<sup>2</sup>\*\*.

Строительство моста было начато с возведения опор правого берега из бетона марки „110“. При бетонировке опор речного пролетного строения, в теле опор, на отметке предусмотренной проектом, были заложены металлические закладные части к которым в последующем должны были быть прикреплены арочные фермы. Надводная часть опор облицовывалась базальтовым камнем, причем облицовка поверхностей опор выше отметки неомываемой паводковыми водами была выполнена навесной. Свод берегового пролетного строения возводился общезвестным способом с помощью деревянных подмостей и кружал на песочницах.

Оригинальными являлись работы по постройке железобетонных арок арочного пролетного строения речного пролета.

Все металлические конструкции, образующие жесткую арматуру моста, изготавливались городским заводом Металлических конструкций.

\*\* Расчетные усилия в железобетонных арках определялись по методу Штрассера—Зауриена [1].

Для удобства транспортировки металлоконструкций к месту работ и облегчения их сборки, арочные фермы каркаса изготавливались из отдельных монтажных элементов. Соединение монтажных элементов арочных ферм друг с другом по проекту предусматривалось осуществить с помощью накладок, скрепленных точеными болтами. Так как завод не смог обеспечить соответствующей точности работ, от установки точеных болтов и последующем пришлось отказаться и заменить их заклепками. Как указывалось выше, сборку арочных ферм, образующих жесткую арматуру моста, предполагалось произвести навесным способом, одновременно с обоих берегов с применением специальных оттяжек. В процессе строительства было решено сборку арочных ферм произвести на стороне, а затем уже в собранном виде фермы подвести к месту установки. Этот порядок производства дал возможность значительно сократить сроки выполнения монтажных операций. Сборку арочных ферм было решено произвести на старом мосту, в непосредственной близости от строящегося моста. Расположить собираемые фермы на отметке соответствующей их проектному положению не представилось возможным, так как этому препятствовали габариты старого моста. Пришлось собираемые арочные фермы несколько приподнять и расположить выше проектной отметки. Это обстоятельство потребовало в дальнейшем произвести не только поперечное перемещение собранных ферм вдоль по течению реки, но и опустить фермы на 2,1 м. По обоим берегам реки были построены деревянные подмости, в виде эстакады, для поперечной передвижки арочных ферм. Эстакадам был придан соответствующий продольный уклон от места сборки к опорам строящегося моста. На подмостях, для поперечной передвижки ферм, был уложен рельсовый путь. Собранные арочные фермы перемещались по рельсам с помощью тележек. Имея в виду, что при передвижке ферм необходимо было преодолеть два довольно резких продольных перелома пути, первый при спуске с горизонтальной площадки, на которой производилась сборка ферм и второй при переходе к горизонтальному участку эстакады у опор строящегося моста, тележки были снабжены шарнирными устройствами.

Всего для армирования речного пролетного строения моста было изготовлено и собрано 20 арочных ферм, в том числе по 6 для крайних арок и 8 для средней арки (рис. 5).

После окончания сборки арочных ферм, на подмостях устроенных на старом мосту, устанавливались связи между фермами одной арки. Пакеты, содержащие по 6 ферм для крайних арок и 8 ферм для средней арки последовательно, поперечной передвижкой, устанавливались в проектное положение. Перемещение пакетов по деревянным эстакадам производилось с помощью тросов и ручных лебедок. Распор пакета арочных ферм, в процессе передвижки, воспринимался затяжками, установленными на уровне проезжей части старого моста.

Попутно отметим, что затяжки из стальных канатов, вследствие их податливости, оказались непригодными для этой цели и их пришлось заменить более жесткими затяжками из стальных уголков. После

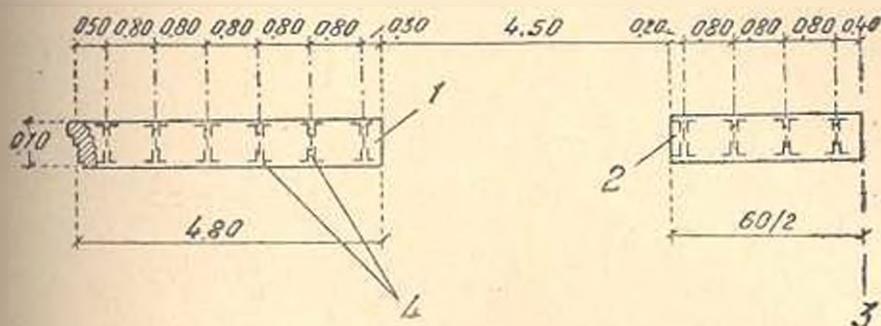


Рис. 5. Расположение арочных ферм в арках речного пролетного строения.

1—сечение крайней арки; 2—сечение средней арки; 3—ось симметрии;  
4—арочные фермы.

установки пакетов ферм в проектное положение. концы ферм были приварены к закладным частям, заложенным ранее в опоры моста при их бетонировке. После окончания сборки ферм к ним подвешивались подмости (рис. 6), с помощью которых производи-

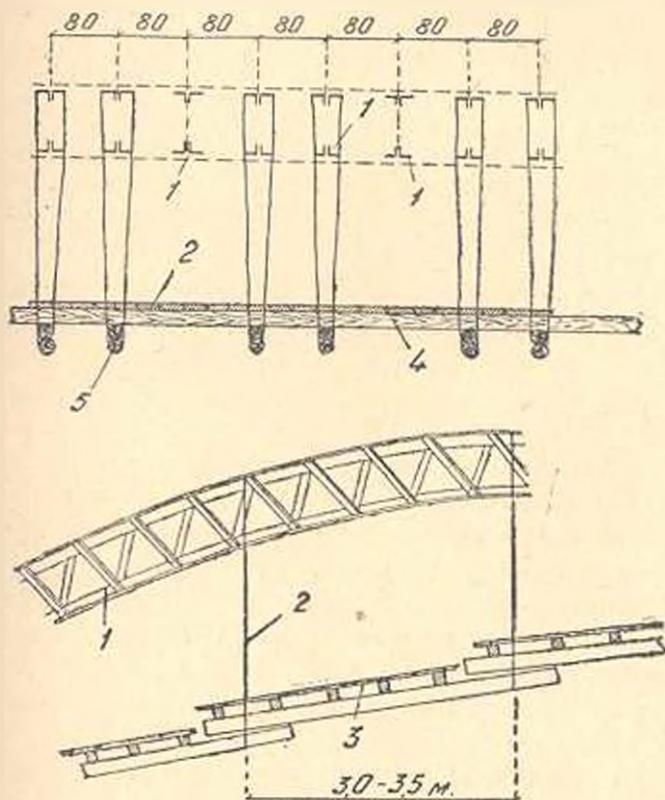


Рис. 6. Подвешенные подмости средней арки. 1—арочные фермы; 2—подвески из круглого железа  $\varnothing$  3 см.; 3—досчатый настил; 4—брусья  $10 \times 14$  см.; 5—бренна  $\varnothing$  16—18 см.

лись опалубочные работы, а в дальнейшем и работы по распалубке обетонированных арок. Элементы опалубки изготавливались на стороне, доставлялись к месту работ и устанавливались с помощью легкого передвижного крана. Опалубка арок прикреплялась к нижним поясам арочных ферм в соответствии с рис. 7. Исходя из удоб-

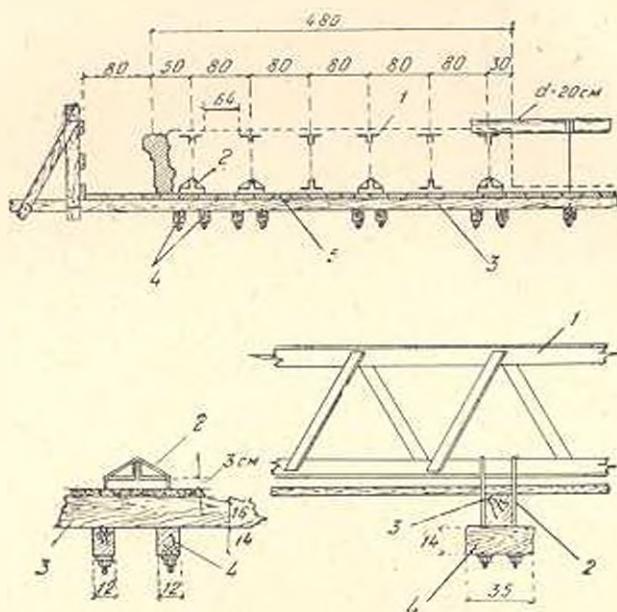


Рис. 7. Подвесная опалубка крайней арки речного пролетного строения. 1—арочные фермы; 2—хомуты из круглого железа  $d=19$  мм; 3—брусья сечением  $14 \times 16$  см; 4—коротыши; 5—досчатый настил из досок  $3 \times 4$  см.

ства производства работ, опалубка была устроена на полную ширину арок, включая и просветы между арками. По мере установки опалубки приступали к бетонным работам. В первую очередь бетонировалась крайняя арка, расположенная выше по течению реки. Затем, последовательно бетонировались средняя и низовая арки.

Бетонирование арок производилось в полном соответствии с проектным решением (рис. 4). Подача бетона из бетонного узла, сооруженного на правом берегу, осуществлялась ручными опрокидывающимися вагонетками. С целью подачи бетона непосредственно к месту его укладки, по верху каждого пакета ферм была устроена временная надарочная деревянная эстакада. Бетонирование арок моста производилось бетоном марки „170“, изготовленным на естественной гравийно-песчаной смеси удовлетворительного гранулометрического состава.

С целью сокращения срока строительства, работы производились по совмещенному графику. Например, при бетонировке крайней верхней арки одновременно производилась сборка арочных ферм средней арки; при бетонировке крайней нижней арки над двумя другими

арками возводились элементы надарочного строения. Основные строительные работы по сооружению моста (бетонировка опор, сборка арочных ферм, передвижка и установка пакетов из арочных ферм в проектное положение, бетонировка арок, устройство надарочного строения и проезжей части моста, сооружение берегового арочного пролетного строения, облицовка опор и пролетных строений моста) были закончены за 6 месяцев и 17 дней.

При бетонировании арок производились измерения прогибов арочных ферм с помощью стационарно установленного нивелира. Измерения производились два раза в сутки, в течение всего периода бетонирования, при этом не были обнаружены заметные отклонения осей арок от проектного положения. Кроме того, в процессе бетонирования производились замеры деформаций элементов арочных ферм, датчиками сопротивления из константановой проволоки на бумажной основе. Для того, чтобы не задерживать бетонировку арок, датчики к жесткой арматуре прикреплялись при помощи ацетонового клея. Наклеенные датчики были покрыты слоем пластилина, а затем тавотом и закрыты картоном и металлической коробочкой, покрытой в свою очередь слоем цементного раствора, затворенного на жидком стекле. Проведенные мероприятия все же не предохранили многие датчики от сырости. Только половина установленных датчиков до конца испытаний работала без искажений. Первые показания датчиков фиксировались после бетонировки первых секций арок. Вторые замеры производились при бетонировке трех последующих секций и, наконец, третьи замеры производились при бетонировке всей арки. Измеренные величины напряжений в жесткой арматуре оказались близкими к расчетным. Например, в верхнем поясе арочной фермы, в замке, по показаниям датчиков, установленных на различных фермах, напряжения составляли  $705 - 900 \text{ кг/см}^2$ , при расчетном напряжении  $772 \text{ кг/см}^2$ . В нижнем поясе, в пяте, измеренные напряжения были равны  $627 - 730 \text{ кг/см}^2$ , при расчетном напряжении  $738 \text{ кг/см}^2$ .

Построенный мост перед сдачей в эксплуатацию был подвергнут испытанию пробной нагрузкой (испытания на мосту производились под руководством В. А. Бабанова). В частности, на речном пролетном строении, нагрузка состоящая из загруженных камнем грузовых автомашин, располагалась по следующим схемам.

1. Все пролетное строение нагружалось 42 грузовиками, при этом замерялись максимальные прогибы арок и напряжения в арматуре и бетоне.

2. Загружалась половина пролетного строения, при этом определялись деформации и напряжения в четвертях и в пятах арок;

3. Загружалась середина пролетного строения, при этом определялись деформации и напряжения в замковой зоне арок.

Прогибы арок измерялись прогибомерами Н. Н. Максимова. Напряжения в бетоне и арматуре измерялись датчиками сопротивления. Измеренные при испытании моста напряжения в арматуре и бетоне

зрок, оказались близкими к расчетным. Максимальный прогиб зрок оказался равным 1,2 м.м. Столь малая величина измеренного прогиба от пробной нагрузки свидетельствовала о существенном влиянии работы надарочного строения моста.

В течении нескольких лет мост находится в эксплуатации, в условиях интенсивного обращения городского транспорта. За истекший период дефектов в эксплуатируемом сооружении не обнаружено.

Министерство городского и сельского  
строительства Грузинской ССР

Поступило 5 I 1957

#### Կ. Մ. ՎՈՒԱՆԻՉԻ

### ԿՈՇՏ ԱՐՄԱՏՈՒՐԱՅՈՎ ԵՐԿԱԹՐԵՏՈՆԱՅԻՆ ԿԱՄԱՐԱՅԻՆ ԿԱՄՈՒՐՁ

#### Ա մ փ ո փ ո ռ մ

Քաղաքի խիտ բնակեցված երկու թաղամասերի միջև նորմալ կապ ապահովելու նպատակով, շահագործվող փոքր բնունունակությամբ երկու մետաղական հեծանային կամուրջների փոխարեն, կառուցվել է նոր կամարային կամուրջ, որն ապահովում է քաղաքային ժամանակակից տրանսպորտի բոլոր տեսակների նորմալ երթևեկությունը: Նոր կամարջը երկաթբետոնային է, երկթռիչքային (նկ. 1), 43 մ ղևտային և 20 մ առափնյա թռիչքով: Գետային թռիչքի կառուցվածքի լայնական կտրվածքը ցույց է տրված նկ. 2-ում:

Կամարջի տեղամասում ջրի մեծ խորություն և ստորակամ հոսանքի զգալի արագություն պատճառով, ղևտային թռիչքում ճկուն արմատաբաշտ երկաթբետոնային կամարների կառուցումը, լատասիների օդադործումով, կապված էր տեխնիկական զգալի պայմանների հետ: Իրա համար որոշում ընդունվեց ղևտային թռիչքի երկաթբետոնային կամարներն իրականացնել կոշտ արմատաբաշտով, որովհետև արդ. դեպքում կամարների պողպատե հիմնակմախքը պատշաճ կերպով օդադործելիս, ղևտի հոսքը նեղացնելու լատասիների կառուցման անհրաժեշտությունը վերանում էր: Կամարների կոշտ արմատաբաշտ նախադրված էր կապերունեցող կամարային ֆերմաների սիսեմի մեով, որոնք համակցված էին զլացված անկյուններից (նկ. 3): Նախադրված մշտված էր կամարների բետոնման որոշակի կարգ: Կամարները բաժանված էին 24 սեկցիաների: Կամարների բետոնմամբ կատարվում էր ըստ սեկցիաների (նկ. 4):

Կամարային ֆերմաների զոտիներում ստազայնոյ լարամեների հաշվարկումային մեծությունները բերված են հոդվածի աղյուսակում:

Կամարի ղևտային թռիչքային կառուցվածքի համար պատրաստվել ո համարքիկ էին ընդամենը 20 կամարային ֆերմաներ (նկ. 5):

Հին կամարջի վրա կառուցված լատասիների վրա կամարային ֆերմաների հաշվարկից հետո, մի կամարի ֆերմաների միջև կապեր էին տեղակարվում: Կապոցները, որոնք պարտանակում էին 6 ֆերմաներ ստափնյա կամարների համար և 8 ֆերմաներ միջին կամարի համար, հաջորդաբար, լայ-

Նախան տեղափոխման միջոցով տեղակայվում էին նախագծային դիրքում: Կապոցների տեղաշարժումը միայն էստակադաների վրայով կատարվում էր ճոպանների և ձևաքի կարապիկների օգնությամբ: Փերմաների հավաքումից նետո, նրանց տակից կախվում էին լաստակները (նկ. 6), որոնց օգնությամբ կատարվում էին միայն կադապարով շրջափակման, իսկ հետագայում նաև բետոնված կամարները այդ կադապարներից ազատելու աշխատանքները: Փայտե կպվածքի տարրերը, որոնք պատրաստվում էին ուրիշ տեղ, տեղափոխվում ու տեղակայվում էին շարժական թևթև կրունկի միջոցով: Կամարների կպվածքը ամրակցվում էր կամարային ֆերմաների ներքևի զոտիներին նկ. 7-ի համաձայն: Նետո հաջորդաբար բետոնվում էին կամարջի կամարները: Բետոնի մատուցումը կատարվում էր ձևաքի շրջվող մասնիկների միջոցով բետոնային հանգուլցից, որը կառուցված էր կամարջից շատ մոտ, գետի աջ ափում:

Կամարջի կառուցման հիմնական շինարարական աշխատանքները (հիմքերի բետոնումը, կամարային ֆերմաների հավաքումը, կամարային ֆերմաների կապոցների տեղակայումը նախագծային դիրքում, կամարների բետոնումը, կամարջի վերնակամարային շինվածքի կառուցումը, առափնյա կամարային թռիչքային շինվածքի կառուցումը, կամարջի թռիչքային շինվածքների և հիմքերի երեսապատումը) ավարտվեցին 6 ամիս 17 օրում:

Կամարների բետոնման ժամանակ կատարվում էին կամարային ֆերմաների ձկնաձևի շափում. հարթաչափի օգնությամբ: Բացի դրանից, բետոնման պրոցեսում շափվում էին կամարային ֆերմաների տարրերի գեֆորմացիաները լարային ավիչների միջոցով:

Կոշտ արմատության շափված լարումների մեծությունները շատ մոտ էին հաշվարկման տվյալներին: Այսպես, օրինակ, տարրեր ֆերմաների վերին զոտու մականներում ըստ ավիչների լարումները կազմում էին 705—900 կգ/սմ<sup>2</sup>, իսկ ըստ հաշվարկման՝ 772 կգ/սմ<sup>2</sup>:

Կառուցված կամարջը շահագործման հանձնելուց առաջ փորձարկման ենթարկվեց փորձնական բեռնախորման միջոցով: Մի քանի տարի է կամարջը գտնվում է շահագործման մեջ, քաղաքային տրանսպորտի խնտնախիվ շրջանառության պայմաններում: Անցած ժամանակաշրջանում շահագործվող կառուցվածքում արասնհիւ չեն հայտնարևրվել:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. К. С. Загряев. Расчет арочных мостов. Трансжелдориздат. М., 1956.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

К. С. ВАРДАНЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ДИНАМИКИ РЕЗАНИЯ КАМНЯ\*

Усилие возникающее в процессе резания естественных камней зависит от физико-механических свойств материала, условий напряженного состояния [1] возникающих в камне при его разрушении зависящих, в свою очередь от формы резания [2], геометрии резца [3], режимов резания и ряда других факторов.

Резание можно рассматривать как два самостоятельных и одновременно протекающих процесса — стружкообразование и истирание задней грани резца о камень. Исследование процесса стружкообразования должно быть направлено на установление связи между удельными усилиями резания и физико-механическими свойствами материала. Если при изучении процесса стружкообразования константы резания должны быть связаны с прочностью материала, то истирание (износ) задней грани резца о камень, являющееся следствием абразивности материала, следует связать с микротвердостью отдельных зерен минералов [4].

Рассмотрим силы действующие на резец (рис. 1) при свободном резании.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:  
 $N$  — нормальная сила действующая на переднюю грань резца;

$\mu N = F$  — сила трения действующая на переднюю грань резца;

$N_1$  — нормальная сила действующая на заднюю грань резца;

$\mu_1 N_1 = F_1$  — сила трения действующая на заднюю грань резца.

Силы, действующие на заднюю грань ( $N_1$ ;  $F_1$ ), возникают в результате движения резца по шероховатой поверхности, а также вследствие упругой деформации системы станок—инструмент—камень.

Поскольку силы, действующие на переднюю и заднюю грани режущего инструмента различны, как по источникам возникновения, так и по характеру изменения в зависимости от режимов резания и

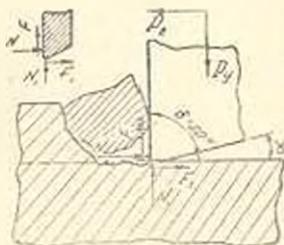


Рис. 1. Схема сил, действующих из переднюю и заднюю грани резца при свободном резании.

\* Опыты были проведены в Институте стройматериалов и сооружений АН Армянской ССР под руководством академика АН Арм. ССР М. В. Касяна.

геометрии инструмента, то становится вполне естественным их самостоятельное изучение.

После предварительных экспериментов и апробации различных методов определения сил действующих на заднюю грань, применяемых в резании металлов [5], пришлось остановиться на методике, наиболее приемлемой при обработке камня, т. е. на способе определения сил, действующих на заднюю грань при различном его износе сохраняя неизменность стружкообразования при постоянстве прочих факторов.

Сущность указанной методики заключается в следующем: получив экспериментальные зависимости  $P_z = f(\Delta_2)$ ;  $P_y = f_1(\Delta_2)$  (рис. 2), определяем точки пересечения этих кривых с осью ординат.

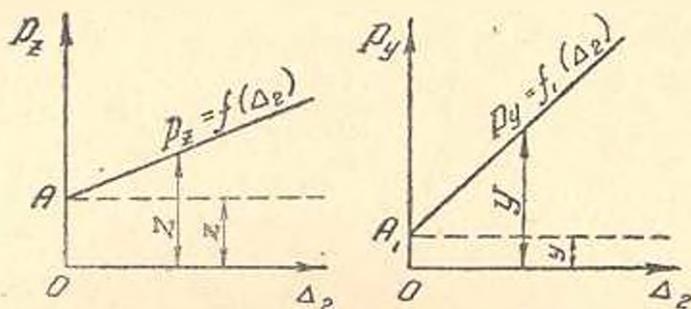


Рис. 2. Графическое представление методики определения сил действующих на переднюю и заднюю грани реза при различных износах по задней грани.

На рисунке:  $P_z$  — усилие резания, действующее по направлению рабочего движения по оси  $z$ ;  $P_y$  — усилие резания, действующее перпендикулярно направлению рабочего движения по оси  $y$ ;  $\Delta_2$  — высота площадки износа по задней грани реза.

Полученные точки ( $A$  и  $A_1$ ) дают нам ординаты, характеризующие усилие, действующее на переднюю грань при определенном радиусе закругления. Проведя через точки ( $A$  и  $A_1$ ) вспомогательные прямые, параллельные оси абсцисс (пунктирная линия) получим усилие, действующее на заднюю грань, как разность ординат кривых и вспомогательных прямых ( $Z - z$ ;  $Y - y$ ).

Эксперименты были проведены на токарном станке ДИП-200. Измерение составляющих усилия резания осуществлялось при помощи трехкомпонентного динамометра с тензометрическими датчиками. Запись велась на 24 шлейфовом осциллографе. При обработке экспериментальных данных за усилие резания бралось среднее значение усилия, определяемого планиметром.

Обрабатываемый материал — фельзитовый туф Керплинского месторождения ( $\sigma_{сж} = 575 \text{ кг/см}^2$ ). Режущий инструмент был оснащен твердым сплавом ВК-8 и имел следующие параметры:  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\gamma = 0^\circ$ .

На рис. 3 приведены графики зависимостей составляющих усилия резания  $P_z$  и  $P_y$  при различных износах по задней грани.

Как видно из графика при  $a = \text{const.}$   $b = \text{const.}$  функции  $P_z = f(\Delta_2)$  и  $P_y = f_1(\Delta_2)$  являются прямыми и могут быть представлены уравнениями:

$$P_z = N + K_1 \Delta_2 = 12,5 + 19,1 \Delta_2 \text{ кг};$$

$$P_y = F + K_2 \Delta_2 = 7,1 + 34,3 \Delta_2 \text{ кг}.$$

В этих уравнениях первые члены представляют усилия действующие из переднюю грань резца, а вторые члены — усилия действующие на заднюю грань [3]; коэффициенты трения по передней и задней граням можно определить из отношений касательной силы к нормальной для соответствующей грани резца.

Для получения условного коэффициента трения по задней грани достаточно взять отношение угловых коэффициентов ( $K_1$  и  $K_2$ ) полученных прямых. Для данного конкретного случая будем иметь:

$$\mu_1 = \frac{K_1}{K_2} = \frac{19,1}{35,4} \approx 0,56.$$

Вместе с тем отношение ординат при  $\Delta_2 = 0$  (рис. 3) дает условный коэффициент трения по передней грани. Для рассматриваемого случая:

$$\mu = \frac{N}{F} = \frac{7,1}{12,5} \approx 0,57.$$

Аналогичные эксперименты были проведены при различных подачах ( $a = 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 \text{ мм/об}$ ).

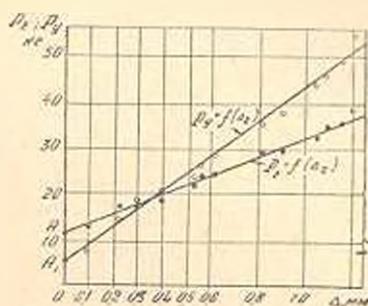


Рис. 3. Влияние износа по задней грани на составляющие усилия резания  $P_z$  и  $P_y$  (свободное резание  $a = 0,1 \text{ мм/об}$ ,  $b = 10 \text{ мм}$ ,  $v = 60 \text{ м/мин}$ ).

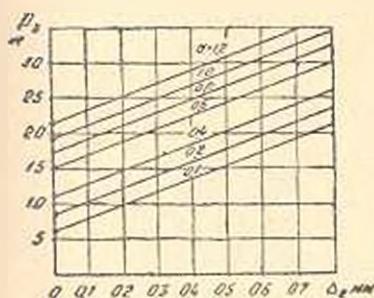


Рис. 4.

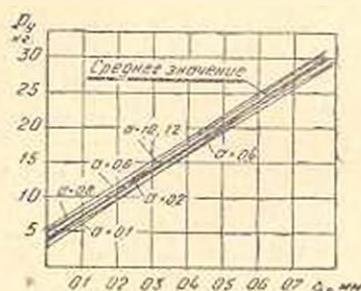


Рис. 5.

Определение сил действующих на заднюю и переднюю грани при различных толщинах среза и износах (свободное резание  $b = 10 \text{ мм}$ ,  $v = 60 \text{ м/мин}$ ).

Из рис. 4 и 5 видно, что характер протекания процесса не меняется с изменением подачи (т. к. прямые  $P_z = f(\Delta_2)$  параллельны, а  $P_y = f_1(\Delta_2)$  почти сливаются).

Анализируя опытные данные, показанные на рис 3, 4 и 5, можно отметить следующее:

1. Интенсивность роста  $P_y$  при увеличении износа больше чем  $P_z$ .  
 2. После определенного износа значение  $P_y$  становится больше  $P_z$ , причем чем меньше подача, тем при более малых значениях износа наступает это соотношение.

3. При применении изношенного реза основная работа идет на преодоление сил трения по задней грани.

4. При резании камней обладающих большими абразивными свойствами усилие, возникающее по задней грани, при изношенном резе являются преобладающими и диктуют общий ход закономерностей всего процесса.

5. Коэффициент трения по задней грани остается величиной постоянной при различных значениях износа.

6. Коэффициент трения по передней грани с увеличением подачи уменьшается. Объяснение такого поведения коэффициента трения надо искать в условии скольжения по передней грани.

Для выяснения физической сущности абразивного износа при резании и проверки значения коэффициента трения полученного по методу изложенному выше, были проведены эксперименты при моделировании процесса износа [6], протекающего по задней грани (методом истирания). Сущность методики заключалась в следующем: образец камня закреплялся в патроне станка ДНП-200, прижатие к образцу пластинки твердого сплава осуществлялось грузами перекинутыми через трос. Динамометр был закреплен на нижнем супорте, который

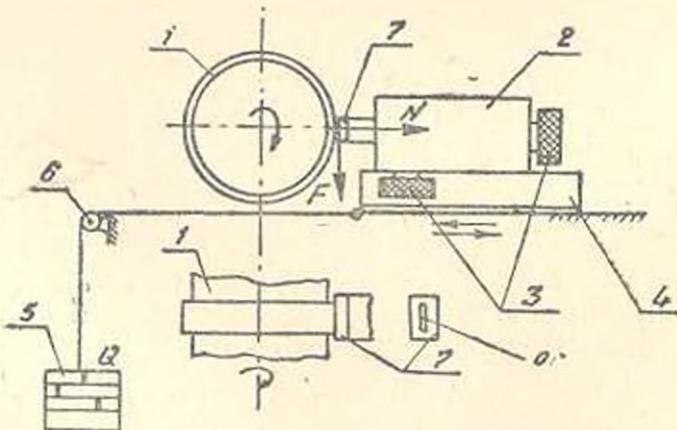


Рис. 6. Схема опытной установки. 1—камень. 2—динамометр, 3—датчики. 4—супорт, 5—груз, 6—ролик, 7—эталон (пластинка твердого сплава ВК-6). 0—отпечаток на образце  $S=20 \text{ мм}^2$

имел свободное скользящее движение по своим направляющим. Коэффициент трения определялся как отношение тангенциального усилия  $F$  к нормальному усилию  $N$ . Усилия записывались при помощи датчиков (рис. 6). Этот метод дал возможность исключить влияние трения на-

правляющих и фиксировать действительные нагрузки в обоих направлениях.

Образцы были изготовлены из фельзитового туфа Керплинского месторождения ( $\sigma_{сж} = 575 \text{ кг/см}^2$ ), Джрвежского туфа ( $\sigma_{сж} = 325 \text{ кг/см}^2$ ) и Ереванского базальта ( $\sigma_{сж} = 1450 \text{ кг/см}^2$ ), в виде цилиндров с кольцевыми буртиками, имеющими ширину меньшую, чем пластинка истираемого твердого сплава ВК-8, что дало возможность избежать врезания пластинки в камень.

Ниже на рис. 7 приведены в виде графиков зависимости силы трения от нормальной нагрузки для вышеуказанных пород камня. Из рис. 7 следует, что с увеличением удельного давления коэффициент трения остается постоянным. Коэффициент трения ( $\mu = 0,49$ ) при моделировании процесса износа для фельзитового туфа получается ниже, чем при резании (коэффициент трения по задней грани), что по видимому связано с закруглением режущей кромки.

Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения приведена на рис. 8.

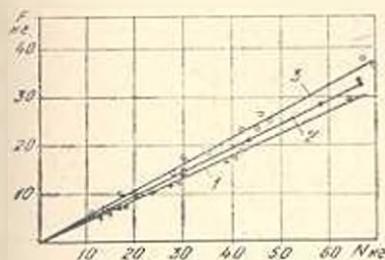


Рис. 7. Зависимость силы трения от нормальной нагрузки. 1—Джрвежский туф; 2—фельзитовый туф (Керплинский); 3—Ереванский базальт.

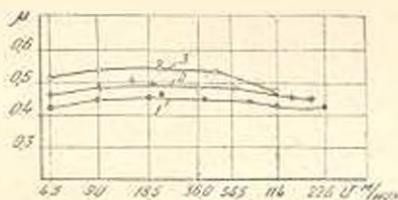


Рис. 8. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения 1—Джрвежский туф; 2—фельзитовый туф (Керплинский); 3—Ереванский базальт.

Для установления усиления стружкообразования в зависимости от подачи используем ординаты точек пересечения прямых  $P_2 = f(\Delta_2)$  с осью  $P_2$  (рис. 4) которые, как указано выше, характеризуются усилениями резания при неизношенном резце. По этой зависимости легко обнаруживаем степенной характер изменения усиления стружкообразования от подачи. Для того, чтобы определить влияние подачи на удельные усилия стружкообразования, являющееся по сути дела удельной работой резания без учета работы трения, достаточно разделить усилие  $P_2$  на соответствующее фактическое сечение среза (рис. 9-а).

На рис. 9 представлена зависимость  $\rho_c = f(a)$ , которая является гиперболой, представляемой формулой

$$\rho_c = \frac{c}{a^n} = \frac{1,97}{a^{0,5}} \text{ кг/м.м}^2.$$

Для большей убедительности в правильности определяемой зависимости были проведены дополнительные эксперименты с остроэза-

точеным резцом. Эти эксперименты подтвердили полученный характер изменения зависимости  $P_c = f(a)$  в виде  $p_c = \frac{2,14}{a^{0,64}}$  кг/мм<sup>2</sup>.

Превышение показателя степени  $\alpha_1 = 0,64$  при подаче в случае резания острозаточенным резцом по сравнению со значением того же показателя степени  $\alpha = 0,5$  полученного экстраполяцией связано, по-видимому, с усилием действующим на заднюю грань, которое появляется сразу же при контакте с камнем. Ниже приведены выражения зависимости компонентов усилия резания  $P_z = f(b)$ ,  $P_y = f_1(b)$  и удельных усилий резания в зависимости от ширины среза.

$$p_c = \frac{P_z}{ab} = \Phi(b); p_y = \frac{P_y}{b} = \Phi_1(b).$$

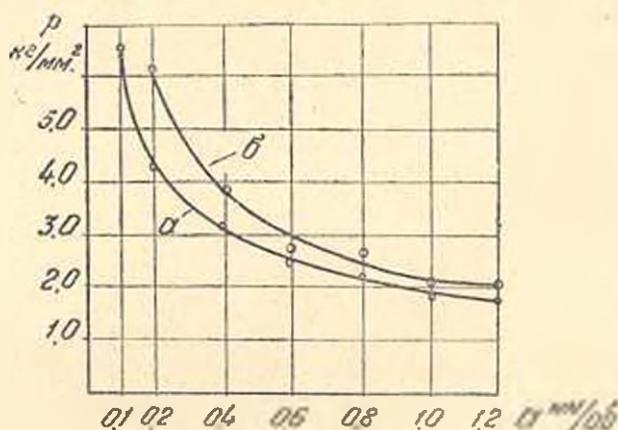


Рис. 9. Зависимость удельного усилия резания от толщины среза (свободное резание  $b = 10$  м.м.  $v = 60$  м/мин), а—данные получены при экстраполяции значения  $P_z$  из рис. 4 деления на соответствующие сечения стружки; б—данные получены при острозаточенном резце.

Как видно из рис. 10 ширина среза не влияет на удельные усилия  $p$  и  $p_y$ .

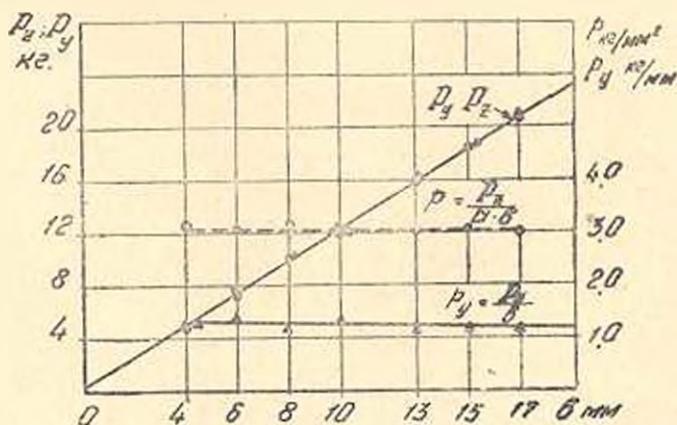


Рис. 10. Зависимость усилия резания и их удельных значений от ширины среза (свободное резание,  $a = 0,4$  м.м./об.  $v = 60$  м/мин).

Обобщая вышезложенное, можем прийти к следующим составляющим усилия при свободном резании;

$$P_z = K_{z1} \cdot C_1 \cdot a^2 \cdot b \gamma + k_1 \cdot b \cdot \Delta_1^2 \text{ кг} \quad (1)$$

$$P_r = K_{r1} \cdot C_2 \cdot a^2 \cdot b + k_2 \cdot b \cdot \Delta_2^2 \text{ кг} \quad (2)$$

В нашем случае, когда  $0,1 < a < 1,2$  мм/об  $3 \leq b \leq 20$  мм,  $x_1 = 0$ ,  $x = 0,5$ ,  $y = 1,0$ ,  $C_1 = 1,97$ ,  $C_2 = 0,71$ ,  $z_1 = z_2 = 1,0$ ,  $k_1 = 1,91$ ,  $k_2 = 3,43$ , где  $K_{z1}$ ;  $K_{r1}$  — коэффициенты, учитывающие влияние переднего угла (см. таблицу 1):

$x$ ,  $x_1$ ,  $y$  — показатели степени, зависящие от формы резания.

$a$  — толщина среза в мм;

$b$  — ширина среза в мм;

$C_1$  и  $C_2$  — коэффициенты характеризующие физико-механические свойства материала.

Таблица 1

Значения  $K_{z1}$  и  $K_{r1}$  в зависимости от  $\gamma$ 

$\gamma$	$+20^\circ$	$0^\circ$	$-10^\circ$	$-20^\circ$
$K_{z1}$	0,9	1,0	1,2	1,5
$K_{r1}$	0,9	1,0	1,1	1,3

Тогда уравнения (1) и (2) (при  $\gamma = 0^\circ$ ) примут вид

$$P_z = 1,97 \cdot a^2 \cdot b + 1,91 \cdot b \cdot \Delta, \quad P_r = 0,71 \cdot b + 3,43 \cdot b \cdot \Delta_2.$$

Эксперименты, поставленные при полусвободном резании подтвердили правильность формул (1) и (2), полученных для свободного резания, однако при переходе на полусвободное резание в уравнениях (1) и (2) вместо ширины среза  $b$  во вторых членах уравнений надо брать суммарную длину режущих кромок, находящихся в контакте с камнем, по главной и вспомогательной режущей кромке (рис. 11).

На рис. 11 длина контакта равна сумме отрезков  $kl + lm$  или  $b + a'$ . Отрезок  $a'$  можно определить из треугольника  $lmp$

$$a' = \frac{h}{\sin \varphi} = S \frac{\sin \varphi}{\sin(\varphi + \varphi_1)}$$

При  $\varphi = 90^\circ$ ,

$$a' = \frac{S}{\cos \varphi_1} = \frac{a}{\cos \varphi_1}$$

$$\begin{aligned} \text{Периметр среза } b_1 &= b + a' = \\ &= b + \frac{a}{\cos \varphi_1} \end{aligned}$$

тогда

$$P_z = K_1 C_1 a^x \cdot b^y + k_1 \cdot b_1 \Delta_1$$

При определении усилия, действующего в направлении подачи надо учесть, что кроме усилия действующего на главной режущей кромке  $P_y^1$  также действует усилие со стороны вспомогательной режущей кромки, составляющая которого направлена обратно движению подачи  $P_y^*$ . Следовательно усилие, действующее по задней грани будет;

$$P_y = P_y^1 - P_y^* = k_2 \cdot b \cdot \Delta_2 - k_2 \Delta_2 \cdot a' \operatorname{tg} \varphi_1 = k_2 \Delta_2 (b - a' \operatorname{tg} \varphi_1)$$

где  $k_2$  — удельное усилие, действующее на заднюю грань.

Полное усилие в направлении подачи представляется формулой:

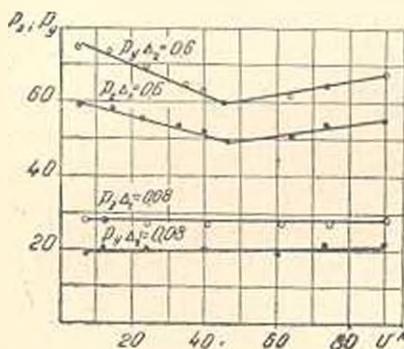


Рис. 12. Зависимость составляющих усилия резания от скорости при остро-заточенном и изношенном резах.

резания при различных скоростях (10—90 м/мин), при заточенном и изношенном состоянии инструмента (рис. 12).

Оказалось, что при остром резе скорость резания почти не влияет на усилие резания, а при изношенном резе кривые зависимости имеют седлообразный вид, что очевидно связано с износом по задней грани. Об этом также свидетельствует повышенное значение  $P_y$  по сравнению с  $P_z$ . Уменьшение усилия резания соответствующее левой ветви кривой  $P_z - v$  и  $P_y - v$  с ростом скорости можно объяснить, как фактическим уменьшением площади контакта износа с обрабатываемым материалом на единице пути, так и изменением действительной геометрии режущего инструмента в процессе резания.

Механизм изменения характера износа в зависимости от скорости резания можно представить следующим образом. При малых скоро-

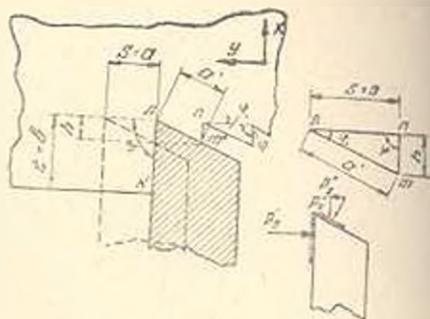


Рис. 11. Определение периметра среза при полусвободном резании.

$$P_y = K_1 C_2 a^x \cdot b + k_2 \Delta_2 (b - a' \operatorname{tg} \varphi_1)$$

При малых значениях подачи пренебрегая величиной  $a'$ , т. е. влиянием вспомогательной режущей кромки получим формулы, выведенные для свободного резания (1) и (2).

Определенный интерес представило и выявление характера зависимости усилия резания от скорости  $P_z = f(v)$ ;  $P_y = f_1(v)$  в связи с чем был проведен ряд экспериментов. Изучалось усилие

стях происходит как-бы глубинное вырывание микро частиц твердого сплава по задней грани, которое постепенно принимает более поверхностный характер по мере возрастания скорости. Однако после перехода скорости своего определенного порога дальнейшее ее увеличение меняет характер износа уже за счет больших динамических воздействий, приводящих к ударному разрушению инструмента, при котором размеры микровыврываемых частиц увеличиваются. Не менее важное значение имеет также влияние температуры, так как с увеличением скорости повышается мгновенная температура по площади контакта резца, которая изменяет состояние твердого сплава, и абразивный износ увеличивается за счет уменьшения твердости режущего инструмента.

В заключение следует отметить, что приемлемость методики определения усилий, действующих на заднюю грань для каждой конкретной породы камня должна быть обоснована исходя из особенностей данного процесса.

Институт стройматериалов и сооружений АН Армянской ССР

Поступило 15 I 1967

Կ. Ս. ՎԱՐԳԱՆՅԱՆ

ՔԱՐԵՐԻ ԿՏՐՄԱՆ ԳԻՆԱՄԻԿԱՅԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՐՅՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բնական քարերի կտրման ժամանակ առաջացող ուժերը կախված են գնահատան զործոններից՝ նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկություններից, կտրման գոտում առաջացող լարվածության պայմաններից, սրոնք իրենց հերթին պայմանավորված են կտրման ձևով ու ուժիմներով, կրտրի երկրաչափությամբ և այլն:

Կտրումը կարելի է պատկերացնել որպես երկու իրարից անկախ և միաժամանակ ընթացող պրոցեսներ, սրոնցից մեկը տաշկադոյացումն է, մյուսը՝ կտրիչի հետին նիստի շփումը քարի հետ: Այս պատկերացումը օգնում է մեզ կտրման հաստատունները կապելու քարի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների հետ՝ ստացված ստատիկական փորձարկման ժամանակ և լուծելու կտրող գործիքի մաշվածության հարցերը:

Հողվածում նկարագրվում է կտրիչի առջևի և հետին նիստերի վրա ազդող ուժերի որոշման մեթոդիկան, որի էությունը նկատյալն է.

Գրաֆիկորեն ստանալով կտրման ուժերի և հետին նիստի մաշվածքի ֆոխադարձ կապի,  $P_z = f(\Delta_z, P_y, \Delta_z)$ , փորձնական տվյալները, գտնում ենք այդ կտրերի (նկ. 2) հատումը օրգինատների առանցքի հետ: Ստացված  $[A$  և  $A_1]$  օրգինատները իանդիտանում են առջևի նիստի վրա ազդող ուժերը:  $[X$  և  $A_1]$  կետերից տանկով օժանդակ գծեր՝ զուգահեռ արսցիսների առանցքին, կստանանք հետին նիստի վրա ազդող ուժերը, որպես կտրերի և օժանդակ գծերի օրգինատների սարքերուձիցուն  $(Z - z, Y - y)$ :

Ունենալով առձևի և հետին նիստերի վրա ազդող ուժերը, կարելի է որոշել համապատասխան նիստերի շփման գործակիցները:

Փորձերն անց են կացվել շրջառաջ հաստոցի վրա: Որպես փորձարկվող նյութ օգտագործվել է ֆելզիտային տուֆ ( $G_{\text{св}} = 525$  կգ/մ<sup>2</sup>): Ուժերի դրանցումը կատարվել է օսցիլոգրաֆի միջոցով, երեք կոմպոնենտային դինամոմետրի օգնությամբ:

Կտրման տարրեր գործոնների ուսումնասիրությունից հետո (Ն, Կ,  $\Delta_2$ ,  $A_1$ , Ս) ստացված են ուժերի հաշվարկման բանաձևեր (1) և, (2) ազատ և կիսազատ կտրման ժամանակ:

Քննարկելով կատարած փորձարկման արդյունքները, հանգում ենք հետևյալ եզրակացություններին.

ա) տաշեղագոյացման տեսակարար ուժի կախումը կտրածքի հաստությունից ունի հիպերբոլիկ ձև (նկ. 9).

բ) հետին նիստի վրա ազդող ուժը ուղիղ համեմատական է հետին նիստի մաշվածքին ( $\Delta_2$ ) նկ. նկ. 3, 4, 5.

գ) հետին նիստի շփման գործակիցը տարրեր մաշվածքի դեպքում մնում է հաստատուն (նկ. նկ. 4 և 5).

դ) առձևի նիստի շփման գործակիցը նվազում է տաշեղի հաստությունից (նկ. նկ. 4 և 5).

ե) հզկող հատկություններ ունեցող քարերի կտրման ժամանակ, հետին նիստի վրա ազդող ուժերը զերտիչոսոյ են և որոշում են կտրման սյրացնաի օրինաչափությունը (նկ. նկ. 3, 4 և 5).

զ) կտրման ուժերի կապն արագությունից ներկայացվում է թամբաձև կորով (նկ. 12). այդպիսի օրինաչափությունը կարելի է բացատրել հետի նիստի վրա ազդող ուժերի ազդեցությամբ (հետի նիստի շփման աշխատանքով).

է) բերված է կտրման գործիքի մաշվածություն և շփման գործակիցի որոշման թանուղղակի մեթոդ՝ մոդելացման եղանակով (նկ. նկ. 6, 7 և 8).

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. В. Косьян, И. А. Тер-Азарьян, А. А. Акопов — Характеристика износа режущего инструмента при обработке туфа, базальта и гранита. Известия АН Арм. ССР, том III, № 1, 1950.
2. И. А. Тер-Азарьян — Влияние формы контакта режущей кромки на усилия при резании камня. Известия АН Арм. ССР, серия технич. наук, том X, № 2, 1957.
3. Р. В. Акопов — Комплексное исследование влияния геометрии инструмента на показатели процесса резания твердых пород камня. Диссертация, Ереван, 1956.
4. Л. А. Шрейнер — Физические основы механики горных пород. Гостехиздат, 1950.
5. Н. П. Зорев — Вопросы механики процесса резания металлов. МашГИЗ, 1956.
6. В. Д. Кузнецов — Физика твердого тела. Том IV, Томск, 1947.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

С. С. ЛЕВИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ  
РЕЗАНИЕМ

Практика показала, что наиболее индустриальным методом обработки поверхностей стеновых панелей и блоков из ячеистых бетонов и калибровки их по толщине является механическая обработка на специальных станках [1].

Принятие механической обработки в качестве средства для достижения точных по размерам изделий с гладкой поверхностью поставило на очередь решение ряда конкретных технических вопросов, в следующей последовательности: выбор метода обработки, материала и геометрии режущего инструмента, а также режимов резания.

Опыт механической обработки естественных каменных материалов, а также обработки металлов резанием показывает, что наиболее производительным способом получения чистых плоских поверхностей является метод торцевого фрезерования. Торцевое фрезерование применительно к обработке естественных каменных материалов впервые было успешно применено в Армянской ССР на станке конструкции Карагезяна [2]. Благодаря дальнейшему развитию экспериментальных и проектно-конструкторских работ, проведенных Институтом строительных материалов и сооружений АН Арм. ССР и обобщению опыта длительной эксплуатации действующего оборудования был создан высокопроизводительный базовый камнерезный станок ВКС-1, работающий по принципу торцевого фрезерования. Естественно, что создание оборудования для механической обработки поверхностей изделий из ячеистых бетонов было прежде всего связано с необходимостью выбора метода обработки. Положительный опыт использования камнефрезерных станков в Армении оказал решающее влияние при выборе метода обработки поверхностей панелей и блоков из ячеистых бетонов и позволил остановиться на способе торцевого фрезерования, как на самом производительном и перспективном. Известно, что при механической обработке естественных и искусственных каменных материалов износ режущего инструмента является основным фактором, лимитирующим производительность обрабатывающего оборудования и повышающим стоимость готовых изделий.

Исследованиями [3—7] установлено, что наиболее пригодным режущим материалом для всех машин по добыче и обработке каменных материалов следует считать металлокерамические твердые сплавы на вольфрамо-кобальтовой основе.

Исходя из положительного опыта применения твердых сплавов в камнеобрабатывающей промышленности и в металлообработке, а также учитывая, что первый опыт применения твердых сплавов при обработке пенобетона оказался успешным, нами принят для последующих экспериментов твердый сплав марки ВК-8. При выборе углов заточки режущего инструмента для обработки каменных материалов наиболее целесообразно исходить из закономерностей износа инструмента. В работах М. В. Касьяна и его сотрудников [5, 6, 7] показано, что оптимальные геометрические параметры режущего инструмента могут быть установлены при анализе динамики износа, так как интенсивность износа и размеры площадок износа при работе на заданных режимах теснейшим образом связаны с углами заточки резов. По принятому нами общему плану экспериментальных работ установление оптимальной геометрии резов было разделено на два этапа: 1. установление оптимальных передних и задних углов реза из условий наименьшей энергоемкости процесса резания и 2. установление тех же параметров из условий наименьшего износа при заданной производительности. Эксперименты, относящиеся к первому этапу, были проведены на специальном режущем маятнике (строгание) и на токарном станке (продольное точение) [1].

Для опытов второго этапа использовались токарный станок и станок для торцевого фрезерования.

Принятие такого методического плана для исследования качественной стороны процесса резания ячеистых бетонов в дальнейшем полностью себя оправдало, что можно было ожидать и заранее, так как в работе [5] показано, что качественная характеристика процесса резания камня остается постоянной при любом случае обработки металлическим режущим инструментом (фрезерование, точение, строгание).

В нашем случае это наглядно иллюстрируется диаграммой (рис. 1) зависимости удельной работы резания (ордината) от подачи на один рез (абсцисса). Идентичные параметры режима резания и геометрии резов при строгании и при точении дают близкие по величине показатели энергоемкости. Основной график получен на режущем маятнике (строгание), а дополнительные точки—на токарном станке.

Влияние переднего угла  $\gamma$  на удельную работу резания иллюстрируется диаграммой показанной на рис. 2. Здесь представлена зависимость удельной работы резания от переднего угла при различных подачах. В исследованном диапазоне передних углов (от  $\gamma = -40^\circ$  до  $\gamma = +40^\circ$ ) уменьшение удельной работы резания с переходом от отрицательных

к положительным значениям  $\gamma$  можно считать следующим линейному закону. Строго говоря, это обстоятельство не дает права остановить

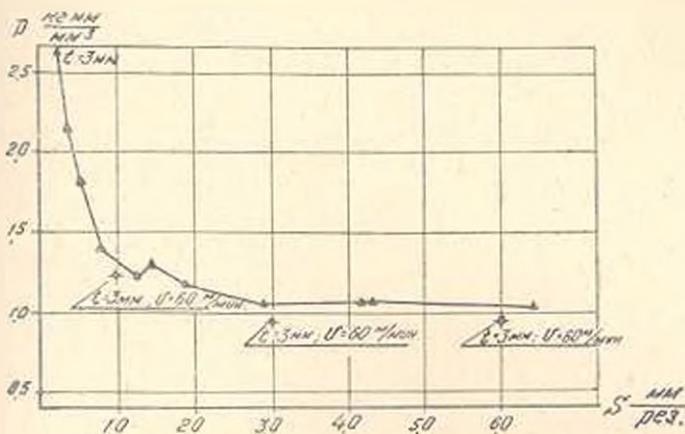


Рис. 1.

выбор на каком-либо конкретном значении  $\gamma$ , что вполне обоснованно можно было бы сделать при наличии экстремальных участков на графике указанной зависимости. Отсутствие же таковых позволяет в данном случае руководствоваться соображениями удобства изготовления, заточки и конструкции инструмента.

Выбор углов заточки реза, осуществленный нами с использованием оценки по наименьшим энергозатратам, можно считать лишь предварительным, так как силовой фактор при резании материалов с резко выраженными абразивными свойствами, каковым является ячеистый бетон, нельзя считать определяющим. Гораздо более важное значение в этом случае приобретает износ режущего инструмента, наименьшая интенсивность которого при заданной производительности обработки является надежным критерием для выбора углов заточки резов и параметров режима резания.

Принципы и детальная методика исследования износа твердотопливного режущего инструмента применительно к механической обработке естественных каменных материалов разработаны Институтом строительных материалов и сооружений Академии наук Армянской ССР [6—9]. Указанная методика была использована нами в опытах по резанию ячеистых бетонов.

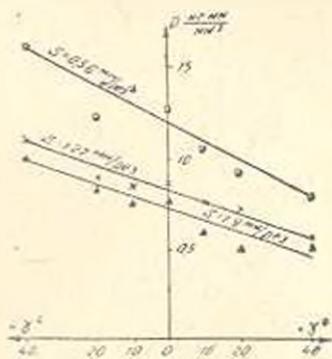


Рис. 2.

Опыты по износу твердосплавных резцов проводились на токарном станке (продольное точение) и на сконструированном автором торцево-фрезерном станке.

*Опыты на токарном станке.* Перед проведением основной серии опытов по установлению оптимальной (по износу) скорости резания, были проведены предварительные опыты для установления общей картины износа резцов при обработке ячеистых бетонов. В процессе опытов производилось периодическое микрофотографирование изношенных участков резцов, а также их зарисовка под микроскопом с помощью рисовального аппарата РА-4.

Было установлено, что общая картина разнотия площадок износа остается более или менее постоянной. Однако, не во всех случаях контур площадки износа на задней грани имеет вид, показанный на схеме (рис. 3-а).

Иногда при соотношениях  $\frac{1}{s}$  близких к единице развитие износа по задней грани приводит к площадке треугольной формы (рис. 3-б).

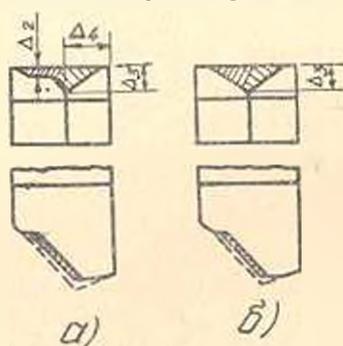


Рис. 3.

В первом случае наиболее закономерно во времени изменяется ширина  $\Delta_2$  площадки износа по задней грани, во втором случае—размер площадки  $\Delta_3$ .

Это обуславливает в каждом отдельном случае методику микроскопических замеров меняющихся размеров площадок износа.

В опытах на токарном станке износ резцов фиксировался по двум размерам площадок  $\Delta_2$  и  $\Delta_3$ . Эксперименты на торцево-фрезерном станке сопровождалась фиксацией износа по четырем размерам, как будет описано ниже.

В опытах на токарном станке приняты следующие значения скорости резания: 12; 25; 60; 100; 200; 300 и 600 м/мин. Остальные параметры режимного поля приняты постоянными, а именно: подача  $s=0,5$  мм/об, глубина резания  $t=2$  мм; углы реза:  $\gamma=0^\circ$ ;  $\alpha=\alpha_1=13^\circ$ ;  $\varphi=50^\circ$ ;  $\varphi_1=20^\circ$ ;  $\lambda=0^\circ$ . Обработываемый материал: плотный бесцебеночный бетон объемным весом  $\gamma=1,78$  т/м<sup>3</sup> с кубиковой прочностью  $R=101$  кг/см<sup>2</sup>. Рис. 4 и 5 иллюстрируют результаты опытов.

Интенсивность износа существенно зависит от скорости резания. Наибольшая интенсивность износа отмечается при весьма малой скорости резания и при  $v=300$  м/мин, при которой резец полностью потерял свойства через 0,5 мин после начала работы. Для данного случая может быть рекомендована скорость резания порядка 170–200 м/мин.

Опыты на торцево-фрезерном станке. Испытанию подвергались плиты из ячеистого бетона обменным весом  $\gamma = 1070 \text{ кг/м}^3$  и кубиковой прочностью  $R = 53 \text{ кг/см}^2$  размером  $500 \times 1000 \times 120 \text{ мм}$ . В опытах принято

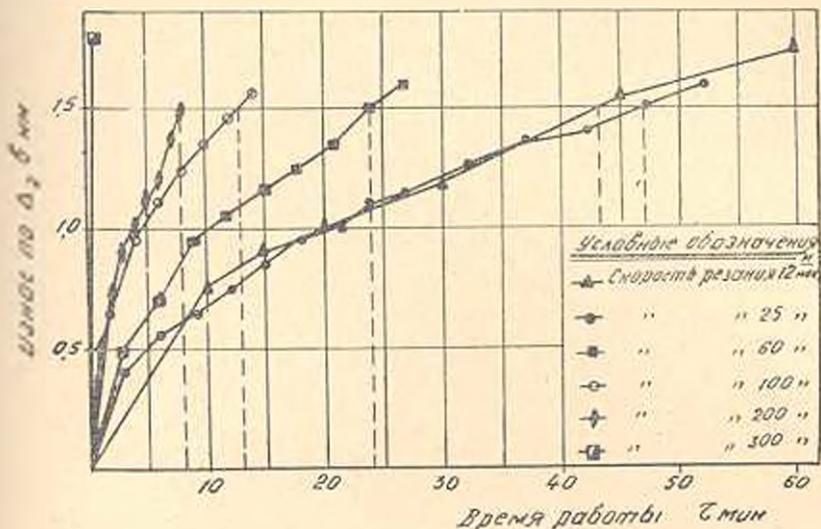


Рис. 4.

десять различных скоростей резания в диапазоне 58–1050 м/мин при постоянной глубине резания  $t = 3 \text{ мм}$  и подаче на зуб  $s_z = 1 \text{ мм/зуб}$ . Угловые параметры резцов приняты оптимальными, по результатам опытов на токарном станке, которые будут описаны ниже.

В отличие от экспериментов на токарном станке, в данном случае износ в процессе опытов замерялся не по одному элементу резца, а одновременно по трем элементам  $\Delta_2$ ,  $\Delta_1$  и  $\Delta_3$  (рис. 3). Кривые износа строились в координатах „износ по  $\Delta_n$  — площади обработанной поверхности“.

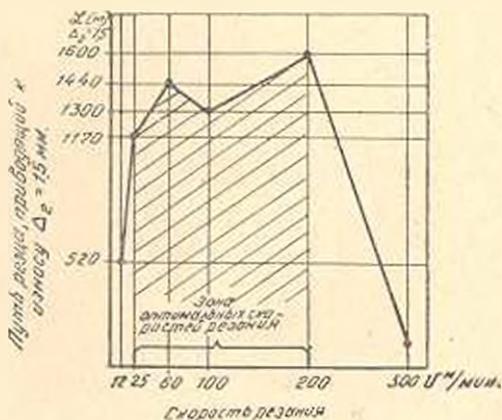


Рис. 5.

На (рис. 6) представлен совмещенный график зависимости площади обработанной поверхности от скорости резания при заданном износе по различным площадкам. Зона оптимальных скоростей резания находится в пределах  $720 - 1920 \text{ м/мин}$ . Опыты были проведены на токарном станке. Влияние подачи на износ исследовалось при различных подачах, изменяющихся в диапазоне  $0,3 - 2,5 \text{ мм/об}$

при скорости резания  $v = 200$  м/мин и глубине  $t = 2$  мм. Параметры реза:  $\gamma = 0^\circ$ ;  $\alpha = \alpha_1 = 13^\circ$ ;  $\varphi = 50$ ;  $\epsilon_1 = 20^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ .

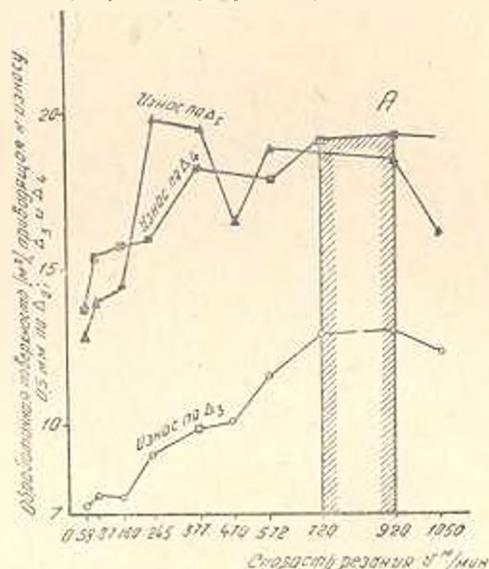


Рис. 6. А-общая зона оптимальных скоростей резания.

Из рис. 7 и 8 видно, что интенсивность износа увеличивается с ростом подачи, однако весьма незначительно. В первом приближении можно считать, что интенсивность износа при обработке пенобетона исследованных характеристик не зависит от подачи. Сле-

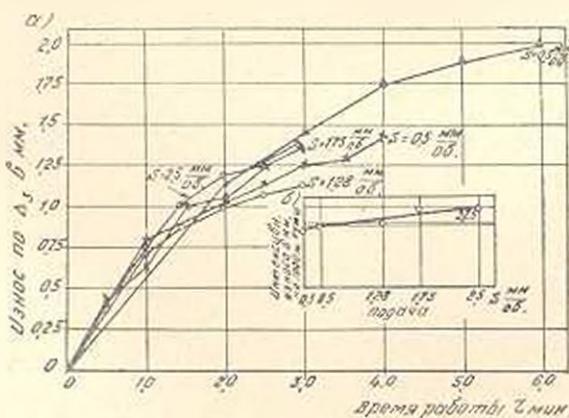


Рис. 7. а) зависимость износа от времени работы; б) зависимость интенсивности износа от подачи.

дует считать, что в данном случае пределом увеличения подачи должно служить качество обработанной поверхности. При умеренных требованиях к качеству поверхности панелей из ячеистых бетонов целесообразно работать на максимальных подачах.

Влияние глубины резания на интенсивность износа исследовалось при глубинах  $t = 2; 4; 6$  и  $8$  мм. Графики „износ - время“ при раз-

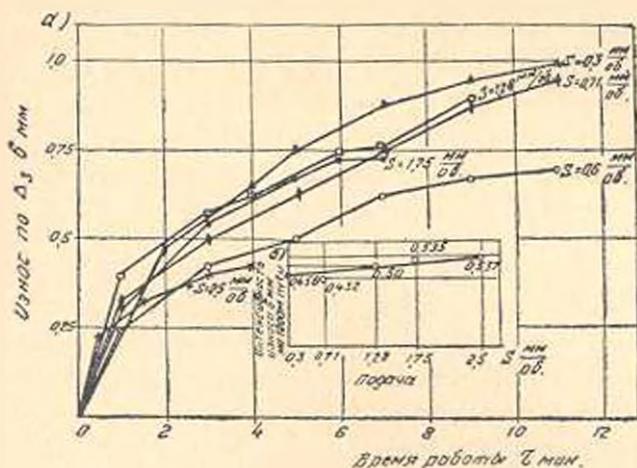


Рис. 8. а)-зависимость износа от времени работы; в) зависимость интенсивности износа от подачи.

ных глубинах резания проходят довольно тесным пучком. Это дает основание полагать, что в исследованном диапазоне, влияние глубины резания на износ весьма невелико. Практически это означает, что весь припуск по толщине изделия, оставленный на обработку, должен сниматься за один проход.

Свердловский филиал  
Восточного НИИ Промсооружений

Поступило 5 I 1957

Ս. Ս. ԼԵՎԻՆ

**ԲՋՈՋԱՎՈՐ ԲԵՏՈՆՆԵՐԻ ՄՇԱԿԵԼՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԸ՝  
ԿՏՐՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում շարադրված են բջիջավոր բետոններից պատրաստված շինվածքների (բլոկների և սլանկների) մշակման օպտիմալ ուժեղների սահմանման ուղղութայն կատարված փորձարկումների արդյունքները նշվում է, որ կարծր միանալվածքով ամրանալորված զործիքով ճակատային ֆրեզան եղանակն ամենատարազորողակուն է և մեծ հեռանկարներ ունի:

Կտրման ուժեղների և կտրող զործիքի երկրաչափության ճիշտ բնարման համար որպես նիմուական չափանիշ է վերցված կտրիչների մաշվածքը: Մաշվածքի հետազոտությունը կատարված է ճակատափրեզային և խարտային հաստոցների վրա, ըստ որում օգտագործված է Հայկական ՍՍՐ Գիտությունների ակադեմիայի կողմից մշակված մեխոդիկան:

Սահմանված է, որ կտրման արագությունների օպտիմալ դիսպոզիցիան որոշված մաշվածքի նվազագույն սաստկությունից ելնելով, ամենատարածված խճապուրկ խիստ բետոնների մշակման դեպքում ընկած է 175—

200 վրոպե սահմաններում, իսկ քլիջավոր բետոնների մշակման դեպքում՝ 720—920 վրոպե սահմաններում: Կտրման խորութիւնը չի ազդում մաշվածքի սաստկութեան վրա: Մատուցման ազդեցութիւնը կարելի է անտեսել, որովհետեւ մատուցումներն աննշան մեծուքիւններ ունեն:

Հողվածում բերված են փորձերի նատուկ սերիայի արդյունքներ, որոնք քլիջավոր բետոնների համար հաստատում են Մ. Վ. Կառյանի և Հ. Ա. Տեր-Ազարեի այն միտքը, թէ կտրման պրոցեսի որակական բնութագիրը մնում է անփոփոխ, անկախ մետաղե կարող գործիքով մշակման եղանակից (չրջատաշման և ոսնդման դեպքերի համար):

Տվյալ աշխատութեան արդյունքներն օգտագործվել են որպէս Ելակետային տվյալներ ՄՏ-14 հաստոցի նախագծման համար, որն սկսած 1956 թ. վերջերից, արտադրվում է Միւնսկի 'Լորշիլովի' անվան դազգահաշինական գործարանի կողմից:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С. С. Левин, И. Л. Жодзинский. К вопросу о механической обработке поверхности крупных панелей из ячеистых бетонов. „Строительное и дорожное машиностроение“, № 12, 1956.
2. А. А. Акопов. Краткий анализ работы туфорезных станков. „Известия АН Армянской ССР“, серия ФМЕТ наук, т. I, № 4, 1948.
3. В. Н. Бакуль. Применение твердых сплавов для добычи и обработки естественно-го камня, 1951.
4. Н. Е. Носенко, М. И. Гальперик. Режущий инструмент для обработки известняков. „Механизация строительства“, № 7, 1951.
5. М. В. Касьян, И. А. Тер-Азарьев. Условия резания при обработке естественных камней. „Вестник инженеров и техников“, № 3, 1952.
6. М. В. Касьян, А. А. Акопов. К вопросу о резании туфа. „Известия АН Армянской ССР, серия ФМЕТ наук, т. I, № 6, 1948.
7. М. В. Касьян, А. А. Акопов, И. А. Тер-Азарьев. Характеристика износа режущего инструмента при обработке туфа, базальта и гранита. „Известия АН Армянской ССР“, серия ФМЕТ наук, т. III, № 4, 1950.
8. М. В. Касьян, И. А. Тер-Азарьев. К вопросу динамики резания естественных камней. „Известия АН Армянской ССР“, серия ФМЕТ наук, т. III, № 1, 1950.
9. Р. В. Акопов. К вопросу о режущих способностях инструментальных материалов при обработке камня. „Известия АН Армянской ССР“, серия ФМЕТ наук, т. V, № 4, 1952.

## ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Г. А. АРЗУМАНИЯН

О СРАВНИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ НЕКОТОРЫХ  
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД АРМЕНИИ К ПЛЕНЧАТОМУ  
ДОМОВОМУ ГРИБУ (*Coniophora cerebella* Schröt.)

Древесина различных древесных пород по отношению к дереворазрушающим грибам проявляет различную стойкость. С дарних пор древесным породам в отношении стойкости давалась оценка из опыта применения их на практике.

В последние десятилетия сравнительная стойкость древесины стала предметом экспериментальных исследований в лабораторных условиях. На основании этих исследований делались попытки создания шкалы стойкости древесины различных пород.

Вемер [1] изучил стойкость древесины ряда пород к домовому грибу *Merullius lacrymans* и разделил испытанные породы на три группы: очень стойкие, стойкие и нестойкие. С. И. Ваниным [2] была исследована на стойкость к этому же грибу древесина сосны, ели, тисса, березы, осины, ольхи, кедра, липы, белой акации, бархатного дерева и красного дерева. Породы эти были разделены на следующие группы: стойкие—тисс, красное дерево, белая акация; среднестойкие—сосна, ель, кедр, ольха, бархатное дерево; малостойкие—береза, липа, осина.

Несколько позже, в Центральном научно-исследовательском институте механической обработки древесины В. В. Миллер и Е. И. Мейер [3] изучили стойкость в отношении гниения древесины ясеня, дуба, клена, бука, карагача, каштана, березы и лиственницы в связи с исследованием физико-механических свойств древесины ряда пород, намеченных для замены дуба в вагоностроении. Опыты велись с двумя грибами—*Merullius lacrymans* и *Coniophora cerebella*. Авторы пришли к практическому выводу о том, что с точки зрения устойчивости древесины против гниения для замены дуба могут служить каштан и с некоторой оговоркой карагач, так как древесина этой породы по отношению к грибу *Coniophora cerebella* оказалась по сравнению с дубом несколько менее стойкой. Результат, полученный лабораторными испытаниями в отношении древесины каштана находится в согласии с практикой ее применения в строениях. Так, по данным Г. И. Мирзашвили [4] обследованном деревянных конструкций домов г. Сухуми, климатические условия которого благоприятствуют разви-

тию гниения, было установлено полное отсутствие грибных очагов на деталях, изготовленных из древесины каштана.

Из последних работ следует отметить работу Ф. А. Соловьева [5]. Им была исследована стойкость древесины хвойных пород к корневой губке, окаймленному трутовику и настоящему домовому грибу. Испытанию была подвергнута древесина пихты, ели, сосны, лиственницы и тисса. Эти опыты показали, что наиболее стойкой является древесина тисса. Среднестойкими показали себя древесина сибирской лиственницы и сосновое ядро. Мало стойкими оказались древесина сибирской пихты, ели и сосновая заболонь.

В перечисленных работах испытания на стойкость осуществлялись аналогично тому, как испытывается древесина, обработанная антисептиками.

Некоторые авторы с целью совершенствования методики стремились подобрать такую питательную среду для испытания, чтобы приблизить условия опыта к так называемым природным. Такой подход можно было бы считать правильным, если природные условия обуславливались определенными показателями в отношении силы агрессии дереворазрушающих грибов. Однако поражение древесины в природных условиях, как известно, происходит всегда различно из-за факторов, определяющих интенсивность поражения. К числу этих факторов относятся степень увлажнения древесины, скорость ее высыхания, состав микрофлоры, контактирующей с древесиной и др. Поэтому, величины стойкости древесины, полученные лабораторными испытаниями за сравнительно короткий срок не могут считаться абсолютными показателями ее стойкости. Они справедливы лишь для данных условий опыта, всегда отличающихся от природных. Поэтому при таких испытаниях речь может идти о сравнительной стойкости, показывающей насколько одна порода сильнее или слабее противостоят силе агрессии гриба.

Имеющиеся результаты в этом направлении позволяют утверждать, что величины сравнительной стойкости древесины различных пород, полученные в лабораторных условиях, в основном, совпадают со сравнительной долговечностью этих пород в практике их применения. Это позволяет полагаться на результаты экспериментального определения показателей сравнительной стойкости древесины, полученные экспериментальным путем, и учитывать их при определении области применения древесины различных пород и назначении защитных мероприятий по продлению срока службы древесины.

В последние годы в Институте строительных материалов и сооружений Академии наук Армянской ССР проводились исследования физико-механических свойств древесины ряда пород Армянской ССР. Нам представлялось интересным наряду с показателями физико-механических свойств древесины исследуемых пород иметь показатели их сравнительной стойкости.

В настоящем сообщении приводятся результаты испытания на

стойкость к воздействию гриба *Coniophora cerebella* древесины можжевельника (из Алавердского р-на, Шамлугского лесничества), липы (из Кафанского р-на, Кафанского лесничества), осины (из Ереванского лесхоза, Цахкадзорского лесничества), каркаса (из Алавердского р-на, Шамлугского лесничества), пльма (Горисского р-на, Шурмухского лесничества), дуба восточного (из Шамшадинского р-на, Кулалийского лесничества), бука восточного (из Шамшадинского района), тополя (из окрестностей г. Еревана).

Кроме этих пород была взята для сравнения древесина сосны, ели и пихты, полученная из вне пределов республики.

В качестве методики испытания была принята методика ЦНИИМОД, разработанная для испытания антисептиков [6]. Размеры образцов были взяты 20×20×5 мм (последний размер вдоль волокон).

Для изготовления образцов заготавливались прямослойные бруски сечением 20×20 мм соответственно из ядровой или спелодревесной части стволов. Сухой вес образцов определялся из веса образцов с пересчетом на влажность. Последняя определялась на образцах, вырезанных рядом с образцами для испытания.

Образцы увлажнялись, фламбировались и укладывались в колбы с разросшейся культурой гриба *Coniophora cerebella*. В каждую из колб укладывалось по одному образцу из каждой породы, за исключением сосны, из которой были взяты по два образца—один из заболони, другой из ядра. Таким образом в каждую колбу было уложено по 12 образцов. Срок испытания был принят 30 дней. Относительно короткий срок испытания был взят потому, что в наших опытах образцы были меньше образцов, принятых в опытах других авторов. Удлинение срока испытания обычно приводит к некоторому сглаживанию различий в стойкости между отдельными породами.

Картина обрастания во всех колбах была приблизительно одинаковой. Образцы можжевельника и дуба к концу срока испытания обросли очень слабо.

После испытания образцы были извлечены из колб, осторожно очищены от приставших к ним грибных пленок, высушены и взвешены. В табл. 1 приведены результаты этих определений и вычисленные вариационно-статистические показатели.

Несмотря на относительно большой диапазон колебаний потери веса образцов, получившийся в наших опытах, все же довольно ясно выявляется относительная стойкость древесины испытанных пород.

Как можно усмотреть из полученных результатов, наиболее стойкими породами оказались можжевельник и дуб. Наименее стойкими показали себя осина, ель и древесина сосновой заболони.

Благодаря высокой стойкости к гниению древесина можжевельника в Армении издавна считалась ценным строительным материалом. Наличие этой породы позволяло применять ее для различных элементов зданий, преимущественно для балок перекрытий. В некоторых селениях Армении и сейчас можно встретить в строениях древесину

Таблица 1

№ п/п	Наименование породы	Число испытанных образцов	Средняя потеря в весе, отнесенная к абсолютно сухому весу образца в % <sup>а</sup> , <sub>б</sub>	Пределы колебаний	Ошибка	Вариационный коэф. <sup>а</sup> , <sub>б</sub>	Показатель точности %
1	Можжевельник . . . . .	15	1,9	0,1—7,9	0,64	130,0	33,6
2	Дуб . . . . .	15	2,3	0,2—8,6	0,61	103,0	26,4
3	Пихта . . . . .	14	32,4	18,9—45,8	2,7	22,4	7,9
4	Липа . . . . .	15	33,5	19,9—57,2	2,45	26,6	7,3
5	Бук . . . . .	15	34,4	19,6—48,5	2,29	25,6	6,7
6	Каркас . . . . .	15	31,7	18,1—51,6	2,39	26,7	6,9
7	Ильм . . . . .	15	36,0	22,6—67,6	3,18	34,2	8,8
8	Тополь . . . . .	15	37,3	27,2—58,2	2,12	21,9	5,7
9	Сосна ядро . . . . .	15	38,8	19,7—56,0	2,63	26,0	6,9
10	Сосна заболонь . . . . .	14	44,5	34,0—63,7	2,27	18,0	4,9
11	Осина . . . . .	15	49,7	37,0—62,4	2,39	18,7	4,8
12	Ель . . . . .	15	50,2	32,1—63,1	2,20	17,1	4,4

можжевельника, где она хорошо сохранялась. Так, в 1952 г. в селе Негуц Алавердского района был разобран сарай, построенный около 200 лет тому назад, в котором балки покрытия были из можжевельника. Они настолько хорошо сохранялись, что вновь были использованы в качестве балок междуэтажного перекрытия в новом строящемся здании.

Получившееся в наших опытах различие в стойкости древесины заболони и ядра у сосны является совершенно закономерным. Аналогичное различие в стойкости ядра и заболони сосны было получено в опытах В. Ф. Соловьева [5] со взятыми в испытании тремя видами грибов. Это различие, по-видимому, существует при воздействии на сосну многих видов грибов.

Стойкость древесины пихты в наших опытах оказалась выше стойкости ели. По данным В. В. Миллера [7] древесина сибирской пихты не уступает древесине ели по стойкости к пленчатому домовому грибу. В упомянутой выше работе В. Ф. Соловьева [5] стойкость древесины этих пород по отношению ко всем трем грибам, взятым в испытании, оказалась почти одинаковой. А. А. Яценко-Хмелевским и Н. Н. Брегадзе [8] было установлено, что по отношению к белому домовому грибу (*Рогia vallantii* Fr.) заболонь пихты мало отличается по стойкости от заболони ели, а стойкость спелой древесины пихты значительно уступает стойкости спелой древесины ели. Таким образом для этого гриба результат оказался противоположным.

В табл. 1 обращает на себя внимание исключительно высокий

вариационный коэффициент, получившийся у древесины стойких пород—можжевельника и дуба.

В. В. Миллер и Е. И. Мейер [3] возрастанне вариационного коэффициента при стойких породах объясняли тем, что грибок легко овладевает образцами древесины нестойких пород и в дальнейшем разрушение древесины идет более или менее равномерно. Образцами стойких пород грибок овладевает не сразу. Поражая отдельные участки образца, грибок развивается в нем не равномерно. При коротких сроках испытания, принятых в наших опытах, это положение, по-видимому, сказывается еще сильнее. Этим может быть объяснено то, что в наших опытах несколько повышенный вариационный коэффициент был получен также и с испытаниями нестойких пород. Подтверждением этому может служить то, что в той же работе упомянутых авторов сокращение срока испытания с четырех до трех месяцев при испытании на стойкость древесины березы и лиственницы привело к увеличению вариационного коэффициента.

Если принять величину средней потери сухого веса сосновой заболони за 100 и выразить в процентах потери остальных пород, то картина сравнительной стойкости представится в следующем виде.

Ель	Осина	Сосна заболони	Сосна ядро	Тополь	Мальва	Береза	Бук	Липа	Пихта	Дуб	Можжевельник
112,8	111,2	100	87	84	81	78	77,1	75,0	72,5	5,15	4,25

Приведенные данные о сравнительной стойкости испытанных пород, полученные испытаниями с одним видом домового гриба, могут считаться более или менее общими и для многих видов домовых грибов.

Значительные отклонения от этих показателей дадут отдельные специфические дереворазрушители успешно развивающиеся на породах, считающихся стойкими. Так, для дуба такими грибами являются *Polyporus sulphureus* Fr., *Daedalea quercina* Pers.

Институт стройматериалов и сооружений  
АН Армянской ССР

Поступило 5 I 1957

Ի. Ա. ԱՐԶՈՒՄՆԱՆԻ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ԽԱՌԱՏՆՍՍԱԿՆԵՐԻ ՓԱՅՏԱՆՅՈՒԹԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆԸ  
*Coniophora cerebella* Schröt. ՄՆԻԻ ՆԿԱՏՄԱՐԲ

Փայտը քայքայող սնկերի ազդեցության նկատմամբ ճառատեանկների փայտանյութի կայունության նարցին նվիրված են մի շարք փորձնական աշխատանքներ, որոնց արդյունքները ամփոփված են [1, 2, 3, 5 և 7] աշխատանքայիններում:

Վերջին տարիների ընթացքում ՀՍՍՌ ԳԱ Շինանյութերի և կառուցվածքների ինստիտուտում ուսումնասիրվել են Հայաստանի մի շարք ծառատեսակների փայտանյութերի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները:

Իրանց զուգընթաց փորձարկվել է այդ փայտանյութերի կայունությունը փայտը քայքայող սնկի նկատմամբ: Փորձերը կատարվել են *Corticophora cerebella* սնկի նկատմամբ:

Փորձարկված են եղել նեոսյալ ծառատեսակների փայտանյութերը՝ գինու, լորու, կաղամախու, փոչնու, թեղու, կաղնու, նաճարի և բարդու: Բացի այս ծառատեսակների փայտանյութերից համեմատության համար փորձարկված են եղել սոճու, եղևնու և կուենու փայտանյութերը:

Փորձարկումները կատարված են եղել այն եղանակով, որը մշակված է հականեխրոնները փորձարկելու համար [6], նմուշները պահվել են փորձարկման սրվակներում մեկ ամսվա ընթացքում:

Փայտանյութի կայունությունը սնկի ազդեցության նկատմամբ որոշվել է փորձարկման ընթացքում նմուշների կշռի կորուստի շագույթ, որը արտահայտվել է սկզբնական կշռի տոկոսներով:

Փորձարկումների արդյունքները բերված են աղյուսակ 1-ում:

Հոլովածի վերջում համեմատված է փորձարկված նմուշների կշռի կորուստը սոճու և նեխրոնների նմուշների կշռի կորուստի նկատմամբ: Այդ համեմատությունը արտահայտված է տոկոսներով:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. C. Wehmer. Beiträge Zur Kenntnis ein heimischer Pilze. Jena, 1913.
2. С. И. Ванин. О стойкости древесины различных пород дерева в отношении домашних грибов. «Болезни растений». № 1-2, Л., 1928.
3. В. В. Миллер и Е. И. Мейер. Исследование по стойкости древесных пород в отношении гниения. Сб. работ Лаборатории хранения древесины ЦНИИМОД Гослесбумиздат, М., 1934.
4. Г. И. Мирзашаили. Результаты обследования деревянных конструкций здапий в Грузинской ССР. Труды Института леса АН СССР, т. VI, 1950.
5. В. Ф. Соловьев. О стойкости древесины некоторых хвойных пород к гниению. Труды Института биологии Уральского филиала АН СССР. Вып. 6, 1955.
6. В. В. Миллер и Е. И. Мейер. Экспериментальная разработка методики сравнительных испытаний антисептиков для древесины. Труды ЦНИИМОД. Защита и хранение древесины. Вып. 2 (8), Гослесбумиздат, М.-Л., 1951.
7. В. В. Миллер. Сравнительная стойкость древесины ели и пихты против гниения. Труды ЦНИИМОД. Защита и хранение древесины. Вып. 2 (8), Гослесбумиздат, М.-Л., 1951.
8. А. А. Яценко-Хмелевский и И. И. Брегадзе. Сравнительная стойкость заболони и спелой древесины ели и пихты по отношению к белому домовому грибу (*Poria vallantii* Fr.). ДАН СССР, т. XXIV, № 6, 1939.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

М. Г. МАНВЕЛЯН, А. Ф. МЕЛИК-АХНАЗАРЯН, К. А. КОСТАНЯН,  
 Е. А. ЕРЗНКЯН, С. О. НАЛЧАДЖЯН

ВАРКА ЭЛЕКТРОКОЛБОВОГО СТЕКЛА НА БАЗЕ  
 АРАРАТСКИХ КВАРЦИТОВ

Для варки многих видов (особенно темных) стекол при отсутствии кварцевого песка можно применять горные породы, содержащие высокий процент кремнезема.

На стекольных заводах Армянской ССР для варки тарного и бутылочного стекла с успехом применяется кварцемзовый песок. Высокое содержание окислов алюминия и железа делает его совершенно неприменимым для варки электроколбового стекла. В качестве сырья для варки электроколбового стекла Химическим институтом предложены кварциты [1].

Из кварцитов различных месторождений Арм. ССР наиболее подходящим для варки электроколбового стекла является араратский, содержащий наряду с  $SiO_2$  также окислы кальция и магния в необходимых для электроколбового стекла количествах, что дает возможность составлять шихту без дополнительного введения доломита и известняка. В табл. 1 приведен средний состав кварцитов араратского месторождения.

Таблица 1

$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$CgO$	$Na_2O + K_2O$ приведенная к $Na_2O$	ппп	влаж- ность
75,25	2,13	0,19	8,11	4,82	0,18	8,60	0,69

В течение нескольких лет в институте на трех полупромышленных печах производилась варка электроколбового стекла на базе кварцитов араратского месторождения. Стекло варилось применительно к двум рецептам (см. табл. 2).

Таблица 2

Состав	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$BaO$	$CaO$	$MgO$	$Na_2O$	$K_2O$
I	$71,9 \pm 1,0$	не более $0,9 \ 0,3$		$2,0 \pm 0,2$	$5,5 \pm 0,5$	$3,5 \pm 0,3$	$16,1 \pm 0,6$	$1,0 \pm 0,2$
II	73,99	0,9	0,3	—	5,45	3,92	16,64	—

Ввиду некоторой недостачи  $\text{SiO}_2$  и повышенного содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в кварците нами разработан рецепт электроколбочного стекла применительно к кварцитам араратского месторождения. При разработке нового рецепта исходили из основных физико-химических требований, предъявляемых к колбочному стеклу состава I (табл. 2). Из них наиболее важными являются коэффициент линейного расширения, вязкость, температура размягчения, термостойкость и электрические свойства. Для получения стекла с требуемыми свойствами на базе араратских кварцитов был сварен ряд стекол с различным содержанием щелочей ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) и  $\text{BaO}$ .

Из сваренных стекол был выбран состав „Е“ (см. табл. 3), физико-химические свойства которого приведены в табл. 4.

Таблица 3

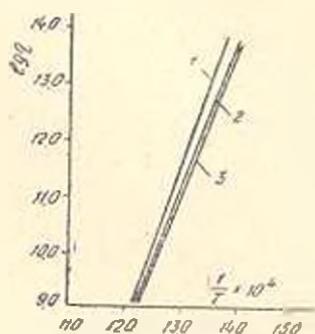
Окислы	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{BaO}$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Na}_2\text{O}$
Стекло „Е“	68,30	2,20	0,23	2,06	6,80	4,50	15,52

Таблица 4

№№ п/п	Физико-химические свойства	Значение
1	Коэффициент линейного расширения	$91 \cdot 10^{-7}$
2	Температура размягчения . . . . .	$565^\circ\text{C}$
3	Термостойкость . . . . .	не менее $125^\circ\text{C}$
4	Химическая стойкость . . . . .	IV гидролитический класс

Электроколбочное стекло указанного состава было сварено в полупромышленной электропечи.

На рис. 1 приведена зависимость логарифма вязкости  $\lg \eta$  от  $\frac{1}{T}$  для стекол „Е“, состава I (см. табл. 1) и БД-1.



Зависимость  $\lg \eta - \frac{1}{T}$

1-стекло Е; 2-стекло № 2;  
3-стекло БД-1.

Как видно из рисунка, в области высоких вязкостей расхождение между температурами, соответствующими вязкости  $10^{11} - 10^{12}$  пуаз (совпадающей приблизительно с температурой размягчения стекла), для стекол Е и состава I составляет  $10 - 12^\circ\text{C}$ ; и при низких значениях вязкости расхождение становится незначительным. Кроме того, как показали исследования кристаллизационной способности, стекло Е обладает наименьшей способностью кристаллизации по сравнению со стеклами состава I и БД-1.

В полупромышленной электропечи стекло варилось на шихте, состоящей из следующих компонентов:

1. Кварцитовый песок (из араратского кварцита).
2. Сода кальцинированная (техническая).
3. Барий углекислый (чистый).

Для введения в стекло окиси бария нами кроме углекислого применялся также сернистый барий (чистый). Однако, несмотря на то, что последний ускоряет варку, применение его в электрических печах вызывает ряд нежелательных явлений — увеличение разъедания электродов и связанное с этим окрашивание стекла, а также образование «щелока». По разработанному рецепту в течение двух месяцев в опытной полупромышленной электропечи производительностью 1 тн. стекломассы в сутки вырабатывалось стекло в виде электроколов ручным способом. Качество этих электроколов проверялось на ЕЭМЗ, где изготавливались лампочки, полностью отвечающие всем предъявляемым к ним требованиям.

Испытание нескольких сот лампочек показало, что световые и электрические параметры их находятся в следующих пределах:

$P = 75,0 - 78,1$  ватт,  $F = 828 - 948$  люмен,  $F/p = 11,0 - 12,2$  люмен/ватт.

Для сравнения приводим пределы нормы:

$P = 75,0 - 78,8$  ватт,  $F = 731 - 881$  люмен,  $F/p = 10,86 - 13,16$  люмен/ватт.

В течение 2-х месяцев работы печи изучалось также влияние колебаний состава кварцита на качество вырабатываемого стекла. Состав араратского кварцита колебался в пределах  $SiO_2$  от 74,9 до 76,2%;  $Al_2O_3$  от 1,5 до 2,5%;  $CaO$  от 8,05 до 8,2% и  $MgO$  от 4,7 до 5,0%. Однако коэффициент линейного расширения оставался почти неизменным, а температура размягчения превышала допустимый предел на 10—12°C.

Многочисленные лабораторные измерения показали, что коэффициент линейного расширения полученного стекла колебался в пределах от  $89,7 \cdot 10^{-7}$  до  $91,7 \cdot 10^{-7}$ , а температура размягчения колебалась в пределах 558—472°C.

Исходя из этого, нами предложен номинальный состав стекла Е (табл. 5). При варке электроколбового стекла по разработанному рецепту содержание  $Fe_2O_3$  не будет превышать 0,20%. Однако, при варке в электрических печах происходит переход железа в стекломассу из электродов [2], что повышает содержание  $Fe_2O_3$  в стекло до 0,25—0,28%, но не превышает допустимый предел—0,30%.

Таблица 5

	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	BaO	CaO	MgO	$Na_2O$
Рецепт, %	68,0 ± 1,0	2,5 ± 0,2	до 0,3	2,0 ± 0,2	7,0 ± 0,5	4,0 ± 0,3	16,0 ± 1,0

Произведенные исследования показали, что разработанный нами рецепт электроколбового стекла применительно к кварцитам арарат-

սկոց մեծաքանակությամբ, որոնք ֆիզիկո-քիմիական փորձերով բավարարում են ստանդարտային պահանջներին:

Վարկապահ քիմիական փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ ստացված է համապատասխան շաղկապով քիմիական միացություններ, որոնք բավարարում են ստանդարտային պահանջներին:

Химический Институт АН Армянской ССР

Поступило 15 III 1956

Մ. Գ. ՄԱՆՎԵԼՅԱՆ, Ա. Ֆ. ՄԵԼԻԿ-ԱՌՆԱԶՅԱՆ, Կ. Ա. ԿՈՍՏԱՆՅԱՆ,  
Ե. Ա. ԵՐԶՆԿՅԱՆ և Ս. Ս. ՈՒԼԱԽՅԱՆ

### ԷԼԵԿՏՐԱԿՈՆԴՐԱՅԻՆ ԱՊԱԿՈՒՆԵՓՈՒՄԸ ԱՐԱՐԱՏԻ ԿՎԱՐՑԻՏՆԵՐԻ ԲԱԶԱՅԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ապակու արտադրության մեջ յետնային ապաները կիրառվում են վաղուց: Հայկ. ՍՍՌ-ի ապակու գործարաններում յայն կիրառություն է գտել կվարց-պեմզային ապալը: Սակայն երկաթի և ալյումինի օքսիդների բարձր տոկոսը այդ ապակուում հնարավորություն չի տալիս նրանից էլեկտրակոնդրային ապակի ստանալ:

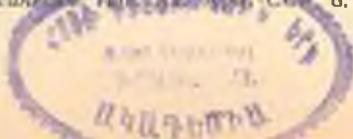
Հայկ. ՍՍՌ ԿԱ Քիմիական ինստիտուտը երկարատև նետազոտություններից հետո էլեկտրակոնդրային ապակու համար որպես հումք առաջարկել է Արարատի կվարցիտները: Արարատի կվարցիտները  $SiO_2$  հիմնական օքսիդի հետ մեկտեղ պարունակում են նաև  $CaO$  և  $MgO$  (աղյուսակ 1), որոնց քանակը բավարար է էլեկտրակոնդրային ապակու ստացման համար, առանց կրաքարի և գոլոմիտի ավելացման: Սակայն Արարատի կվարցիտներում մի փոքր բարձր է  $Al_2O_3$ -ի տոկոսը — 2,0 — 2,5% (աղյուսակ 1), որը ստիպել է նեղիմաստներին մշակել էլեկտրակոնդրային ապակու նոր տեսակատ (ապակի Բ, աղյուսակ 3): Նոր ապակու լուրջ դիտարկում ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները լրիվ համապատասխանում են էլեկտրակոնդրային ապակու ներկայացվող պահանջներին (աղյուսակ 4): Արոշված է նաև Բ ապակու մածուցիկության փոփոխության կախումը ջերմաստիճանից թրմման (ՕՏՋՈՒԴ) ջերմաստիճանային ինտերվալում: Նկարում բերված է

Բ ապակու, ԲԸ-1 և Ե Չ ապակիների 1571 — 1572 տ. դիագրամները, որոնցից երկուսն էլ որ Բ ապակու մածուցիկության փոփոխության ընթացքը ջերմաստիճանից շատ քիչ է տարբերվում վերջին երկու ապակիներից: Այդ հանգամանքը չափազանց կարևոր է Բ ապակու ավտոմատ մշակման ժամանակ:

Բ ապակու եփումը Արարատի կվարցիտների բազայի վրա կատարվել է Քիմիական ինստիտուտի կիսազործարանային էլեկտրական վառարաններում: Ստացված էլեկտրակոնդրային փորձարկվել են նրանի էլեկտրալամպերի գործարանում: Փորձարկման արդյունքները ցույց են տալիս, որ ստացված էլեկտրալամպերը իրենց տեխնիկական ցուցանիշներով լրիվ բավարարում են գործարանային ստանդարտին: Այսպիսով Արարատի կվարցիտները հումք կարող են հանդիսանալ էլեկտրակոնդրային ապակու ստացման համար:

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Մ. Գ. Մանվելյան և Բ. Ա. Երզնկյան (ն. ք. թ.):
2. Գ. Մ. Մանվելյան, Ա. Ֆ. Մելիկ-Առնազյան, Կ. Ա. Կոստանյան, Ե. Ա. Երզնկյան, Ս. Ս. Ուլախյան և Ս. Գ. Օգանյան: Խիմիական գիտություններ, 1956, 8, № 1, 65 (1955):



## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

64

- Ո. Վ. Կասյան, Հայկական ՍՍՏ ԳԱ Տեխնիկական գիտությունների բաժանմունքի աշխատանքի որոշ տրդյունքների մասին՝ Հոկտեմբերյան Սոցիալիստական Մեծ սեռվյուցիայի 40-ամյակի առթիվ . . . . . 3
- Ա. Կ. Անանյան, Սեանա լճի պրորյեման պետք է լուծվի նոր ուղղությամբ . . . . . 4

### ԻճԾԵՆԵՐԱԿԱՆ սեյսմոլոգիա

- Ա. Կ. Նազուրով, Գինդ մարմինների մեխանիկական նմանության և շինարարական կոնստրուկցիաների ու կառուցվածքների սեյսմոկայունության մեջ նրա կիրառման մասին . . . . . 15

### Հիվրոտեխնիկա

- Լ. Ա. Զիլինգարյան, Լեռնային փոքր գետերի վրա դոնվոդ մի քանի էներգատիզացացիոն սխեմաների հիմնական պարամետրերի որոշման շուրջը . . . . . 20

### Շինարարական կոնստրուկցիաներ

- Լ. Վ. Շահսուվարյան, Երկրաչաբմային ուժերի տակ հեծան-վրայաշենքերի ամրակցումների աշխատանքի վերլուծումը . . . . . 43
- Գ. Մ. Զոմախիձե, Կոշտ արմատութայով երկաթբետոնե կամարային կամուրջ . . . . . 57

### Շինարարական տեխնիկա

- Կ. Ս. Վարդանյան, Քարերի կտրման դինամիկայի մի քանի հարցերի մասին 65
- Ո. Ս. Լեխն, Բջիջափոր բետոնների մշակելիության հետազոտությունը՝ կտրման միջոցով . . . . . 75

### Փայտանյութային տուրբուլուց

- Գ. Ա. Արզումանյան, Հայաստանի մի քանի ժառանգականների փայտանյութի կայունությունը *Coniophora cerebella* Schrot. անկի նկատմամբ . . . . . 83

### Գիտական նյութեր

- Մ. Գ. Մանիկյան, Ա. Ֆ. Մելիր-Հախնազարյան, Կ. Ա. Կոտանյան, Ո. Զ. Երզրենյան և Ա. Զ. Նալչալյան, Էյեկտրակայրային սպուլու եփումը Աբաբատի կվարցիտների բազայի վրա . . . . . 89

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<i>М. В. Касьян.</i> О некоторых итогах работы отделения технических Наук АН Армянской ССР к сорокалетию Великой Октябрьской социалистической революции . . . . .	3
<i>А. К. Анянян.</i> Проблема озера Севан должна решаться по-новому . . . . .	9

### Инженерная сейсмология

<i>А. Г. Назаров.</i> О механическом подобии твердых тел и его применении к исследованию строительных конструкций и сейсмостойкости сооружений . . . . .	15
--	----

### Гидротехника

<i>Л. А. Чилингарян.</i> К определению основных параметров некоторых энерго-приводных схем на горных малых водотоках . . . . .	29
--	----

### Строительные конструкции

<i>Л. В. Шахсуварян.</i> Анализ работы стыков балок-панелей на сейсмическую нагрузку . . . . .	45
<i>Г. М. Чомахидзе.</i> Железобетонный арочный мост с жесткой арматурой . . . . .	55

### Строительная техника

<i>К. С. Варданян.</i> Некоторые вопросы динамики резания камня . . . . .	65
<i>С. С. Левин.</i> Исследование обрабатываемости ячеистых бетонов резанием . . . . .	75

### Древесинноведение

<i>Г. А. Арзуманян.</i> О сравнительной стойкости древесины некоторых древесных пород Армении к пленчатому домовому грибу . . . . .	83
---	----

### Научные заметки

<i>М. Г. Манвелян, А. Ф. Мелик-Ахназарян, К. А. Костанян, Е. А. Ерзинкян, С. О. Налчаджян.</i> Варка электрокошбочного стекла на базе Араратских кварцитов . . . . .	89
--	----