

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ ԱՐՄԻՆԵ ԱՇՈՏԻ

ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՈՐԱԿԻ ԲԱՐԵԼԱՎՈՒՄԸ ՊՈԼԻԳՐԱՖԻԱԿԱՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ՀԱՆԳՈՒՅՑՆԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՑՄԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՄԲ

Ատենախոսություն

<<Մեքենագիտություն (Ե.02.01)>> մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝
տեխն. գիտ. թեկնածու
Ռազմիկ Նահապետի Բարսեղյան

ԵՐԵՎԱՆ 2018 թ.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԱԽԱԲԱՆ.....4

ԳԼՈՒԽ 1. ԳԻՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ..10

1.1. Տպագրական ճնշման առաջացումը օֆսեթ գլանի և ռետինե թաղանթի հպագոտում	11
1.2. Օֆսեթ գլանի և ռետինե թաղանթի հպագոտում ընթացող պրոցեսները և տպագրման որակի վրա դրանց ազդեցությունը.....	14
1.3. Տպագրական թղթին ներկայացվող հիմնական պահանջները.....	28
1.4. Շփման և մաշման գործընթացները տպագոտում.....	31
1.5. Վերջավոր տարրերի մեթոդի կիրառումը տպագրական մեքենաների հպման գոտիների ուսումնասիրություններում.....	33
1.6. Եզրակացություններ գլ.1-ի վերաբերյալ.....	34

ԳԼՈՒԽ 2. ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԹՂԹԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ 36

2.1. Թղթի հատկությունների և դրանց միջև կապի հետազոտումը.....	36
2.2. Տպագրական թղթի տեսակները և մակերևույթի բնութագրերը.....	38
2.3. Տպագրական թղթի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրությունը	40
2.4. Տպագրական թղթի նյութաբանական և կառուցվածքային առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունը	41
2.5. Տպաթղթի մեխանիկական փորձարկումների մեթոդաբանությունը և իրականացումը.....	46
2.6. Թղթի մեխանիկական բնութագրերի քանակական գնահատումը	52
2.7. Եզրակացություններ գլ.2-ի վերաբերյալ.....	59

ԳԼՈՒԽ 3. ԼԱՐՎԱԾԱԴԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ՎԻՃԱԿԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ՏՊԱԳՐՄԱՆ ԳՈՏՈՒՄ62

3.1. Տպագոտում դեֆորմացիաների փոփոխման առանձնահատկությունները	62
3.2. Ֆիզիկամեխանիկական երևույթները հպման գոտում.....	63
3.3. Տպագրական մեքենաների օֆսեթ թաղանթները և դրանց դեֆորմացիոն հատկությունները.....	65

3.4. Լարվածային վիճակը օֆսեթ թաղանթի համան գոտում.....	66
3.5.Դեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրումն օֆսեթ թաղանթի տարբեր համան գոտիներում	72
3.5.1. Օֆսեթ և տպող գլանների համան գոտի	73
3.5.2. Օֆսեթ և տպածնային գլանների համան գոտի.....	74
3.5.3. Դեֆորմացիաների փոփոխությունը համան գոտու լայնական ուղղությամբ ..	76
3.5.3. Դեֆորմացիաների փոփոխությունը համան գոտու երկայնական ուղղությամբ	79
3.6. Եզրակացություններ գլ.3-ի վերաբերյալ	80

ԳԼՈՒԽ 4. ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԳՈՏՈՒՄ ԱՌԱՋԱՑՈՂ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ82

4.1. Տպագլանների համան գոտում առաջացող լարվածադեֆորմացիոն վիճակը	82
4.2. Հարաբերական սահքը համան գոտում	83
4.3. Մաշման երևույթները համան գոտիներում.....	86
4.4. Տպագոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտումը.....	91
4.4.1. Վերջավոր տարրերի մեթոդի իրականացումը ANSYS փաթեթում.....	94
4.4.2. Տպագոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի մոդելավորումը.....	96
4.5. Տպագրական արտադրանքի որակի բարելավումը.....	102
4.5.1. Բազմաշերտ առաձգական թաղանթի թվային մոդելավորումը և օպտիմալ տարբերակի ընտրությունը.....	103
4.5.2. Տպագրական թղթի օպտիմալ տարբերակի ընտրությունը.....	110
4.6. Եզրակացություններ գլ.4-ի վերաբերյալ.....	112

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.....	114
ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ.....	116
ՀԱՎԵԼՎԱԾՆԵՐ.....	124

ՆԱԽԱԲԱՆ

Աշխատանքի արդիականությունը

Պոլիգրաֆիական արտադրության ոլորտում տարեցտարի աճող ծավալները, արտադրանքի որակի և ձևավորման նկատմամբ պահանջարկի աճը, ինչպես նաև մրցակցային պայքարը և սպառման նոր շուկաներ նվաճելու ձգտումը լարված իրավիճակ են ստեղծել նշված արտադրատեսակների թողարկման գործընթացում: Այս ամենը պահանջարկ է առաջադրում հնարավորինս բարձրացնել տեխնոլոգիական սարքավորումների արտադրական արագությունները, կիրառել նոր տեխնոլոգիական գործընթացներ, օգտագործել բարձրորակ տպագրական ներկանյութեր, տպագրական թղթի նոր տեսակներ, որոնք օժտված են բարձր ամրությամբ, երկարակեցությամբ և իրենց ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով էապես գերազանցում են ավանդական թղթատեսակներին: Դա իր հերթին ենթադրում է տպաթղթերի համալիր մեխանիկական փորձարկումների իրականացում և նշված հատկությունների բացահայտում: Մյուս կարևոր միջոցառումը՝ դա անմիջական տպագրման գոտում բնականոն աշխատանքային ռեժիմի ստեղծումն է, որը կարող է փոփոխվել տպագրական մեքենայի արագությունների և աշխատանքային արտադրողականության բարձրացման պատճառով: Այն պետք է բացառի թղթի անհավասարաչափ մատուցումը և ելքը հպման գոտուց, որը կհանգեցնի թղթի մասնակի կամ լրիվ ճմրթմանը և տպագրական ներկի մատուցման խանգարմանը, իսկ արդյունքում՝ արտադրանքի որակի կտրուկ անկմանը: Կարևոր է նաև տպագրման գոտում ազդող նորմալ ճնշման հաստատունությունը և գլանների նկատմամբ թղթի հարաբերական տեղաշարժի բացակայությունը: Տպագոտում ազդող բարձր ճնշումը կարող է առաջացնել տպագրվող պատկերի չափերի շեղումներ, թղթի վրա կնճիռների առաջացում և պատկերի երկատում, տպագոտուց թղթի դուրս բերման ժամանակ թղթի պատռում, տպագրական մեքենայի գերբեռնվածություն: Նշված բացասական երևույթները պահանջում են տպագոտում տպագրական գլանների մակերևութային շերտերի լարվածադեֆորմացիոն բնութագրերի հանգամանալի ուսումնասիրում ստատիկ և դինամիկ վիճակներում, քանի որ աշխատանքային արագությունների աճի դեպքում փոխվում են նշված մակերևութային շերտերի դեֆորմացիաները, դրանցում

կիրառված էլաստիկ նյութերի առկայության պատճառով: Նման պայմաններում որպես լրացուցիչ գործոններ հանդես են գալիս.

- տպագրում գլանների մակերևութային շերտերի անհամաչափ և փոփոխական դեֆորմացիաները, որոնց պատճառով առաջանում է հարաբերական սահք և ճնշման փոփոխություն,

- շփման առկայությունը և դրա հետ կապված՝ մաշման գործընթացը նշված գոտում, որը կարող է փոխել ճնշումը և լարվածադեֆորմացիոն վիճակը, հետևաբար՝ ազդել արտադրանքի որակի վրա:

Տպագրական արտադրանքի որակի չափանիշները նշանակալի կերպով բնութագրվում են տպագրում ընթացող դեֆորմացիոն երևույթներով, ինչին մասնակցում են այդ գոտում հայտնված բոլոր նյութերը՝ թուղթը, ներկը և տպագլաններն իրենց բարդ և կազմովի մակերևութային շերտերով: Այդ շերտերի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը հիմնական ցուցանիշն է, որը ձևավորում է արտադրանքի որակը: Կարևոր խնդիր է՝ որակի ապահովումը պոլիգրաֆիական մեքենաների հանգույցների դեֆորմացման բնութագրերի կառավարման միջոցով:

Այս բնագավառում հայտնի են պրոֆ. Վ.Ի. Կոմարովի, Ա.Ն. Ռասկովի. Պ. Մյուլլերի. Մ.Վ. Սուսլովի, Վ.Ի. Սոլունեցի և ուր. աշխատանքները, որոնք նվիրված են տպագրում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրմանը և որոնք ունեն տեսական և կիրառական ուղղվածություններ: Բնագավառի նոր հրապարակումների մանրամասն ուսումնասիրությունը վկայում է նշված գործոնների առանձին ազդման հետազոտման մասին, սակայն բացակայում են դրանց համալիր ներգործման գնահատումները, որոնք զգալի գիտագործնական նշանակություն ունեն և հնարավորություն կընձեռեն ապահովելու պոլիգրաֆիական արտադրության ոլորտի համար խիստ արդիական՝ տպագրման որակի և արտադրողականության բարձրացման խնդրի լուծումը:

Աշխատանքի նպատակն է՝

Տպագրական արտադրանքի որակի բարձրացումը պոլիգրաֆիական մեքենաների հանգույցների դեֆորմացման բնութագրերի փոփոխման միջոցով և տպագրության գործընթացի օպտիմալ տեխնոլոգիական ռեժիմների հաստատումը:

Աշխատանքի խնդիրներն են.

1. Տպագրական արտադրանքի որակի բարելավման նպատակով տպագրական թղթի մակրոկառուցվածքի և ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների հետազոտումը համալիր մեխանիկական փորձարկումների միջոցով և դրա կիրառման երաշխավորությունների առաջադրումը,
2. Տպագրության կոնտակտային գոտում օֆսեթ գլանի ռետինագործվածքային մակերևութային շերտերի լարվածադեֆորմացիոն բնութագրերի հետազոտումը,
3. Տպագոտում աշխատանքային տարրերի մակերևութային շերտերի հպակային ճնշման և շփագիտական ցուցանիշների որոշումը տպագրական կոնտակտի գոտում և դրանց համատեղ ազդեցության քանակական գնահատումը,
4. Հպման գոտում կոնստրուկցիոն տարրերի և տպաթղթի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների կառավարմամբ տպագրման օպտիմալ աշխատանքային պայմանների ստեղծման երաշխավորությունների մշակումը:

Հետազոտության մեթոդները

Տպագրական թղթի մեխանիկական հատկությունների որոշման համար կիրառվել են ԳՈՍՏ 30436-9 գործող ստանդարտի պահանջները և National Instruments (NI) ֆիրմայի ANI1 մակնիշի տենզոմետրական լաբորատոր սարքը: Փորձարարական տվյալները մշակվել են Wolfram Mathematica ստանդարտ ծրագրային փաթեթով: Տպագրական գործընթացի հիմնական ուժային պարամետրի՝ նորմալ ճնշման որոշման համար օգտագործվել են կոնտակտային խնդիրների լուծման մեթոդները, իսկ տպագրման հպման գոտում ստատիկական և դինամիկական բեռնվածքային ռեժիմների հետազոտման համար օգտագործված է ANSYS ծրագրային փաթեթը:

Աշխատանքի գիտական նորույթը

1. Փորձարարական հետազոտություններով որոշվել են պոլիգրաֆիական արտադրությունում առավել շատ օգտագործվող տպագրական թղթերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները՝ ամրության ցուցանիշները թղթի միկրոկառուցվածքի թելքերի նկատմամբ երկայնական և լայնական ուղղություններով:

2. Առաջարկվել է կոնտակտի գոտում տպագրական թղթում և գլաններում առաջացող կոնտակտային շոշափող լարումները նկարագրող մոդել:

3. Թղթի հետ կոնտակտի ժամանակ տպագլանների մակերևութային շերտերի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտման համար առաջարկվել է թվային մոդել, որը թույլ է տալիս քանակապես գնահատել տպագրման գործընթացի դինամիկան:

4. Մշակվել է տպագրության հպման գոտու օպտիմալ պարամետրերի՝ հարաբերական սահքի, օֆսեթ գլանի մակերևութային շերտի մաշման և տպագրական թղթի անհրաժեշտ տեսակի որոշման մեթոդիկա, ինչպես նաև օֆսեթ թաղանթում ընթացող շփական և կոնտակտային ամրության երևույթների հետազոտման հիման վրա առաջարկվել են թաղանթի ծառայության ժամկետի քանակական գնահատումներ:

Հետազոտության կիրառական նշանակությունը

Տպագրական արտադրանքի աճող ծավալները և անհրաժեշտ որակի ապահովումը պահանջում են բարձր արտադրողական տեխնոլոգիական գործընթացների հետ մեկտեղ տպագրական սարքավորման մեքենամասերի և հանգույցների աշխատունակության անհրաժեշտ մակարդակ: Դա, առաջին հերթին, ենթադրում է տպման գոտում սարքավորումների աշխատանքի բնականոն պայմանների ապահովումը՝ տպաթղթի օպտիմալ տեսակի ընտրությունը, հպման գոտում օպտիմալ ճնշման որոշումը, օֆսեթ գլանի մակերևութային թաղանթի երկրաչափական պարամետրերի փոփոխումը: Ատենախոսական աշխատանքի արդյունքները թույլ են տալիս բարձրացնել օֆսեթ գլանի մակերևութային թաղանթի մաշակայունությունը և որպես հետևանք՝ տպագրման կայուն որակ ապահովել: Մշակված հաշվարկային և փորձարարական մեթոդները կարող են նաև օգտագործվել ՀԱՊՀ-ում տպագրական դասընթացների դասավանդման ընթացքում: Ատենախոսական աշխատանքը կատարված է ՀԱՊՀ Մեխանիկայի և մեքենագիտության ամբիոնում, համաձայն ամբիոնի 2014-2017 թթ. ծրագրավորված հետազոտական աշխատանքների պլանների:

Պաշտպանության են ներկայացվում.

1. Տպագրական թղթի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների հետազոտումը, օգտագործելով National Instruments ֆիրմայի ANI1 մակնիշի տենզոմետրական լաբորատոր սարքը:

2. Տպաթղթի և տպագլանների համան գոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտումը վերլուծական մեթոդով:

3. Տպման գործընթացում կոնտակտային երևույթների մոդելավորումը ANSYS ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ:

4. Տպագրման կայուն որակի և անհրաժեշտ երկարակեցության ապահովումը տպագոտում շփագիտության և մաշակայունության պարամետրերի քանակական գնահատման մեթոդով:

Աշխատանքի արդյունքների փորձարկը և հրատարակումները

Ատենախոսության հիմնական դրույթները և արդյունքները զեկուցվել և քննարկվել ՀԱՊՀ-ի պրոֆեսորադասախոսական կազմի և ասպիրանտների 2015-17թթ. տարեկան գիտաժողովներում, ինչպես նաև ՀԱՊՀ մեխանիկայի և մեքենագիտության ֆակուլտետի մշտապես գործող գիտական սեմինարներում:

Հրատարակումները

Հետազոտության հիմնական արդյունքներով հրատարակվել են 7 գիտական հոդվածներ, որոնց ցուցակը ներկայացված է ատենախոսության սեղմագրում:

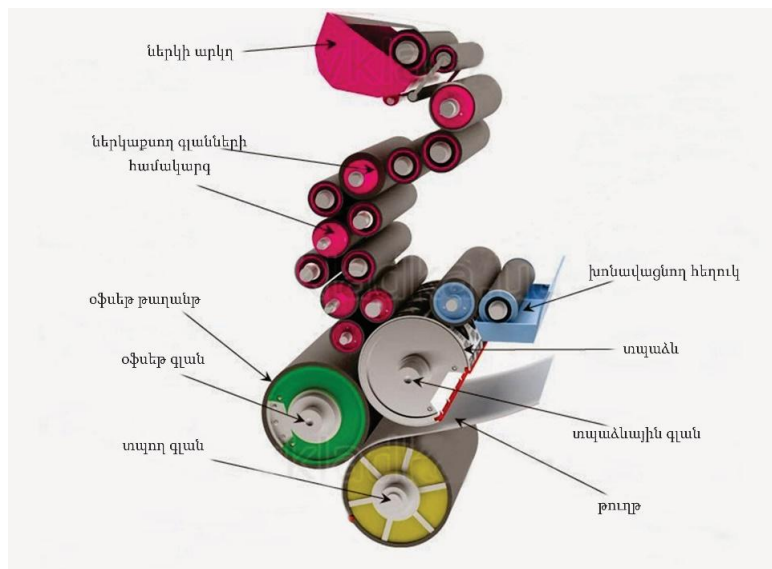
Ատենախոսության ծավալը և կառուցվածքը

Աշխատանքը կազմված է 124 էջից, պարունակում է 46 նկար և 4 աղյուսակ: Գրականության ցանկն ընդգրկում է 105 անուն գրականություն հայերենով, ռուսերենով և անգլերենով: Բովանդակությունը կազմված է նախաբանից, 4 գլուխներից, եզրակացությունից և հանձնարարականներից, ինչպես նաև հավելվածներից (4 հավելված, 108 գրաֆիկական նյութեր, 18 աղյուսակներ), որոնք ընդգրկում են գիտական ակնարկը, տպագրական թղթի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների

հետազոտումը, տպագլանների համան գոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրումը, նույն գոտում շփման և մաշման գործընթացների հետազոտումը, ստացված փորձարարական տվյալների մշակումը ռեգրեսիոն վերլուծության և վերջնային տարրերի մեթոդի կիրառմամբ, որոնք թույլ են տվել բացահայտել պոլիգրաֆիական մեքենաների աշխատունակության չափանիշների օպտիմալ արժեքները և ապահովել այդ մեքենաների արտադրողականության ռեգերվների լրիվ օգտագործումը ծառայության տրված ժամկետներում:

ԳԼՈՒԽ 1. ԳԻՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Վերջին տարիներին նկատվում է օֆսեթ տպագրության եղանակի մասնաբաժնի ինտենսիվ աճ ընդհանուր ծավալում, ինչն առաջին հերթին պայմանավորված է բարձր արտադրողականությամբ մեքենաների ստեղծմամբ, մեքենայացման մակարդակի բարձրացմամբ, տպագրական գործընթացի ավտոմատացմամբ և բարձրորակ նյութերի կիրառմամբ: Ժամանակակից օֆսեթ մեքենաներում այս բոլոր գործընթացներն ավտոմատացված են [10, 18, 21, 63, 67]: Օֆսեթ մեքենաների (նկ. 1.1) տպագրական գործընթացի հիմքը դա տպաձևից տպվող պատկերի փոխանցումն է տպագրվող նյութի՝ թղթի վրա: Տպաձևն ամրացվում է տպաձևային գլանի վրա, յուրաքանչյուր պտույտի ժամանակ տպաձևային գլանի բացակային տարրերը համապատասխան մեխանիզմի միջոցով խոնավացվում են և տպող տարրերի վրա ներկի շերտ է գրտնակվում: Ներկի գրտնակումից անմիջապես հետո տպաձևը որոշակի ճնշմամբ հպման մեջ է մտնում օֆսեթ գլանի հետ, որը պատված է օֆսեթ ռետինե թաղանթով: Թղթի վրա պատկերը հայտնվում է օֆսեթ ռետինի միջոցով [10, 24, 83]:



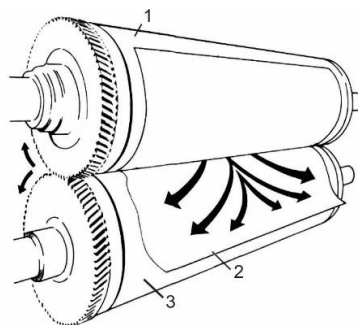
Նկ.1.1. Ժամանակակից օֆսեթ մեքենայի կառուցվածքային սխեման

Տպագրության ընթացքում տպվածք ստանալու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի տեղի ունենան հետևյալ գործընթացները. ներկի գրտնակում և փոխանցում տպաձևի

վրա, թղթի մատուցում տպագրոտի, ճնշման ազդեցությամբ ներկի փոխանցում նախ՝ օֆսեթ ռետինե թաղանթի, ապա՝ թղթի վրա և թղթի հեռացում տպող գլանից: Տպվածք ստանալու համար անհրաժեշտ է տպաձևային գլանի, որի վրա տեղակայված է տպաձևը, օֆսեթ գլանի, որի վրա ամրացված է ռետինե թաղանթը, և տպող գլանի միջև ապահովել անհրաժեշտ ճնշում: Տպաձևի տպող տարրերի և օֆսեթ ռետինի, վերջինիս ու թղթի հպումն իրականացվում է դեֆորմացվող թաղանթի ճնշման ազդեցությամբ:

1.1. Տպագրական ճնշման առաջացումը օֆսեթ գլանի և ռետինե թաղանթի հպագոտում

Առավել կարևոր գործոններից է տպագրական ճնշումը, որը փոխանցվում է տպագրվող թղթին և արդյունքում առաջանում է ալիք, որը հակառակ է տպող գլանի պտտման ուղղությանը (նկ. 1.2): Որքան մեծ է տպագրվող նյութի մակերևույթի կոշտությունը, այնքան մեծ է տպագրական ճնշմանը, օֆսեթ թաղանթի դեֆորմացիային և ներկի մածուցիկությանը դիմադրելու ուժը: Ճնշման մեծությունը կախված է մի քանի գործոններից. տպաձևի տեսակից՝ թաղանթի միկրոանհարթություններից, բացակային տարրերի խորությունից, թղթի տեսակից՝ մակերևույթի խորդուբորդությունից և մակերևութային շերտի բնութագրերից, ինչպես նաև թղթի բաղադրությունից և ֆիզիկամեխանիկական հատկություններից, ներկի հատկություններից՝ բաղադրությունից, մածուցիկությունից և այլն [54, 57, 81, 91]:

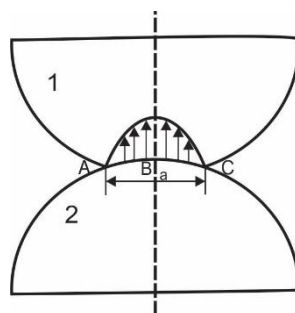


Նկ. 1.2. Տպագրում գործող ճնշման ազդեցությունից տպագրվող նյութի ձգման ուղղությունը. 1-օֆսեթ գլան, 2-թուղթ, 3- տպող գլան

Բնականաբար, հպման գոտում առկա բոլոր մակերևույթներն ունեն չափային շեղումներ: Օրինակ՝ տպագրական թղթի անհարթությունները, կախված թղթի

տեսակից, տատանվում են 5...25 մկմ սահմաններում: Սկզբում տպաձևի և օֆսեթ ռետինե թաղանթի, ապա վերջինիս և թղթի ամբողջական հպումն ապահովելու համար անհրաժեշտ է, որ օֆսեթ թաղանթի դեֆորմացիան գերազանցի առկա միկրո- և մակրոանհարթությունները: Օֆսեթ թաղանթից ներկը չի կարող անցնել թղթի վրա առանց ճնշման առկայության:

Այսպիսով, օֆսեթ տպագրությունում ճնշումն անհրաժեշտ է հավող մակերևույթների միջև կոնտակտն ապահովելու համար, որը պետք է լինի չափաբերված: Տպագրություն չափից մեծ ճնշումը կարող է առաջացնել անցանկալի երևույթներ. տպագրվող պատկերի չափերի շեղումներ, տպագրվող նյութի՝ թղթի վրա կնճիռների առաջացում, տպագրուց թղթի դուրս բերման ժամանակ թղթի պատռում, օֆսեթ թաղանթի վրա կնճիռների առաջացման պատճառով տպվածքի վրա պատկերի երկատում, տպագրական մեքենայի վրա մեխանիկական բեռնվածքի ավելացում, ինչը կբերի մեքենայի վաղաժամ մաշման: Տպագրության ընթացքում տարբերակում են գումարային և տեսակարար ճնշումներ [20]: Օֆսեթ տպագրությունում գումարային ճնշումն առաջանում է հպման գոտում նաև ռետինե թաղանթի դեֆորմացման հաշվին: Ընդհանուր գումարային ճնշումը՝ դա միջին ճնշումն է, որն ընդունում են գլանները մեկ պտույտի ընթացքում: Հպման գոտու լայնությունը մեծ է այնքան, որքան մեծ են գլանների շառավիղները և մեծ է թաղանթի դեֆորմացիան: Տեսակարար ճնշումն այն միջին ճնշումն է, որն առաջանում է երկու գլանների հպման (նկ. 1.3) միավոր մակերեսում՝ հաշվի առնելով հպման գոտու բաշխման անհամաչափությունը: Հաշվարկելով հպման գոտում տեսակարար ճնշումը, կարելի է որոշել նաև Q գումարային ճնշումը՝ $Q = A \cdot p_{\text{միջ}}$:

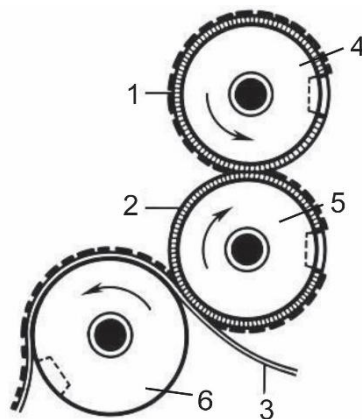


Նկ. 1.3. Հպման գոտու լայնական հատույթում ճնշման բաշխվածության սխեման.
 1- օֆսեթ գլան, 2-տպաձևային կամ տպող գլան, B- առավելագույն բեռնված կետ, A, C- բեռնվածության աճի սկզբնակետի և ավարտի վերջնակետ

Ժամանակակից տպագրական մեքենաները բարձր աստիճանի ավտոմատացված համակարգեր են, որոնց արագագործությունը փոքր ֆորմատի մեքենաների համար (72x102 սմ) հասնում է 18 հազ տպվ/ժ, իսկ լայնաֆորմատներինը (151x205սմ)՝ 9 հազ տպվ/ժամ [58, 62, 104]:

Բարձրորակ տպագրություն ստանալու համար գլանների երկրաչափական պարամետրերը պետք է ապահովեն տպման գոտում նվազագույն սահքի առկայությունը, ինչը կնվազեցնի կետի լողումը, տպաձևի մաշումը, տպվածքի և բնօրինակի չափերի համապատասխանումը: Սա հաջորդ կարևոր գործոնն է որակի ապահովման խնդրում:

Թերթավոր տպագրական մեքենաների առանձնահատկությունն այն է, որ տպող ապարատի բոլոր գլաններն ունեն <<չաշխատող հատվածեր>>, որոնք նախատեսված են տպաձևային գլանի համար տպաձևը, իսկ օֆսեթ գլանի համար՝ օֆսեթ թաղանթն ամրացնելու համար (նկ.1.4) [28]: Այդ տեղամասերը աշխատանքային ցիկլի ընթացքում խախտում են ուժային հպումը, որն օֆսեթ գլանի վրա առաջացնում է դեֆորմացիայի ցիկլային փոփոխություններ: Նաև պետք է հաշվի առնել, որ օֆսեթ թաղանթի մակերևութային շերտի հպման գոտու տարբեր տեղամասերում տարբեր լարումներ և դեֆորմացիաներ են առաջանում, քանի որ օֆսեթ գլանն ուժային ազդեցության է ենթարկվում ինչպես տպող, այնպես էլ տպաձևային գլանի կողմից [85]:



Նկ.1.4. Թերթավոր օֆսեթ մեքենաների տպող հանգույցը.
1-տպաձև, 2- ռետինե թաղանթ, 3- թուղթ, 4- տպաձևային գլան, 5-օֆսեթ գլան, 6- տպող գլան

Տպող համակարգի ուժային բեռնվածությունը համընկնում է տպագլանների աշխատանքային մակերևույթների հպման ժամանակահատվածի հետ, ինչից հետո <<աշխատող տեղամասում>> տեղի է ունենում բեռնաթափում: Հպման գոտում տպող զույգի նման ցիկլային խախտումները գլանների տատանումների պատճառ են դառնում և խախտվում է տպող ապարատի աշխատանքի կայունությունը, ինչը նույնպես անդրադառնում է տպագրվող արտադրանքի որակի վրա [55]:

Հպման գոտում, հատկապես գոտի մտնելուց և դուրս գալուց, օֆսեթ թաղանթն ուռչում է, ինչը մեծացնում է օֆսեթ գլանի տրամագիծը: Որպեսզի օֆսեթ և տպաձևային գլանների մակերևույթները մեկ պտույտի ընթացքում անցնեն միևնույն ճանապարհը, օֆսեթ գլանի շառավիղը պետք է լինի մի քիչ փոքր տպաձևային գլանի համեմատ, այսինքն՝ օֆսեթ գլանի և տպաձևի հարաբերական փոխանցման թիվը՝ < 1 : Նման հարաբերության պահպանումն ապահովում է տպող ապարատի գլանների կանոնավոր տատանումները, հետևաբար և հավող մակերևույթների նվազագույն սահքը, տպաձևի և օֆսեթ թաղանթի նվազագույն մաշումը: Օֆսեթ տպագրությունում օֆսեթ և տպող գլանների միջև տեղի է ունենում ոչ միայն գլորում, այլ նաև հպակային սահք: Այս դեպքում խախտվում է կանոնավոր շրջագլորման պայմանը, որը հպման գոտում իրականացնում է առաձգական օֆսեթ և կոշտ տպաձևային գլանների առանց սահքի շարժումը [69]:

Վերը նկարագրված երևույթներն առաջացնում են տպագրման որակի ապահովման լուրջ խնդիրներ, որոնք իրենց լուծումն են պահանջում [89]:

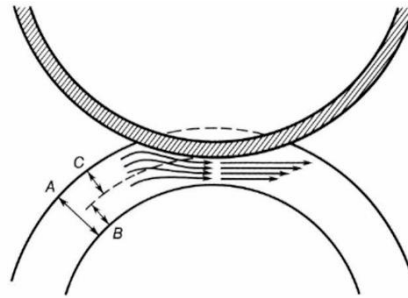
1.2. Օֆսեթ գլանի և ռետինե թաղանթի հպագոտում ընթացող պրոցեսները և տպագրման որակի վրա դրանց ազդեցությունը

Օֆսեթ թաղանթը, դրա ճիշտ ընտրությունը և տեղադրումը, մեքենայի տեխնիկական վիճակի հաշվառումը և կարգաբերումը նույնպես համարվում են տպվածքի որակի ապահովման կարևոր պայմաններ [37, 57]:

Մինչ հպման գոտի մտնելը A հաստությամբ օֆսեթ թաղանթը շատ կարճ ժամանակահատվածում պետք է անցնի B բացակը, որն առաջանում է ճնշման կարգավորմամբ: Ռետինե թաղանթը դեֆորմացվում է C չափով (նկ. 1.5): Քանի որ

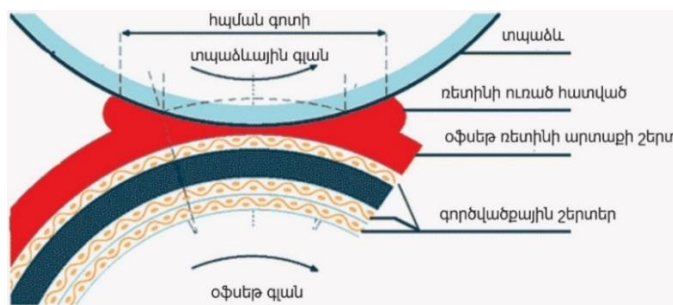
թաղանթը մեծամասամբ բազմաշերտ է, սեղմումը տեղի է ունենում ոչ միայն աշխատանքային, այլ նաև բոլոր շերտերում:

Պտտման արագության մեծացմանը զուգընթաց փոքրանում է հպման գոտու մակերեսը, որի պատճառով հնարավոր է ռետինե օֆսեթ թաղանթի սահք: Տպագրական արտադրանքի որակական պահանջների աճը, տպագրական տեխնիկայի կատարելագործումը և նոր պոլիմերային նյութերի ստեղծումը հանգեցրին նոր օֆսեթ թաղանթի ստացմանը:



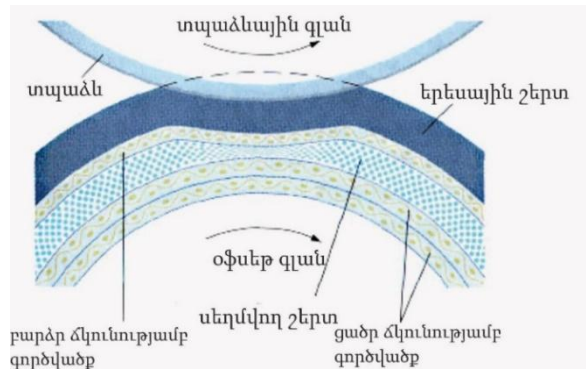
Նկ. 1.5. Տպման գոտում օֆսեթ թաղանթի սեղմումը

Կիրառվող օֆսեթ թաղանթներն ունենին թերություններ. ճնշման ազդեցությունից ծոմովում էին, ինչի արդյունքում մեծանում էր հպման գոտու մակերեսայինը և պատճառ դառնում տպվող տարրերի լրզման և երկատման (նկ.1.6):



Նկ.1.6. Առանց ճնշումային շերտի օֆսեթ թաղանթի սեղմումը

Օֆսեթ թաղանթի մեջ ավելացվող նոր սեղմվող ծակոտկեն շերտը լուծում է այդ խնդիրը, քանի որ ընդունակ է դեֆորմացվել ծակոտիներից օդի դուրս գալու հաշվին: Բացի այդ, ճնշումային նյութի որոշ տեղամասի դեֆորմացիայից այլ տեղամասերում դեֆորմացիա չի առաջանում (նկ.1.7) [28, 100, 102]:



Նկ.1.7. Ճնշումային շերտով օֆսեթ թաղանթի սեղմումը

Օֆսեթ թաղանթի կիրառման փորձարկումները ցույց են տվել, որ ճնշումային շերտը թույլ է տալիս ոչ միայն կայունացնել տպագրական արտադրանքի որակը, այլև բարձրացնել օֆսեթ թաղանթի երկարակեցությունը [76, 77]:

Ժամանակակից օֆսեթ թաղանթներն ունեն բաղադրյալ կառուցվածք և բաղկացած են մի քանի հյուսվածքային և երեսային շերտերից: Ճնշումային շերտը տեղակայված է հյուսվածքների արանքում: Հյուսվածքային շերտերը կազմում են կարկասը, որն օֆսեթ տաղանթին տալիս է կոշտություն և բացառում դրա ձգումը: Սովորաբար կիրառում են սինթետիկ գործվածքներ: Օֆսեթ թաղանթի երեսային շերտը պատրաստում են կաուչուկից, որը պետք է բավարարի հետևյալ պահանջներին. ներկն ընդունելու լավ հատկություն, ներկի, լվացող և այլ տպագրական նյութերի, քիմիկատների բաղադրիչների և մեխանիկական բեռնվածության նկատմամբ կայունություն [16]: Օֆսեթ թաղանթի մակերևույթը ենթարկվում է մեխանիկական մշակման՝ հղկման և հարթեցման:

Հպման գոտում տպաձևից ցանցապատկերային տարրերը պետք է հստակ տեղափոխվեն թղթի վրա: Դա կախված է օֆսեթ թաղանթի ներքո թվարկված հատկություններից և շահագործման պայմաններից [57]:

• *Հաստություն և հարթազուգահեռություն:* Հարթազուգահեռության բացակայության դեպքում օֆսեթ ռետինե թաղանթի առանձին տեղամասերի մեծացումը բերում է ճնշման մեծացմանը՝ նորմալ հաստության ճնշման համեմատ և այդ պատճառով զուգահեռության շեղումը չպետք է գերազանցի 0,03 մմ-ը:

- *Սեղմելիություն:* Ռեստինե թաղանթը պետք է հնարավորինս լինի առաձգական, որպեսզի ազդազերծի տպածնի և թղթի միկրոանհարթությունները: Սեղմումից հետո այն պետք է արագ վերականգնվի և վերադառնա նախնական չափերին՝ ապահովելով թաղանթի հարթագուգահեռությունը: Այսպիսի հատկությամբ օժտված են միկրոծակոտկեն, ծավալային սեղմվող օֆսեթ թաղանթները: Ծավալային սեղմում ապահովելու և հաստացման առաջացումը բացառելու համար տպող մեքենայի ռեստինե թաղանթի պատրաստման ընթացքում հպման շերտում ստեղծում են փոքր օդային պղպջակներ:

- *Ձգվածություն:* Օֆսեթ ռեստինե թաղանթները պետք է ապահովեն հավասարաչափ տպում և ցանցապատկերների հստակ եզրեր: Կախված թաղանթի սեղմվելու հնարավորությունից, օֆսեթ թաղանթը գլանի վրա ամրացվում է որոշակի ձգվածությամբ:

- *Հպման գոտում ռեստինե թաղանթի մակերևույթը:* Օֆսեթ ռեստինե թաղանթների մակերևութային հատկություններն ազդում են ներկի անցման, օֆսեթ գլանից թերթի արագ պոկման, ցանցապատկերային տարրերի և պլաշկաների տպման վրա, իսկ թաղանթի մակերևութային հատկությունները, թղթի մակերևույթը, ներկը և խոնավացման պայմանները՝ օֆսեթ թաղանթից թղթի պոկման անկյան վրա:

- *Թղթի արագ պոկվելու երևույթը:* Դա կախված է տպագրական ներկի հատկությունից, թղթի տեսակից, տպագրության արագությունից և տպագրական մեքենայի տեսակից: Ռեստինե օֆսեթ թաղանթները, որոնք օժտված են այդ հատկությամբ, ապահովում են թերթի հեշտ պոկում թաղանթի աշխատանքային շերտից: Կավճապատ թուղթը խորդուբորդ մակերևույթով թաղանթից ավելի հեշտ է պոկվում, քան հարթից:

- *Ներկափոխանցման բնութագրեր:* Տարբեր հատկություններով օֆսեթ ռեստինե թաղանթներն ընդունում և փոխանցում են տարբեր քանակի ներկ: Ներկի փոխանցման գործակիցը պետք է հնարավորինս մեծ լինի, որպեսզի նույնիսկ ամենաբարակ շերտի դեպքում օֆսեթ թաղանթը նախ ընդունի ներկը, ապա փոխանցի թղթին:

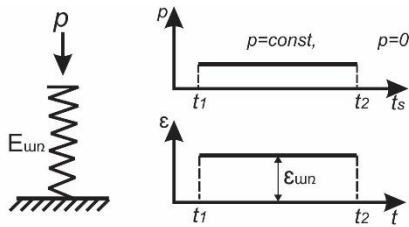
Ռետինե թաղանթների աշխատանքային հատկությունների վրա ազդում են տպագրության ընթացքում օգտագործվող ներկը, խոնավացնող հեղուկը, թղթի փոշին և վլացող նյութերի բաղադրությունը: Հանքային յուղերի ազդման դեպքում հնարավոր է օֆսեթ թաղանթների աշխատանքային վերին մակերևութային շերտերի կոշտացում: Այդպիսի թաղանթների կիրառման դեպքում տպվածքի վրա նկատվում է ցանցապատկերային տարրերի ձգում և ստացված արդյունքը տարբերվում է նոր օֆսեթ թաղանթի կիրառմամբ ստացված տպվածքից [45,46]:

1. Տպագրական ճնշման առաջացման հաշվարկային մոդելները:

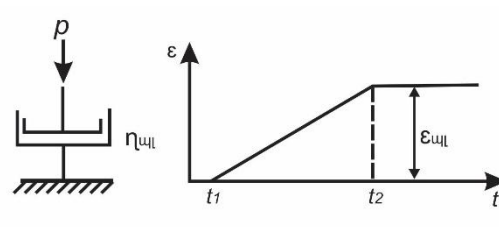
Տպագրության ընթացքում օֆսեթ թաղանթի դեֆորմացման երևույթը վերլուծորեն պատկերացնելու, ճնշման հաշվարկային մեծությունը և տպաքանակի դեպքում այդ մեծության փոփոխությունը որոշելու համար պետք է իրական թաղանթը ներկայացնել իդեալական մեխանիկական մոդելի տեսքով: Պետք է ընտրել թաղանթի այնպիսի մեխանիկական մոդել, որը դեֆորմացման միևնույն պայմաններում կունենա համարժեք կոր: Օֆսեթ թաղանթի դեֆորմացիան կազմված է առաձգական, էլաստիկ, պլաստիկ և մնացորդային բաղադրիչներից: Հետևաբար, թաղանթի մոդելը պետք է ներառի տարրեր, որոնք օժտված են համապատասխան հատկություններով:

Հայտնի է, որ առաձգական հատկություններով օժտված նմանակային տարրը համարվում է առանց ներքին շփման իդեալականացված զսպանակը, իսկ պլաստիկ հատկություններով օժտված տարրի նմանակը՝ դա որոշակի մածուցիկ հեղուկով լցված գլանային մխոցն է [58]: Այս երկու տարրերի տարբեր համադրությունները՝ հաջորդական և զուգահեռ միացումները, հնարավորություն են տալիս բացահայտել իրական թաղանթի հիմնական առաձգաէլաստիկապլաստիկ հատկությունները:

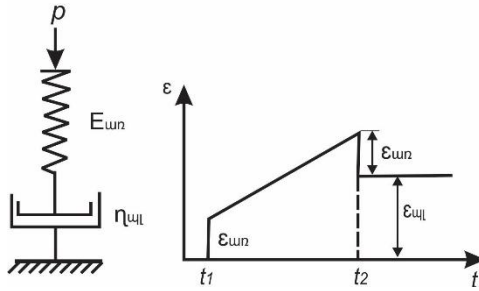
Վերոհիշյալ տարրերից կազմված օֆսեթ թաղանթի մոդելում ընթացող պրոցեսների վերլուծական նկարագրության և գրաֆիկական պատկերացման համար հաջորդաբար դիտարկենք հաստատուն բեռնվածքի և բեռնաթափման ժամանակ առաջացող լարումները և դեֆորմացիաները (նկ. 1.8): Դրանց կապը նկարագրվում է հայտնի մոդելների միջոցով [66].



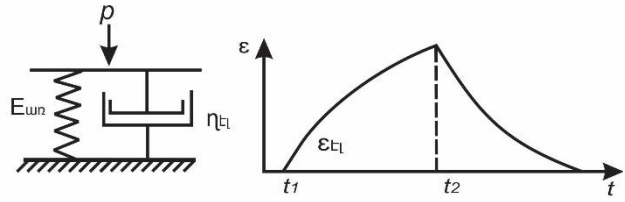
ա)



բ)



գ)



դ)

Նկ. 1.8. Առածգական, մածուցիկ և առածգամածուցիկ տարրերով իդեալականացված մոդելները և դրանց բնութագրերը

Մոդել I (Հուլի մոդել)- նկ.1.8 ա, առածգական տարր:

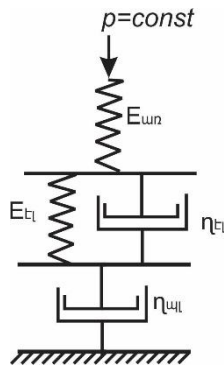
Մոդել II (Նյուտոնի մոդել)- նկ. 1.8 բ, մածուցիկ տարր:

Մոդել III (Մաքսվելի մոդել)-նկ. 1.8 գ, ընդհանուր դեֆորմացիան ներկայացվում է առածգական և մածուցիկ տարրերի դեֆորմացիաների գումարով,

Մոդել IV (Կելվին-Ֆոյգտի մոդել)-նկ. 1.8 դ:

Առածգական, էլաստիկ և պլաստիկ տարրերով հաջորդաբար միացված մոդելն ընդունում ենք որպես օֆսեթ թաղանթի եռաստիճան մեխանիկական մոդել (նկ. 1.9):

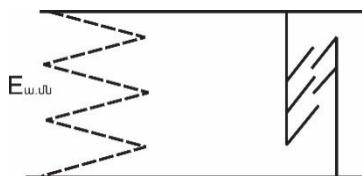
Իրական թաղանթի և մոդելի դեֆորմացման կորերի տարբերության պատճառներն են. առաջինը՝ իրական թաղանթների դեֆորմացման կորերում բեռնավորման և բեռնաթափման ուղղահայաց տեղամասերն իրար հավասար չեն, իսկ մեխանիկական մոդելի դեֆորմացման կորում դրանք միևնույն մեծություններն են: Դա վկայում է այն մասին, որ բեռնվածքի գործադրման պահից թաղանթային նյութում առածգական դեֆորմացիայի առաջացմանը զուգահեռ առաջանում է այնպիսի ակնթարթային դեֆորմացիա, որն ի տարբերություն առածգականի, բեռնվածքը հանելուց հետո չի վերականգնվում:



Նկ.1.9. Օֆսեթ թաղանթի դեֆորմացման եռաստիճան մոդելը

Դա ակնթարթային մնացորդային դեֆորմացիան է՝ $\varepsilon_{u,u}$: Այն առաջանում է թաղանթի մակերևութային նյութի առանձին թելիկների առկայության դեպքում, ինչպես նաև թաղանթի ծակոտիկներից օդի դուրս գալու հետևանքով՝ թաղանթային նյութի խտացումից: Նկ.1.10-ում ցույց է տրված ակնթարթային մնացորդային դեֆորմացման մեխանիկական մոդելը: Մոդելը ցույց է տալիս, որ $\varepsilon_{u,u}$ -ը կախված է գործադրվող բեռնվածքից: Դեֆորմացման հարաբերական մեծությունը կլինի՝ $\varepsilon_{u,u} = \left| \frac{p}{E_{u,u}} \right|^{max}$:

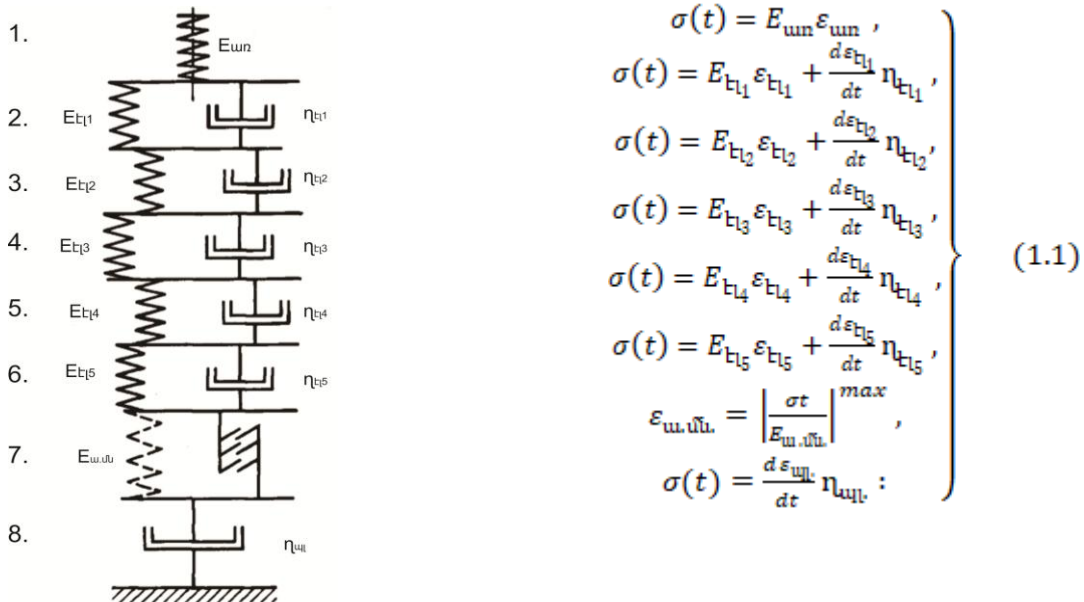
Հաստատուն բեռնվածքի դեպքում, մոդելում, որը պարունակում է ակնթարթային մնացորդային դեֆորմացվող տարր, առաջին պահին դեֆորմացիան բաշխվում է առաձգական և ակնթարթային մնացորդային դեֆորմացիաների միջև, քանի որ մոդելի մածուցիկ օղակները չեն հասցնում դեֆորմացվել:



Նկ. 1.10. Ակնթարթային մնացորդային դեֆորմացման մեխանիկական մոդելը

Երկրորդը, օֆսեթ թաղանթի Հուլի մոդելը (նկ. 1.8 ա) հաշվի չի առնում էլաստիկ դեֆորմացման բարդ բնույթը, որն ինչպես ցույց է տրված, ընթանում է տարբեր արագություններով: Որպեսզի իրական թաղանթային նյութերում դեֆորմացման այս առանձնահատկությունը հաշվի առնվի, թաղանթի մեխանիկական մոդելը պետք է ներկայացնել ոչ թե մեկ, այլ մի քանի էլաստիկ դեֆորմացվող օղակներով: Ինչպես ցույց է տրվել, էլաստիկ դեֆորմացման մոդելը բավարար ճշտությամբ կարելի է ներկայացնել հինգ առաձգական մածուցիկ օղակներով, որոնց հանգստի

ժամանակահատվածը մեկ կարգով տարբերվում է [58]: Այս եղանակով, հաշվի առնելով ակնթարթային մնացորդային դեֆորմացիան և էլաստիկ դեֆորմացման բարդ կազմը, ռետինե թաղանթի բազմաստիճան մեխանիկական մոդելը կունենա հետևյալ տեսքը (նկ. 1.11), որտեղ տրված է մոդելի յուրաքանչյուր օղակի վերլուծական նկարագրությունը՝ համարժեք մաթեմատիկական մոդելը(1.1):



Նկ. 1.11. Օֆսեթ թաղանթի բազմաստիճան մեխանիկական մոդելը

Թաղանթի բազմաստիճան մեխանիկական մոդելը բավականին մեծ ճշտությամբ բնութագրում է դրա դեֆորմացման հատկությունները և հնարավորություն տալիս թաղանթի սեղմման ժամանակ կատարել դեֆորմացման գործընթացների վերլուծական ենթադրություններ, որոշել թաղանթի սեղմման հաշվարկային $\sigma(t)$ լարումներն ըստ (1.1)-ի կամ տպաքանակի ցանկացած ցիկլում գտնել դրա ճնշման քանակական արժեքը, ինչպես նաև տպագրության գործընթացում կարծիք կազմել դրա կայունության վերաբերյալ: Այլ կերպ, առկա է հաշվարկային ապարատ, ինչի օգնությամբ կարելի է տպագրության յուրաքանչյուր ցիկլում կանխատեսել տպագրական ճնշման մեծությունը:

Սակայն վերը նկարագրված մոդելների կիրառությունը արդյունավետ կլինի թվային մոդելավորման կիրառման պարագայում, ինչը հնարավորություն կտա առավել ճշգրիտ և բազմագործոն հետազոտություններ իրականացնել [88]:

2. Ռեպրինե թաղանթի դեֆորմացիաները հպագոյում:

Օֆսեթ ռոտացիոն տպագրական մեքենայում ռեպրինե թաղանթը դեֆորմացվում է կոշտ տպաձևային և առաձգական օֆսեթ, այնուհետև՝ օֆսեթ և կոշտ տպող գլանների միջև: Թաղանթի դեֆորմացման ժամանակահատվածը կախված է մեքենայի աշխատանքային արագությունից, թաղանթի կոշտությունից և տպող հանգույցի գլանների երկրաչափական պարամետրերից: Թաղանթի սեղմման գործընթացը, դեֆորմացիայի բաղադրիչները, ինչպես նաև տպագրության ընթացքում հպման գոտում առաջացող ճնշումը փոփոխական բնույթ են կրում [74]:

Հպման գոտուց դուրս գալուց հետո ռեպրինե թաղանթի դեֆորմացիան, ի հաշիվ առաձգական հատկությունների, սկսում է նվազել վերանում է երկու գլանների միջև հպումը և տպագրական ճնշումը: Սակայն այդ ժամանակահատվածում մնացորդային և առաձգական դեֆորմացիաները լրիվ չեն վերանում, ինչի արդյունքում դեֆորմացման ցիկլերը տարբեր են: Այսպիսով, աշխատանքի ընթացքում, չնայած, որ թաղանթի տրված դեֆորմացիան անփոփոխ է, տպագրական ցիկլերի աճին զուգընթաց թաղանթի սեղմումը յուրաքանչյուր ցիկլի ընթացքում փոքրանում է՝ միաժամանակ փոքրանում է վերացող դեֆորմացիայի մեծությունը, իսկ չվերացողը յուրաքանչյուր ցիկլում աճում է: Տպաքանակի տպագրության սկզբում թաղանթի սեղմման դեֆորմացիայի փոփոխությունը նկատելի է, քանի որ այս փուլում տեղի է ունենում թաղանթի զելում: Տարբեր թաղանթներում, կախված դրանց բաղադրանյութերի առաձգական դեֆորմացման հատկություններից, դեֆորմացիայի կարգավորման գործընթացի տևողությունը տարբեր է [71]:

Առաձգական թաղանթները, որոնք հպման տեղամասում դեֆորմացվում են, իսկ «հանգստի» ժամանակահատվածում հասցնում են ամբողջովին վերականգնվել, հպման գոտում դրանց դեֆորմացիան յուրաքանչյուր տպագրական ցիկլում անփոփոխ է, հետևաբար անփոփոխ կլինի նաև տպագրական ճնշումը: Այն թաղանթներում, որոնցում առկա են դանդաղ վերացող առաձգական դեֆորմացիաներ, տպագրական ցիկլերի ավելացումով հպման տեղամասում մնացորդային դեֆորմացիան աստիճանաբար կուտակվում է:

Թաղանթի «հանգստի» ժամանակահատվածում դեֆորմացիան չի հասնում ամբողջովին վերանալ և աստիճանաբար կուտակվում է, վերափոխվելով մնացորդային դեֆորմացիաների՝ այլևս չմասնակցելով տպագրական ճնշման առաջացմանը: Թաղանթում մնացորդային դեֆորմացիաների կուտակումը յուրաքանչյուր ցիկլում նվազեցնում է վերացող դեֆորմացիաների մեծությունը, ինչի արդյունքում տպաքանակի տպագրության ժամանակ նկատվում է տպագրության ճնշման նվազում: Որպեսզի տարբեր թաղանթների կիրառման դեպքում տպագրության ընթացքում հաշվարկվի ճնշման մեծությունը և տպաքանակի մեծացմանը զուգընթաց որոշվի ճնշման փոփոխությունը, անհրաժեշտ է ունենալ վերլուծական պատկերացում թաղանթում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի վերաբերյալ [73]:

Քանի որ ռետինե թաղանթը առաձգամածուցիկ նյութ է և տպագրական մեքենայում դեֆորմացվում է երկու գլանների միջև հաստատուն բացակի՝ $\delta_{max} = const$ պայմանում, ապա ենթադրություններ կարելի է անել և բացատրել տպագրական տպագրական ճնշման նվազումը: Պետք է հաշվի առնել, որ պարզեցված հաջորդական առաձգական և մածուցիկ օղակների միացումը (տես՝ Նկ.1.9) համարժեք չի նկարագրում դեֆորմացված թաղանթի վարքը: Դրա համար պետք է դիտարկել բազմաստիճան մեխանիկական մոդելը (տես՝ նկ.1.11): Գործնականում թաղանթում լարվածային վիճակի թուլացման մեծությունը որոշում է դրա աշխատունակությունը: Քանի որ թաղանթում լարվածային վիճակի նվազումը կախված է նրա դեֆորմացման հատկություններից, ապա թաղանթի ընտրության ժամանակ դա պետք է հաշվի առնել և նախապատվությունը տալ այն նյութերին, որոնք օժտված են առաձգական հատկություններով և արագ վերականգնվող դեֆորմացիաներով: Միայն մածուցիկ և առաձգական հատկությունների ռացիոնալ հարաբերության ընտրությամբ կարելի է հասնել թաղանթի դեֆորմացման այնպիսի կազմի, որի դեպքում տպագրության ընթացքում ճնշման նվազումը կլինի թույլատրելի սահմաններում:

Սակայն, ակնհայտ է հաշվարկային այս գործընթացի բարդությունը, քանի որ յուրաքանչյուր ցիկլում անհրաժեշտ է անընդատ փոփոխել մուտքային տվյալները, մոդելավորելու համար ճնշման փոփոխության դինամիկան: Այս դեպքում նույնպես առավել համարժեք հաշվարկային արդյունքներ կարելի կլինի ստանալ թվային

մոդելավորման միջոցով, ինչը հնարավորություն կտա երաշխավորություններ առաջարկել տպագրական արտադրանքի որակի բարձրացման ուղղությամբ:

Ճնշման բաշխման բնույթը, ռետինե թաղանթի վարքը և ներկի անցման գործընթացը կախված են ոչ միայն գլանների, այլև հենարանների և այլ հանգույցների վրա բեռնվածքի բաշխումից: Ինչպես թերթավոր, այնպես էլ գլանափաթության մեքենաների տպող ապարատներն ըստ իրենց աշխատանքի սկզբունքի, աշխատունակության և հուսալիության ներկայացնում են առանձնահատուկ հանգույցներ, որոնցով պայմանավորված տպագրական արտադրանքի որակը:

Հսկման գոտում l երկարությամբ և a լայնությամբ p_x ճնշման բաշխումը որոշելու համար կիրառում են Ա. Տյուրինի բանաձևը [79, 91]՝

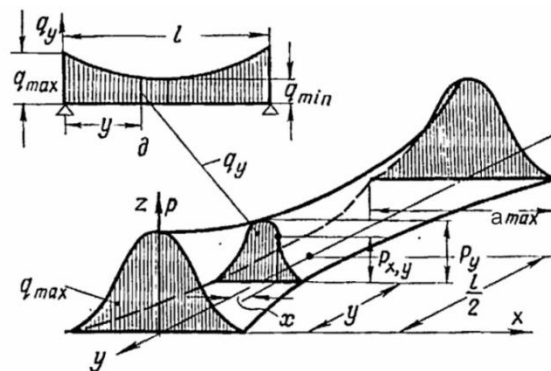
$$p_x = p_{\max(a)} \sqrt{1 - \frac{4x^2}{a^2}}, \quad (1.2)$$

որտեղ $p_{\max(a)}$ -ն տպագրության առավելագույն ճնշումն է, l , a -ն՝ հսկման գոտու լայնությունը, մմ, m -ը՝ թաղանթի ոչ գծայնությունը բնութագրող գործակիցը:

l երկարությամբ տպագոտում ճնշման բաշխումն անհավասարաչափ է և կախված է թաղանթի բացարձակ $\delta_y = \delta_{\max} - z_y$ դեֆորմացիայից՝

$$p_y = m \sqrt{\frac{E_{\text{օ.թ.}}}{h_0} (\delta_{\max} - z_y)}, \quad (1.3)$$

որտեղ $E_{\text{օ.թ.}}$ -ն թաղանթի առաձգականության մոդուլն է, ηa , h_0 -ն՝ թաղանթի հաստությունը, մմ, δ_{\max} -ը թաղանթի առավելագույն դեֆորմացիան է, իսկ z_y -ը՝ հսկման գոտու երկայնքով դրա դեֆորմացիան, մմ:



Նկ. 1.12. Հսկման գոտում ճնշման բաշխումը

Հաշվի առնելով (1.2) և (1.3)-ը՝ Ա. Տյուրինը ստացել է հպման գոտում ճնշման բաշխվածության կապը (նկ. 1.12).

$$p_{x,y} = \sqrt[m]{\frac{E_{\sigma,\beta}}{h_0} (\delta_{max} - z_y) \left(1 - \frac{4x^2}{a_y^2}\right)} : \quad (1.4)$$

Ըստ (1.3)-ի, տպագրության որակի վրա առավելագույն ազդեցություն է թողնում հավող գլանների գումարային ճկվածքը, որի մեծությունը չպետք է գերազանցի թույլատրելի սահմանը.

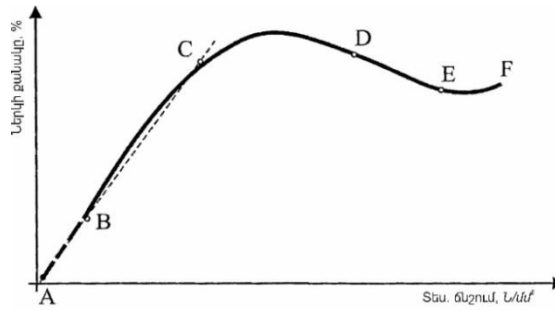
$$z_{max} = \delta_{max} - \delta_{min} = \frac{h_0}{E_{\sigma,\beta}} (p_{լր}^m - p_{տխ}^m), \quad (1.5)$$

որտեղ $p_{լր}$, $p_{տխ}$ -ը կրիտիկական և տեխնոլոգիական անհրաժեշտ ճնշումներն են:

Ստատիկ և փոփոխական բեռնվածության դեպքերում առաձգական գծի հավասարման ինտեգրումից ստացված գլանների առանցքների առավելագույն շեղումներն իրարից շատ քիչ են տարբերվում [74, 75], ինչը թույլ է տալիս հետագա հաշվարկներում ընդունել, որ $q = \int_{-a/2}^{a/2} p_x dx = const:$

Տպող հանգույցի գլանների դեֆորմացիաները բերում են ռետինե թաղանթի դեֆորմացման շեղումների, հետևաբար, նաև տպվածքի մակերեսին՝ ճնշման անհավասարաչափության: Տպող մեքենաների օգտագործման փորձից հայտնի է, որ ինչպես տպագրական ճնշման պակասը, այնպես էլ ավելցուկը հանգեցնում են տպվածքի որակի վատացմանը: Այսպիսով, սա նույնպես խնդիր է, որը չպետք է դուրս մնա հետազոտման դաշտից:

Օգտագործելով [77]-ում փորձարարական եղանակով ստացած ներկի անցման քանակի կապը ճնշումից՝ կարելի է առանձնացնել տպագրական տեխնոլոգիապես անհրաժեշտ և կրիտիկական ճնշումները B, C, D, E, F կետերում և օգտագործել որպես ճնշումների թույլատրելի սահմաններ (նկ. 1.13): Օպտիմալ է համարվում BC տեղամասը:



Նկ. 1.13. Ներկի քանակի անցման կապը ճնշումից

Օրինակ, օֆսեթ տպագրության համար նվազագույն տեխնոլոգիական ճնշումը կազմում է $0,8 \text{ ՄՊա}$, իսկ առավելագույնը՝ 2 ՄՊա , բարձր տպագրության դեպքում՝ $5...15 \text{ ՄՊա}$, ֆլեքսոգրաֆիականը՝ $0,1...0,5 \text{ ՄՊա}$, իսկ խոր տպագրությանը՝ $1,5...2 \text{ ՄՊա}$, [37]: Օֆսեթ թաղանթի և թղթի բնութագրերի փոփոխությունից կորի ընդհանուր տեսքը մնում է անփոփոխ. փոփոխվում են միայն դիագրամի առանձին տեղամասերը [84]:

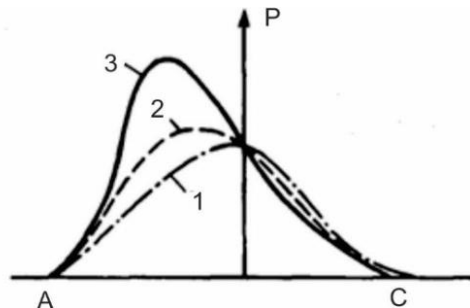
3. **Տպագրության արագության ազդեցությունը տպվածքի որակի վրա:**

Տպագրական արտադրանքի տպաքանակի աճը և դրանց թողարկման ժամանակահատվածի կրճատումը հնարավոր է միայն իրականացնել տպագրական սարքավորման արտադրողականությունը բարձրացնելու միջոցով: Դրան կարելի է հասնել նախապատրաստական գործընթացներին հատկացվող ժամանակահատվածը կրճատելու և տպագրության արագությունը մեծացնելու միջոցով: Տպագրական մեքենայի աշխատանքի արագության աճին զուգընթաց տպածևից թղթին ներկի փոխանցման ժամանակ կարող են առաջանալ շեղումներ, քանի որ տպագրական մեքենայի արագության աճի հետ փոքրանում է տպագրական ցիկլի տևողությունը, հետևաբար նաև օֆսեթ թաղանթի և թղթի հպման ժամանակահատվածը: Վերջինս կարող է վատ անդրադառնալ ներկի փոխանցման, իսկ ավելի հստակ՝ տպածևից թղթին փոխանցվող ներկի քանակի վրա:

Տպագրական մեքենայի աշխատանքային արագության մեծացման հետևանքով նվազում է հպման գոտու դեֆորմացման տևողությունը, ինչի հետևանքով օֆսեթ թաղանթում փոքրանում են էլաստիկ և մնացորդային դեֆորմացիաների մեծությունները, որն էլ բերում է թաղանթի կոշտության մեծացմանը: Հարկ է նշել, որ ստատիկ և դինամիկ պայմաններում թաղանթն օժտված է տարբեր կոշտություններով,

որն աճում է տպագրության արագության մեծացումով: Արդյունքում տեղի է ունենում տպագրական ճնշման մեծացում [66]:

Այսպիսով, տպագրական ճնշման և թաղանթի դեֆորմացման բաղադրիչների վերաբերյալ վերլուծական պատկերացումները թույլ են տալիս տպագրության արագության մեծացման արդյունքում ստանալ տպագրական ճնշման մեծացման պատճառները: Տպագրության արագության մեծացման ժամանակ (նկ. 1.14) տպագրական ճնշումն աճում է, սակայն համեմատական չէ արագության մեծացմանը, փոքրանում է համան գոտին և արագության մեծացման հետ մեկտեղ առավելագույն ճնշումը տեղաշարժվում է դեպի համան գոտու սկիզբ և այդ ճնշումը մեծ է այնքան, որքան մեծ է արագությունը:



Նկ.1.14. Ճնշման մեծության կապը մեքենայի աշխատանքի արագությունից.

$$1. v_1 = 30 \frac{\text{սմ}}{\text{րոպ}}, 2. v_2 = 120 \frac{\text{սմ}}{\text{րոպ}}, 3. v_3 = 240 \frac{\text{սմ}}{\text{րոպ}}$$

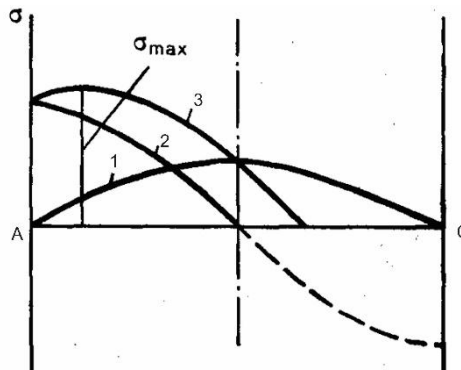
Օֆսեթ թաղանթի պոլիմերային նյութերից կազմված լինելու դեպքում, որ օժտված են բարձր առաձգաէլաստիկ հատկություններով մեքենայի արագության մեծացումից տպագրական ճնշումն աճում է: Թաղանթի մեխանիկական մոդելը ներառում է առաձգամածուցիկ օղակներ, զուգահեռ միացված առաձգական և մածուցիկ տարրերից (Կելվին-Ֆոյգտի մոդել) (տես՝ նկ. 1.8 դ): Այսպիսի առաձգամածուցիկ տարրի լարվածային վիճակը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ՝ $\sigma = E_{էլ} \cdot \epsilon_{էլ} + \eta_{էլ} \cdot \dot{\epsilon}_{էլ}$, կամ

$$\sigma = E_{էլ} \cdot \epsilon_{max} \cdot \sin \omega t + \eta_{էլ} \cdot \epsilon_{max} \cdot \omega \cos \omega t : \quad (1.6)$$

Այս արտահայտության գրաֆիկական պատկերացումն (նկ.1.15) ունի կոր 3-ի տեսքը: Կորը 1-ը ցույց է տալիս առաձգական տարրի առաձգական օղակի լարվածային վիճակի փոփոխությունը ($E_{էլ} \cdot \epsilon_{max} \cdot \sin \omega t$), որը համեմատական է դեֆորմացման

մեծությանը, իսկ կոր 2-ը՝ մածուցիկ տարրի լարվածային փոփոխությունը ($\eta_{էլ} \varepsilon_{max} \omega \cos \omega t$), որը համեմատական է դրա դեֆորմացման արագությանը:

Կոր 3-ը ցույց է տալիս տպագրման գոտու արդյունարար լարվածային վիճակը, որն առաձգական և մածուցիկ տարրերի լարումների գումարն է: Գումարային լարումների առավելագույն σ_{max} արժեքը տեղաշարժված է դեպի հպման գոտու A սկիզբը:



Նկ.1.15. Հպման գոտում առավելագույն ճնշման շեղումը, կախված տպագրության արագության մեծացումից (առաձգամածուցիկ թաղանթի դեպքում)

Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ որքան մեծ է տպագրական մեքենայի աշխատանքային արագությունը, այնքան գումարային լարումների մեծության վրա ազդում են կոսինուսոիդային լարումները և որքան դրանք մեծ են, այնքան մեծ է առավելագույն լարման տեղաշարժը դեպի հպման գոտու սկիզբ (տես՝ նկ. 1.14):

1.3. Տպագրական թղթին ներկայացվող հիմնական պահանջները

Տպագրական թուղթը բնութագրվում են ֆիզիկական հատկություններով: Դրանք են՝ կառուցվածքային ցուցանիշները, մոլեկուլային-ֆիզիկական, մեխանիկական, օպտիկական և այլ հատկություններ, որոնք բնորոշում են թղթի վիճակը պոլիգրաֆիական արտադրության գործընթացում [60, 61, 78]:

Պոլիգրաֆիայում օգտագործվող տպագրական թուղթը պետք է բավարարի հետևյալ պահանջները՝ ունենա համաչափ համասեռ զանգված, լավ ընդունի տպագրական ներկը, լինի բավականին սպիտակ, լուսակայուն և անթափանց, ունենա համասեռ գույն և բավականաչափ մեխանիկական ամրություն, լինի քիմիապես չեզոք

և նվազագույն աղտոտված, առանց ծալքերի և մեխանիկական վնասվածքների, չունենա ստատիկ էլեկտրականություն [17]:

Թղթի նկատմամբ բոլոր պահանջները կարելի է բաժանել երկու խմբի.

ա) կայուն տպագրության ապահովում,

բ) տպվածքի պահանջվող օպտիկական պարամետրերի պահպանում:

Թղթի տպագրական հատկությունը ներառում է ցուցանիշների մի խումբ, որից էլ կախված է թողարկվող արտադրանքի որակը: Թուղթը մասնակցում է տեխնոլոգիական արտադրության տարբեր գործողություններում, որոնց արդյունքը որոշվում է թղթի մեխանիկական, օպտիկական, էլեկտրական և խոնավակայուն հատկություններով [59]: Ընդունված է թղթի *հատկությունները* բաժանել խմբերի.

- *Չափակառուցվածքային* – թղթի ձևաչափը, հաստությունը, խտությունը, կոշտությունը և այլն, որոնք կախված են բաղադրամասերի (թելքերի) կազմից և թղթի պատրաստման եղանակից: Թղթի կառուցվածքն ազդում է ամրության, ծակոտկենության, անիզոտրոպ հատկությունների և այլ ցուցանիշների վրա,

- *Կոմպոզիցիոն* – կազմն ըստ թելքերի, հավելանյութերի և այլ բաղադրիչների առկայության, որոնց միջոցով հնարավոր է լայն սահմաններում փոխել թղթի հատկությունները,

- *Մեխանիկական* – խզման, կտրման, շերտատման, քերամաշման դիմադրությունները, խոնավադիմացկունությունը և կոշտությունը,

- *Օպտիկական* – գույնը, սպիտակությունը, փայլը, երանգավորությունը, լուսանցիկությունը, անթափանցելիությունը և այլն,

- *Կլանման* – սոսնձման աստիճանը, ներծծման ունակությունը, խոնավամետոությունը, խոնավությունը և այլն,

- *Քիմիական* – հիմնային և թթվային մնացորդների, հանքային բծերի, կատիոնների և անիոնների առկայությունը,

- *էլեկտրական* – էլեկտրական դիմադրությունը, դիէլեկտրիկական անցանցելիությունը, էլեկտրական ամրությունը և այլն,

- *Տպագրական* – մակերևույթի կառուցվածքը, փափկությունը, փոխազդեցությունը տպագրական ներկերի հետ,

- *Հայրուկ* - յուղի, գոլորշու, գազի և ջրանցանելիությունը, խոնավա-, ջերմակայունությունը և երկարակեցությունը:

Թղթի թվարկված հատկություններն էապես կախված են նախապատրաստուկի թելքերի ելքային հատկություններից և դրանց ներքին կառուցվածքից, մանրատման աստիճանից և բնույթից, հավելանյութերի առկայությունից, սոսնձող նյութերից և այլ հավելումներից, ինչպես նաև թղթի պատրաստման եղանակից և այլ գործոններից, որոնք իրար հետ փոխկապակցված են:

Թղթի մեխանիկական հատկությունները [41]: Այս հատկությունները կարելի է բաժանել երկու խմբի՝ ամրության և դեֆորմացիոն: Բազմաթիվ գործոններից, որոնք որոշում են թղթի ամրությունը, պետք է առանձնացնել թելքերի ամրությունը, դրանց ճկունությունը և չափերը, թելքերի միջև կցորդման ուժը և դրանց տեղաբաշխումը թղթում: Տպագրական թղթի մեխանիկական ամրության գնահատման ժամանակ պետք է հաշվի առնել, որ ամրության ցուցանիշները փոփոխվում են, կախված գործադրվող բեռնվածքի ուղղությունից և արագությունից, ինչպես նաև խոնավության պարունակությունից:

Թղթի համար օգտագործում են հետևյալ *ամրության* բնութագրերը՝ քայքայող ճիգը և լարումը, խզման երկարությունը, պատռման, ճզմանցման, կոտրման դիմադրությունները և այլն: Ձգման դեպքում թղթի ամրությունը որոշում են որպես ստանդարտ լայնության թղթի շերտի պատռման համար անհրաժեշտ ուժ: Խզման երկարությունը՝ սեփական զանգվածի ազդեցության տակ պատռվող թղթի շերտի հաշվարկային երկարությունը: Թելքերի երկարության նվազումից կախված, մեխանիկական ամրության ցուցանիշները բաշխվում են հետևյալ հաջորդականությամբ՝ պատռման, ճզմանցման և կոտրման դիմադրություններ, խզման երկարություն:

Պոլիգրաֆիական արտադրության գործողությունները հիմնականում ուղեկցվում են տպագրական նյութի դեֆորմացմամբ [72]:

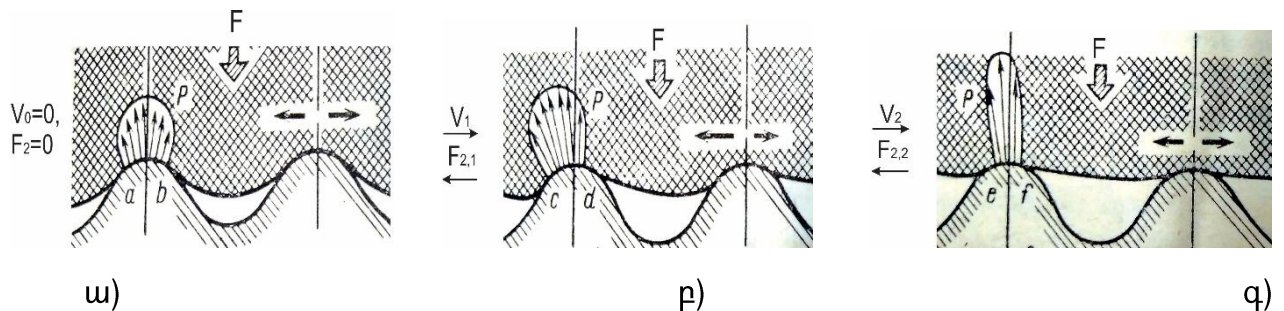
Դեֆորմացիայի նկատմամբ թղթի կարևոր բնութագրեր են համարվում առաձգականության մոդուլը և ծռման կոշտությունը: Հաստության և զանգվածի մեծացման դեպքում *10⁸* թղթի քայքայման դիմադրությունը փոքրանում է ի հաշիվ թղթի

կոշտության մեծացման, որն էլ ծռման դեպքում բերում է վերին շերտի ձգող լարումների մեծացմանը:

Արտամղման դիմադրությունը սերտ կապված է թղթի դեֆորմացիոն հատկության հետ, աճում է թելքերի երկարացումից, $1\mu^2$ զանգվածից և ուղիղ համեմատական է խզման դիմադրությանը և երկարացմանը: Պոկոտման նկատմամբ մակերևույթի կայունությունը պայմանավորված է թղթի կառուցվածքում միջթելքային փոխազդեցության ընդհանուր էներգիայով, մակերևույթի ռելիեֆով, կոկիկությամբ, ինչպես նաև թղթի հաստությամբ թելքերի կողմնորոշման աստիճանով [68, 70]:

1.4. Շփման և մաշման գործընթացները տպագրտում

Էլաստոմերի (ռետին, ռետինե գործվածք, պոլիմեր և այլն) և պինդ մարմնի (մետաղ, բետոն, ասֆալտ) հպման մակերևույթի չափերը կախված են մարմնի մակերևութային անհարթությունների բարձրություններից, որոնք ընդգրկվում և շրջափակվում են էլաստոմերով, ստեղծելով f շփման գործակցի որոշակի արժեք ստատիկ բեռնվածության պայմաններում: Մակերևութային անհարթությունների վրա ճնշման բաշխման բնույթը և f -ի մեծությունը պայմանավորված են շփման զույգի աշխատանքային ռեժիմների առանձնահատկություններով (նկ. 1.16):



Նկ.1.16. Էլաստոմեր-պինդ մարմին շփման զույգի հպման փուլերը. ա- հարաբերական սահքի արագության և շփման ուժի զրոյական պայմաններում ($V_0 = 0, F_{2,0} = 0$), բ, գ - $V_1 < V_2$ և $F_{2,1} < F_{2,2}$ ռեժիմներում

Շոշափող ուժի և հարաբերական սահքի արագության աճի ռեժիմների դեպքում տեղի ունի հպման մակերևույթի փոքրացում և տեղաշարժ շարժման հակառակ ուղղությամբ, P_{max} ճնշման աճ և էպյուրի համաչափության խախտում, շոշափող ուժի աճ և արդյունքում՝ շփման գործակցի փոքրացում:

Նշված երևույթները հանգեցնում են հպման մակերևույթների մաշման, որի չափը պայմանավորված է շփման գոտում ընթացող ֆիզիկա-, քիմիա- և ջերմամեխանիկական երևույթների համալիր ազդեցությամբ: Հպման գոտում ընթացող մաշման երևույթները կարելի է դասակարգել հետևյալ կերպ.

1. ըստ փոխազդեցության տեսակի- ֆիզիկա-, քիմիամեխանիկական և զուտ մեխանիկական,

2. ըստ ազդեցության մեխանիզմի- հարակցային (ադիեզիոն), հղկանյութային, էրոզիոն, կոռոզիոն, կավիտացիոն, կերա- և թրթռամաշային,

3. ըստ քայքայման գործընթացի- հոգնածային, փխրունացման, շերտատման, հարակցային, ողորկման և նյութափոխանցման:

Նշված երևույթներից առավել տարածված են հոգնածային, հղկամաշային և կոռոզիոն մաշման գործընթացները և դրանց համատեղ ազդեցության դեպքերը:

Մաշումը եռաֆազ գործընթաց է և մաշվածքի փոփոխման կորը ժամանակի ընթացքում բաղկացած է հետևյալ տեղամասերից. I-սկզբնական մաշում (մակերևույթների զելամաշում), II- կայունացված մաշում, որը համապատասխանում է մեքենայի բնականոն շահագործման ժամկետին, III- մաշման արագության կտրուկ աճ, որից հետո կոնստրուկցիոն տարրը փոխարինվում է նոր պահեստամասով:

Մաշման գործընթացում առաջացած մաշվածքի չափն էապես է ազդում մեքենայի ծառայության ժամկետի վրա, որը պայմանավորված է փոխկապակցված մակերևույթների ճշտության անկմամբ, հանգույցի *օ.գ.գ.*-ի նվազմամբ, բացակների մեծացման պատճառով վառելանյութի արտահոսքով, չափերի փոքրացման արդյունքում դինամիկ բեռնվածության, աղմուկի և թրթռումների աճով, որոնք գումարային արդյունքով հանգեցնում են ամրության ցուցանիշների նվազեցմանը և հնարավոր կոտրվածքների առաջացմանը:

Մաշման քանակական գնահատումը կատարվում է $h = kp^m v^n t^\alpha$ բանաձևով, որը հպման գոտում ռետինատեխնիկական նյութերի կիրառման դեպքում ընդունում է հետևյալ տեսքը [44, 65]՝

$$h = kp^m vt = kp^m l, \quad (1.7)$$

որտեղ h -ը մաշման շերտի հաստությունն է, m -ը մաշման գործակիցը, v -ն համան գոտում հարաբերական արագությունը, l , t -ն՝ շփման ուղին, m , և զույգի աշխատատևողությունը, σ -ը: Հաշվարկներում օգտագործվում է նաև I մաշման ինտենսիվությունը, որը գծային, ծավալային և էներգետիկ առմամբ ստանում է հետևյալ տեսքերը.

$$I_{\text{գծ}} = h/l, \quad I_{\text{ծ}} = \Delta V/lA, \quad I_{\text{է}} = \Delta V/F_2 l, \quad (1.8)$$

որտեղ ΔV -ն մաշման ծավալն է, իսկ F_2 -ը, A -ն՝ համան գոտում շփման ուժը և մակերևույթը:

Համաձայն (1.7) և (1.8)-ի

$$I_{\text{գծ}} = kp^m, \quad (1.9)$$

որը կիրառվում է գործնական հաշվարկներում:

Առավել տարածված հոգնաձային մաշման դեպքում կարևորվում է շփման զույգի աշխատատևության որոշումը, որը շփման հոգնաձային կորի կիրառման դեպքում կարելի է արտահայտել ցիկլերի թվով:

1.5. Վերջավոր տարրերի մեթոդի կիրառումը տպագրական մեքենաների համան գոտիների ուսումնասիրություններում

Հաշվի առնելով տպագրում առաջացող բարդ լարվածադեֆորմացիոն վիճակը՝ ամրության և երկարակեցության քանակական գնահատումներ կատարելու համար նպատակահարմար է կիրառել վերջավոր տարրերի մեթոդը (ՎՏՄ): Այդ նպատակով կարող է կիրառվել ANSYS համակարգչային ծրագիրը, որը ՎՏՄ-ով աշխատող ծրագրերի շարքում համարվում է առաջատարներից մեկը: ANSYS ծրագիրը, ինչպես այլ CAE ծրագրերը, տարբեր ֆիզիկական երևույթների մաթեմատիկական մոդելավորման համար օգտագործում է վերջավոր տարրերի մեթոդը: Այս ծրագիրը ներառում է տարբեր եզրային խնդիրների լուծման համապիտանի ալգորիթմներ [27, 38]:

Վերջավոր տարրերի տեսակի, ձևի և չափի ընտրությունը կախված է մարմնի ձևից և լարվածադեֆորմացիոն վիճակի տեսակից: Ձողերում վերջավոր տարրերը կիրառվում են սեղմման և ձգման դեպքում առանցքային լարվածադեֆորմացիոն

վիճակը մոդելավորելու, ինչպես նաև ոլորման և ծռման խնդիրներում: Եռանկյան կամ քառակուսու տեսքով հարթ երկչափ վերջավոր տարրերը կիրառվում են հարթ լարվածային կամ դեֆորմացիոն վիճակը մոդելավորելու համար:

Հաշվարկները կարող են իրականացվել կամ փաթեթում (Batch), կամ ինտերակտիվ (Interactive) ռեժիմներում: Փաթեթի ռեժիմում հավելյալ պետք է APDL (ANSYS Parametric Design Language) կառուցողական լեզվով և ANSYS հրամանների ծրագիր գրված լինի: Փաթեթային ռեժիմը հարմար է բարդ խնդիրների լուծման համար, որոնց ալգորիթմը պարունակում է ցիկլեր, անցումներ, <<եթե-ապա>> կառուցվածքներ:

Ինտերակտիվ ռեժիմում աշխատանքն իրականացվում է ANSYS ծրագրի (GUI) գրաֆիկական ինտերֆեյսի միջոցով կամ նորաստեղծ Workbench հարթակում: Այս ենթածրագրերը կազմված են հրամանների մենյուից և պատուհաններից: Ինտերակտիվ մոդելավորման դեպքում մենյու մուտքագրվող յուրաքանչյուր հրաման անմիջապես իրականացվում է, իսկ արդյունքը կամ դրա վերաբերյալ հաղորդագրությունը ներկայացվում են համապատասխան պատուհանում: Ինտերակտիվ մոդելավորման հիմնական ռեժիմն է: Նույնիսկ փաթեթների ռեժիմի հրամանների ֆայլերը հիմնականում ստեղծվում են ինտերակտիվ ռեժիմի գործիքներով:

1.6. Եզրակացություններ 1-ին գլխի վերաբերյալ

Ատենախոսական աշխատանքին առնչվող գիտատեխնիկական գրականության ուսումնասիրումը վեր է հանում տպագրության ոլորտում տեսական և կիրառական հիմնախնդիրները, որոնք կարելի է դասակարգել հետևյալ ուղղություններով.

1. Դիտարկվել են տպագրական թղթերի տեսակների կառուցվածքային, ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները և դրանց փոփոխման մեխանիզմները տարաբնույթ գործոնների ազդեցության պայմաններում: Ստանդարտ փորձարկումներ իրականացնելու միջոցով հնարավոր է համապատասխան որակի թղթեր կիրառելու երաշխավորությունների առաջարկումը:

2. Ուսումնասիրված տպածնային, օֆսեթ, տպման գլանների և թաղանթների լարվածադեֆորմացիոն վիճակները, ինչպես նաև շփման և մաշման երևույթները միաժամանակ ազդող մի քանի գործոնների առկայության պայմաններում կարևորել են նաև դրանց հետազոտության անհրաժեշտությունը:

3. Հայտնի հաշվարկային մոդելները համան գոտում առաջացող տարաբնույթ դեֆորմացիաների հաջորդական և համատեղ առկայության դեպքերում առաջարկվել են համապատասխան համալիր մոդելների մշակման և զարգացման համար:

4. Հաշվի առնելով տպագոտում միաժամանակ ընթացող պրոցեսները, որոնց գնահատումն անալիտիկ եղանակով զգալի բարդություններ է հարուցում, նպատակահարմար է լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրությունը կատարել վերջավոր տարրերի թվային մեթոդի կիրառմամբ, օգտագործելով ANSYS Workbench ծրագրային փաթեթը:

5. Տվյալ բնագավառում կատարված հետազոտությունները հիմնականում ունեն կիրառական ուղղվածություն: Այդ տեսակետից կարևոր նշանակություն են ստանում դրանց շարունակական զարգացումները և քանակական գնահատումները, որոնք թույլ կտան բարձրացնել պոլիգրաֆիական մեքենաների արտադրողականությունը և արտադրանքի որակը:

ԳԼՈՒԽ 2. ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԹՂԹԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ

2.1. Թղթի հատկությունների և դրանց միջև կապի հետազոտումը

Տասնյակ տարիների ընթացքում պոլիգրաֆիայի ոլորտում հետազոտություններն ուղղված են եղել ավանդական տպագրությունների ժամանակ թղթի և ներկի փոխազդեցությանը, սակայն մինչ այժմ այդ խնդիրների մի մասը դեռևս լուծված չէ: Վերջին երկու տասնամյակում տպագրական տեխնոլոգիաներում զգալի փոփոխություններ են նկատվում: Հայտնվել են նոր տպագրության եղանակներ, որոնք ավանդական եղանակներից տարբերվում են ֆիզիկական բնույթով և տպող մեքենաների կառուցվածքով: Շատ նորություններ կան նաև թղթի արտադրության ոլորտում, հատկապես թղթի արտաքին մակերևույթի ձևավորման գործընթացում: Գունավոր պատկերների տպագրության ժամանակ թղթին ներկայացվող պահանջներն էլ ավելի շատ են:

Թղթի հիմնական անցանկալի թերություններն են՝ բծերի առկայությունը, երանգի աղավաղումը, ցայտունության պակասը, տպագրված փոքր մասնիկների աղավաղումը, դարձերեսին տպված պատկերի երևալը և այլն:

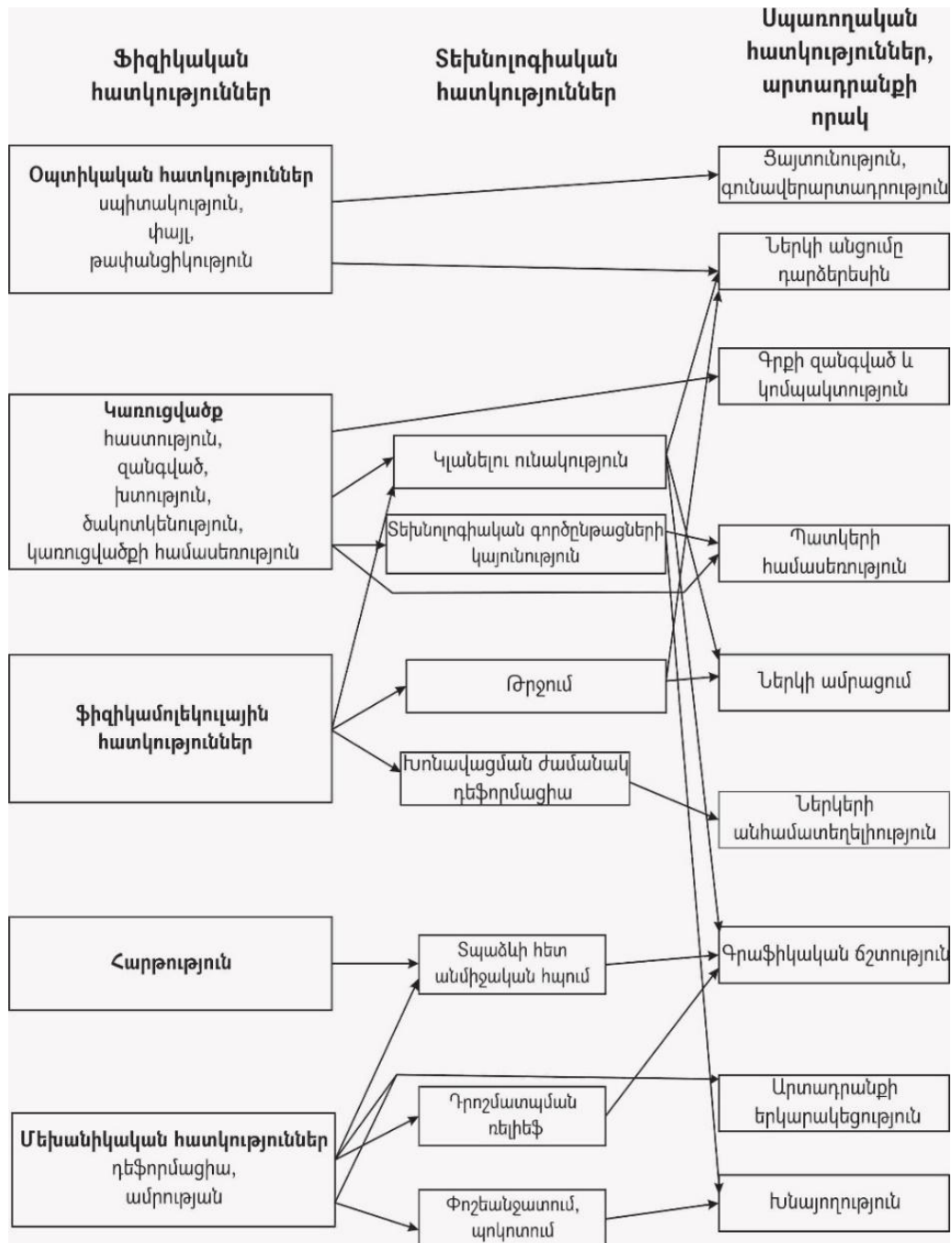
Էլեկտրոնային տպագրության տեսակներն ի հայտ գալուց հետո պահանջվում է այլ որակի թուղթ՝ ընդունակ փոխազդելու ինչպես հեղուկ, այնպես էլ փոշենման ներկերի հետ: Զգալի մեծ ուշադրություն դարձվեց թղթի որակի այնպիսի ցուցանիշներին, ինչպիսիք են՝ կառուցվածքային անհամասեռությունը, մակերևույթի խորդուբորդությունը, փայլը և այլն: Թղթի որակի պահանջների ավելացումը ստեղծեց նոր վերահսկման միջոցներ և օբյեկտիվ մեթոդներ:

Տպագրության ընթացքում թղթի մակերևույթի և տպաձևի հպումը, ինչպես նաև ներկի ընդունումը և ամրացումը կախված են թղթի մակերևույթի ռելիեֆից, թրջվելու և կլանելու ունակությունից, ամրության և դեֆորմացիոն հատկություններից, որոնց շնորհիվ էլ թուղթը ճնշման տակ հարթվում և առանց քայքայման դիմադրում է մեխանիկական ազդեցություններին [22]:

Թղթի որոշ ֆիզիկական հատկություններ ուղղակիորեն ազդում են տպագրված արտադրանքի որակի վրա՝ միաժամանակ դառնալով սպառողական հատկություններ:

Դրանք են՝ օպտիկական և մեխանիկական հատկությունները, կայունությունը լույսի նկատմամբ և այլն: Ընդհանուր առմամբ, թղթի սպառողական հատկություններն ապահովում են տպվածքի արտաքին տեսքը և պոլիգրաֆիական արտադրանքի որակը, ինչպես նաև պատրաստի տպագրված արտադրանքի օգտագործման ժամանակ որոշում են դրա վարքը և երկարակեցությունը:

Ֆիզիկական, տեխնոլոգիական և սպառողական հատկությունների միջև եղած հիմնական կապերը ներկայացված են նկ. 2.1-ում [5, 33, 97]:



Նկ. 2.1. Թղթի տարբեր հատկությունների միջև եղած կապը

2.2. Տպագրական թղթի տեսակները և մակերևույթի բնութագրերը

Տպագրական թուղթը նախատեսված է տարաբնույթ պոլիգրաֆիական արտադրանքի թողարկման համար (թերթ, ամսագիր, գիրք, գրքույկ, բացիկ, փաստաթուղթ և այլն): Տպագրական թղթին ներկայացվում են հետևյալ պահանջները [1], կախված՝

ա) տվյալ տպագրված արտադրանքի տեսակի առանձնահատկություններից,

բ) պոլիգրաֆիական տեխնոլոգիայի պահանջներից:

Միաժամանակ բոլոր տպագրական թղթերը պետք է ունենան.

- համաչափ համասեռ կառուցվածք, տպագրական ներկը լավ կլանող հարթ մակերևույթ,

- բավականաչափ սպիտակություն (եթե թուղթը ներկված չէ), թափանցիկություն և լուսակայունություն,

- համաչափ և առանց երանգների գույն,

- բավականաչափ մեխանիկական ամրություն և բեռի ազդեցության տակ առանց մնացորդային դեֆորմացիայի ունակություն,

- քիմիական իներտություն,

- մաքուր մակերևույթ՝ նվազագույն խորդուբորդություններով, առանց ծալքերի և կնճիռների, մեխանիկական վնասվածքների և այլ թերությունների:

Տպագրական թուղթը դասակարգվում է.

1) ըստ տպագրության տեսակի (բարձր, խոր, օֆսեթ),

2) ըստ թելքային կառուցվածքի: Կիրառվում են 3 տեսակի թելքային համադրումներ. միայն ցեյլուլոզային բաղադրությամբ (N1), գրեթե հավասարաչափ քանակներով ցեյլուլոզայի և փայտանյութի բաղադրությամբ (N2) և փայտանյութի առավելությամբ (N3),

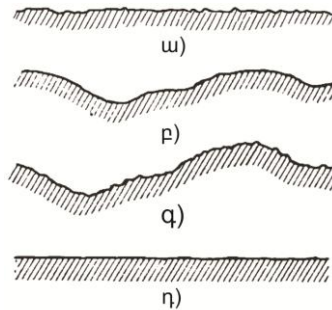
3) ըստ հաստության կամ 1մ^2 զանգվածի. տարբեր հրատարակությունների համար արտադրվում է 1մ^2 մակերեսով տարբեր զանգվածով թուղթ, նույնիսկ մինչև 240գ: Զանգվածային օգտագործման, հումքի խնայողության, ինչպես նաև գրքի հավաքության և թեթևության համար կիրառվում է 1մ^2 60...70գ զանգվածով թուղթ:

Օֆսեթ տպագրությունում թղթի և խոնավացնող հեղուկի համան ժամանակ թելքերի կամ հավելանյութերի թույլ ամրացած մասնիկները կարող են կաչել ռետինե թաղանթին (թղթի փոշոտում) և խառնվել ներկին՝ տպվածքում առաջացնելով թերություններ: Էսնդրից խուսափելու համար օֆսեթ թուղթն արտադրվում է բարձր կառուցվածքային ամրությամբ: Դրան կարելի է հասնել բարձրորակ ցելյուլոզայի օգտագործմամբ և փայտանյութի սահմանափակմամբ: Չանգվածին կարելի է ավելացնել նաև կապակցող սուսնձանյութեր: Փոշոտելու նկատմամբ արդյունավետ միջոց է նաև օֆսեթ թղթի մակերևույթը սուսնձող նյութով պատելը: Օֆսեթ տպագրական եղանակը, ի տարբերություն բարձր տպագրության, հնարավորություն է տալիս ստանալ բազմատեսակ տպագրված արտադրանք. տարբեր գծայնությամբ (մինչև 120 գիծ/սմ) միագույն կամ բազմագույն տպվածք, ամսագրեր, գրքեր, թերթեր, այցեքարտեր այլն: Օֆսեթ թղթի տեսականին անընդհատ կատարելագործվում է ի հաշիվ բնական հումքով ավելի բարձրորակ թղթի արտադրության [99]:

Տպվածքի որակը, հատկապես վերարտադրված պատկերի գրաֆիկական ճշտությունը կախված է օֆսեթ թաղանթի և թղթի հպումից: Թղթի մակերևույթի ռելիեֆի անհարթությունը կարող է խախտել թաղանթի հետ հպումը: Արդյունքում պատկերի առանձին տարրեր կամ չեն տպվում, կամ էլ տպվում են ոչ ամբողջությամբ [84]:

Թղթի մակերևույթի ռելիեֆը գնահատում են հարթությամբ և կոկությամբ: Հարթությունը դա ընդհանուր մակերևութային մակարդակի պահպանումն է, կոկությունը՝ միկրոանհարթությունների բացակայությունը: Փոքր քայլով խորդուբորդությունները չեն խախտում թղթի մակերևույթի հարթությունը, բայց այն խորդուբորդ են դարձնում: Բարձր որակի պատկեր ստանալու համար անհրաժեշտ է հարթ և միկրոխորդուբորդ մակերևույթ (նկ. 2.2ա): Թղթի մակերևույթի ռելիեֆը ձևավորվում է տարբեր գործոնների ազդեցությամբ: Միկրոանհարթություններն ի հայտ են գալիս անհամասեռ կառուցվածքի հետևանքով, ինչի արդյունքում թղթի թերթը տարբեր տեղամասերում ունի տարբեր հաստություններ: Հավելանյութերի ներմուծումը նվազեցնում է անհարթությունների չափը, բայց ամբողջությամբ չի վերացնում այն, որի պատճառով էլ թուղթը չի կարող ունենալ իդեալական հարթ մակերևույթ (նկ. 2.2դ):

Տարբեր թղթի տեսակներ, կախված պատրաստման եղանակից, ունեն տարբեր միկրո- և մակրոանհամասեռ համադրումներ: Մակրոանհարթությունը դժվարացնում է տպագրական գործընթացը, իսկ փոքր քայլերով միկրոանհարթությունները (խորդուբորդությունները) մակրոանհարթությունների բացակայության դեպքում չեն ազդում տպագրության որակի վրա: Այդ պատճառով էլ նվազագույն գրաֆիկական շեղումներով բարձր որակի տպագրություն կարելի է ստանալ միկրոխորդուբորդ, բայց հարթ թղթի վրա (նկ. 2.2ա): Այդպիսի թուղթ ստանալու համար օգտագործում են լավ որակի ցեյլուդ, ավելացնում են հավելանյութեր, զանգվածը մանրակրկիտ մաքրում, թղթակաղապարում են, թուղթը փայլարդում և վերջում թղթի մակերևույթը պատում են պիզմենտային շերտով:



Նկ. 2.2. Մակերևույթի անհարթությունների տեսակները. ա- հարթ խորդուբորդ, բ – անհարթ կոկ, գ – անհարթ խորդուբորդ, դ – հարթ կոկ

2.3. Տպագրական թղթի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրությունը

Տպագրական թղթի կառուցվածքը, որը փաստորեն կոմպոզիցիոն նյութի տարատեսակ է, տարաբնույթ հատկություններով օժտված տարրերի փոխադարձ կապի և դասավորության մի ամբողջություն է: Տպագրական թղթի կառուցվածքային առանձնահատկություններն են [36, 41, 82].

- կառուցվածքային տարրերի տարասեռ կազմը, որը բնութագրվում է տարբեր ծագման և եղանակներով ստացված երկար և կարճ թելիկներով, լցավորող, սոսնձող և ներկող նյութերով,

- կառուցվածքի կաթիլային-ձակոտկեն կոլոիդային բնույթը, որը բնութագրում է թղթի օդափոխանցման և խոնավածծման հատկությունները, թղթի դեֆորմացիան

խոնավության առկայության դեպքում, ինչպես նաև չորացման դեպքում դրա հատկությունների անվերադարձ փոփոխությունները,

- թղթի տարրերի միջև կապակցող ուժերի առկայությունը, որը բնութագրում է դրա մեխանիկական ամրությունը և այլ հատկություններ,

- թղթի մակերևույթների հատկությունները, որոնք պայմանավորված են ոչ միայն կառուցվածքային անիզոտրոպիայով, այլ նաև մակերևույթների ռելիեֆային տարբերություններով, կապված պատրաստման ընթացքում հպման գոտիներում առաջացած տարբեր աշխատանքային պայմաններից:

Թղթի ամրությունը բնորոշվում է ծռման, պատռման, ճնշման և հարվածային բեռնվածքներին դիմակայելու հատկությամբ:

Թղթի ամրության վրա ազդող հիմնական գործոններն են [47, 52].

- թղթի կառուցվածքում թելիկների փոխկապակցման ուժերը և դրանց ազդման մակերևույթների չափերը,

- թելիկների ամրությունը, ճկունությունը և չափերը,

- թելիկների տեղաբաշխումը կառուցվածքում՝ գլոցման ուղղությամբ դասավորությունը, խտությունը և կապն այլ բաղադրիչների հետ:

Գլոցման եղանակով ստացված թղթի ամրությունը շերտի երկայնական և լայնական ուղղություններով տարբեր է, որը բացատրվում է երկայնական ուղղությամբ թելիկների գերակշիռ դասավորությամբ, և այն զգալի է, որի պատճառով նպատակահարմար չէ թղթի ձգման ամրության ցուցանիշները տարբեր ուղղություններով գնահատել ընդհանրացված և միջինացված արժեքներով:

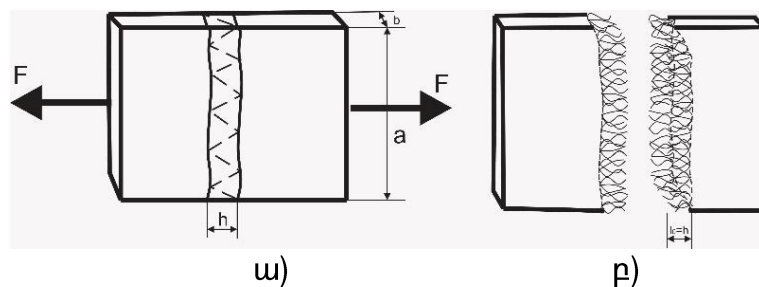
2.4. Տպագրական թղթի նյութաբանական և կառուցվածքային առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունը

Թղթի շերտի ֆիզիկական մոդելն առաջարկելու համար անհրաժեշտ է ուսումնասիրել դրա նյութաբանությունը և կառուցվածքային առանձնահատկությունները: Թղթի խտությունը հիմնականում որոշվում է միկրոկառուցվածքում մանրաթելիկների ճկունությամբ և պլաստիկությամբ: Թղթի եռաչափ տարածքում մանրաթելիկների մեծամասնությունը բաշխվում է թղթի շերտի

ուղղությանը զուգահեռ, որը պայմանավորված է թղթի ստացման տեխնոլոգիական առանձնահատկություններով: Սակայն կան նաև անկյան տակ դասավորված և համեմատաբար կարճ թելիկներ, այսինքն՝ թղթի շերտի ձևավորման գործող մեխանիզմը հանգեցնում է շերտային միկրոկառուցվածքի ստեղծմանը: Թելիկավորման աստիճանի և տեսակարար զանգվածի աճով պայմանավորված է թղթի խտության և մեխանիկական ամրության բարձրացումը: Թղթի շերտի անցումը մեքենայի ճնշման գոտով և հետագա չորացումը փոխում են շերտի ներքին կառուցվածքը. մակարդումից այն անցնում է միահյուսման վիճակի և ստեղծվում է համեմատաբար բարձր ամրության հարակցային կառուցվածք [33]: Նշված առանձնահատկությունները բնորոշում են տպագրական թղթի ամրության ցուցանիշների անխուսափելի ցրումը և պահանջ առաջադրում պատրաստվող յուրաքանչյուր խմբաքանակի համար կատարել ամրության ստանդարտ փորձարկումներ և որոշել համապատասխան ցուցանիշները [35, 98]:

Թղթի զուլի խզումը կատարվում է գործադրված F ձգող ուժի ազդեցությամբ: Թղթի շերտի յուրաքանչյուր թելքի վրա, որը տեղակայված է զուլի երկայնական առանցքի նկատմամբ տարբեր անկյուններով, գործում է կիրառված ճիգը: Առաջին փուլում, մինչ թղթի տեսանելի քայքայումը, ձգման ազդեցության տակ կատարվում է թելքերի կապերի միջև խզում [34] և սկսում են կտրվել դրանցից ամենաթույլերը: Համաձայն Ա. Գրիֆիտսի տեսության [3], սկզբում աճում են սուր ճաքերը, որոնք էլ սահմանային լարման ազդեցության տակ վերածվում են գլխավոր ճաքերի: Արդյունքում՝ թղթի զուլն այդ տեղում էլ խզվում է, հետևաբար՝ թույլ թելքերը նախապատճառ են դառնում թղթի խզման համար, որը կարելի է դիտարկել որպես արագ աճող գործընթաց [101]:

Թղթի խզման մեխանիզմը կարելի է վերադրել թղթի ֆիզիկական մոդելի վրա (նկ. 2.3), որը ներկայացվում է տարրական զուգահեռանիստի տեսքով:



Նկ. 2.3. Թղթի մեխանիկական մոդելի տեսքը. ա) մինչ պատրուումը, բ) պատրուվելուց հետո

Մոդելի և թղթի զուլի լայնությունը և հաստությունը վերցվում են a և b , իսկ բարձրությունը՝ h , որն ընդունվում է խզման տեղամասում թելքերի միջին l_0 երկարությանը հավասար: Հաշվարկների ժամանակ ենթադրվում է, որ թելքերն ունեն ձողի տեսք, այսինքն, հաշվի չեն առնվում կորությունը և ճկունությունը: Թղթի շերտի թելքերը դասավորված են x, y, z առանցքներով: Տվյալ դեպքում թելքերի դիրքը z առանցքի ուղղությամբ չի դիտարկվել, (նկ. 2.4): Թղթի կառուցվածքը թելքային նյութից կազմված կարկաս է, որի ճկունությունն ու էլաստիկությունն ապահովում են թելերի միջև եղած կապերը [19]:



ա)

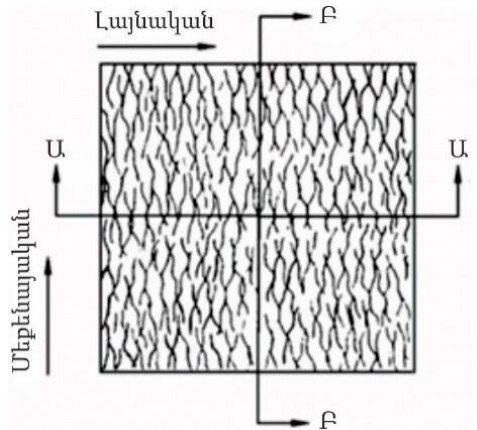
բ)

գ)

Նկ. 2.4. Թերթային թղթի ($q = 45q/մ^2$) կառուցվածքը. ա), բ) – պատրվածքները թելքերի երկայնական և լայնական ուղղություններով, գ) – միկրոկառուցվածքը, $\times 100$

Երկար թելքային մասնիկների խմբում կան նաև կարճերը, որոնք բաշխված են թելքերի միջև և պահպանվում են միջմոլեկուլային ուժերի շնորհիվ (նկ. 2.5): Թղթի պատրաստման եղանակը և այն փաստը, որ թելքերի երկարությունը (0,75...1,0 մմ) զգալի գերազանցում է թելքերի հաստությանը (մինչև 0,1 մմ), թղթի կառուցվածքը դարձնում են շերտավոր [94, 95]:

Թղթի թերթում թելքային կառուցվածքը և որոշ հատկություններ, կախված թելքերի ուղղությունից, փոփոխվում են: Թուղթը մեքենայական ուղղությամբ ունի պատոման ավելի մեծ ամրություն, քան լայնական ուղղությամբ: Այս հատկությունն առկա է, քանի որ մեքենայական ուղղությամբ ազդող ձգող ուժին (ուղղահայաց Ա-Ա կտրվածքին) դիմադրում են ավելի շատ կապեր, քան լայնական ուղղությամբ (ուղղահայաց Բ-Բ կտրվածքին) [87]:



Նկ. 2.5. Թելքերի դիրքը թղթի կառուցվածքում

Թղթի երկարացումը մինչև խզումը կամ դրա ձգողունակությունը բնութագրում է թղթի հատկությունն առանց խզվելու դեֆորմացվել բեռնվածքի ազդեցության տակ: Սակայն թղթի գործնական կիրառման դեպքում այն հիմնականում աշխատում է խզման ուժից ցածր արժեքների դեպքում, հետևաբար թղթի այդ ցուցանիշը շատ դեպքերում ավելի կարևոր է, քան խզման ճիգը: Ցածր խզման ամրությամբ, բայց բարձր ձգողունակությամբ օժտված թուղթը հաճախ առավել գործածելի է, օրինակ, թերթային թուղթը 0...15% խոնավությամբ:

Թղթի կառուցվածքը, որը համարվում է բարդ անհամասեռ համակարգ (կառուցվածքային տարրերի հատկությունների տարբերականությունը և չափերի բազմադիսպերսայնությունը, դրանց տարածական բաշխման անհամաչափությունը, ծավալում խտության անհամասեռությունը, կառուցվածքի տարրերի կապերի միջև ձևի և չափի անհամաչափությունը), կանխորոշում է մի ամբողջ փաստերի համակարգ, որից պայմանավորված է թղթի մեխանիկական վարքը: Այդպիսի գործոնների կարելի է վերագրել սկզբնական կիսաֆաբրիկատների հատկությունները, որոնք ձևավորում են թղթի կառուցվածքը [39]:

Պոլիմերային խառնուրդների տեսությունից հայտնի է, որ բազմաֆազ համակարգերը (որոնց թվում է նաև թուղթը) հազվադեպ են համաչափ դեֆորմացվում: Եթե առանձին ֆազերի (խառնուրդի բաղադրիչների) առաձգականության մոդուլները շատ են տարբերվում, ապա փորձանմուշի վրա բեռնվածքի գործադրման ժամանակ ֆազերի բաժանման սահմանին լարումները կարող են առաջացնել նյութի մասնիկների շերտատում, տարբերվելով երկրաչափական չափերով և որոշակի հատկություններով, ինչի արդյունքում նվազում է ամրությունը: Այսպիսով, որքան մեծ են խառնուրդի

առանձին բաղադրիչների առաձգականության մոդուլները, այնքան մեծ է նյութի ամրությունը [40]:

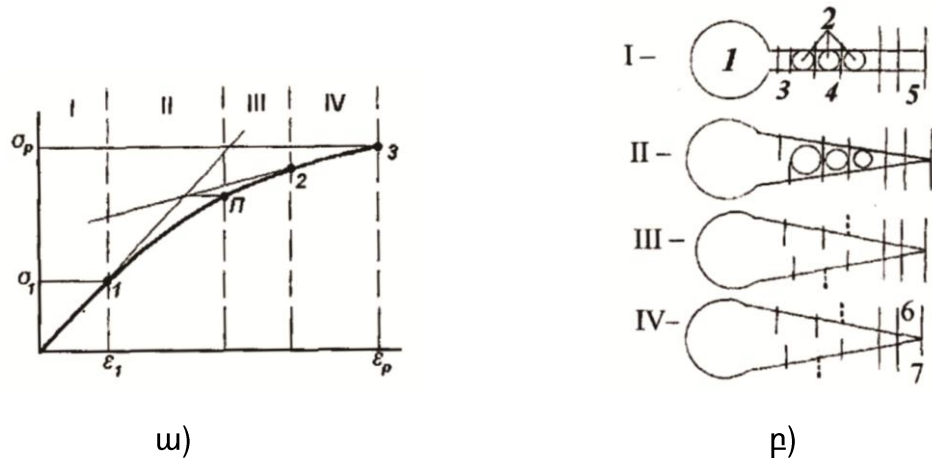
Թելքերի ամրության վրա ազդում են հետևյալ գործոնները. ելքային հումքի ձևաբանական առանձնահատկությունները, հատկապես՝ բջջային միջնորմի հաստությունը, ցելյուլոզի եփման եղանակը, մանրման ընթացքի բնութագիրը և վերջնական արդյունքը, այսինքն՝ նախապատրաստուկի աղման աստիճանը: Արտադրությունում տվյալ ցուցանիշը գնահատելու համար օգտագործում են թելքերի ամրության անուղղակի բնութագիրը՝ խզման զրոյական երկարությունը, այսինքն՝ ստանդարտ թղթի խզումը փորձարկող մեքենայի ամրակների միջև զրոյական տարածությունում [96]:

Համաձայն կոմպոզիցիոն նյութերի քայքայման մեխանիկայի, մեծ նշանակություն ունի ամրանավորված տարրերի միջև եղած կապերի ամրությունը: Թղթի կառուցվածքը դժվար է բաժանել բաղադրիչների (ամրանավորված և մատրիցի թելքեր): Ակնհայտ է, երկար թելքերը, որոնք ունեն որոշակի երկարություն, կաշխատեն որպես ամրանավորողներ, իսկ համակարգի հատկությունները կորոշեն կարճերը: Թղթի ամրությունը մեծ լինելու համար պետք է, որ ամրանավորող տարրի սկզբնական առաձգականության մոդուլի հարաբերությունը սկզբնական մատրիցի առաձգականության մոդուլին լինի հնարավորինս մեծ:

Ստատիկ բեռնվածության <<լարում- դեֆորմացիա>> կապի վերլուծությունը թույլ է տալիս բացահայտել ցելյուլոզային թղթե նյութի քայքայման և դեֆորմացման չորս մեխանիկական գործընթացներ (նկ. 2.6) [41, 42].

- I-թելքերի և կապերի միջև դեֆորմացում,
- II- չքայքայվող թելքերի եզրերի քայքայում,
- III- դեֆորմացման ընթացքում թելքերի կտրում,
- IV- թելքերի պատռում և շերտատում:

Նյութի ճաքակայունության վերաբերյալ գիտելիքները գործնականում թույլ են տալիս որոշումներ կայացնել ցելյուլոզային և թղթե զանգվածի տեսակավորման համար անհրաժեշտ գիտելիքներ՝ նմանատիպ թերությունները նվազեցնելու համար:



Նկ. 2.6. Թղթի նյութի դեֆորմացման վիճակի սխեման.

ա- փորձանմուշի դեֆորմացման ժամանակ առանձին տեղամասեր, բ) դեֆորմացման տարբեր տեղամասերում ճաքերի առաջացման սխեմա. 1- տվյալ կառուցվածքի առավել շոռավղով մազախողովակ, 2- միկրոմազախողովակ, 3- թելքեր, $l \ll l_{կր}$, 4-թելքեր, $l < l_{կր}$, 5-թելքեր, $l > l_{կր}$, 6- թելքերի քայքայում, 7- մինչ պատրուկը թելքի հարակցական շերտապատման տեղամաս

2.5. Տպաթղթի մեխանիկական փորձարկումների մեթոդաբանությունը և իրականացումը

Թղթի շերտի քայքայման ժամանակ գործում է երկու մեխանիզմ. միավոր թելքի խզումը և թղթի շերտի միջթելքային կապերի խզման արդյունքում՝ դրանց պոկումը: Այդ պատճառով թղթի S սահմանային ամրությունն արտահայտվում է գումարային տեսքով՝

$$S = S_{թելք} + S_{\eta}, \quad (2.1)$$

որտեղ $S_{թելք}$, S_{η} -ն համապատասխանաբար, թղթի ամրության մասնաբաժիններն են՝ ի հաշիվ միավոր թելքի խզման և թղթի շերտից թելքի պոկման դիմադրությունների:

Թղթի մոդուլի \bar{F} խզման ճիգը կարելի է ներկայացնել երկու ուժերի գումարի տեսքով՝ միավոր թելքերի $\bar{F}_{լս}$ խզման և թղթից դրանց $\bar{F}_{պ}$ պոկման միջոցով.

$$\bar{F} = \bar{F}_{լս} + \bar{F}_{պ}, \quad (2.2)$$

Համաձայն ГОСТ 30436-96-ի, տպագրական թղթի համար նախատեսված են ամրության հետևյալ ցուցանիշները [25].

L_b , ky - խզման երկարություն, թղթի շերտի այն հաշվարկային երկարությունն է, որն ազատ կախված վիճակում պատռվում է սեփական զանգվածի ազդեցության տակ, S , N/m - թղթի սահմանային ամրությունը՝

$$S = \bar{F}/w, \quad (2.3)$$

որտեղ \bar{F} -ը քայքայման ուժն է, L, w -ն՝ թղթի փորձարկվող նմուշի լայնությունը, մմ:

Ձգման դեպքում ամրության ինդեքսը հաշվարկվում է հետևյալ կերպ՝

$$I = \frac{\bar{F}}{wq} \cdot 10^3 = \frac{S}{q} \cdot 10^3, \quad (2.4)$$

որտեղ q -ն փորձարկվող թղթի 1 մ² զանգվածն է, q/ρ , իսկ դեֆորմացման բնութագրերը՝

$$\delta = \frac{\Delta\delta}{l} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

որտեղ՝ δ -ն փորձանմուշի հարաբերական երկարացումն է քայքայման պահին, $\Delta\delta$, մմ՝ փորձանմուշների խմբաքանակի բացարձակ երկարացման միջինացված արժեքը, l , մմ՝ փորձանմուշի նախնական երկարությունը:

Տպագրական թղթի ձգման փորձարկումները կատարվել են ըստ ГОСТ 30436-96-ի սահմանված պահանջների.

- փորձանմուշների խմբաքանակները երկայնական և լայնական ուղղություններով 10-ից ոչ պակաս փորձանմուշներով, յուրաքանչյուր խմբաքանակը կտրված է թղթի 10 տարբեր շերտերից, թղթի եզրից 15 մմ և ավելի հեռավորությամբ,

- փորձանմուշների ընդհանուր երկարությունը՝ $l = 250$ մմ, հաշվարկային երկարությունը՝ $l_p = 180 \pm 1$ մմ, լայնությունը՝ $w = 25_{-0,1}^{+0,2}$ մմ, իսկ երկայնական եզրերի զուգահեռության շեղումները՝ $\pm 0,1$ մմ: Փորձանմուշները չպետք է ունենան ճմռվածքներ և վնասվածքներ:

Ստանդարտով առաջադրված հաշվարկային սխեման թույլ է տալիս նաև որոշել տպաթղթի հիմնական ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշները.

- Յունգի մոդուլը՝ $E = \sigma/\delta$, (2.6)

- Պուասոնի գործակիցը՝ $\mu = \delta_1/\delta_2$: (2.7)

Հաշվի առնելով տպաթղթի միկրոկառուցվածքի նյութաբանական առանձնահատկությունները և որպես պոլիմերային նյութ՝ միկրոկառուցվածքի բաղադրանյութերի երկրաչափական և ֆիզիկական պարամետրերը, ինչպես նաև պատրաստման տեխնոլոգիան, Յունգի մոդուլի համար նպատակահարմար է այն

հաշվարկել տպաթղթի երկայնական և լայնական ուղղություններով վերցված փորձանմուշների փորձարկումների արդյունքներով: Այդ դեպքում՝

$$E_1 = \sigma_1 / \delta_1 \quad \text{և} \quad E_2 = \sigma_2 / \delta_2, \quad \text{Ն/մ}^2, \quad (2.8)$$

որտեղ $\sigma_1 = \bar{F}_1 / hw$, $\sigma_2 = \bar{F}_2 / hw$, h -ը թղթի հաստությունն է, $մ$,

իսկ $\delta_1 = \overline{\Delta\delta}_1 / l$, $\delta_2 = \overline{\Delta\delta}_2 / l$:

Օգտագործելով *ГОСТ30436-96*-ով առաջադրված S մեծությունը, կստանանք՝

$$E_1 = \frac{S_1 l}{h \Delta \delta_1}, \quad E_2 = \frac{S_2 l}{h \Delta \delta_2}, \quad \text{Ն/մ}^2 \text{ (Պա)} : \quad (2.9)$$

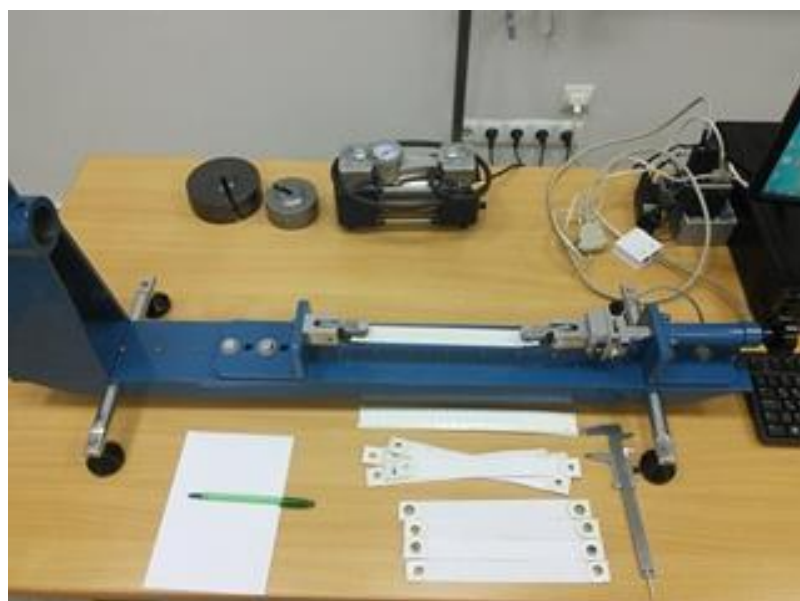
Ձգման փորձարկումների համար կիրառվել է AN11 մակնիշի լաբորատոր փորձասարքն իր ծրագրային ապահովման համակարգով, որը թույլ է տալիս կատարել ստանդարտ փորձարկումներ, կախված տպագրական թղթի մեխանիկական ամրության վրա ազդող գործոններից [3] (նկ. 2.7):

Ձգման փորձասարքի տվյալները.

- ձգումը կատարվում է երկարացման հաստատուն արագությամբ՝ $V = (20 \pm 5) \text{ մմ/ր}$,

- փորձասարքի սեղմիչների զուգահեռության և ազդող ուժի նկատմամբ ուղղահայացության շեղումները չպետք է գերազանցեն $\pm 1^\circ$ -ը,

- ազդող ուժի և փորձանմուշների երկարացման չափումների շեղումները համապատասխանաբար չպետք է գերազանցեն $\pm 1\%$ և $\pm 0,1$ մմ-ը:



Նկ. 2.7. AN11 փորձարարական սարքը և փորձարկվող թղթի նմուշները

Ձգման փորձարկումները կրկնվում են, եթե փորձանմուշները քայքայվել են սեղմիչներից մինչև 10 մմ հեռավորության վրա: Դիտարկված են թերթային և տարբեր միավոր զանգվածներով ոչ կավճապատ օֆսեթ թղթերի փորձանմուշների փորձարկման արդյունքները (աղ. 2.1), որոնք վերցված են ՀԱՎԵԼՎԱԾ 1-ի (<1) համապատասխան աղյուսակներից:

Աղյուսակ 2.1

Փորձանմուշների փորձարկման արդյունքները

N	Թղթի տեսակը	Թղթի 1մ^2 զանգվածը, $q, \text{գ}/\text{մ}^2$	Հաստությունը, $h, \text{մմ}$	Տեսակարար զանգվածը, $\rho, \text{գ}/\text{մ}^3$	Խզման ճիգը, $\bar{F}, \text{Ն}$		Բացարձակ դեֆորմացիան, $\Delta\delta, \text{մմ}$	
					\bar{F}_1	\bar{F}_2	$\Delta\delta_1$	$\Delta\delta_2$
1	Թերթային թուղթ	45	0,070	0,642	57,5	27,5	5,83	7,11
2	Օֆսեթ ոչ կավճապատ թուղթ	60	0,080	0,750	77,5	42,5	6,39	8,88
3		70	0,095	0,737	137,5	57,5	6,71	9,45
4		80	0,110	0,727	157,5	62,5	6,80	8,97
5		100	0,128	0,781	162,5	67,5	7,26	7,91
6		120	0,150	0,800	167,5	87,5	7,22	7,05
7		150	0,184	0,815	177,5	137,5	6,80	8,62

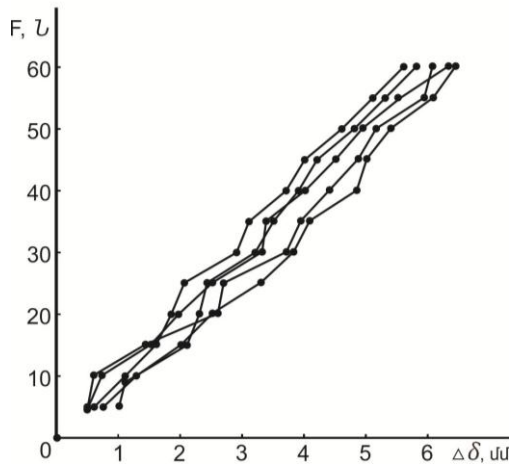
Աղ. 2.1-ի շարունակությունը

N	Ձգման ամրություն, $S, \text{կՆ}/\text{մ}^2$		Ձգման ամրության ինդեքսը, $I, \text{կՆ}\cdot\text{մ}/\text{գ}$		Յունգի մոդուլ, $\bar{E}, \text{ՄՊա}$	
	S_1	S_2	I_1	I_2	\bar{E}_1	\bar{E}_2
1	2,30	1,10	51,111	24,444	1014,6	397,8
2	3,10	1,70	51,667	28,333	1091,5	271,1
3	5,50	2,30	78,571	32,857	1553,1	461,0
4	6,30	2,50	78,750	31,250	1516,0	456,1
5	6,50	2,70	65,000	27,000	1259,0	480,0
6	6,70	3,50	55,833	29,167	1113,6	595,7
7	7,10	5,50	47,333	36,667	805,8	791,2

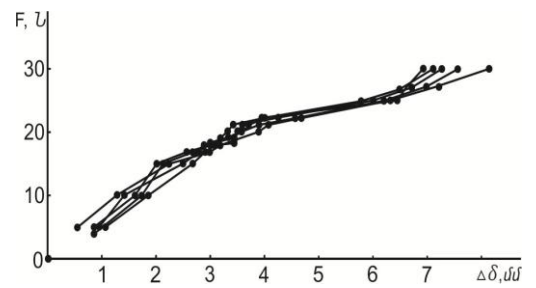
Ըստ ստացված տվյալների, Յունգի մոդուլների միջինացված արժեքներն են՝ $\bar{E}_1 = 1193,4 \text{ ՄՊա}$, $\bar{E}_2 = 493,3 \text{ ՄՊա}$:

Որպես օրինակ, նկ. 2.8-ում ներկայացված են «բեռնվածք-դեֆորմացիա» կապերը $q = 45\text{գ}/\text{մ}^2$ և $q = 150\text{գ}/\text{մ}^2$ միավոր զանգվածներով թղթերի թելքերի երկայնական և

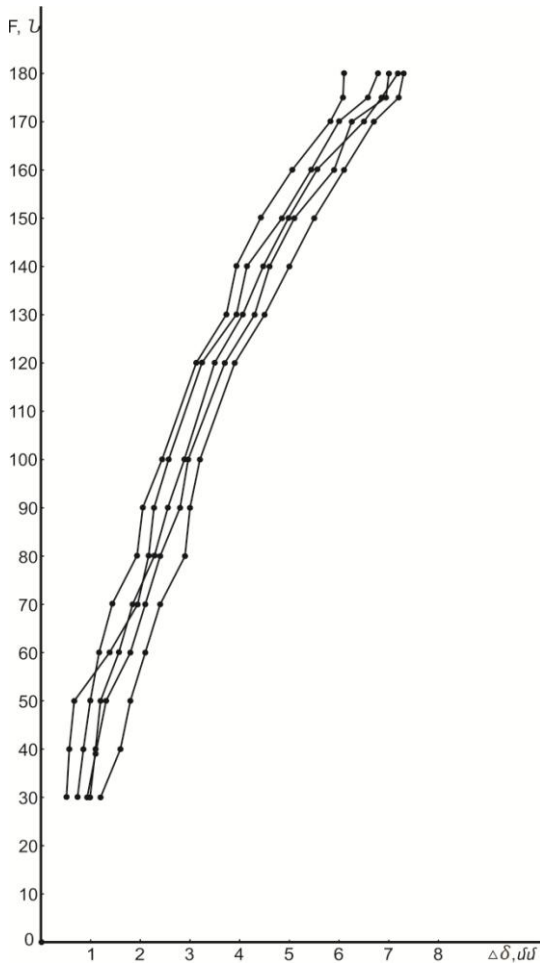
լայնական ուղղություններով փորձանմուշների համար: Ինչպես երևում է, q միավոր զանգվածի մեծացմանը համընթաց աճում են տպաթղթի խզման պարամետրերը և կորերի գրադիենտները: Նկատելի է նաև նշված պարամետրերի մոտեցումը երկայնական և լայնական ուղղություններով կատարված փորձարկումներում, որն ընդլայնում է տպաթղթերի օգտագործման հնարավորությունները և ծավալները լրիվ կիրառելու տեսանկյունից:



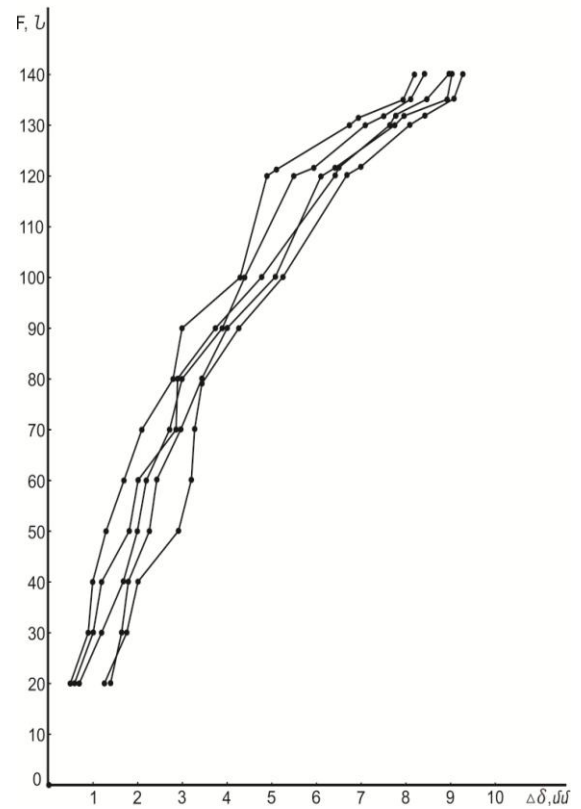
ա)



բ)



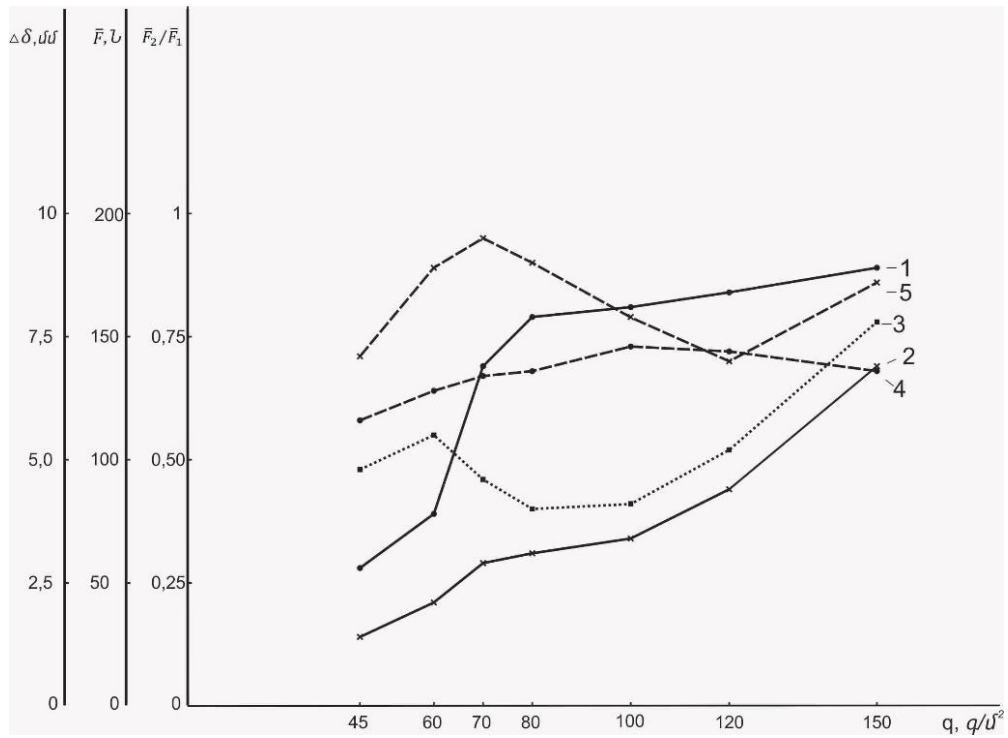
ա)



բ)

Նկ. 2.8. «Բեռնվածք-դեֆորմացիա» կապերը թելքերի երկայնական (ω , q) և (ρ , η) լայնական ուղղություններով, ω , ρ – թերթային թղթի ($q = 45 \text{ գ/սմ}^2$), q , η – օֆսեթ ոչ կավճապատ թղթի ($q = 150 \text{ գ/սմ}^2$) համար

Կատարված փորձարկումների արդյունքների ընդհանրացման և դիտարկված նյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների առանձնահատկությունները բացահայտելու նպատակով տրված է նյութերի ամրության հիմնական պարամետրերի փոփոխման բնույթն այդ թղթերի կարևոր կոնստրուկցիոն պարամետրից՝ միավոր q զանգվածից (նկ.2.9), որը կարևոր է տպագրության ընթացքում անհրաժեշտ ձգման ուժն ապահովելու համար (<1 , աղ. 1.15, 1.16):



Նկ. 2.9. Թղթի ամրության փոփոխությունը միավոր զանգվածից.
 1, 2 – թելիկների երկայնական և լայնական ուղղություններով թղթի \bar{F}_1, \bar{F}_2 խզման ուժերի փոփոխությունը, 3 – ուժերի \bar{F}_2/\bar{F}_1 հարաբերության փոփոխությունը, 4, 5 – նշված ուժերի տակ $\Delta\delta_1, \Delta\delta_2$ բացարձակ դեֆորմացիաների փոփոխությունը

2.6. Տպագրված մեխանիկական բնութագրերի քանակական գնահատումը

Տպագրական թղթի ձգման փորձարկումներում համեմատաբար փոքր ծավալ են զբաղեցնում թղթի առաձգական և առաձգապլաստիկ հատկությունների ուսումնասիրությունները և մեծ տեղ է հատկացվում մեխանիկական ամրության ցուցանիշների ֆունկցիոնալ կապերի բացահայտմանը, որոնք գործնական նշանակություն են ներկայացնում: Բայց նշված հատկությունների ուսումնասիրումը կարևոր նշանակություն ունի տպագրության ընթացքում տեխնոլոգիական սարքավորման տարբեր մեխանիզմներով թղթի շերտի անցման գործողություններում ճնշումը և պատռումը բացառելու և զգալի մնացորդային դեֆորմացիաներից խուսափելու նպատակով, որոնք կարող են էապես ազդել տպագրման որակի վրա:

Այդ իսկ պատճառով տվյալ հետազոտությունն իրականացվել է երկու փուլով.

1. տպագրական թղթի առաձգական և առաձգապլաստիկ հատկությունների ուսումնասիրումը տարբեր զանգվածային խտության թղթերի համար,

2. նույն թղթերի մեխանիկական ամրության ցուցանիշների ֆունկցիոնալ կապերի բացահայտումը:

Դիտարկենք նշված փուլերի ընթացակարգերը:

1. <<**Ձգող ճիգ - երկարացում**>> **ֆունկցիոնալ կապը** հնարավորինս ճիշտ բացահայտելու նպատակով ձգման փորձարկումներում ազդող ճիգի աճն ընդունվել է $\Delta F = 5$ կամ 10 Ն քայլով և չափվել են դրանց համապատասխանող երկարացումները տվյալ տեսակարար զանգվածով թղթի շերտի երկայնական և լայնական ուղղություններով կտրված փորձանմուշների յուրաքանչյուր խմբաքանակի համար: Արդյունքում ստացվել են $n = 140$ ծավալի $(F_i, \Delta \delta_i)$ երկչափ տվյալների համախմբեր, որոնք մշակվել են մաթեմատիկական վիճակագրության մեթոդներով: Կիրառելով MS Excel ստանդարտ ծրագրի Data Analysis փաթեթի ֆունկցիաները, որոնցում օգտագործված է տվյալների մշակման փոքրագույն քառակուսիների մեթոդը, ստացվել են ռեգրեսիայի հավասարումներ՝

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots, \quad (2.10)$$

որոնց աստիճանն ընտրվում է ռեգրեսիայի ինտենսիվությունը բնորոշող R^2 դետերմինացիայի գործակցով, որը հավաստի տվյալներ ստանալու նպատակով վերցվում է $R^2 = 0,91 \dots 0,99$ միջակայքից: Նման մոտեցումը թույլ է տալիս կատարել երկմակարդակ օպտիմիզացիայի գործընթաց [4].

- համեմատել տարբեր աստիճանի (2.10) ֆունկցիոնալ կապերը և ընտրել R_{max}^2 -ին համապատասխանող տարբերակը, եթե համեմատվող ֆունկցիաների R^2 -ի արժեքներն իրարից զգալիորեն են տարբերվում,

- (2.10)-ում R^2 -ին մոտ արժեքների դեպքում, եթե դրանք տատանվում են $\Delta R^2 = 0,1 \dots 0,2$ -ի սահմաններում, նպատակահարմար է ընտրել հնարավորինս ցածր աստիճանի ֆունկցիոնալ կապ, որն առավել ճիշտ կբնորոշի այդ կապի բնույթը և կհեշտացնի դրա կիրառումը հաշվարկներում:

Օպտիմիզացիան իրականացվել է $F_1 = f_1(\Delta \delta_1)$, $F_2 = f_2(\Delta \delta_2)$ ֆունկցիաների երեք տարբերակներից մեկի ընտրությամբ, որն ապահովում է R^2 գործակցի նշված պահանջները (<ԱՎԵԼՎԱԾ 2>):

Աղ. 4.1-ում (ՀԱՎԵԼՎԱԾ 4) տրված են վիճակագրական հաշվարկների արդյունքները և կատարված է օպտիմալ ֆունկցիաների ընտրություն ըստ q -ի արժեքների, որոնք հանդես են գալիս որպես այդ ֆունկցիաների պարամետրեր:

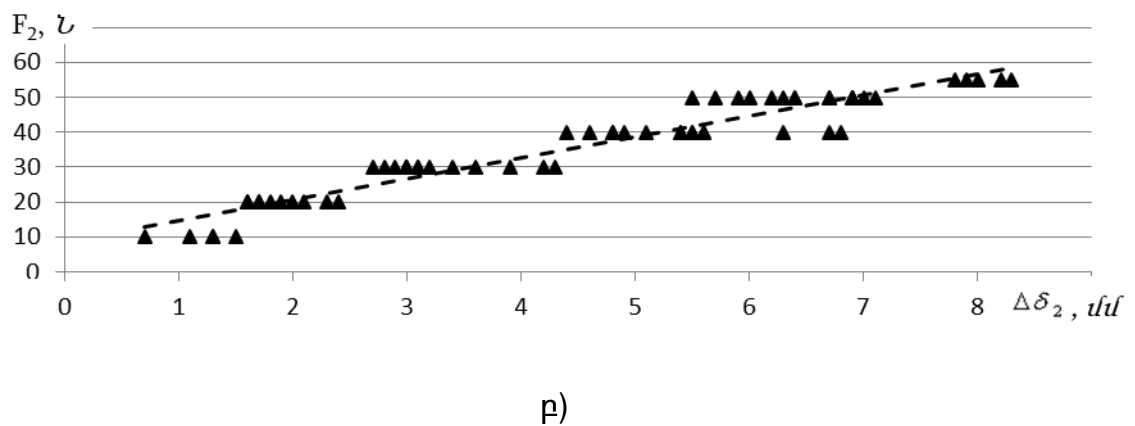
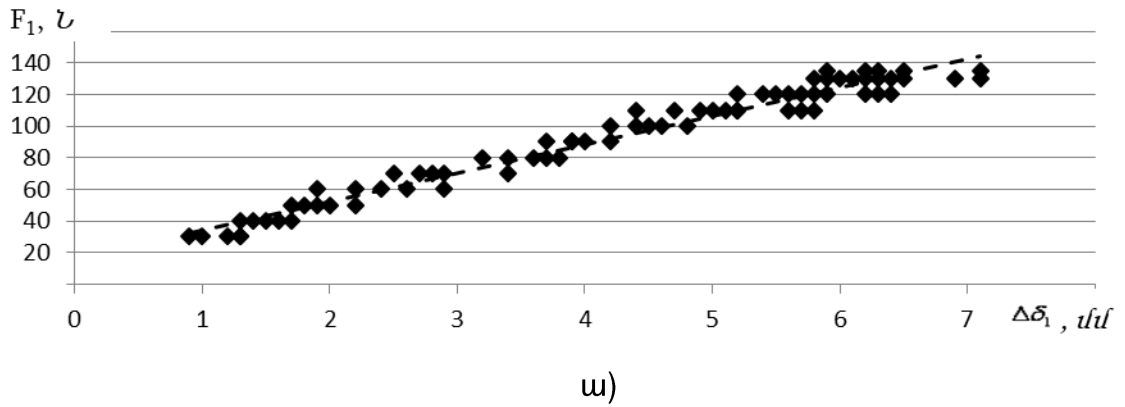
Տվյալ վիճակագրական վերլուծությունը վկայում է (նկ.2.10), որ թղթի երկայնական ուղղությամբ օպտիմալ է համարվում «ճիգ-դեֆորմացիա» ֆունկցիայի ուղղագծային կապի տարբերակը, որի համար $R^2 = 0,919 \dots 0,990$, ընդ որում $q = 45 \dots 150 \text{ գ/մ}^2$ միջակայքում այդ կապի ինտենսիվությունն աճի միտումներ ունի, այսինքն՝ թղթի տեսակարար զանգվածի (հոծության) աճի դեպքում երկայնական ուղղությամբ Հուկի օրենքի ընդունելությունը հավաստի է դառնում:

Նույն դրույթը հաստատվում է նաև $F_1 = f_1(\Delta\delta_1)$ փորձառական ֆունկցիայի գրաֆիկական կառուցումներով (նկ. 2.10ա): Դրա հետ մեկտեղ նկատվում է (2.10) ֆունկցիայի a_1 գործակցի աճը (<4 , աղ. 4.1), այսինքն՝ $F_1 = f_1(\Delta\delta_1)$ ֆունկցիայի գրադիենտի փոփոխականությունը q -ից, որը բնորոշ է Հուկի օրենքով նկարագրվող առաձգական նյութերին՝ դրանց մեխանիկական ամրության ցուցանիշների աճի դեպքում:

Թղթի լայնական ուղղությամբ q -ի բոլոր արժեքների համար $F_2 = f_2(\Delta\delta_2)$ ֆունկցիայի օպտիմալ տարբերակը 2-րդ աստիճանի պարաբոլական հավասարման տեսք ունի (<4 , աղ.4.1, նկ. 2.10բ), իսկ դետերմինացիայի գործակցի արժեքը փոփոխվում է համեմատաբար նեղ միջակայքում՝ $R^2 = 0,931 \dots 0,951$:

Ի տարբերություն երկայնական ուղղության փորձանմուշների, այս դեպքում ֆունկցիաների գրադիենտները բնորոշող՝ (2.10)-ի a_1 և a_2 գործակիցները $q = 45 \dots 80 \text{ գ/մ}^2$ միջակայքում էական փոփոխություններ չեն կրում և միայն $q \geq 80 \text{ գ/մ}^2$ -ի դեպքում անցնում են ավելի բարձր արժեքների, որը կապված է թղթի կառուցվածքում տեղի ունեցող փոփոխությունների հետ: Մյուս կարևոր հանգամանքը՝ դա տվյալների շեղումն է Հուկի օրենքից և առաձգապլաստիկ հատկությունների դրսևորումը նույնիսկ ազդող ճիգի ցածր արժեքների դեպքում, համաձայն որի փորձանմուշների այդ խմբաքանակների մեխանիկական հատկությունները որակական և քանակական առումներով իրարից փոփոխական են և բացառում են դրանց միջինացված արժեքների կիրառումը: Նշված գնահատումը չի ուսումնասիրված և

պահանջ է առաջադրում կատարել լրացուցիչ ձգման փորձարկումներ և թղթի երկայնական ուղղության նկատմամբ շեղ կտրած փորձանմուշներով գտնել այն սահմանային անկյունը, որի դեպքում մեխանիկական հատկություններն իրարից էապես չեն տարբերվի:



Նկ.2.10. $q = 70 \text{ գ/սմ}^2$ թերթային թղթի ձգման փորձարկումների արդյունքները շերտի երկայնական (ա) և լայնական (բ) ուղղություններով

2. Փորձարկման փվյալների երկրորդ խումբը ձևավորված է թղթի մեխանիկական ամրության ցուցանիշների քայքայման ֆունկցիաների տեսքով ըստ q արգումենտի՝

$$\begin{aligned} \bar{F}_{1,2} &= \varphi_{1,2}(q), & \overline{\Delta\delta}_{1,2} &= \varphi_{3,4}(q), & I_{1,2} &= \varphi_{5,6}(q), \\ S_{1,2} &= \varphi_{7,8}(q), & \delta_{1,2} &= \varphi_{9,10}(q), \end{aligned} \quad (2.11)$$

ինչպես նաև «քայքայող ճիգ - դեֆորմացիա» կապով՝

$$\bar{F}_{1,2} = \Psi_{1,2}(\overline{\Delta\delta}_{1,2}), \quad (2.12)$$

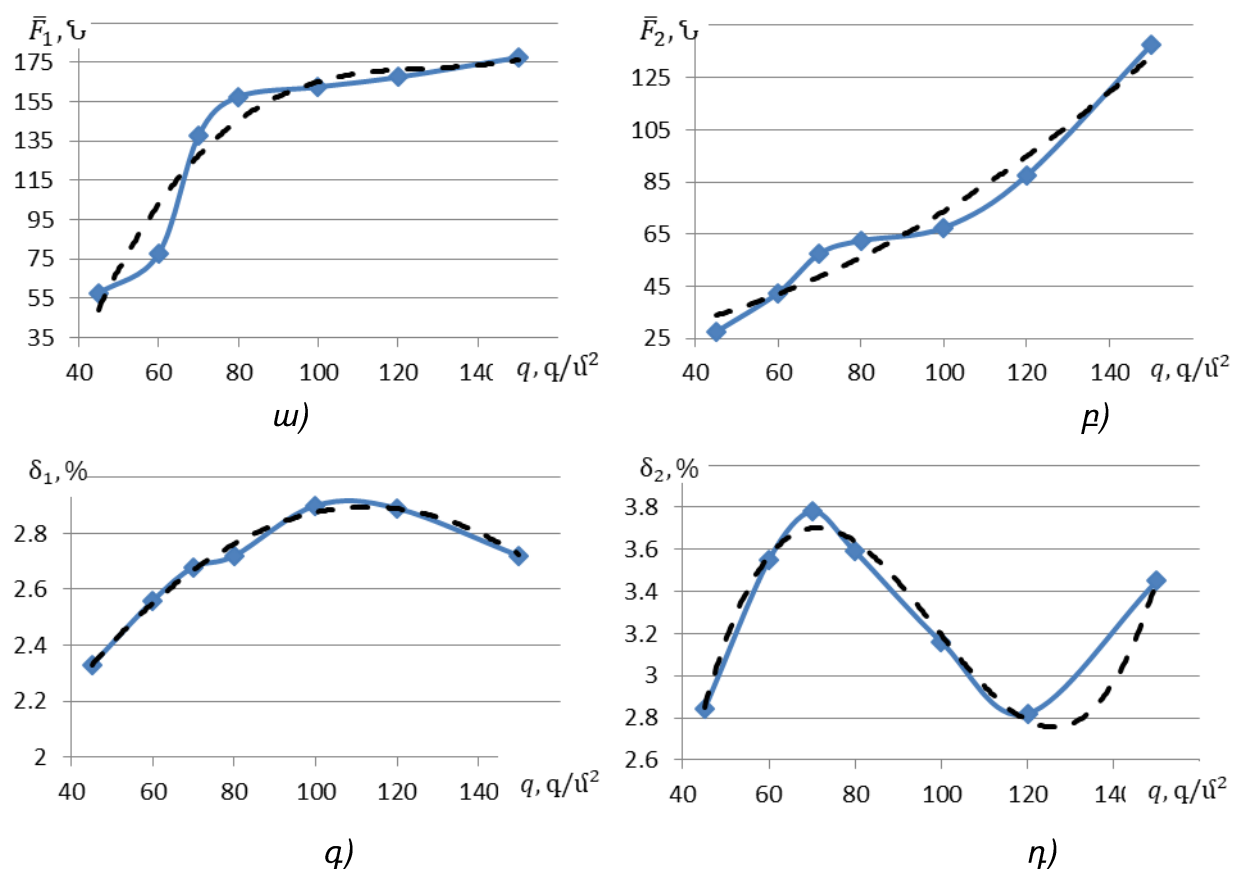
ըստ թղթի երկայնական և լայնական ուղղությունների:

Նշված ուղղություններով քայքայման ցուցանիշների համեմատական գնահատման նպատակով դիտարկված են նաև հետևյալ կապերը՝

$$\bar{F}_2/\bar{F}_1, S_2/S_1, I_2/I_1 = \varphi_{11}(q), \quad \delta_2/\delta_1 = \varphi_{12}(q) \quad (2.13)$$

(ուժային պարամետրերի կառուցվածքային նույնականությունից բխում է $\bar{F}_2/\bar{F}_1 = S_2/S_1 = I_2/I_1$ հարաբերակցությունը):

Կիրառելով փոքրագույն քառակուսիների մեթոդը՝ նույն ձևով ստացվել են (211)- (2.13) օպտիմալ ֆունկցիաների ռեգրեսիայի հավասարումները (<4, աղ. 4.3): Նկ. 2.11-ում տրված է որոշ օպտիմալ ֆունկցիաների գրաֆիկական մեկնաբանությունը:



Նկ. 2.11. Թղթի քայքայման $\bar{F}_{1,2} = \varphi_{1,2}(q)$ (ω, ρ) և $\delta_{1,2} = \varphi_{9,10}(q)$ (q, η) ֆունկցիաների օպտիմալ տարբերակները

Մեխանիկական ամրության ցուցանիշների փոխկապակցությունը և դրանց կախումը թղթի կառուցվածքային առանձնահատկություններից վկայում են բազմապարամետրական կապերի առկայության մասին, որոնք ընդհանրացված կարգով կարելի է ներկայացնել

$$\Phi_{1,2}(q, \bar{F}_{1,2}, \overline{\Delta\delta}_{1,2}, \delta_{1,2}, I_{1,2}, S_{1,2}) = 0 \quad (2.14)$$

կապերով: (2.14)-ի գործնական կիրառման համար նպատակահարմար է այդ կապերի ներկայացումը (2.11)-(2.13) պարամետրական հավասարումների համակարգերի տեսքով: Այստեղ դիտարկվել են ամրության ցուցանիշների և դրանց հարաբերական մեծությունների ֆունկցիոնալ կապերն ըստ q -ի արգումենտի՝ երկայնական և լայնական ուղղություններով, իսկ թղթի սահմանային վիճակի ուսումնասիրման համար (քայքայում)՝ նաև $(\bar{F}_{1,2} - \overline{\Delta\delta}_{1,2})$ ֆունկցիաները: Հաշվի առնելով $\overline{\Delta\delta}_{1,2}$ -ի զգալի և տարաբնույթ ցրման միտումները, նշված կապերը դասակարգվել են ըստ արգումենտի $\overline{\Delta\delta}_{1,2min}$, $\overline{\Delta\delta}_{1,2}$ և $\overline{\Delta\delta}_{1,2max}$ արժեքների (<4, աղ. 4.2): Այստեղ ևս նույն մեթոդով իրականացվել է (2.11)-(2.13) ֆունկցիաների օպտիմալ տարբերակների ընտրությունը (<ԱՎԵԼՎԱԾ 3):

Ի տարբերություն 1-ին կետում ներկայացված տվյալների (<4, աղ. 4.1), այս դեպքում (2.11)-(2.13) ֆունկցիաների տեսքերը բազմազան են, որն էլ արտահայտվում է ռեգրեսիայի հավասարումներում 2...5-րդ աստիճանի ֆունկցիոնալ կապերի առկայությամբ: Այստեղ գերադասելի են խորանարդային (11 հավասարում), այնուհետև՝ քառակուսային կապերը (5 հավասարում), իսկ 4-րդ և 5-րդ աստիճանի հավասարումները, համապատասխանաբար, 2 և 4 հատ են:

Անցումն ավելի բարձր ֆունկցիոնալ կապերի պայմանավորված է դիտարկվող ֆունկցիաներում գրադիենտի և մոնոտոն աճի կտրուկ և տարաբնույթ փոփոխություններով, որոնք ստիպում են $R^2 \geq 0,91$ պայմանն ապահովելու նպատակով անցում կատարել ավելի բարձր աստիճանի ֆունկցիոնալ կապերի (ընդհուպ մինչև 5-րդ աստիճանի): Ընդհանուր առմամբ, R^2 -ի նշված պայմանն ապահովված է, բացի մի դեպքից, երբ նույնիսկ 5-րդ աստիճանի դեպքում՝ $R^2 = 0,409$, $\bar{F}_2 = \Psi_2(\overline{\Delta\delta}_{2min})$ (աղ.4.2, <4), որը հաստատում է դիտարկվող մեծությունների միջև կոռելյացիոն կապի ցածր աստիճանը:

Դիտարկենք <4. աղ.4.2-ի քայքայման ֆունկցիաների փոփոխականությունը q -ից՝ դրանց դասակարգելով ըստ ուժային և դեֆորմացիոն գործոնների:

$\bar{F}_1 = \varphi_1(q)$ ֆունկցիան, ինչպես և կ.1-ում, կտրուկ աճում է $q = 45 \dots 80 \text{ գ/մ}^2$ միջակայքում, իսկ $q > 80 \text{ գ/մ}^2$ -ի դեպքում այդ աճը զգալիորեն նվազում է (նկ. 2.11ա): Դա թույլ է տալիս ըստ ամրության ցուցանիշի ճիշտ ընտրել տպագրական թղթի օպտիմալ տարբերակը, որը բավարարում է թղթի արտադրանքի սպառողական պահանջները: Լայնական ուղղությամբ $\bar{F}_2 = \varphi_2(q)$ ֆունկցիան մոնոտոն աճող բնույթ է կրում տվյալների համապատասխանաբար ցածր շեղումներով (նկ. 2.11բ), որն էլ ապահովում է դետերմինացիայի գործակցի բարձր արժեքը: $\bar{F}_{1,2} = \varphi_{1,2}(q)$ ֆունկցիաները փաստորեն թելադրում են իրենցից ածանցյալ մյուս ֆունկցիաների՝ $I_{1,2} = \varphi_{5,6}(q)$, $S_{1,2} = \varphi_{7,8}(q)$, նմանատիպ փոփոխությունները և որպես հետևանք՝ $\bar{F}_2/\bar{F}_1 = \varphi_{11}(q)$ ֆունկցիայի նվազող-աճող և համեմատաբար սահուն բնույթը, իսկ $q \approx 80 \text{ գ/մ}^2$ -ի դեպքում՝ այդ հարաբերությունների նվազագույն արժեքները: Նշվածներից առանձնանում են $I_{1,2} = \varphi_{5,6}(q)$ ֆունկցիաները, որոնց համար անհրաժեշտ մակարդակի ռեգրեսիոն կապեր ապահովելու նպատակով ընտրված են 5-րդ աստիճանի հավասարումներ ($R^2 = 0,959$ և $0,983$):

Երկայնական ուղղությամբ քայքայման բացարձակ երկարացման միջնարժեքային $\overline{\Delta\delta}_1 = \varphi_3(q)$ ֆունկցիան սահուն կերպով աճող-նվազող տեսք ունի, որի առավելագույն արժեքը համապատասխանում է $q = 100 \dots 110 \text{ գ/մ}^2$ միջակայքին: Որպես մաթեմատիկական մոդել միջնարժեքային ֆունկցիայի ընտրությունը թույլ է տվել նվազեցնել տվյալների շեղումները և այն ներկայացնել 2-րդ աստիճանի հավասարման տեսքով, որի համար $R^2 = 0,988$: Լայնական ուղղությամբ $\overline{\Delta\delta}_2 = \varphi_4(q)$ միջնարժեքային ֆունկցիան ալիքաձև փոփոխման բնույթ է կրում և արտահայտվում է 3-րդ աստիճանի հավասարման տեսքով, որի էքստրեմումները համապատասխանում են $q = 75$ և 120 գ/մ^2 արժեքներին:

Նկատի ունենալով քայքայման հարաբերական δ_1 և δ_2 երկարացումների տվյալների որոշման հաշվարկային նմանակությունը՝ $\delta_{1,2} = \varphi_{9,10}(q)$ ֆունկցիաները փոփոխվում են վերը նշված օրինաչափություններով (նկ. 2.11գ, դ), իսկ $\delta_2/\delta_1 = \varphi_{12}(q)$ ֆունկցիայի համար թելադրող է δ_2 -ի արժեքների փոփոխությունը, և այդ ֆունկցիաների տեսքը համընկնում է $\overline{\Delta\delta}_2 = \varphi_4(q)$ -ի հետ:

Ի տարբերություն վերոհիշյալների՝ համեմատաբար քիչ են ուսումնասիրված $(\bar{F}_{1,2} - \overline{\Delta\delta}_{1,2})$ ֆունկցիոնալ կապերը, որոնք գործնական նշանակություն ունեն սահմանային վիճակում գտնվող թղթի ամրության ցուցանիշների քանակական գնահատման համար, ինչպես դա սովորաբար կատարվում է տարբեր կոնստրուկցիոն նյութերի կիրառման բնագավառներում: Տպագրական թղթի համար այդ ցուցանիշների վրա տարբեր զուգորդումներով ազդող տարաբնույթ գործոնները հաճախ բացառում են ֆունկցիոնալ կապերի առկայությունը, որը հատկապես զգալի է $\Delta\delta_{1,2} = 6,5 \dots 9,0$ մմ միջակայքում: Այդ պատճառով էլ նպատակահարմար է կիրառել նշված ամրության ցուցանիշների միջնարժեքային տվյալները: Երկայնական ուղղությամբ $\bar{F}_1 = \Psi_1(\Delta\delta_1)$ քայքայման ֆունկցիան 3-րդ աստիճանի ռեգրեսիոն հավասարում է դետերմինացիայի գործակցի $R^2 = 0,976$ արժեքով, իսկ փորձարարական տվյալների և տեսական կորի փոխդասավորությունը բավարար աստիճանի է:

Լայնական ուղղությամբ $\bar{F}_2 = \Psi_2(\Delta\delta_2)$ քայքայման ֆունկցիան նույնիսկ 5-րդ աստիճանի ռեգրեսիոն հավասարման դեպքում ցուցաբերում է $R^2 = 0,877$ արժեքը, իսկ փորձարկման տվյալների զգալի շեղումների պատճառով տեսական կորի տեսքը զգալիորեն տարբերվում է փորձարարականից, որը հաստատում է ֆունկցիոնալ կապի բացակայության փաստը:

2.7. Եզրակացություններ 2-րդ գլխի վերաբերյալ

1. Թղթի շերտի կառուցվածքային-մեխանիկական հատկությունների նոր մոտեցումներ ձևավորելու նպատակով կատարվել են թղթի ամրության մոդելի տեսական հիմնավորումներ: Առաջարկվել է մեթոդաբանություն, որը թույլ է տալիս իրապես գնահատել ոչ միայն թելքերի ամրությունը, այլև թղթի կոհեզիան՝ թերթում միավոր թելքի ամրության կապերը և թելքերի կողմնորոշումը: Տպագրական թղթի մեխանիկական ամրության վերաբերյալ համարժեք տեղեկատվություն ստանալու նպատակով դիտարկված է թղթի առաձգապլաստիկ հատկությունների ողջ համախումբը:

2. Թղթի մեխանիկական ամրության սահմանը որոշվում է լարումների այն արժեքներով, որոնք հանգեցնում են թղթի կառուցվածքի անվերադարձ

փոփոխությունների և ամբողջականության խախտմանը, իսկ թղթի դեֆորմացման հասկություններն ամբողջականության պահպանման պայմաններում՝ թղթի ձևի և չափերի փոփոխմանը: Այդ պատճառով համատեղ ուսումնասիրվել են դեֆորմացման և քայքայման գործընթացները:

3. Դիտարկված է թղթի խզման մեխանիզմը երկայնական և լայնական ուղղություններով, հաշվի առնելով շերտում միավոր երկար թելքերի դասավորվածությունը, դրանց չափերի դիսպերսայնությունը, միջթելքային կապերի ամրությունը: Թղթում թելիկների դասավորությունն ազդում է հարակցման մակերևույթի, հետևաբար և թելիկների միջև առաջացած կապակցող ուժերի մեծության վրա, որը բնութագրում է նշված գործոնների ազդեցության աստիճանը թղթի ամրության վրա: Այն առավելագույնն է երկայնական (գլոցման) ուղղությամբ:

4. Թղթի երկայնական և լայնական ուղղություններով, համաձայն ГОСТ 30436-96-ի պահանջների վերցված փորձանմուշների ձգման փորձարկումների արդյունքներով ցույց է տրված, որ թղթի խզման և պոկման ուժերը ֆունկցիոնալ կապի մեջ են թղթի տեսակարար զանգվածից և թելքերի ուղղությունից: Կատարվել են թերթային և ոչ կավճապատ օֆսեթային թղթերի 7 տարատեսակների ($q=45...150 \text{ գ/մ}^2$) ձգման ստանդարտ փորձարկումներ և որոշվել են նշված թղթերի ամրության հիմնական ցուցանիշները:

5. <<Բեռնվածք-դեֆորմացիա>> ֆունկցիոնալ կապերում հաստատագրված են տպաթղթի $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \Delta\bar{\delta}_1, \Delta\bar{\delta}_2$ խզման պարամետրերի և նշված ֆունկցիաների գրադիենտների տարբերությունները տպաթղթի երկայնական և լայնական ուղղությունների համար: Տպաթղթի տեսակարար զանգվածի աճի դեպքում ($q = 150 \text{ գ/մ}^2$) նշված մեծությունների հարաբերությունները հասնում են $\bar{F}_1/\bar{F}_2 \approx 0.75$, $\Delta\bar{\delta}_1/\Delta\bar{\delta}_2 \approx 0.80$ և նվազում է գրադիենտների տարբերությունը, որը թույլ է տալիս կարգավորել տպաթղթի ձգման ուժն ըստ q -ի:

6. Տպագրական թղթի մեխանիկական փորձարկումների արդյունքները փոքրագույն քառակուսիների մեթոդի հիման վրա մշակված ծրագրային փաթեթի միջոցով ստացվել են ռեգրեսիայի հավասարումներ $F_1 = f(\Delta\delta_1), F_2 = f(\Delta\delta_2)$ ֆունկցիաների համար ըստ q պարամետրի: Կիրառված է օպտիմալ ֆունկցիայի ընտրման երկփուլ մեթոդ ըստ դետերմինացիայի գործակցի $R^2 \geq 0.9$ արժեքի: Ցույց է

տրված, որ տպաթղթի երկայնական և լայնական ուղղություններով նշված ֆունկցիաների համար, համապատասխանաբար, գերադասելի են 1-ին և 2-րդ աստիճանի ռեգրեսիայի հավասարումները, այսինքն՝ երկայնական ուղղությամբ թղթի տեսակարար զանգվածի (հոծության) աճի դեպքում Հուկի օրենքի ընդունելությունը հավաստի է դառնում:

7. Տպաթղթի վարքը սահմանային վիճակում գնահատելու նպատակով ձևավորված է $\bar{F}_{1,2} = \varphi_{1,2}(q)$, $\overline{\Delta\delta}_{1,2} = \varphi_{3,4}(q)$, $\bar{F}_{1,2} = \Psi_{1,2}(\overline{\Delta\delta}_{1,2})$ ֆունկցիաների համակարգը: Այս դեպքում ֆունկցիաների տեսքերը բազմազան են և գերադասելի են 3...5-րդ աստիճանի հավասարումները: Դրանցից առավելապես կարևորվում է $\bar{F}_{1,2} = \Psi_{1,2}(\overline{\Delta\delta}_{1,2})$ տարբերակը, որը գործնական նշանակություն ունի տպաթղթի սահմանային վիճակի համար, բայց համեմատաբար քիչ է ուսումնասիրված: Երկայնական ուղղությամբ այն 3-րդ աստիճանի հավասարմամբ է հանդես գալիս ($R^2 = 0,976$), իսկ լայնական ուղղությամբ՝ 5-րդ աստիճանի հավասարմամբ, համեմատաբար ցածր ռեգրեսիայի կապով՝ $R^2 = 0,877$:

ԳԼՈՒԽ 3. ԼԱՐՎԱԾԱԴԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ՎԻՃԱԿԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՏՊԱԳՐՄԱՆ ԳՈՏՈՒՄ

3.1. Տպագոտում դեֆորմացիաների փոփոխման առանձնահատկությունները

Տպագրական արտադրանքի որակը նշանակալիորեն բնութագրվում է տպագոտում ընթացող դեֆորմացիոն երևույթներով, որոնց մասնակցում են այդ գոտում հայտնված կոնտակտային տարրերը և նյութերը՝ տպագլաններն իրենց բաղադրյալ մակերևութային շերտերով, ինչպես նաև տպագրական ներկը և թուղթը, որոնք տպագոտում ենթարկվում են դեֆորմացման՝ փոփոխական ճնշման պայմաններում: Նշված դեֆորմացիաները և դրանց փոփոխման առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու նպատակով անհրաժեշտ է տպագոտում հաջորդաբար դիտարկել.

ա) տպագրական թղթի ֆիզիկամեխանիկական առանձնահատկությունները [43],

բ) տպագոտում գործող ճնշումը և դրա փոփոխականությունը տպագլանների պտույտի ընթացքում [71],

գ) օֆսեթ թաղանթի մակերևութային շերտերի դեֆորմացիաները ժամանակային միջակայքում [92]:

Կախված տեսակից՝ թղթի մակերևութի անհարթության չափերը տարբերվում են և ոչ կավճապատ թղթի համար կազմում են 5...7 մկմ, իսկ որոշ տեսակների համար հասնում մինչև 25...30 մկմ-ի: Նման անհարթությունների դեպքում անհնարին է տպող տարրերի ողջ մակերևութի վրա համաչափ ներկ փոխանցել: Որպեսզի տպաձևից թղթին փոխանցվի պատկերը, թղթի մակերևութը պետք է լինի այնքան հավասարաչափ, որ տպող տարրերի ողջ մակերևութով ապահովվի լիարժեք հպում: Բավական չէ ապահովել միայն տպաձևի հպումը թղթի հետ, որպեսզի ներկի անցումը թղթին լինի անհրաժեշտ քանակությամբ և ներկը կարողանա ամրանալ թղթի վրա՝ անցնելով նրա ծակոտիները և միկրոռելիեֆը: Անհրաժեշտ է, որ թուղթը տպաձևին հավի չափաբերված ճնշմամբ, որի մեծությունը կախված կլինի տպագրության տեսակից, հպման տևողությունի, տպագրվող թղթի կոշտությունից, անհարթությունից և այլ գործոններից:

Այսպիսով՝ տպագրական ճնշումն անհրաժեշտ է թղթի անհարթությունները հարթեցնելու, տպող տարրերի և թղթի լիարժեք հպումն ապահովելու, թղթի վրա անհրաժեշտ քանակությամբ ներկ փոխանցելու և թղթի միկրոռելիեֆի և ծակոտիների մեջ ներծծման եղանակով ներկի սկզբնական ամրացման համար:

3.2. Ֆիզիկամեխանիկական երևույթները հպման գոտում

Օֆսեթ տպագրությունում տպող և բացակային տարրերը գտնվում են գրեթե մի հարթության մեջ: F -ով նշանակելով հպման գոտում գումարային ազդող ուժը [Ն], և p -ով՝ տպագրական ճնշումը [Պա], օֆսեթ տպագրության դեպքում կունենանք՝

$$p = F/A_h, \quad (3.1)$$

որտեղ A_h -ն հպման գոտու մակերեսն է:

Տպագրական ճնշմանը ներկայացվում են հետևյալ երկու հիմնական պահանջները.

1. Տպաձևից թղթի ողջ մակերևույթով փոխանցվող ցանկացած տարրի ներկի շերտի միևնույն հաստություն ստանալու համար տպաձևի ողջ մակերևույթով տպագրական ճնշումը պետք է լինի հավասարաչափ,

2. Տպագրական ճնշումը տպագրման ողջ ընթացքում պետք է լինի անփոփոխ:

Ճնշում ստեղծելու ուժային եղանակը: Այս եղանակով հպման գոտում գումարային ուժն անկախ փոփոխական և կարող է լինել հաստատուն մեծություն: Ուժի առաջադրված մեծության դեպքում ճնշումը հանդես է գալիս որպես ծանրության ուժ, որն առաջացվում է պնևմատիկ, հիդրավլիկ կամ մեխանիկական շարժաբերի միջոցով:

Օֆսեթ տպագրության դեպքում ճնշում ստեղծելու ուժային եղանակը բավարարում է տպագրական ճնշման երկրորդ պահանջը, այսինքն՝ դրա անփոփոխ լինելը ողջ տպագրման ընթացքում.

$$P_{min} \leq P_{h.g.} \leq P_{max} : \quad (3.2)$$

Ճնշում ստեղծելու կինեմատիկական եղանակը: Ի տարբերություն ուժայինի, կինեմատիկական եղանակում անկախ տրված մեծություն է համարվում օֆսեթ թաղանթի դեֆորմացիան՝ $\delta = const$: Այս դեպքում հավում են ռոտացիոն մեքենայի տպաձևային և տպող գլանները, որոնց միջև առկա է չսեղմված թաղանթի

հաստությունից փոքր տարածություն: Տպագրող յուրաքանչյուր մեքենայի համար տպող զույգի միջև բացակի $h_{բաց}$ մեծությունը որոշակի է և նրա անընդհատությունն ապահովվում է տպող հանգույցի կոշտությամբ [23]: Բացակի չափը ռոտացիոն մեքենաների համար կարող է լինել փոփոխական՝ կախված թղթի հաստությունից: Եթե օֆսեթ գլանին ամրացնենք ռետինե թաղանթ, որի հաստությունը համապատասխանում է տպագրական զույգի բացակի մեծությանը, ապա տպագրության ժամանակ ոչ մի ճնշում չի առաջանա: Առաձգական թաղանթը, անցնելով հպման գոտիով, սեղմվում է, որի արդյունքում էլ առաջանում են ներքին լարումներ: Թաղանթի սեղմման դեֆորմացիայի մեծությունը որոշվում է տրված δ մեծությամբ, որը չսեղմված վիճակում գտնվող թաղանթի h_0 հաստության և տպագրական զույգի բացակի մեծության տարբերությունն է՝ $\delta = (h_0 - h_{բաց})$: Եթե թաղանթի նյութը համարենք իդեալական առաձգական, ապա տպագրական ճնշումը կարտահայտվի հետևյալ ֆունկցիայով.

$$p = \delta C_{տ.կ.}, \quad (3.3)$$

որտեղ $C_{տ.կ.}$ -ն միավոր մակերեսով թաղանթի կոշտությունն է՝ $\frac{E}{d}$ /մ²:

(3.3)-ից բխում է, որ տպագրող գոտում ճնշումը կախված չէ տպող տարրերի քանակից և գումարային մակերեսից: Քանի որ ռետինե թաղանթի դեֆորմացիան և կոշտությունը յուրաքանչյուրի համար հաստատուն են, ապա տպագրման յուրաքանչյուր ցիկլում ճնշումը ողջ տպածևի մակերեսով կլինի հաստատուն:

Ճնշում ստեղծելու կինեմատիկական եղանակում տպածևի տպող յուրաքանչյուր տարրի $A_{տարր_i}$ մակերեսը տպագոտում վերցնում է իր մակերեսին համարժեք $F_{տարր_i}$ ուժ՝

$$F_{տարր_i} = \delta C_{տ.կ.} A_{տարր_i}: \quad (3.4)$$

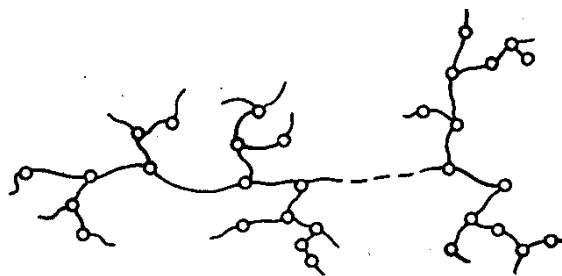
Ճնշում ստեղծելու կինեմատիկական եղանակը տպածևի ողջ մակերեսի սահմաններում ապահովում է հավասարաչափ $p_{min} \dots p_{max}$ ճնշում, յուրաքանչյուր տպող տարրի վրա ազդող ինքնակառավարվող ուժը համեմատական է իր մակերեսին, իսկ տպագրական հպման գոտում ինքնակառավարվող գումարային ուժը կախված է այդ գոտում տպող տարրերի գումարային մակերեսից [2]:

3.3. Տպագրական մեքենաների օֆսեթ թաղանթները և դրանց դեֆորմացիոն հատկությունները

Ճնշում ստեղծելու կինեմատիկական եղանակում օֆսեթ թաղանթը հնարավորություն է տալիս կարգավորվող տպագրական ճնշում ստանալ և մասամբ կարգավորել տպագրող հանգույցի անհամասեռության և անհավասարաչափության հետևանքով առաջացող ճնշման տատանումները:

Օֆսեթ տպագրական մեքենաներում օգտագործում են տարբեր կոշտության ռետինե թաղանթներ, որոնք առավել կիրառական են և կազմված են մի քանի շերտից: Մեծ կիրառություն են գտնում արտաքին միկրոծակոտկեն մակերևույթով թաղանթները:

Թաղանթի կազմի բոլոր բաղադրիչներն ընդգրկված են բարձր պոլիմերային նյութերի խմբի մեջ, որոնք կազմված են երկար գծային կամ ճյուղավորված մոլեկուլներից (նկ. 3.1) [26]: Այդ մոլեկուլներն օժտված են բարձր ճկունությամբ և առանձին մասերին տալիս են որոշակի առաձգականություն, այսինքն՝ պոլիմերի առանձին մասերը կամ առաձգական շղթայաձև մոլեկուլների օղակներն արտաքին ուժերի ազդեցության դեպքում կարող են տեղափոխվել ոչ միաժամանակ: Կարելի է նշել, որ պոլիմերի ամեն մոլեկուլ համարվում է բարդ համակարգ, որն ունի ներքին տարբեր ազատության աստիճաններ: Դրանով են բացատրում պոլիմերի վրա արտաքին ազդեցության ժամանակ օղակների տարբեր մասերի և ամբողջ օղակների տարբեր շարժողականությունները, ինչպես նաև առաձգամածուցիկ հատկությունները:



Նկ. 3.1. Բարձր պոլիմերային նյութերի մոլեկուլների կառուցվածքը

Քանի որ օֆսեթ թաղանթները, դեֆորմացվելով հպման գոտում, մասնակցում են տպագրական ճնշման առաջացմանը, կարևոր է բացահայտել դրանց հիմնական դեֆորմացիոն հատկությունները:

Թաղանթի դեֆորմացիոն վիճակի դիֆերենցված վերլուծությունը թույլ կտա հնարավորինս ճիշտ ձևակերպել տպագրում ընթացող երևույթների մեխանիկամաթեմատիկական մոդելն ըստ դեֆորմացիայի առանձին բաղադրիչների, որոշել տպագրում դեֆորմացիաները և սեղմող լարումներն ըստ $y_1 = \varepsilon_i(t)$ և $y_2 = \sigma(t)$ ժամանակային ֆունկցիաների կամ էլ ճնշման F ուժը տպագրման գործընթացի յուրաքանչյուր ցիկլի և տեսակի տպագրության դեպքերում (օֆսեթ, բարձր, խոր): Դա իր հերթին հնարավորություն կընձեռի հիմնավորված կարգով ընտրել թաղանթի աշխատանքային մակերևույթների կազմովի նյութերը:

3.4. Լարվածային վիճակը օֆսեթ թաղանթի հպման գոտում

Օֆսեթ տպագրական մեքենայում կարևորվում է երկու հպակային գոտիների առկայությունը, որոնք տարբերվում են փոխազդող մակերևույթների բնույթով և հատկություններով: Գլանային շարժաբերում կինեմատիկական և շփական կապերի առկայությունն առաջացնում է մակերևութային շերտերի լարվածային վիճակի փոփոխություն, ինչն ազդում է գլանների փոխազդեցության պայմանների վրա, առաջացնում փոխանցման հարաբերությունների անհամապատասխանություն, որը տպող մեքենայի աշխատանքի խափանման պատճառ է դառնում՝ առաջացնելով տպագրվող պատկերի գրաֆիկական շեղումներ:

Գլանների հպման գոտում կատարված տեսական և փորձարարական հետազոտությունները բավարար չեն ժամանակակից թերթային օֆսեթ տպագրական մեքենայի տպող համակարգի աշխատանքի որակը գնահատելու համար: Տպագրության արագության մեծացմանը զուգընթաց՝ անհրաժեշտություն է առաջանում կատարել հավելյալ տեսական և փորձարարական հետազոտություններ՝ տպվածքի որակի վրա գլանների շրջանային տեղաշարժի ազդեցությունը գնահատելու համար:

Այդ նկատառումներից ելնելով՝ նպատակահարմար է գլանների հպման գոտիներում կատարել առաձգական շերտերի հարաբերական տեղաշարժերի գնահատում և որոշել աշխատանքային մակերևույթների տանգենցյալ սահքի ազդեցությունը տպագրման որակի վրա [6]:

Դիտարկված է տպող և օֆսեթ գլանների հպումը: Օֆսեթ գլանի ($R_{օֆս.}$) վրա ձգված է շերտ, որը բարակ առաձգական ռետինե թաղանթ է, իսկ մյուս գլանն ($R_{տպ.}$) ունի կոշտ մակերևույթ [87]: Ստատիկ պայմաններում p ճնշումը բաշխվում է AC տեղամասում, և արդյունքում ձևավորվում է $a = AC$ լայնույթով հպակային գոտի: Նկ. 3.2-ում ցույց են տրված հպման գոտու բեռնվածության դեպքում առաձգական թաղանթի K կետում F շառավղային ուժի F_n նորմալ և F_τ շոշափող բաղադրիչները (օֆսեթ թաղանթը պայմանականորեն ներկայացվում է առաձգական թելքերի տեսքով): Ակնհայտ է [89-91], որ

$$F_n = F \cos \alpha, \quad F_\tau = F \sin \alpha, \quad (3.7)$$

հետևաբար՝

$$F_\tau = F_n \operatorname{tg} \alpha \quad \text{և} \quad \tau_x = \sigma_x \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.8)$$

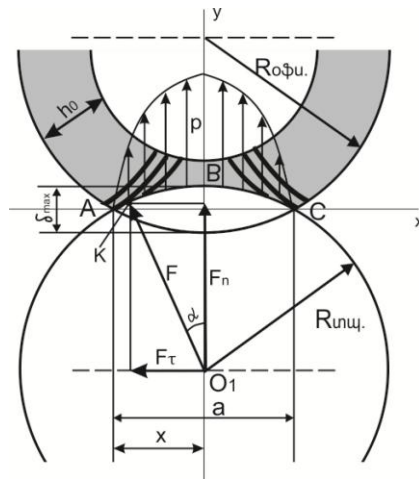
որտեղ τ_x -ը հպման գոտու շոշափող, իսկ σ_x -ը նորմալ լարումներն են:

Տպագրության ընթացքում հպման գոտու չափը չպետք է փոփոխվի, և դրա պարամետրերը կախված են հավող մակերևույթների երկրաչափական չափերից, ֆիզիկամեխանիկական հատկություններից, ինչպես նաև δ դեֆորմացիայից: Հայտնի է, որ X առանցքի ուղղությամբ թաղանթի դեֆորմացիան որոշվում է հետևյալ կախվածությամբ՝ $\delta_x = \delta_{max} \left(1 - \frac{4x^2}{a^2}\right)$ [80], հետևաբար կարելի է ենթադրել, որ թաղանթի նորմալ լարման մեծությունը կլինի՝

$$\sigma_x = \sigma_{max} \left(1 - \frac{4x^2}{a^2}\right): \quad (3.9)$$

Հաշվի առնելով թաղանթում նորմալ լարման մեծությունը և նկ. 3.3 -ի հաշվարկային սխեմայից՝ $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha = x/R_{օֆս.}$, կստանանք՝

$$\tau_x = \sigma_{max} \left(\frac{x}{R_{օֆս.}} - \frac{4x^3}{R_{օֆս.} a^2} \right): \quad (3.10a)$$



Նկ. 3.2. Օֆսերթ թաղանթի հպման գոտում սրբադիկ բեռնվածության սիւեման

(3.10ա) հավասարումը ցույց է տալիս ստատիկ պայմաններում թաղանթի սեղմման ժամանակ շոշափող և նորմալ լարումների կապը:

τ_{max} -ի առավելագույն արժեքները որոշելու համար գտնենք առաջին ածանցյալը՝

$$\tau'(x) = \sigma_{max} \left(\frac{1}{R_{\text{օֆու.}}} - \frac{12x^2}{R_{\text{օֆու.}}^2} \right) = \tau_{max},$$

$\tau'(x) = 0$ դեպքում՝ $(a^2 - 12x^2)/R_{\text{օֆու.}}^2 = 0$ և $x = \pm a/\sqrt{12}$: Տեղադրելով (3.10ա)

հավասարման մեջ, կստանանք՝

$$\begin{aligned} \tau|_{x=\pm a/2\sqrt{3}} = \tau_{max} &= \sigma_{max} \left(\pm \frac{a}{2\sqrt{3}} \right) \left(\frac{1}{R_{\text{օֆու.}}} - \frac{4a^2}{12R_{\text{օֆու.}}^2} \right) = \sigma_{max} \left(\pm \frac{a}{2\sqrt{3}} \right) \left(\frac{1}{R_{\text{օֆու.}}} - \frac{1}{3R_{\text{օֆու.}}} \right) = \\ &= \pm \frac{a}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{2}{3R_{\text{օֆու.}}} \sigma_{max} = \pm \frac{a}{3\sqrt{3}R_{\text{օֆու.}}} \sigma_{max}, \quad \tau_{max} = \pm \frac{a}{3\sqrt{3}R_{\text{օֆու.}}} \sigma_{max} \end{aligned}$$

որտեղից $\sigma_{max} = \pm \frac{3\sqrt{3}R_{\text{օֆու.}}}{a} \tau_{max}$:

Արդյունքում հպման լայնական հատույթի շոշափող լարման ֆունկցիան ստատիկ լարվածային վիճակում կունենա հետևյալ տեսքը՝

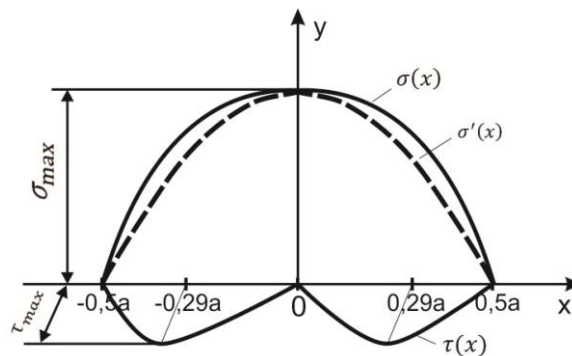
$$\begin{aligned} \tau_x &= \pm \frac{3\sqrt{3}R_{\text{օֆու.}}}{a} \tau_{max} \left(\frac{x}{R_{\text{օֆու.}}} - \frac{4x^3}{R_{\text{օֆու.}}^2} \right) = \pm \tau_{max} \frac{3\sqrt{3}}{a} R_{\text{օֆու.}} \left(\frac{a^2x - 4x^3}{R_{\text{օֆու.}}^2} \right) = \\ &= \pm \tau_{max} \frac{3\sqrt{3}}{a^3} (a^2x - 4x^3) = \tau_{max} \frac{3\sqrt{3}}{a} \left(\frac{a^2x - 4x^3}{a^2} \right) : \end{aligned} \quad (3.10բ)$$

$\tau_x = 0$ դեպքում՝ $x^2 = a^2/4$, այսինքն՝ $x = \pm 0,5a$:

(3.9) և (3.10) հավասարումները փաստորեն 2-րդ և 3-րդ կարգի աստիճանային ֆունկցիաներ են իրենց համապատասխան էքստրեմալ արժեքներով: Ինչպես երևում է, շոշափող լարման մեծությունը կախված է առավելագույն նորմալ լարման մեծությունից,

օֆսեթ գլանի չափից և հպման գոտու լայնույթից: Եզրերում և կենտրոնում այն հավասար է զրոյի և ունի երկու առավելագույն արժեքներ $\pm a/\sqrt{12} = \pm 0,29a$ կետերում:

Նկ. 3.3 -ում ցույց են տրված հպման գոտու σ_x նորմալ և τ_x շոշափող լարումների գրաֆիկները: Ակնհայտ է, որ նորմալ ճնշման $\sigma'(x)$ էպյուրը (կետագծեր) տեղաշարժվում է հպման լայնական գոտում ազդող շոշափող լարումների հաշվին, բայց մնում է համաչափ ստատիկ բեռնվածության դեպքում:



Նկ. 3.3. Հպման գոտու լայնության վրա նորմալ և շոշափող լարումների բաշխվածությունը

Գլանների պտտման դեպքում հպման գոտու լարվածային վիճակի գրաֆիկը փոփոխվում է, քանի որ առաձգական գլանի շառավիղը փոփոխական է դառնում: Հպման գոտում սեղմող ուժերի ազդեցությամբ օֆսեթ թաղանթը ենթարկվում է բարդ դեֆորմացման, ինչի արդյունքում թաղանթի երկայնական թելքերը հպման գոտում դեֆորմացվում են, իսկ հպման գոտուց դուրս գալուց հետո վերականգնում նախնական տեսքը [71]: Առաձգական թելքերի վերականգնումն ուղղված է հավող գլանների փոխադարձ շարժմանը հակառակ, ինչն էլ պատճառ է դառնում շոշափող լարումների առաջացմանը:

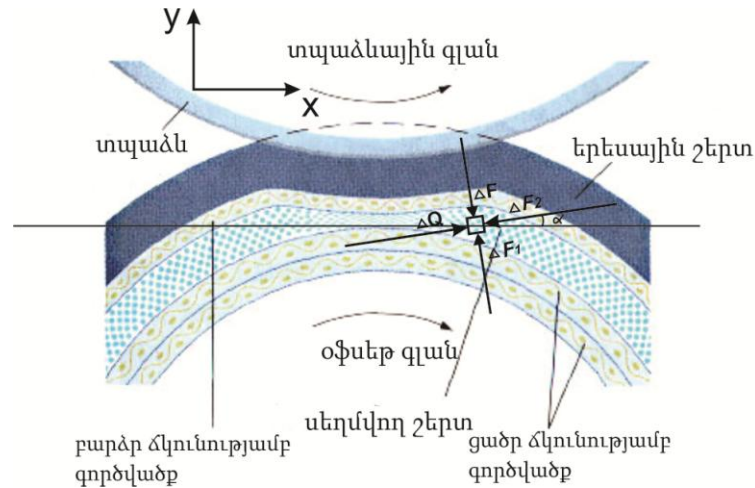
Նկ. 3.4-ում ցույց է տրված ուժերի ազդման սխեման, տպաձևային և օֆսեթ գլանների հպման գոտում, որտեղ ΔF -ը նորմալ ճնշման ուժն է, որն առաջանում է թաղանթի սեղմման ժամանակ, ΔF_1 և ΔF_2 -ը՝ դիմադրության ուժերը, համապատասխանաբար, նորմալի և շոշափողի ուղղությամբ, ΔQ - ն՝ շոշափող ուժը: Գործող բոլոր ուժերը փոխկապակցված և փոփոխական մեծություններ են, ինչն առաջացնում է օֆսեթ տպող մեքենայի գլանների ուժերի հպման գոտում ընթացող երևույթների բարդությունը [103]:

X և Y առանցքների նկատմամբ ուժերի հավասարակշռության հավասարումների համակարգը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$\begin{cases} \Delta Q \cos \alpha - \Delta F_2 \sin \alpha - \Delta F_1 \cos \alpha + \Delta F \sin \alpha = 0, \\ \Delta Q \sin \alpha + \Delta F_2 \cos \alpha - \Delta F_1 \sin \alpha - \Delta F \cos \alpha = 0: \end{cases} \quad (3.11)$$

Լուծելով (3.11) համակարգը՝ որոշենք ΔF_1 , ΔF_2 դիմադրության ուժերը, կախված նորմալ և տանգենցյալ ուժերից.

$$\Delta F_2 = \left(\frac{\Delta Q}{\Delta F} \right) \Delta F_1: \quad (3.12)$$



Նկ. 3.4. Օֆսեթ թաղանթի լարվածային վիճակը

(3.12)-ից կստանանք շոշափող լարման մեծությունը՝

$$\tau_x = \frac{\Delta Q}{\Delta F} \sigma_x: \quad (3.13)$$

Նորմալ ճնշման ուժի մեծությունը կախված է սեղմման ժամանակ թաղանթի $C_{\text{ն}}$ տեսակարար կոշտությունից և $\delta_{\text{ն}}$ նորմալ դեֆորմացման մեծությունից, որը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝

$$\Delta F = C_{\text{ն}} \delta_{\text{ն}} A_{\text{ն}}, \quad (3.14)$$

որտեղ $A_{\text{ն}}$ -ն համան գոտու մակերևույթն է:

Գլանների պտույտի ժամանակ տեղի է ունենում թաղանթի դեֆորմացում առանցքային և շրջանային ուղղություններով: (3.14)-ի նման կարելի է ընդունել, որ շրջանային ΔQ ուժը որոշվում է հետևյալ կերպ՝

$$\Delta Q = C_2 \delta_2 A_{\text{ն}}, \quad (3.15)$$

որտեղ C_2 -ն շոշափող լարման ժամանակ թաղանթի տեսակարար կոշտությունն է, իսկ δ_2 -ն՝ շոշափող ուժի ուղղությամբ դեֆորմացիան:

$C_{\underline{u}}$ և C_2 -ն բնութագրում են թաղանթի առաձգական հատկությունները, կախված նյութից, որոնց որոշման համար անհրաժեշտ է կատարել փորձարկումներ:

Համատեղ լուծելով (3.13), (3.14), (3.15)-ը, կստացվի հպման գոտու լայնությամբ շոշափող լարման փոփոխման օրինաչափությունը, կախված նորմալ լարման մեծությունից, տեսակարար կոշտությունից և դեֆորմացիայի չափից.

$$\tau_x = \frac{C_2 \delta_2}{C_{\underline{u}} \delta_{\underline{u}}} \sigma_x, \quad (3.16)$$

հետևաբար՝
$$\tau_{max} = \frac{C_2 \delta_{2,max}}{C_{\underline{u}} \delta_{\underline{u},max}} \sigma_{max} : \quad (3.17)$$

Հաշվի առնելով, որ

$$\sigma_{max} = E \frac{\delta_{\underline{u},max}}{h_0}, \quad (3.18a)$$

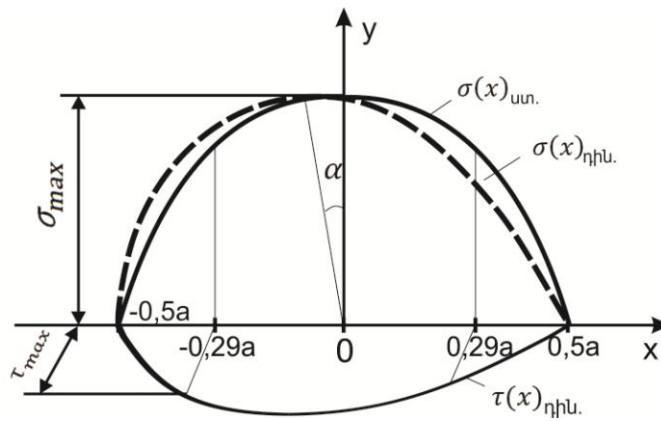
կստանանք՝

$$\tau_{max} = E \frac{C_2 \delta_{2,max}}{C_{\underline{u}} h_0} \quad \text{կամ} \quad \tau_{max} = E C_{\underline{u}} \varepsilon_{\tau}, \quad (3.18b)$$

որտեղ $C_{\underline{u}} = C_2 / C_{\underline{u}}$ -ն թաղանթի ընդհանրացված չափազուրկ կոշտության գործակիցն է, որը որոշում է դրա բարդ դեֆորմացված վիճակի բնույթը, $\varepsilon_{\tau} = \delta_2 / h_0$ -ն՝ թաղանթի շոշափող դեֆորմացման հարաբերական երկարացումը, h_0 -ն՝ չդեֆորմացված թաղանթի հաստությունը:

Ի տարբերություն ստատիկ բեռնվածության համար ստացված $\sigma_x = f_1(x)$ և $\tau_x = f_2(x)$ ֆունկցիաների տեսքի, այս դեպքում հպման α գոտու մակերևութային շերտերում ընթացող փոփոխական դեֆորմացիաների պատճառով տեղի ունի F_n նորմալ ուժի տեղաշարժ α անկյան չափով, որը նաև փոխում է (3.18a) և (3.18b) ֆունկցիաների մաթեմատիկական արտահայտությունները: Այդ պատճառով փոխվում են նաև նշված ֆունկցիաների տեսքերը (նկ. 3.5):

Ստացված արդյունքների հիման վրա նկ. 3.5-ում ցույց են տրված դինամիկ բեռնվածության դեպքում հպման գոտու լայնությամբ $\tau(x)_{\text{դին}}$ շոշափող և $\sigma(x)_{\text{դին}}$ նորմալ լարումների գրաֆիկները: Ակնհայտ է, որ նորմալ ճնշման էպյուրը խախտվում է շոշափող լարման ազդեցությունից և դինամիկ բեռնվածության դեպքում դառնում է անհամաչափ (կետագծեր):



Նկ. 3.5. Դինամիկ բեռնվածության պայմաններում նորմալ և շոշափող լարումների բաշխվածության սխեման

3.5. Դեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրումն օֆսեթ թաղանթի տարբեր հայման գոտիներում

Տպագոտում առաջացած դեֆորմացիոն վիճակների ուսումնասիրումը ենթադրում է այդ հատվածում ընթացող երևույթների համալիր գնահատում, ուր միաժամանակ դեֆորմացվում են տպագրման գործընթացին մասնակցող բոլոր կոնստրուկցիոն տարրերը՝ տպաձևային և տպող գլանները, օֆսեթ գլանը ռետինե թաղանթով և տպագրական թուղթը՝ դինամիկական ներգործումների պայմաններում: Տպագոտում միաժամանակ ընթանում են հայման երկու գործընթացներ՝ տպաձևի և օֆսեթ գլանի ռետինե թաղանթի, նույն թաղանթի և տպագլանով տրվող տպաթղթի միջև: Այդ գործընթացները թաղանթի վրա ազդում են օֆսեթ գլանի մեկ պտույտի ընթացքում տարբեր մեծության ճնշումներով. տպաձևի և թաղանթի հայման գոտում՝ $p_{տպ.} = 0,5 \dots 0,8 \text{ ՄՊա}$, իսկ թաղանթի և տպաթղթի վրա՝ $p_{թղ.} = 0,8 \dots 1,2 \text{ ՄՊա}$, այսինքն, տպագոտում առավել լարված վիճակում է օֆսեթ գլանի հանգույցը, քանի որ հանգույցի լարվածադեֆորմացիոն վիճակն առավել ինտենսիվ է, հանգույցի կոնստրուկցիոն տարրերն աշխատում են անկայուն բեռնվածության ռեժիմով և փոփոխական բարդ լարվածային վիճակներում: Իրենց հերթին հանգույցի կոնստրուկցիոն տարրերը (գլանները, տպաձևը, լիսեռները, ռետինե թաղանթը, տպաթուղթը) ունեն ընդգծված տարբեր ֆիզիկամեխանիկական հատկություններ և այս գործոնների համատեղ ազդեցությունը զգալիորեն բարդացնում է նշված տարրերի կարողունակության գնահատման և հանգույցի հուսալի աշխատանքի ապահովման հարցերը: Դա թույլ

կտա հնարավորինս ճիշտ գնահատել այդ տարրերի դեֆորմացիաները տպագրող անցնելիս, որը վերջնական արդյունքով պոլիգրաֆիական արտադրանքի որակի վրա ազդող հիմնական գործոններից մեկն է: Դիտարկենք նշված գործընթացները հայման տարբեր գոտիներում [51]:

3.5.1. Օֆսեթ և տպող գլանների հայման գոտի

Գլանների հայման գոտով թղթի անցումը կատարվում է հետևյալ փուլերով (նկ. 3.6) [57]:

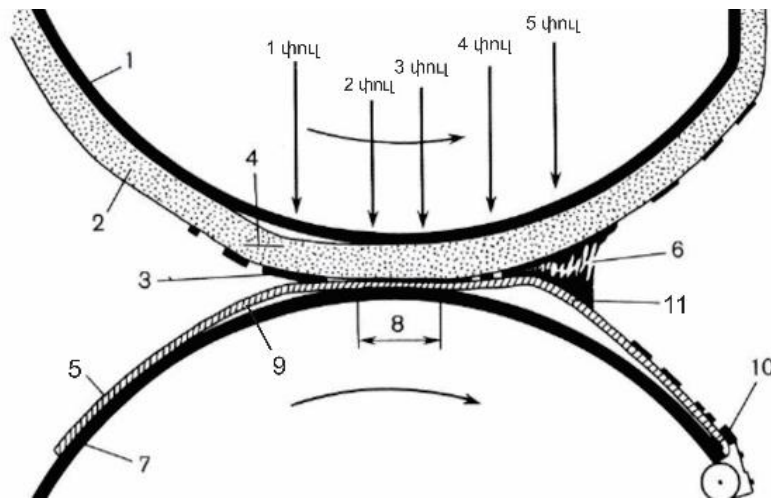
Փուլ 1 - առանց ճնշումային շերտով օֆսեթ թաղանթի կիրառման դեպքում տպագրական ճնշումն առաջացնում է թաղանթի հաստացումներ, քանի որ այս թաղանթներն ունեն սահմանափակ առաձգական հատկություններ: Ծակոտկեն ճնշումային շերտով թաղանթների դեպքում հաստացումներ չեն առաջանում, քանի որ դրանք ունեն օդային պղպջակներ, որոնք սեղմվում են մինչ աշխատանքային թաղանթի սեղմվելը:

Փուլ 2 (տպման գոտու նախնական փուլ) - հայման գոտի են մտնում տպագրվող ներկով պատված օֆսեթ թաղանթը և տպագրվող նյութը (թուղթ, ստվարաթուղթ), որտեղ տպագրական ճնշումը հասնում է 0,4...1,2 ՄՊա:

Փուլ 3 (տպման գոտու ավարտ) - տպման գոտու լայնույթը որոշվում է օֆսեթ գլանի թաղանթի տեսակից և շառավղից. կոշտ թաղանթ՝ հայման գոտու փոքր լայնություն, կիսակոշտ՝ հայման գոտու համեմատաբար մեծ լայնույթ, փափուկ՝ ամենալայն հայման գոտի:

Փուլ 4 (ճնշման նվազման փուլ) - այս փուլում տպվածքը ներկի մածուցիկության պատճառով դեռևս ամրացված է օֆսեթ թաղանթին և սկսվում է ներկի բաժանում: Որքան մեծ է ներկի մածուցիկությունը, այնքան մեծ է թղթի վրա ազդող ձգող ուժը (երբեմն այն առաջացնում է թղթի շերտատում): Այս փուլում գործում են լարումներ, ինչի արդյունքում տպող թերթերում առաջանում են տպագրական ներկի և ռետինե թաղանթի հարակցմանը դիմադրող ուժեր:

Փուլ 5 - տպող գլանի պտտման արդյունքում բռնիչներով ամրացված թուղթը պոկվում է օֆսեթ թաղանթից:



Նկ.3.6. Թղթի վարքը տպող և օֆսեթ գլանների միջև անցնելիս.

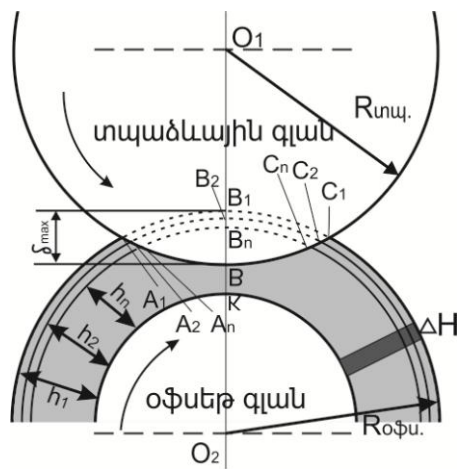
1- օֆսեթ գլան, 2-ռետինե թաղանթ, 3-տպագրվող ներկ, 4-հաստացումների առաջացման գոտի, 5- թուղթ, 6- ներկի շերտի բաժանման գոտի, 7-տպող գլան, 8- հպման գոտու լայնույթ, 9-թղթի նախնական տեղաշարժ, 10- տպող գլանի բռնիչներ, 11-թղթի պոկման անկյուն

5-րդ փուլը վճռական է տպագրման որակի ապահովման տեսակետից, քանի որ, կախված ներկի մածուցիկության աստիճանից, օֆսեթ թաղանթից թղթի անջատումը կարող է տարբեր ձևերով ընթանալ, որը կստիպի լրացուցիչ ուժ կիրառել դրա հետ կապված բացասական հետևանքներով՝ թղթի ճմրթում, շերտատում և նույնիսկ պատռում, որոնք սահմանափակում են գործադրվող ուժի մեծությունը: Համաձայն գլ. 2-ում ներկայացված տվյալների, թղթի պոկման ուժը չպետք է գերազանցի (0,6...0,7) \bar{F}_1 արժեքը, որտեղ \bar{F}_1 -ը խզման սահմանային ճիգն է ըստ թղթի տեսակարար զանգվածի՝ $q = (45...150) \text{ գ/մ}^2$ (տես՝ աղ.2.1):

3.5.2. Օֆսեթ և տպածնային գլանների հպման գոտի

Այս գոտում գործող ճնշման տակ օֆսեթային թաղանթի դեֆորմացման պայմաններում հպման գոտում ընթանում են նոր երևույթներ՝ թաղանթի մնացորդային դեֆորմացիաների առաջացում (տես՝ նկ. 3.2), հարաբերական սառը թաղանթի և տպածնային գլանի ծնիչին ուղղահայաց, ինչպես նաև նշված գլանների և լիսեռների լայնական դեֆորմացիաներ: Գումարային արդյունքով դրանք հարուցում են տատանումներ, որոնք նույնպես կարող են ազդել տպագրման որակի վրա: Դիտարկենք այդ երևույթները:

Օֆսեթ թաղանթի ΔQ տարրական շերտը մինչև հայման գոտի մտնելը (A_1 կետ) առաջին տպագրական ցիկլում ունի h_1 բարձրություն (նկ. 3.7): Հայման գոտում ΔH շերտը սեղմվում է և տպագրման առաջին ցիկլում թաղանթի առավելագույն դեֆորմացման չափը BB_1 է: Այն համարվում է տրված մեծություն և որոշվում է մինչ թաղանթի սեղմման h_1 հաստության կամ KB_1 -ի և երկու գլանների (տպաձևային և օֆսեթ) միջև առկա KB բացակի տարբերությամբ: Այս դեֆորմացիան անվանում են խոտորված և այն նշանակում δ_{max} -ով: Ճնշման առավելագույն արժեքը, որն առաջանում է թաղանթի սեղմման առաջին ցիկլում, կլինի՝ $p_1 = BB_1 \cdot C_{տ.կ.}$, որտեղ $BB_1 = \delta_{max}$, իսկ $C_{տ.կ.}$ -ն թաղանթի տեսակարար կոշտությունն է [91]:



Նկ. 3.7. Առաջին մի քանի տպագրական ցիկլերի ընթացքում օֆսեթ և տպաձևային գլանների հայման գոտում թաղանթի դեֆորմացումը

Այն ժամանակահատվածում, երբ օֆսեթ գլանը կատարում է ամբողջական պտույտ, թաղանթի ΔH տարրական շերտի հաստությունը վերականգնվում է: Սակայն մնացորդային և դանդաղ ճկուն դեֆորմացիաների հետևանքով, որոնք այդ ժամանակահատվածում չեն հասցնում վերանալ, թաղանթի հաստությունը չի հասնում նախկին չափին, այլ ունենում է $h_2 < h_1$ արժեք, ինչի արդյունքում դեֆորմացման ցիկլը տարբերվում է նախորդից: Երկրորդ տպագրական ցիկլում հայման գոտին, հետևաբար նաև տպագրական ճնշումը սկսվում է A_2 և ավարտվում է C_2 կետում: Թաղանթի սեղմման առավելագույն դեֆորմացիան երկրորդ ցիկլում հավասար կլինի BB_2 , ինչն առաջին ցիկլի դեֆորմացիայից փոքր է B_1B_2 -ով, որը համարժեք է առաջին ցիկլում

չվերականգնված դեֆորմացիային: Ճնշման մեծությունը, որն առաջանում է երկրորդ ցիկլի ժամանակ, կլինի՝ $p_2 = dd_2 \cdot C_{տնկ}$: Ակնհայտ է, որ $p_2 < p_1$:

Թաղանթի դեֆորմացիան երկրորդ ցիկլից հետո հանգստի ընթացքում չի վերակազմում իր նախկին h_2 հաստությունը: n -րդ տպագրական ցիկլում հպման գոտու սկիզբը կլինի A_n , իսկ ավարտը՝ C_n կետում, առավելագույն դեֆորմացիան՝ BB_n , իսկ ճնշման առավելագույն արժեքը՝ $p_n = BB_n \cdot C_{տնկ}$:

Հպման գոտում ճնշման $p(t)$ կամ սեղմման լարումների $\sigma(t)$ ժամանակային ֆունկցիաները կարելի է ստանալ, դիտարկելով δ_{max} դեֆորմացիաների փոփոխման օրինաչափությունները՝

$$\delta_{max} = \delta_{տնկ}(t) + \sum \delta_{տնկ}(t): \quad (3.19)$$

Հայտնի է, որ հպման գոտում թաղանթի սեղմման δ_{max} գումարային դեֆորմացիան կազմված է առաձգական և մնացորդային դեֆորմացիաների ժամանակային փոփոխվող քանակներից: Հաշվի առնելով, որ $\delta_{տնկ}(t) = \sigma(t)/E_{տնկ}$, կստանանք՝

$$\sigma(t)_{հ.} = E_{տնկ} \cdot (\delta_{max} - \sum \delta_{տնկ}(t) - \delta_{տնկ}): \quad (3.20)$$

(հ.) ցուցիչը ցույց է տալիս, որ (3.20) հավասարումը ճիշտ է միայն հպման գոտում: Բացի այդ, այն ցույց է տալիս, որ թաղանթում լարվածային վիճակի քանակական մեծությունը, հետևաբար նաև հպման գոտում ճնշման մեծությունը ժամանակի ցանկացած t պահին կախված է առաձգական և մնացորդային դեֆորմացիաների քանակական կազմից:

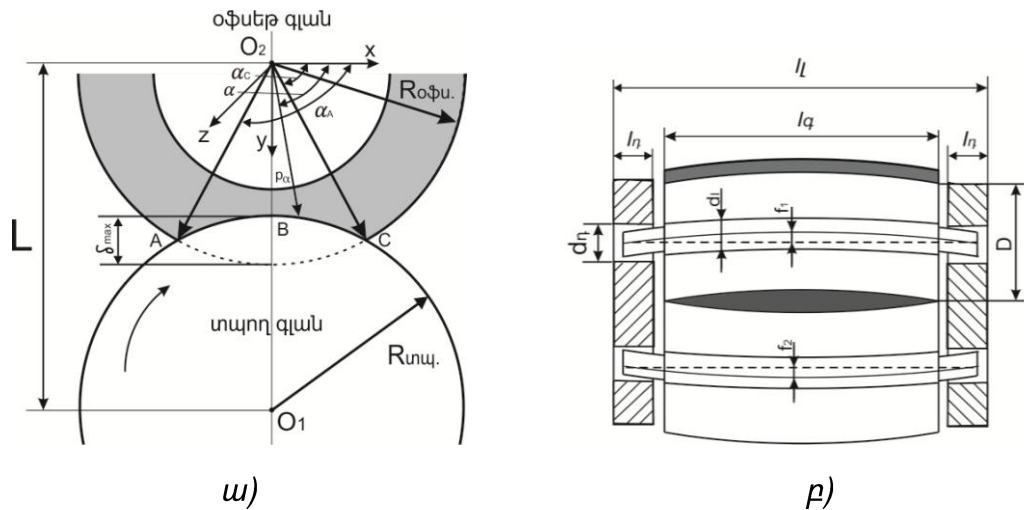
3.5.3. Դեֆորմացիաների փոփոխությունը հպման գոտու լայնական ուղղությամբ

Դիտարկենք օֆսեթ և տպող գլանների հպումը, որտեղ $R_{օֆս.}$ -ը և $R_{տպ.}$ -ը համապատասխանաբար օֆսեթ և տպող գլանների շառավիղներն են, ρ_α -ն օֆսեթ գլանի մակերևույթի շրջանագծի վրա հպման տարրական կետի դիրքը բնորոշող շառավիղ վեկտորն է, α - ն շառավիղ-վեկտորի պտտման անկյունն է, α_A , α_C -ն անկյուններ են, որոնք որոշում են հպման գոտու սկզբնակետը և ավարտը, L -ը օֆսեթ և

տաղող գլանների առանցքների միջև հեռավորությունն է (նկ. 3.8): A -ից C տեղամասում $\delta_{max}(\alpha)$ -ի արժեքը, որը կախված է α անկյան սահմանային արժեքներից, որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\delta_{max}(\alpha) = R_{\text{օֆս.}} - \rho_{\alpha} \quad (3.21)$$

δ_{max} -ի արժեքը կախված է հպման գոտում գտնվող ρ_{α} -ից, հետևաբար այն ընկած է α_A և α_C -ի սահմաններում:



Նկ. 3.8. Օֆսեր և տաղող գլանների հպումը լայնական (ա) և երկայնական (բ) ուղղություններով

Գտնենք անկյունների սահմանային արժեքները որպես երկու $R_{\text{օֆս.}}$ և $R_{\text{ուս.}}$ շառավիղներով շրջանագծերի հատման կետեր: Դրա համար օգտվենք երկու հատվող շառավիղների բևեռային կոորդինատներից: Այն ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\rho_{\alpha}^2 - 2\rho_{\alpha} L \sin \alpha + L^2 = R_{\text{ուս.}}^2 \quad (3.22)$$

Քանի որ հպման գոտու A և C սահմանային կետերում $\rho_{\alpha} = R_{\text{օֆս.}}$, ընդունելով, որ տաղող և օֆսեր գլանների շառավիղներն իրար հավասար են, $R_{\text{ուս.}} = R_{\text{օֆս.}}$, ապա (3.22) արտահայտությունը կստանա հետևյալ տեսքը՝

$$R_{\text{օֆս.}}^2 - 2R_{\text{օֆս.}} L \sin \alpha + L^2 = R_{\text{օֆս.}}^2 \quad (3.23)$$

$$\text{Հետևաբար } \sin \alpha = L/2R_{\text{օֆս.}}, \alpha = \arcsin L/2 R_{\text{օֆս.}}:$$

Այսպիսով, α_C անկյունը որոշված է: Տվյալ պահին α անկյան ֆունկցիան երկարժեքանի է, որոշում է հպման գոտու A և C կետերի դիրքերը և դրան համապատասխան α անկյան երկու մեծությունները: Հպման գոտում ունենալով α

անկյան տիրույթը, կարելի է որոշել նաև ρ_α մեծությունը՝ օգտվելով (3.22) հավասարումից.

$$\rho_\alpha = L \sin \alpha \pm \sqrt{(L \sin \alpha)^2 - (L^2 - R_{\text{ուս.}}^2)} : \quad (3.24)$$

Որոնվող $\delta_{max}(\alpha)$ -ը կարելի է ստանալ (3.21) հավասարումից, տեղադրելով ρ_α -ի արժեքը՝

$$\delta_{max}(\alpha) = R_{\text{օֆս.}} - L \sin \alpha \pm \sqrt{(L \sin \alpha)^2 - (L^2 - R_{\text{ուս.}}^2)} : \quad (3.25)$$

Ստացված հավասարումը ցույց է տալիս տպագրական գոտում $\delta_{max}(\alpha)$ -ի փոփոխման մեծությունը, կախված օֆսեթ և տպող գլանների պտտման անկյունից: Վերլուծական եղանակով նկարագրված է $\delta_{max}(\alpha)$ -ը: Քանի որ (1.1) և (3.20) հավասարումների համակարգերում անկախ փոփոխական է համարվում ժամանակը, (3.25) հավասարումը նույնպես պետք է ներկայացնել որպես ժամանակային ֆունկցիա: Դա կարելի է ստանալ, հավասարման մեջ α -ն փոխարինելով ωt -ով, որտեղ ω -ն գլանների պտտման անկյունն է և $\omega = const$ ՝

$$\delta_{max}(\omega t) = R_{\text{օֆս.}} - L \sin(\omega t) \pm \sqrt{(L \sin(\omega t))^2 - (L^2 - R_{\text{ուս.}}^2)} : \quad (3.26)$$

(1.1), (3.20) և (3.26) հավասարումների լուծումները հնարավորություն են տալիս ցանկացած տպաքանակի և տպագրական ցիկլի ժամանակ տարբեր տեսակի օֆսեթ թաղանթների կիրառման և տարբեր արագությունների դեպքերում ստանալ ճշման քանակական մեծությունը:

Դիտարկենք թաղանթի լարվածային վիճակի թուլացումը, տպագոտում դրա դերը և աշխատունակության որոշման գործոնները: Թուլացման երևույթը բնութագրվում է որպես հավասարակշռության վիճակից խախտված համակարգի աստիճանաբար վերականգնվող ֆիզիկական գործընթաց: Տպագրությունում այդպիսի համակարգ է օֆսեթ թաղանթը, որի հավասարակշռությունը խախտվում է հպման գոտում՝ յուրաքանչյուր տպագրական ցիկլում ենթարկվելով սեղմման: Հպման գոտում թաղանթի առավելագույն սահմանային δ_{max} արժեքը համարվում է հաստատուն տրված մեծություն, սակայն տպաքանակի տպագրության ընթացքում թաղանթի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը փոփոխվում է: Թուլացման հետևանքով դրանում

լարվածային վիճակն աստիճանաբար թուլանում է, ինչը բերում է հպման գոտում ճնշման փոքրացմանը: Մեծ տպաքանակների տպագրության ժամանակ ճնշման փոքրացումը հանգեցնում է տպաձևից օֆսեթ թաղանթին, հետևաբար նաև թղթի ներկի անցման պակասեցման, ինչի արդյունքում վատանում է տպագրական արտադրանքի որակը:

3.5.4. Դեֆորմացիաների փոփոխությունը հպման գոյու երկայնական ուղղությամբ

Գլանների պատերի ճկման որոշումը բարդ խնդիր է (տես՝ 3.8 բ), քանի որ նյութերի դիմադրության հիմնական թուլությունները տվյալ դեպքում անընդունելի են և պետք է անցնել առաձգականության տեսության մեթոդներին: Բոլոր դիտարկվող մեթոդներում հաշվարկն իրականացվում է ստատիկայում, որը հնարավորություն է տալիս համեմատել արդյունքներն ըստ բերված մեթոդների: Գլանի պատերի f դեֆորմացիայի մոտավոր գնահատումներն, առանց շոշափող ուժերի հաշվառման, տրված են [55]-ում.

$$f = 0,032 \frac{p}{E} \left[\frac{D}{\Delta} - 1 \right]^3, \quad (3.27)$$

որտեղ p -ն բեռնվածքն է, որը բաշխվում է գլանի վրա, L/m , E -ն նյութի առաձգականության մոդուլն է, $U\mathcal{M}$, D -ն գլանի տրամագիծն է է, m , Δ -ն՝ գլանի պատի հաստությունը, m :

Շոշափող լարումների հաշվառմամբ գլանների պատերի ճկման հաշվարկը կատարվել է տպող գլանի երկարության միջին լայնական հատույթի համար, որտեղ հատույթի հարթությունում տեղադրվել են շոշափող ուժեր, իսկ վերևից՝ F ուժը: Այս մոդելի համար որոշվել է տրամագծի նվազման δ մեծությունը.

$$\delta = 0,232 \frac{AR_{\text{վ}}^3}{EI}, \quad (3.28)$$

որտեղ $A = [4F(1 + c + c^9)\Delta R_{\text{վ}}/3\pi R_1(1 - c^4)]$, F -ը գործող բեռնվածքն է, L , R_1 , $R_{\text{վ}}$ -ն՝ օղակի արտաքին և միջին շառավիղները, m , c -ն ներքին և արտաքին շառավիղների հարաբերությունն է՝ $c = R_2/R_1$, R_2 -ն օղակի ներքին շառավիղը, m , I -ն գլանի լայնական հատույթի իներցիայի մոմենտը, m^4 :

Գլանի լիսեռի աշխատանքային հատվածի առավելագույն ճկումը որոշվել է նյութերի դիմադրության մեթոդով.

$$f_2 = f_1 = \frac{pl_q^4}{384EI} \left(5 + \frac{24}{\varphi} \right), \quad (3.29)$$

որտեղ l_q -ն գլանի երկարությունն է, l -ն, φ -ն՝ գլանի ծնիչի հարաբերությունը լիսեռի դարձակի երկարությանը:

Այսպիսով, առաձգական հատկություններով համակարգի լարվածային վիճակի թուլացման վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ այդպիսի համակարգերում կինեմատիկական եղանակով առաջադրված փոփոխությունների դեպքում միշտ կնկատվի լարվածային վիճակի թուլացում կամ ճնշման նվազում, ինչը կախված կլինի համակարգի դեֆորմացման հատկություններից և մասամբ՝ պլաստիկ դեֆորմացիաների մեծությունից:

3.6. Եզրակացություններ գլ. 3-ի վերաբերյալ

1. Բացահայտվել են հպման գոտիներում օֆսեթ թաղանթների առաձգական շերտերի հարաբերական սահքերի առաջացման պայմանները, հաշվի առնելով նշված շերտերում նորմալ և շոշափող լարումների բաշխումը ստատիկ և դինամիկ բեռնվածության ռեժիմների դեպքում:

2. Առաջարկվել է ուսումնասիրել օֆսեթ գլանի բազմաշերտ թաղանթի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը, քանի որ օֆսեթ թաղանթի միավոր թելիկների անհավասարաչափ դեֆորմացման հետևանքով դինամիկ բեռնվածությունը հանգեցնում է թաղանթում առավելագույն լարումների առաջացման կետերի տեղաշարժմանը և այն օֆսեթ գլանի մեկ պտույտի ընթացքում անցնում է երկու հպման գոտիներով: Ստացվել են առնչություններ հպման գոտում ցիկլային բեռնվածության ընթացքում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի պարամետրերի փոփոխության հաշվառմամբ:

3. Դիտարկվել է օֆսեթային թաղանթի դեֆորմացիայի փոփոխությունը հպման գոտու տեղամասում՝ (α, ρ) կորդինատային համակարգում, հաշվի առնելով այդ գոտում $R_{\text{օֆ}}$ շառավղի ակնթարթային արժեքները, կախված պտտման տվյալ ցիկլում

գործող տարրեր դեֆորմացիաների հարաբերակցությունից: Առաջադրված է թաղանթի դեֆորմացման նոր մոդել, ըստ որի թուլացման երևույթների հաշվառմամբ ստացվել է թաղանթում գործող սեղմման լարումների բանաձևը:

4. Ուսումնասիրվել են տպածնային, օֆսեթ և տպող գլանների և դրանց լիսեռների դեֆորմացիաները հպման գոտու երկայնական ուղղությամբ, օգտագործելով (x,y,z) եռաչափ կոորդինատային համակարգը: Կիրառելով առաձգականության տեսության հիմնադրույթները, որոշվել են նշված կոնստրուկցիոն տարրերի ճկվածքները:

ԳԼՈՒԽ 4.

ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԳՈՏՈՒՄ ԱՌԱՋԱՑՈՂ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄԸ

4.1. Տպագլանների համան գոտում առաջացող լարվածադեֆորմացիոն վիճակը

Պոլիգրաֆիական սարքավորումների տպագլանների համան գոտում առաջացող լարվածադեֆորմացիոն վիճակի պարամետրերը կախված են բեռնվածության բնույթից, գլանների մակերևութային շերտերի կոշտության աստիճանից և համան գոտով անցնող տպաթղթի մեխանիկական հատկություններից: Այդ տեսակետից տպագոտում առաջացող վիճակը բավական առանձնահատուկ է և կախված համան գոտում առաջացած ճնշումից կարող է տարբեր լարվածադեֆորմացիոն վիճակներ ստեղծել գլաններում և առաջացնել հարաբերական տեղաշարժեր, որոնք կազդեն տպագրական արտադրանքի որակի վրա: Սա էլ թելադրում է համան գոտու լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտումը և դրա ազդեցության գնահատումն արտադրանքի որակի վրա, որն առաջնային խնդիր է տպագրության բնագավառում [28, 37, 71]:

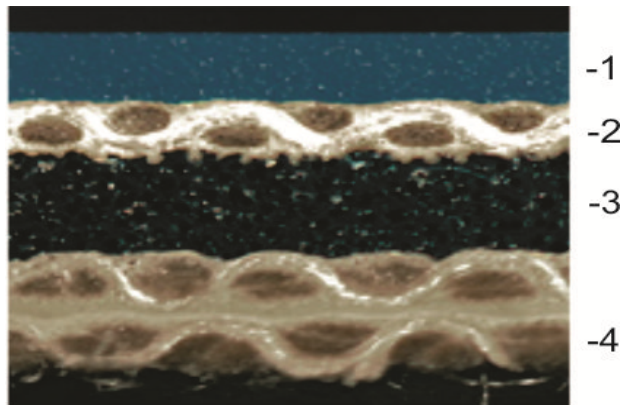
Նշված խնդիրը ենթադրում է տպագրական մեքենայի աշխատանքային գոտիներում ընթացող երևույթների համալիր գնահատումը, քանի որ դրանք փոփոխական են դարձնում մեքենայի կոնստրուկցիոն տարրերի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը՝ դրանից բխող բացասական երևույթներով: Մեքենայի տպման գոտիներում հայտնված նյութերի (պողպատ, կոմպոզիտային կաուչուկ, տպաներկեր, թուղթ) քիմիական բաղադրության և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների տարբերության պատճառով այդ գոտիներում հարուցվում են կոմպոզիտային նյութերի միկրոկառուցվածքային փոփոխություններ, օքսիդացման գործընթացներ, իսկ մակերևութային շերտերի անհավասարաչափ դեֆորմացման պատճառով՝ հարաբերական սահքի գործընթացներ, որոնք գումարային արդյունքով կարող են ինտենսիվացնել տարաբնույթ մաշման երևույթները (օքսիդային, հղկամաշային, հոգնածային) «տպածն - օֆսեթ թաղանթ» և «օֆսեթ թաղանթ-տպաթուղթ-տպագլան» համակարգերում [15]:

4.2. Հարաբերական սահքը տպագլանների համան գոտում

Տպաձևի և գլանի պատրաստման սկզբունքը և տպող հանգույցում առաջացող բեռնվածքը թույլ չեն տալիս թղթի վրա համան գոտու ողջ մակերևույթում ստանալ միևնույն ճնշումն առանց միջանկյալ, համեմատաբար հեշտ դեֆորմացվող թաղանթի: Այն նպաստում է տպող հանգույցում հավող մակերևույթների ամբողջական կիպ համանը՝ լրացնելով տպող ապարատի և տպաձևի պատրաստման թերությունները, կարգավորելով համան գոտում անհրաժեշտ ճնշումը և մարելով համան գոտում անհամաչափ բեռնվածքից առաջացած տատանումները:

Համան գոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակն ուսումնասիրելու նպատակով դիտարկված են Printmaster PM 74 մակնիշի տպագրական մեքենայի օֆսեթ գլանի ($L=750$ մմ, $D=213,4$ մմ) մակերևութային շերտերի տեղաշարժերը, ուր կիրառված է քառաշերտ ռետինե գործվածք (նկ. 4.1) [12, 71, 105]:

Օֆսեթ թաղանթի դեֆորմացման դեպքում գլանների միջև հպումը ոչ թե գծային է, այլև մակերևութային: Արդյունքում առաջանում են նորմալ և շոշափող ուժեր: Ենթադրելով, որ օֆսեթ թաղանթը դեֆորմացվում է, փոփոխելով իր ծավալը և դիտարկելով դեֆորմացման ստատիկ պատկերը, որոշենք համան գոտու α լայնույթը (նկ. 4.2):



Նկ. 4.1. Օֆսեթ գլանի մակերևութի ռետինե շերտերը.

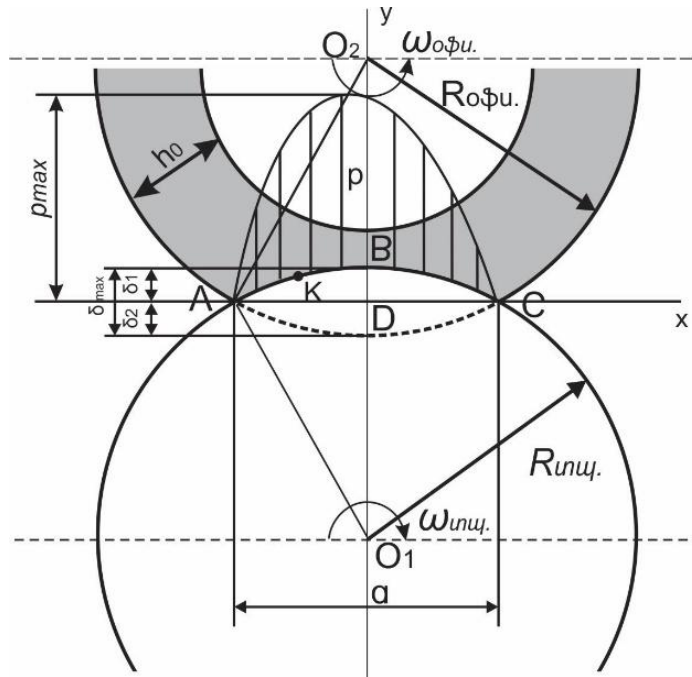
1- քլորոպրենային կաուչուկ ($h_1=0,36$ մմ), 2- գործվածքային ռետին ($h_2=0,30$ մմ), 3- ծակոտրկեն ռետին ($h_3 =0,49$ մմ), 4- գործվածքային ռետին ($h_4=0,80$ մմ)

O_1DA և O_2DA ուղղանկյուն եռանկյուններից կարելի է գրել՝

$$(R_{\text{ուս.}} - \delta_1)^2 + (a/2)^2 = R_{\text{ուս.}}^2, \quad (R_{\text{օֆս.}} - \delta_2)^2 + (a/2)^2 = R_{\text{օֆս.}}^2, \quad (4.1)$$

որտեղ $R_{տայ.}$ և $R_{օֆս.}$ -ը գլանների շառավիղներն են, իսկ δ_1 և δ_2 -ը՝ սեգմենտների բարձրությունները՝

$$\delta_1 = a^2/8R_{տայ.}, \quad \delta_2 = a^2/8R_{օֆս.}: \quad (4.2)$$



Նկ. 4.2 Հպման գոտու սխեման

Հպման գոտում թաղանթի առավելագույն դեֆորմացիան կլինի՝

$$\delta_{max} = \delta_1 + \delta_2 = \frac{a^2(R_{տայ.} + R_{օֆս.})}{8R_{տայ.}R_{օֆս.}},$$

որտեղից՝

$$a = 2 \sqrt{\frac{2R_{տայ.}R_{օֆս.}}{R_{տայ.} + R_{օֆս.}} \delta_{max}}: \quad (4.3)$$

Հավասար շառավիղներով գլաններով տպագրական ապարատում ($R_{տայ.} = R_{օֆս.} = R$), ինչը բնորոշ է շատ մեքենաներին, կստանանք՝

$$a = 2\sqrt{R\delta_{max}}: \quad (4.4)$$

Տպագոտում գործող ուժերի ազդեցության տակ օֆսեթ թաղանթը դեֆորմացվում է, որի արդյունքում տպող գլանի շառավիղն օֆսեթ գլանի ակնթարթային շառավիղի համեմատ ավելի մեծ է դառնում: Քանի որ գծային շառավիղն ուղիղ համեմատական է արագությանը, ապա օֆսեթ գլանի A և B կետերի արագությունները կլինեն տարբեր:

Այսպիսով, օֆսեթ գլանի արագությունը կփոփոխվի, իսկ տպող գլանինը կմնա անփոփոխ, և հպման գոտում տեղի կունենա սահք:

Գլանների շառավիղների տարբերությունն առավելագույնի է հասնում օֆսեթ թաղանթի ամենամեծ դեֆորմացիայի դեպքում (B կետ): Հետևաբար, տպագրական ճնշման օպտիմալ ընտրությունը նվազագույնի կհասցնի տպագրվող պատկերի չափերի և ձևի փոփոխությունը: Դիտարկենք միաժամանակ օֆսեթ և տպող գլաններին պատկանող K կետի տեղափոխությունը: Հաշվի առնելով, որ հպման գոտու լայնությունը շատ փոքր է գլանների շառավիղների համեմատ, ընդունում ենք, որ տպագլանի $K_{տպ.}$ կետը AB տեղամասում շարժվում է համաչափ $v_{տպ.}$ արագությամբ և կետի անցած $S_{տպ.}$ ճանապարհը մոտավորապես հավասար է $a/2$:

Օֆսեթ գլանի $K_{օֆս.}$ կետը, կախված օֆսեթ թաղանթի δ_{max} դեֆորմացիայից, փոփոխական է: Հպման գոտում օֆսեթ թաղանթը դեֆորմացվում է նորմալ և շոշափող ուժերի ազդեցությամբ [90], ինչի արդյունքում $K_{օֆս.}$ կետի արագությունը AB աղեղի երկայնքով շարժվելիս հավասարաչափ դանդաղում, իսկ BC տեղամասում՝ հավասարաչափ արագանում է: $K_{օֆս.}$ կետի արագացումը կորոշվի հետևյալ բանաձևով.

$$a_v = \frac{v_{օֆսA} - v_{օֆսB}}{t/2} = \frac{\omega_{օֆս.} R_{օֆս.} - \omega_{օֆս.} (R_{օֆս.} - \delta_{max})}{a/2v_{տպ.}} = \frac{2\omega_{օֆս.} \delta_{max} v_{տպ.}}{a}, \quad (4.5)$$

որտեղ $t = a/v_{տպ.}$ -ն AB տեղամասն անցնելու ժամանակահատվածն է:

Տպագլանին պատկանող $K_{տպ.}$ կետի հետագիծը տարբերվում է օֆսեթ գլանին պատկանող $K_{օֆս.}$ կետի հետագծից, ինչը պատճառ է դառնում հավող մակերևույթների միջև սահքի առաջացմանը և տպվող պատկերի լրոզմանը:

AB տեղամասում թաղանթին պատկանող $K_{օֆս.}$ կետի $S_{օֆս.}$ հետագիծը որոշվում է

$$S_{օֆս.} = v_{օֆսA} t - \frac{a_v t^2}{2}, \quad (4.6)$$

որտեղ $v_{օֆսA} = \omega_{օֆս.} R_{օֆս.}$:

Ըստ (4.5), (4.6)-ի կստանանք՝

$$S_{օֆս.} = \omega_{օֆս.} R_{օֆս.} \frac{a}{2v_{տպ.}} - \frac{2\omega_{օֆս.} \delta_{max} v_{տպ.}}{2a_{AB}} \left(\frac{a}{2v_{տպ.}} \right)^2 = \frac{\omega_{օֆս.} a (2R_{օֆս.} - \delta_{max})}{4v_{տպ.}}: \quad (4.7)$$

$K_{տայ}$ և $K_{օֆու}$ կետերի անցած ուղիների միջև եղած ΔS տարբերությունն ըստ (4.7)-ի կլինի՝

$$\Delta S = S_{տայ} - S_{օֆու} = \frac{a}{2} - \frac{\omega_{օֆու} a}{4v_{տայ}} (2R_{օֆու} - \delta_{max}) = \frac{a}{2} \left(1 - \frac{R_{օֆու}}{R_{տայ}} + \frac{\delta_{max}}{2R_{տայ}} \right); \quad (4.8)$$

(4.3) -ի հաշվառմամբ կարելի է գրել՝

$$\Delta S = \sqrt{\frac{2R_{օֆու} R_{տայ} \delta_{max}}{R_{օֆու} + R_{տայ}}} \left(1 - \frac{R_{օֆու}}{R_{տայ}} + \frac{\delta_{max}}{2R_{տայ}} \right) = \sqrt{\frac{2\delta_{max} i_{հար}}{R_{օֆու} + R_{տայ}}} \left(\Delta R + \frac{\delta_{max}}{2} \right), \quad (4.9)$$

որտեղ $i_{հար} = R_{օֆու}/R_{տայ}$, $\Delta R = R_{տայ} - R_{օֆու}$:

Հաշվի առնելով, որ $AB = BC$, AC տեղամասում պայմանական ընտրված K կետի ΔS -ը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$\Delta S = 2 \sqrt{\frac{2\delta_{max} i_{հար}}{R_{օֆու} + R_{տայ}}} \left(\Delta R + \frac{\delta_{max}}{2} \right); \quad (4.10)$$

Այս հավասարումը հնարավորություն է տալիս, ունենալով թաղանթի δ_{max} դեֆորմացիան և գլանների երկրաչափական պարամետրերը, գտնել ΔS մեծությունը:

Տպագրական հաստատուն որակ ստանալու համար անհրաժեշտ է հպման գոտում ապահովել մշտական հաստատուն ճնշում. թաղանթի առավելագույն δ_{max} արժեքը պետք է մնա անփոփոխ: Այն դեպքում, երբ $i_{հար} = 1$, $R_{օֆու} = R_{տայ}$, ըստ (4.10)-ի ստանում ենք՝

$$\Delta S_{min} = 2 \sqrt{\frac{\delta_{max}^3}{R}}; \quad (4.11)$$

Սա վկայում է այն մասին, որ հպագոտում տպող և օֆետթ գլանների միջև միշտ առկա է երկրաչափական սահք [13, 14]:

4.3. Մաշման երևույթները հպման գոտիներում

Տպագրական արտադրությունում մետաղի հետ սինթետիկ նյութերի կիրառումն առաջացնում է մի շարք խնդիրներ, կապված տպագրական մեքենաների մասերի և հանգույցների մաշման հետ: Դրանց մեխանիզմների առանձնահատկությունների ուսումնասիրումը, ինչպես նաև միջոցառումների համակարգի մշակումը թույլ են տալիս

տպագրության ընթացքում արդյունավետ կիրառել օգտագործվող սինթետիկ նյութերը, հաշվի առնելով դրանց ամրության և դեֆորմացիոն հատկությունները:

Պոլիմերային նյութերի մաշակայունության ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների վրա առավելագույն ազդեցություն են թողնում հետևյալ գործոնները և երևույթները. առաձգականության մոդուլ, ամրություն, մակերևույթի խորդոփորդություններ, շփման գործակից, արտաքին ճնշում, խոնավություն և հոգնածություն [9, 44]:

Մետաղական և պոլիմերային կոնստրուկցիոն տարրերը շահագործվում են ցիկլային լարումների ազդեցությամբ: Այս պայմաններում հոգնածային վնասվածքներն առաջանում են գլորման և սահքի շփումից և համարվում են մակերևույթային շերտերի քայքայման պատճառ, որոնք բնութագրվում են միկրոճաքերի, ինչպես նաև առանձին և խմբային գոգավորումների առաջացմամբ: Պոլիմերների հոգնածային քայքայման ընթացքում կարևոր դեր ունեն քիմիական կերպափոխումները: Ցիկլային դեֆորմացման արդյունքում կարող են տեղի ունենալ մոլեկուլային շղթաների խզումներ և ակտիվ շղթայական ռադիկալների առաջացում, ինչը կհանգեցնի պոլիմերային նյութի կազմալուծման և մոլեկուլյար զանգվածի նվազման: Պոլիմերների մաշակայունության համար կարևոր նշանակություն ունի մակերևույթային շերտի միկրոկառուցվածքը:

Տպագրտում ընթացող շփման և մաշման երևույթներն առավել զգալի են օֆսեթ թաղանթի՝ համեմատաբար ցածր ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով օժտված կոնստրուկցիոն տարրի համար, որը օֆսեթ գլանի մի պտույտի ընթացքում հայտնվում է հպման երկու գոտիներում, ուր միաժամանակ ընթանում են գլորման շփման և թաղանթի առաձգամածուցիկ դեֆորմացիայից առաջացած հարաբերական սահքի շփման գործընթացներ: Դրանցից առավել նշանակալիցը երկրորդ գործընթացն է, որն իր հերթին ձևավորում է երկու այլ և միաժամանակ ընթացող երևույթներ.

ա) հպման գոտիներում թաղանթի անհավասարաչափ դեֆորմացման շնորհիվ հպման ողջ երկայնքով փոփոխական են դառնում թաղանթի մակերևույթային կետերի իրական գծային արագությունները, որի արդյունքով առաջանում է արագությունների

տարբերություն գլանների և թաղանթի մակերևութային կետերում, որի առավելագույն արժեքը համապատասխանում է հպման գոտու մեջտեղին,

բ) օֆսեթ գլանի մեկ պտույտի ընթացքում հպման երկու գոտիների առկայության պատճառով թաղանթը չի հասցնում լրիվ վերականգնվել և մակերևութային շերտերում ընթացող հիստերեզիսային երևույթների պատճառով առաջանում են մնացորդային դեֆորմացիաներ, որոնց արժեքը նույնպես փոփոխական է. պտտման առաջին ցիկլում այն առավելագույնն է, իսկ հետագա ցիկլերում փոքրանում և համեմատաբար հաստատուն է դառնում (տես՝ նկ. 3.9)՝ $BB_1 > BB_2 > \dots > BB_n \approx const$: Նշված երևույթների համատեղ ազդեցության արդյունքով հարաբերական սահքը թաղանթի և գլանների միջև չի վերանում և գումարային արդյունքով առաջին մոտարկմամբ կարելի է գրել, որ շփման գործակիցը՝ $f \approx f_{գլ} + f_{ս}$, որտեղ $f_{գլ}$ և $f_{ս}$ –ն համապատասխանաբար, գլորման և սահքի շփման գործակիցներն են օֆսեթ թաղանթի, տպածևի և տպաթղթի միջև:

Նշված երևույթները բացասաբար են ազդում տպագրության որակի վրա, առաջացնելով տպագրական նյութի տեսքի որոշակի աղավաղում և հարաբերական տեղաշարժ, որի պատճառով գերակշռություն է տրվում համեմատաբար հեշտ վերականգնվող բազմաշերտ կոմպոզիտային թաղանթներին (տես՝ նկ. 4.1), որոնք իրենց բաղադրակազմով և շերտերի օպտիմալ դասավորվածությամբ հնարավորինս նվազեցնում են մնացորդային դեֆորմացիաների ազդեցությունը:

Տպագլանի և օֆսեթ թաղանթի հպման գոտում տպագրական թղթի առկայությունը նույնպես իր ազդեցությունն է թողնում նկարագրված երևույթներում, բայց հիմնականում մաշման գործընթացներում, հարուցելով հղկամաշում՝ թղթի մակերևութի մակրոանհարթություններից որոշակի քանակի մասնիկների պոկման և հպման գոտում հայտնվելու կապակցությամբ:

Օֆսեթ տպագրության տպածևի մաշումն առաջանում է երկու հիմնական պատճառով. տպածևի տպող և բացակային տարրերի մակերևութների մեխանիկական ազդեցությամբ և ֆիզիկաքիմիական կայունության թուլացմամբ:

Տպագրական մեքենայում տպածևի վրա մեխանիկական ազդեցությունը բնութագրվում է հետևյալ դրսևորումներով.

- տպաձևի և օֆսեթ թաղանթի շփումը, որը կարող է ուղեկցվել հպման մակերևույթների փոխադարձ սահքով, պայմանավորված թաղանթի դեֆորմացմամբ,
- տպաձևի շփումը խոնավացնող և ներկը գրտնակող գլանիկների միջև, որը նույնպես ուղեկցվում է սահքով և հարվածներով,
- տպաձևի մակերևույթի հղկում՝ ներկի բաղադրությունում առկա մասնիկներով,
- տպագրության ընթացքում հղկամաշում՝ թղթի մակերևույթի մասնիկների պոկման, տպաձևի և թաղանթի վրա անցման, ինչպես նաև այլ տեսակի աղտոտման (սոսնձի մնացորդներ, չորացած ներկի մասնիկներ և այլն) պատճառով, որոնք լավ չմաքրելու արդյունքում մնում են թաղանթի մակերևույթին:

Օֆսեթ տպագրության տպաձևերի մաշման մեխանիկական գործոնների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ չնայած տպագրության գործընթացն իրականացվում է գլորման շփման ազդեցության տակ, տպաձևի վրա հիմնական ազդեցություն է թողնում քերամաշումը, որն ընդհանուր առմամբ բերում է տպող և բացակային տարրերի հարթեցման, ներկի և խոնավացնող հեղուկի հետ փոխազդեցության վատացման:

Օֆսեթ տպաձևի ֆիզիկաքիմիական մաշման ակնհայտ դրսևորում է համարվում ընտրանքային խոնավացումը, որի ընթացքում, օրինակ, փոքրիկ մասնիկները նստեցվում են կապակցողներով: Հետագայում ներկի քսումից բացակային տարրերն աստիճանաբար ներկվում են: Արդյունքում առաջանում է <<ներկ-ջուր>> սոսինձ, որը տպող տարրերի եզրերում առաջացնում է ձգվածություն և համապատասխան միջոցառումներ չկիրառելու դեպքում՝ տպվածքի որակի վատացում և տպաձևի փչացում: Հակառակ դեպքում, նույն պատճառների առկայության ժամանակ կարող է առաջանալ <<ջուր-ներկ>> սոսինձ, ինչի արդյունքում տպող տարրերը պատվում են խոնավացնող հեղուկով:

Ինչպես ցույց է տալիս արտադրական փորձը, <<ներկ-խոնավացնող հեղուկ-տպաձև>> խումբը բարդ և նուրբ կառավարվող համակարգ է՝ գերզգայուն արտաքին ազդեցությունների նկատմամբ: Դինամիկ պայմաններում այդ համակարգի վրա ազդող

գործոնների թվին են վերաբերվում թղթի, խոնավացնող հեղուկի և ներկի ընտրությունը, ինչպես նաև տպագրական մեքենայի կարգաբերման ռեժիմները՝ առաջին հերթին տպաձևի վրա ներկի և խոնավացնող հեղուկի փոխանցումը:

Տպաձևերի աշխատանքային բնութագիրը, հետևաբար նաև կայունության մյուս կարևոր գործոնը համարվում է խոնավացնող հեղուկի առկայությունը կամ բացակայությունը և թղթի մակերևույթում առկա ակտիվ նյութերը:

Նույն վիճակում, բայց խոնավացման համեմատաբար ցածր աստիճանով է աշխատում օֆսեթ թաղանթի արտաքին կաուչուկային շերտը, որը տպագրության ընթացքում տպաձևի տպող տարրերից վերցնում է ներկը և այն փոխանցում թղթին: Վերին ներկափոխանցող շերտը, որը նստեցված է գործվածքային կարկասի վրա, պատրաստված է տարբեր հատկություններով և բաղադրությունով օժտված կաուչուկից: Տպագրության ընթացքում վերին շերտը միշտ հավում է տպաձևի և թղթի հետ, պատվում է ներկով և խոնավացնող հեղուկով, իսկ տպագրությունից հետո այն ենթարկվում է մաքրող և վերամշակող միջոցների ազդեցությանը:

Հետևաբար, որպեսզի ռետինե թաղանթը պահպանի իր հատկությունները և արագ չմաշվի, ներկափոխանցող շերտը պետք է կայուն լինի ֆիզիկաքիմիական ազդեցությունների՝ լույսի, ջերմաստիճանի և քիմիական նյութերի, ինչպես նաև լուծիչների, տպագրական ներկի, լվացող հեղուկների և այլնի նկատմամբ:

Միաժամանակ օֆսեթ ռետինե թաղանթը պետք է ազդազերծի տպաձևի և թղթի անհարթությունները, սեղմումից հետո արագ վերականգնվի՝ վերադառնալով սկզբնական վիճակին: Որպեսզի նշված պահանջները կատարվեն, ժամանակակից թաղանթները պարունակում են ծակոտկեն ռետինային սեղմումային շերտ, ինչը գերբեռնվածության դեպքում մեծացնում է սեղմման դիմադրությունը և թույլ է տալիս վերականգնել սկզբնական հաստությունը, այսինքն՝ դեֆորմացվում է սեղմումային շերտը և ոչ թե գործվածքային հիմքը:

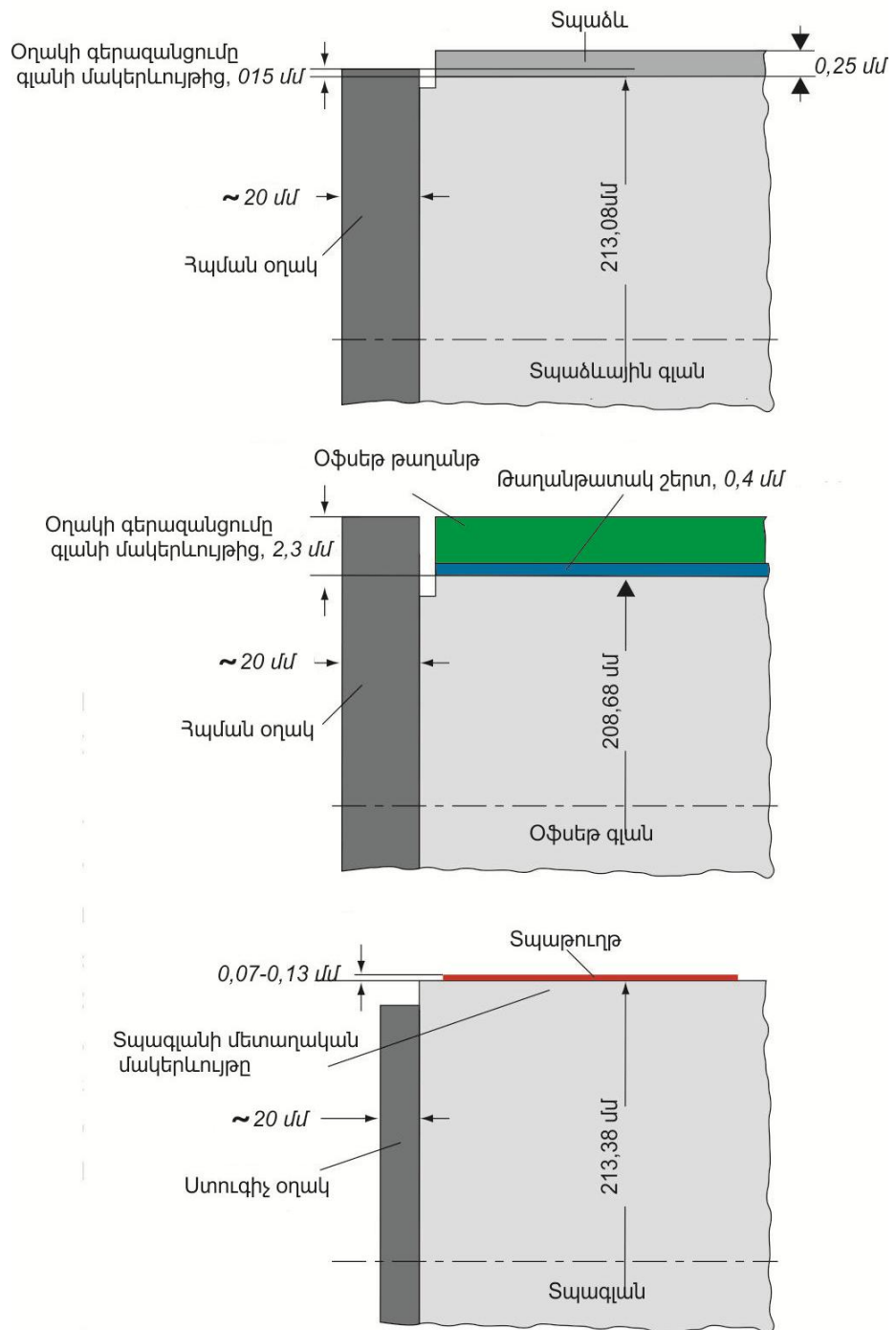
Օֆսեթ թաղանթը պետք է ունենա որոշակի մակերևութային կառուցվածք, որպեսզի ընդունի և փոխանցի ներկի անհրաժեշտ քանակը: Սակայն թաղանթի մակերևույթը չպետք է լինի շատ խորդուբորդ, քանի որ ներկի անցումը տպաձևից օֆսեթ թաղանթին և թաղանթից տպաթղթին կկատարվի ոչ լիարժեք և ցանցային

տարրերում կառաջանան լրոգումներ: Որքան քիչ լինեն մակերևույթի անհարթությունները, այնքան փոքր կլինի պատկերի աղավաղումը: Այդ է պատճառը, որ ներկափոխանցող շերտը պարբերաբար հղկվում է՝ ավելորդ խորդուբորդությունը հեռացնելու համար: Չնայած բոլոր միջոցառումներին, որոնք ուղղված են օֆսեթ թաղանթի ծառայության ժամկետի երկարաձգմանը, դրանք շարքից դուրս են գալիս ոչ թե հնացումից, այլ գերբեռնվածության և վնասվածքների արդյունքում: Այդ վնասվածքները կարող են լինել տեղային կամ տարածվել ողջ մակերևույթով:

4.4. Տպագոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետագոտումը

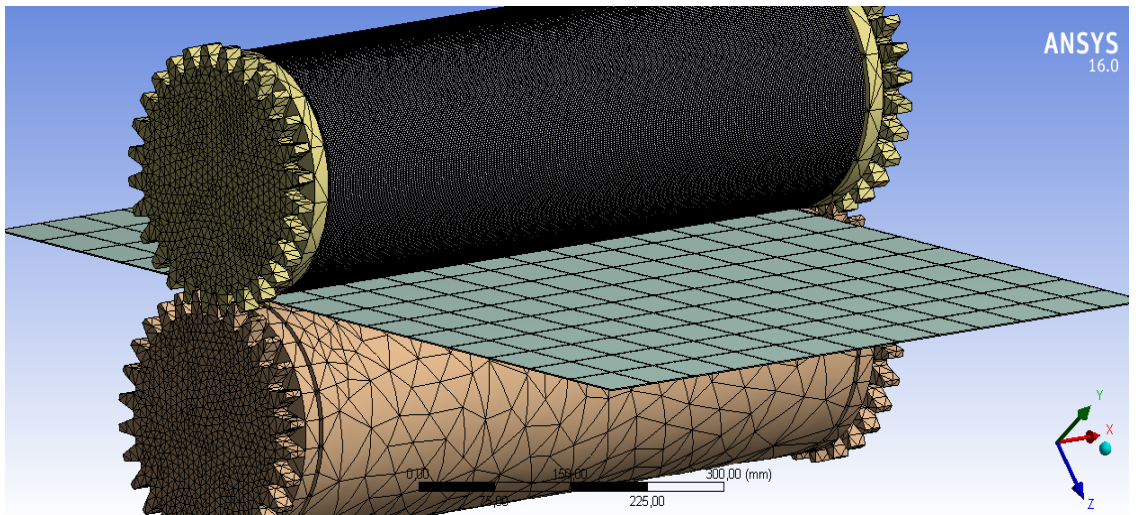
Դիտարկված է Printmaster PM 74 մակնիշի տպամեքենայի տպող և օֆսեթ գլանների հպման գոտում (տես՝ նկ.1.1) առաջացած լարվածադեֆորմացիոն վիճակը տպագրական թղթի անցման ընթացքում: Մոդելավորման նպատակով կիրառված է վերջավոր տարրերի մեթոդը (ՎՏՄ) [11, 32, 53, 86, 93]:

Կազմված են հպման գոտիներում նշված գլանների մակերևույթային շերտերի երկրաչափական պարամետրերի հաշվարկային սխեմաները (նկ. 4.3) և ընտրված են վերջավոր տարրերի տեսակները: Վերջիններիս տեսակի, ձևի և չափի ընտրությունը կախված է մոդելավորվող օբյեկտի երկրաչափական ձևից և կանխատեսվող լարվածադեֆորմացիոն վիճակից [29, 30, 31]:



Նկ. 4.3. Տպագրական մեքենայի գլանների մակերևութային շերտերի պարամետրերը

Եռանկյան կամ քառակուսու տեսքով հարթ երկչափ վերջավոր տարրերը կիրառվում են հարթ լարվածային կամ դեֆորմացիոն վիճակը մոդելավորելու համար (նկ.4.4): Դեֆորմացվող մարմինների այն հատվածները, որտեղ սպասվում են լարվածային բարձր գրադիենտներ, վերջավոր տարրերի չափերը փոքրացվում են:



Նկ. 4.4. Տպող հանգույցի գլանների մակերևույթի փրոհումը վերջավոր տարրերի

Ելնելով վերջավոր տարրերի հանգույցների հավասարակշռության պայմանից՝ կազմվում է հետագոտվող դեֆորմացվող մարմնի մոդելի բոլոր վերջավոր տարրերի հավասարակշռության հավասարումների համակարգը: Ստատիկ խնդիրների համար այն ունի հետևյալ տեսքը [53].

$$[K]\{U\} = \{P\} + \{P\}^a + \{P\}^g + \{P\}^{\varepsilon_0} + \{P\}^{\sigma_0}, \quad (4.13)$$

$$\{U\} = \begin{Bmatrix} U_1 \\ \dots \\ U_i \\ \dots \\ U_n \end{Bmatrix}, \{P\} = \begin{Bmatrix} P_1 \\ \dots \\ P_i \\ \dots \\ P_n \end{Bmatrix}, \quad (4.14)$$

որտեղ $[K]$ -ն վերջավոր տարրերի մեթոդի մոդելի կոշտության ընդհանուր մատրիցն է, $\{U\}$ -ն տարրերի հանգույցային տեղաշարժերի վեկտորը, $\{P\}$ -ն՝ հանգույցների արտաքին ուժերի ընդհանուր վեկտորը, $\{P\}^a, \{P\}^g, \{P\}^{\varepsilon_0}, \{P\}^{\sigma_0}$ -ն՝ հանգույցային ուժերի ընդհանուր վեկտորները, համապատասխանաբար համարժեք մակերևույթային և զանգվածային ուժերին, սկզբնական դեֆորմացիաներին և լարումներին (նշված վեկտորների մատրիցները նույնական են (4.14) -ին):

Ստատիկ գծային առաձգական մարմնի մոդելի համար ՎՏՄ-ով ստացված հավասարակշռության հավասարումների ընդհանուր համակարգը մաթեմատիկական տեսանկյունից համարվում է գծային հանրահաշվական հավասարումների համակարգ:

Վերադարձված կապերի հաշվառմամբ, որոնք բացառում են մոդելի տեղաշարժը, $[K]$ մատրիցի որոշիչը հավասար չէ 0 -ի, հետևաբար գոյություն ունի միակ լուծումը՝

հանգուցային տեղափոխությունների $\{U\}$ ընդհանուր վեկտորը: Այդ կապակցությամբ գծային հավասարումների համակարգի լուծման ճշտությունը և արդյունավետությունը զգալիորեն կախված է $[K]$ –ի կառուցվածքային առանձնահատկություններից՝ չափերից, համաչափությունից, լրացվածության աստիճանից և այլն:

$\{U\}$ -ի որոշումից հետո գտնում են $\{U\}$, էլեմենտար վեկտորները, իսկ դրանց կիրառմամբ մոտարկման մեթոդով, օգտագործելով ձևի ֆունկցիաները, հաշվարկում են դեֆորմացիաները ցանցային տարրերի կետերում:

Դինամիկական խնդիրներում Դալամբերի սկզբունքի հիման վրա (4.13)-ում ավելացվում են իներցիայի ուժերը, որոնք արտահայտվում են արագացումներով, իսկ վերջիններս տեղափոխությունների երկրորդ կարգի ածանցյալներ են: Արդյունքում (4.13) –ը ձևավորվում է որպես շարժման դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգ [53], որտեղ արտաքին ուժերը կարող են փոփոխական լինել՝

$$[M] \frac{d^2}{dt^2} \{U\} + [C] \frac{d}{dt} \{U\} + [K] \{U\} = \{p(t)\} + \{P^q(t)\} + \{P^g\}, \quad (4.15)$$

որտեղ $[M]$ և $[C]$ -ն մոդելի զանգվածի և դեֆորմացիայի ընդհանուր մատրիցներն են, որոնք ստացվում են համապատասխան տարրական մատրիցների բաղադրիչներից: (4.15)-ով կարելի է կատարել դինամիկական գործընթացի ամբողջական մոդելավորում՝ շարժման դիֆերենցիալ հավասարումների ինտեգրման միջոցով, որն իրականացվում է տարբեր թվային մեթոդներով [32, 53]: Արդյունքում որոշվում են մոդելի հանգույցների տեղափոխությունները և իսկ դրանց միջոցով՝ մնացած բոլոր անհրաժեշտ պարամետրերը որպես ժամանակային ֆունկցիաներ:

Հարթ և ծավալային տարրերի համար, դիֆերենցելով տարրերի ներսում տեղափոխությունների ֆունկցիայի մոտարկումը, գտնվում են դեֆորմացիաները և հաշվարկում են լարումները:

4.4.1. Վերջավոր փարրերի մեթոդի իրականացումը ANSYS փաթեթում

ANSYS համակարգչային փաթեթը ՎՏՄ-ով լուծում է անշարժ և շարժական, գծային և ոչ գծային խնդիրներ տարբեր ոլորտներից, այդ թվում՝ կոշտ դեֆորմացվող մարմինների մեխանիկայից: Կառուցվածքի դեֆորմացիաները որոշելու համար ՎՏՄ-ում կիրառվում է տեղափոխությունների եղանակը: Հիմնարար պարամետրերը, որոնք

հաշվարկվում են ANSYS-ի կիրառման դեպքում, հանգուցային կետերի տեղափոխություններն են, որոնց միջոցով էլ որոշվում են կոնստրուկցիոն տարրերի հակազդումները, դեֆորմացիաները և լարումները:

ՎՏՄ եղանակով խնդրի լուծումը ANSYS ծրագրում իրականացվում է երեք փուլով [32]:

1. Առաջին փուլ - հետազոտվող մարմնի հիմնական մոդելի կառուցում, որը ներառում է հետևյալ գործընթացները.

- սահմանվում է խնդրի ֆիզիկական տեսակը (օրինակ, կոշտ մարմնի դեֆորմացման մեխանիկան) և իրականացվում է համապատասխան ծրագրի կարգաբերում,
- ընտրվում է վերջավոր տարրի տեսակը, կախված օբյեկտի չափից և այլ հատկություններից: Կարող են տրված լինել տարրի որոշ բնութագրիչներ,
- ընտրվում է օբյեկտի նյութը և նշվում դրա անհրաժեշտ հատկությունները, որոնք կարող են մուտքագրվել ստեղծաշարով կամ ընտրվել ANSYS ծրագրի գրադարանից: Հատկությունները որոշում են նյութի մոդելը (գծային առաձգական, առաձգապլաստիկ և այլն), ինչն ազդում է ՎՏՄ-ի որոշիչ հավասարումների ընտրության վրա,
- ստեղծվում է օբյեկտի կոշտ երկրաչափական մոդել: Workbench-ում կիրառվում է Design Modeler մոդուլը: Երկրաչափական մոդելը կարելի է տեղափոխել ցանկացած CAD փաթեթից,
- երկրաչափական մոդելը տրոհվում է վերջավոր տարրերի,
- կոնտակտային խնդիրների դեպքում տրվում է հավող զույգը, որոշվում են հպման մոդելը և դրա բնութագրերը:

2. Երկրորդ փուլ - մոդելի վրա անհրաժեշտ ֆիզիկական պայմանների առաջադրում. խնդրի լուծումը կատարվում է երեք քայլով.

- տրվում են սահմանային պայմանները՝ ուժեր, տեղափոխություններ և այլն,
- ընտրվում է վերլուծության տեսակը (ստատիկ, դինամիկ, մոդալ և այլն),
- ՎՏՄ-ով իրականացվում է հավասարման համակարգի լուծումը: Լուծման արդյունքում ձևավորվում է արդյունքների ֆայլ, որը պարունակում է որոշված

ազատության աստիճանների վեկտորը (հանգույցների տեղաշարժ, հանգույցների ջերմաստիճան և այլն):

3. Երրորդ փուլ - հաշվարկների արդյունքների վերլուծություն: ՎՏՄ-ով հաշվարկված ֆիզիկական մեծությունները (տեղափոխություններ, դեֆորմացիաներ, լարումներ և այլն) ներկայացվում են ANSYS գրաֆիկական պատուհանում նկարի, աղյուսակի, գրաֆիկի կամ անիմացիայի տեսքով:

4.4.2. Տպագուրում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի թվային մոդելավորումը

Խնդրի լուծման վերը նշված փուլերի իրականացումը համակարգչում ստեղծում է տվյալների բազա, որը պարունակում է մոդելի վերաբերյալ ամբողջական ինֆորմացիա: Կազմված է մակերևութային շերտի տարրերի ցանցային սխեման, որի ծայրամասերում լարումների բարձր գրադիենտի պատճառով վերցված են եռանկյունի և համեմատաբար փոքր չափերի տարրեր (տես՝ նկ. 4.4): Մոդելն ունի 1830141 հանգույցներ և 861145 տարր, որոնք բաշխված են տպագլանների մակերևութային շերտերում և տպաթղթի վրա: Վիրտուալ գիտափորձի ընթացքում հպման գոտում գտնվող տպագլանների վրա կիրառված է 0,8 ՄՊա ճնշում: Որպես տպաթուղթ վերցված են ոչ կավճապատ օֆսեթ մակնիշի 3 տարբեր տեսակներ $h = 0,07 \dots 0,15$ մմ հաստությամբ և $\rho = 0,642 \dots 0,800$ գ/սմ³ տեսակարար կշռով: Տպագոտում կիրառված նյութերի մեխանիկական հատկությունները տրված են աղ.4.1-ում:

Ստատիկ և դինամիկ բեռնվածության պայմաններում ANSYS ծրագրով կատարված է <<օֆսեթ գլան-թաղանթ-տպաթուղթ-տպագլան>> համակարգի հպման գոտու լարվածադեֆորմացիոն վիճակի մոդելավորումը նշված երեք տեսակի ($N1, N2, N3$) տպագրական թղթերի կիրառման դեպքերում:

Օֆսեթ գլանի առաձգական թաղանթի օպտիմալ կառուցվածք ստանալու նպատակով կատարված են թաղանթի բաղադրմասերի լայնական չափերի փոփոխություններ (աղ. 4.1, h', h'', h'''), ելնելով հպման գոտում դրանցից յուրաքանչյուրի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի փոփոխություններից և ունեցած դերից, որոնք ձևավորում են այդ գոտում ընթացող երևույթները, իսկ վերջնական արդյունքով՝ տպագրման որակը:

Տպագոյու նյութերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշները

1	Տեսակարար ծավալ, $q, q/u^2$	Տեսակարար զանգված, $\rho, \rho/u^3$	Հաստություն, $h, մմ$			Յունգի մոդուլ, $E, Պա$	
			$h^{(*)}$	$h^{(**)}$	$h^{(***)}$	\bar{E}_1	\bar{E}_2
1.	Տպագլանի նյութը (Պողպատ 40X)						
1.1.	-	7,85	-			$2,1 \cdot 10^5$	-
2.	Տպագրական թուղթ						
2.1.	45	0,642	0,07			1014,6	397,8
2.2.	60	0,750	0,08			1091,5	271,1
2.3.	120	0,800	0,15			1113,6	595,7
3.	Ռետինի շերտերը (նկ. 4.1)						
3.1.	-	1,2	0,36	0,60	0,75	5102	-
3.2.		1,1	0,30	0,20	0,20	3231	
3.3.		1,0	0,49	0,45	0,40	2516	
3.4.		1,1	$\begin{matrix} 0,8 \\ 0 \end{matrix}$	0,70	0,60	3231	

*) Դիտարկվում են օֆսեթ թաղանթի շերտերի երեք տարբերակները (A-ն՝ h' , B-ն՝ h'' , C-ն՝ h''')

Բաղադրամասերի չափերի փոփոխումը կատարվել է, ելնելով հետևյալ դրույթներից՝

- թաղանթի ընդհանուր հաստությունը հաստատուն է պահպանվել ($h=1,95$ մմ) տպագոտու կինեմատիկան չխախտելու համար,

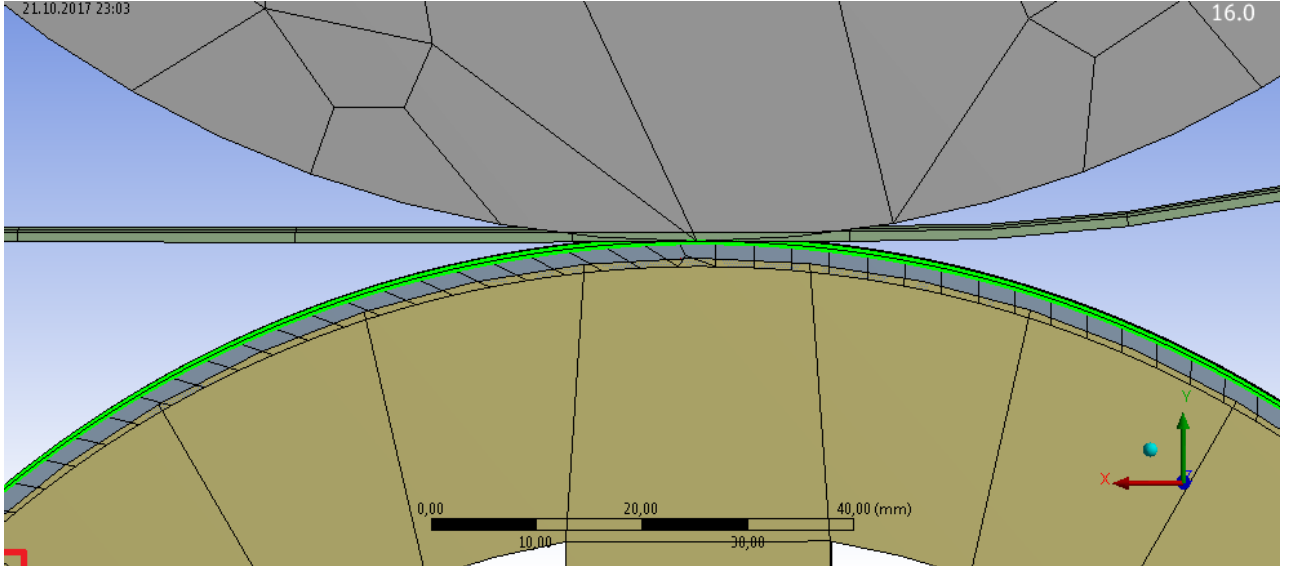
- հիմնական փոփոխություն է կրել թաղանթի արտաքին աշխատանքային շերտը (քլորոպրենային կաուչուկ, $h=0,36...0,75$ մմ), որն առավել բեռնավորվածն է և գտնվում է հպագոտում ընթացող երևույթների համատեղ ազդեցության ներքո (փոփոխական բեռնվածություն, հարաբերական սահք, մաշում),

- որոշ փոփոխություններ են կրել գործվածքային ռետինե շերտերը,

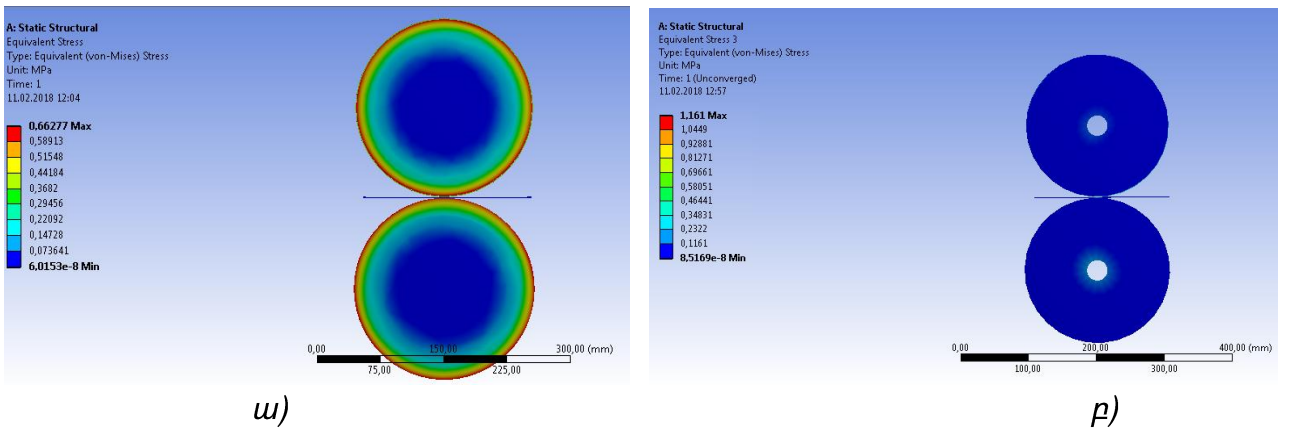
- համարյա անփոփոխ է մնացել ծակոտկեն ռետինե շերտը, որն ապահովում է թաղանթի արագ դեֆորմացվելու և վերականգնվելու գործառույթները:

Որպես օրինակ ներկայացված են լարվածադեֆորմացիոն վիճակի պարամետրերը **N2** տպագրական թղթի համար՝ հպման դեպքում վերջավոր տարրերի

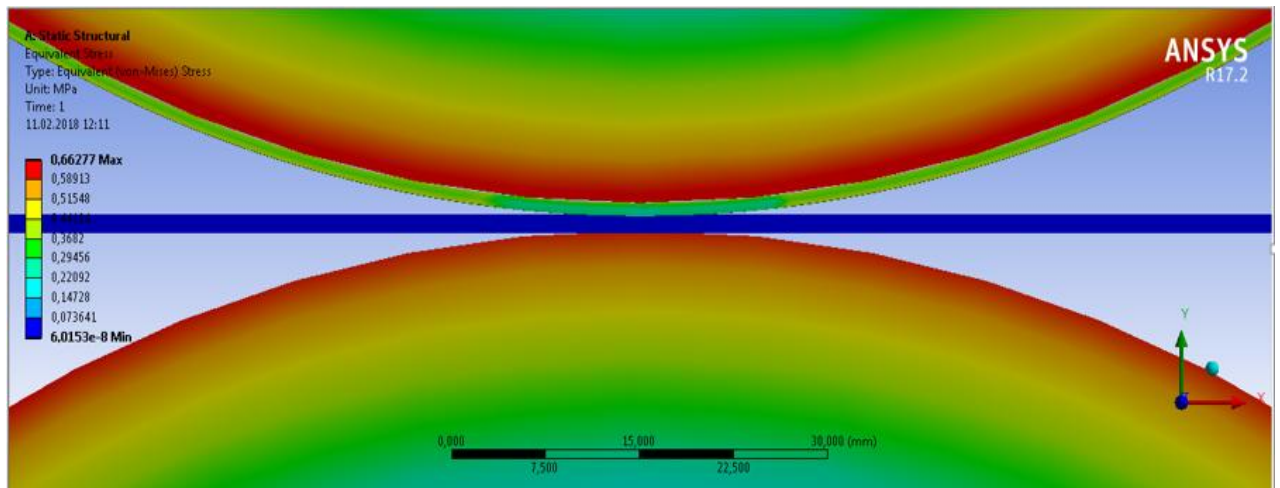
ցանցային սխեման (նկ. 4.5), ինչպես նաև լարումների, ճնշումների և դեֆորմացիաների բաշխման տվյալները ստատիկ և դինամիկ բեռնվածության դեպքերում (նկ. 4.6-4.9):



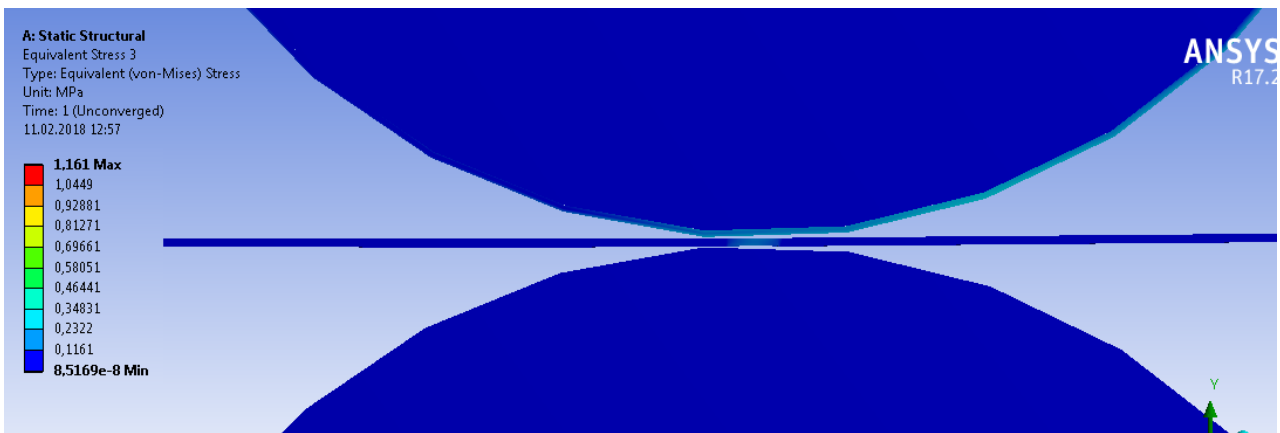
Նկ. 4.5. Հպման գոտում վերջավոր տարրերի ցանցային սխեման



Նկ. 4.6. Լարումների բաշխման ընդհանուր տեսքը ստատիկ (ա) և դինամիկ (բ) բեռնվածության դեպքերում

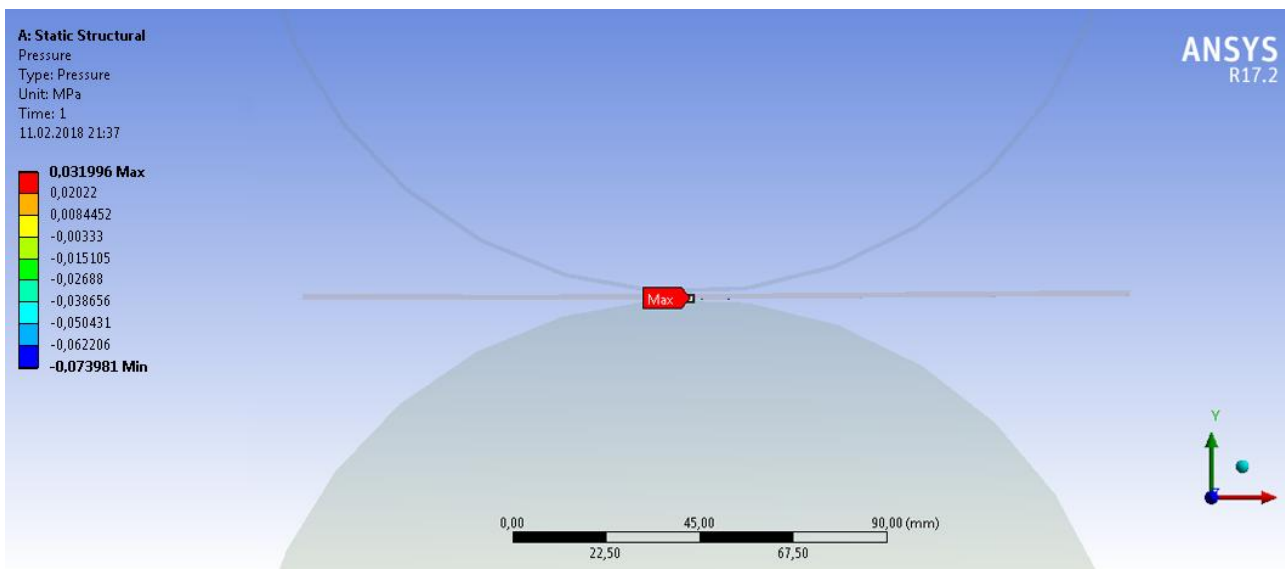


ա)

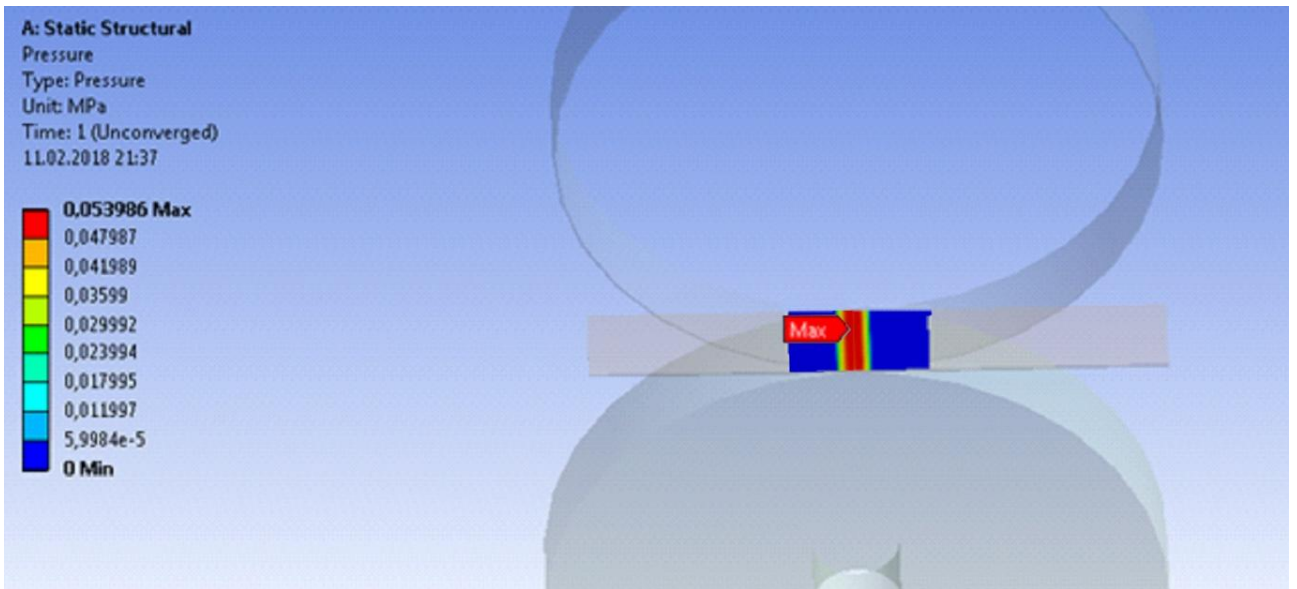


բ)

Նկ. 4.7. Լարումների բաշխումը սրասրիկ (ա) և դինամիկ (բ) բեռնվածության դեպքում

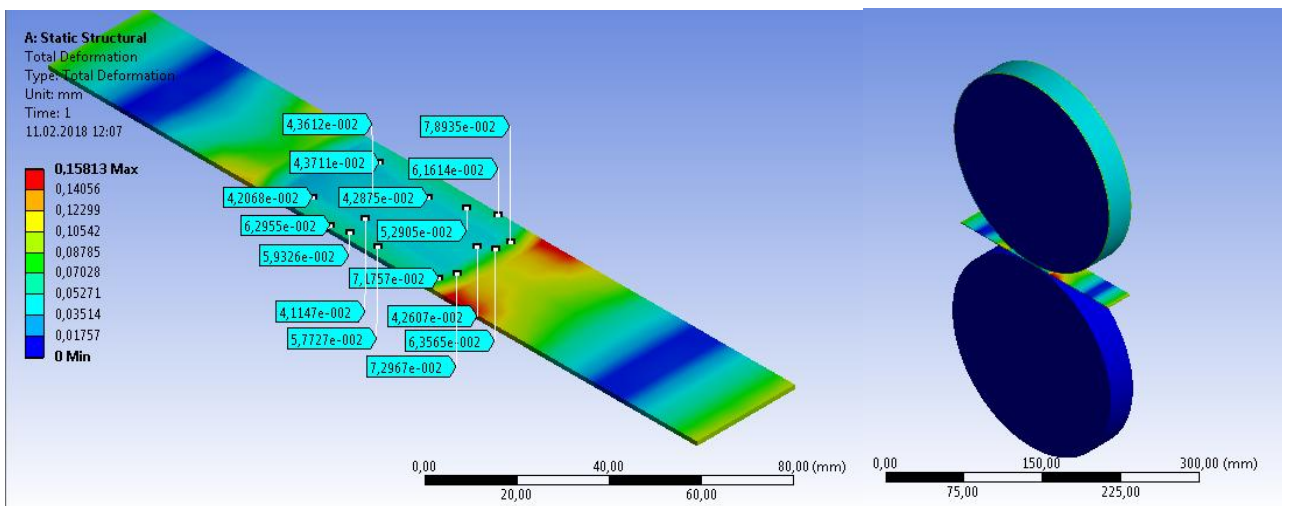


ա)

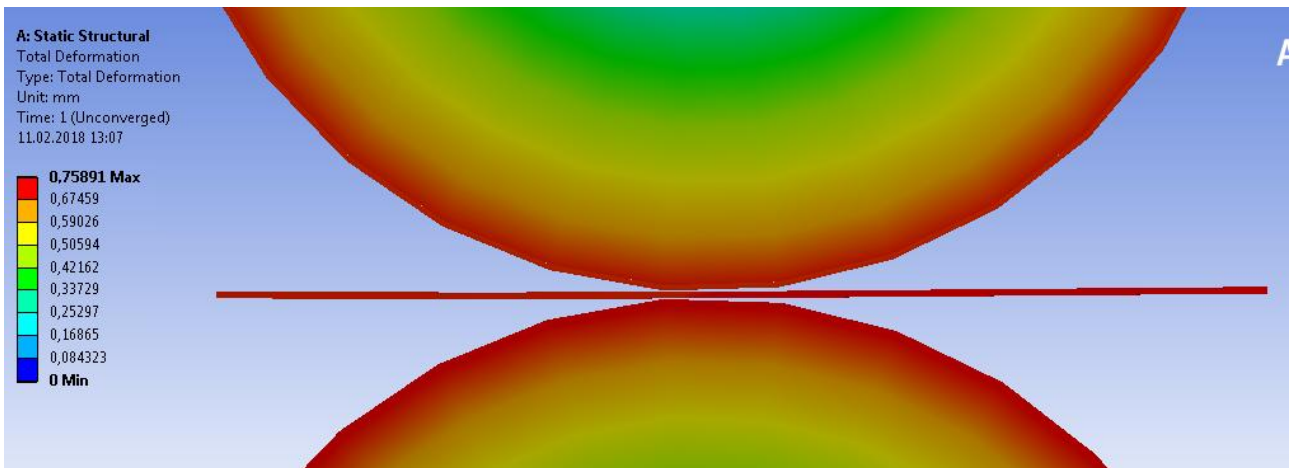


բ)

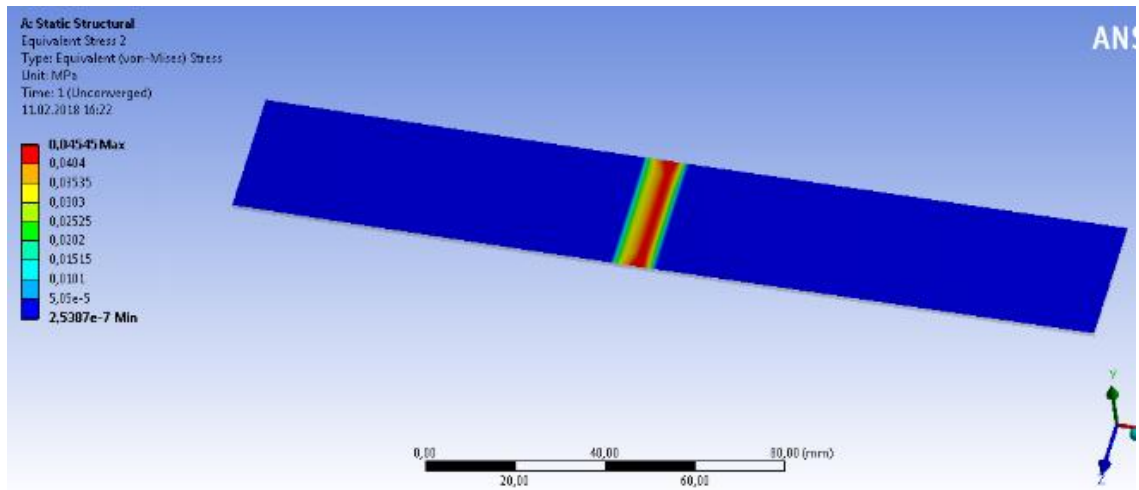
Նկ. 4.8. Առավելագույն ճնշման կետերը ստատիկ (ω) և դինամիկ (ρ) բեռնվածության դեպքում



ա)



բ)



գ)

Նկ. 4.8. Դեֆորմացիաների բաշխումը ստատիկ (ω) և դինամիկ (ρ , q) բեռնվածության դեպքում

Ստացված տվյալները վկայում են հետևյալ առանձնահատկությունների մասին (տես՝ նկ. 4.6-4.8, աղ. 4.2, 4.3):

Աղյուսակ 4.2

Լարումների և դեֆորմացիաների բաշխումը տպաթղթում

N	Բեռնվածությունը	Տպաթղթի տեսակը		Համան գոտու առավելագույն լարումները, ՄՊա	Առավելագույն դեֆորմացիան, δ , մմ
		կտրման ուղղությունը	N-ը *)		
1	Ստատիկ	Երկայնական	N1	0,120	0,11
2			N2	0,122	0,16
3			N3	0,126	0,19
4		Լայնական	N1	0,286	0,28
5			N2	0,302	0,32
6			N3	0,316	0,35
7	Դինամիկ	Երկայնական	N1	0,197	0,70
8			N2	0,200	0,76
9			N3	0,210	0,78
10		Լայնական	N1	0,420	1,32
11			N2	0,482	1,36
12			N3	0,495	1,44

*) N1, N2, N3 տպաթղթերի տեսակարար ծավալներն են՝ $q=45, 60, 120$ գ/մ²

Լարումների և դեֆորմացիաների բաշխումը օֆսեթ թաղանթում

N	Բեռնվածությունը	Քլորոպրենային կաուչուկի շերտի տվյալները			Օֆսեթ թաղանթի սեղմման դեֆորմացիան, $\delta_{max} \cdot 10^{-2}$, մմ
		տարբերակը	հաստությունը, <i>h</i> , մմ	համան գոտու առավելագույն լարումները, ՄՊա	
1	Ստատիկ	A	0,36	0,180	5,09
2		B	0,60	0,188	5,21
3		C	0,75	0,195	5,64
4	Դինամիկ	A	0,36	0,206	6,23
5		B	0,60	0,213	6,78
6		C	0,75	0,219	6,89

Ակնհայտ են ստատիկ և դինամիկ բեռնվածության ռեժիմների դեպքում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի պարամետրերի փոփոխությունները և ազդման կետերի տեղաշարժերը, որոնք հաստատվում են նաև տեսական դրույթներով: Զգալի են առավելագույն դեֆորմացիաները, որոնք կարող են ազդել տպագրման որակի վրա և որը պարտադիր պայման է առաջադրում վերականգնվող բազմաշերտ և ծակոտկեն էլաստոմերների օգտագործումը օֆսեթ թաղանթների համար:

4.5. Տպագրական արտադրանքի որակի բարելավումը

Տպագրական արտադրանքի որակի բարձրացման հիմնական ուղին տպագրողում ընթացող երևույթների և ազդող գործոնների բացասական դրսևորման բացառումն է, որը հնարավոր է իրականացնել այդ գոտում գործող բոլոր տարրերի նյութագիտական, նախագծային, տեխնոլոգիական և շահագործական միջոցառումների մշտադիտարկման, տեխնիկական փորձաքննության և սպասարկման ճիշտ ժամկետների նշանակման և կատարման միջոցով: Նման համալիր դիտարկումը հնարավորություն է ընձեռում ժամանակին բացահայտել ֆիզիկաքիմիական և մեխանիկական երևույթների հնարավոր ընթացքը, դասակարգել, կանխատեսել և վերացնել հնարավոր բացասական գործընթացները: Նշված ուղղությունները

բազմատեսակ են, սակայն դրանցից կարևորները, որոնք էապես են ազդում արտադրանքի որակի վրա, տպագրական թղթի տեսակի ճիշտ ընտրությունը և տպագլանների հպման գոտում առաձգական տարրերի միկրո- և մակրոկառուցվածքների օպտիմալ երկրաչափական պարամետրերի որոշումն են, որոնք կապահովեն հպման գոտու լարվածադեֆորմացիոն վիճակի օպտիմալ տարբերակը, հետևաբար և տպագրական սարքավորումների պատասխանատու հանգույցների անխափան աշխատանքը ծառայության տրված ժամկետում և տպագրական արտադրանքի որակը [48, 50]:

Տվյալ աշխատանքում վերոնշյալ միջոցառումները հետազոտված են հետևյալ երկու ուղղություններով.

- օֆսեթ գլանի բազմաշերտ առաձգական թաղանթի օպտիմալ կոնստրուկցիայի առաջադրումը, որը կապահովի հանգույցի բնականոն աշխատանքը միաժամանակ մի քանի գործոնների առկայության պայմաններում,
- տպագրական թղթի օպտիմալ տեսակի ընտրությունը:

4.5.1. Բազմաշերտ առաձգական թաղանթի թվային մոդելավորումը և օպտիմալ տարբերակի ընտրությունը

Տպագլանների հպման գոտիներում ընթացող բարդ ֆիզիկաքիմիական երևույթները առաջադրում են դրանց ազդման քանակական գնահատումներ, քանի որ դրանք բնութագրում են տպագրական մեքենաների առավել բեռնավորված հանգույցների աշխատանքը, տեխնիկական սպասարկման և ծառայության ժամկետները:

Բազմաշերտ առաձգական թաղանթն տպագրական հանգույցի այն հիմնական տարրն է, որն ապահովում է օֆսեթ գլանի բնականոն աշխատանքը, հետևաբար՝ տպագրության անհրաժեշտ որակը: Կախված այդ թաղանթի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի արագ ձևավորումից և վերականգնումից, հնարավոր է տպագրություն ստեղծել բնականոն իրավիճակ և ստանալ անհրաժեշտ որակի տպագրական արտադրանք:

Թաղանթի աշխատանքի հիմնական առանձնահատկությունը յուրաքանչյուր շերտի՝ ճիշտ ժամանակին դեֆորմացումը և հպման գոտուց դուրս գալուց՝

վերականգնումն է, այսինքն՝ թաղանթի յուրաքանչյուր շերտն ունի իր գործառական նշանակությունը, որի ճիշտ պաշտպանության դեպքում ապահովվում է.

- կաուչուլե շերտի վրա ներկի մատուցումը և տպապատկերի արտատպման բնականոն ընթացքը,
- կաուչուլե շերտից տպաթղթին տպապատկերի անցումը,
- օֆսեթ գլանից տպաթղթի բնականոն պոկման գործընթացը:

Այդ առումով առավել բեռնավորված է արտաքին շերտը, որը գտնվում է տարաբնույթ ազդող գործոնների ներքո (խոնավություն, օքսիդացում, ցիկլային լարվածություն, մաշում): Այս տեսակետից առաձգական թաղանթի առավել բեռնավորված և հաճախ վնասվող տարրը կաուչուլե շերտն է, որն էլ բնորոշում է տպագրական մեքենայի անխափան աշխատանքը, ինչպես նաև ցիկլային երկարակեցությունը:

Առաձգական թաղանթի աշխատունակությունը գնահատելու նպատակով դիտարկենք թաղանթի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը երկու հիմնական գործոնների՝ ցիկլային վնասվածքների և մաշման համատեղ ազդեցության դեպքում: Համեմատված են թաղանթի բաղադրամասերի հաստությունների փոփոխման երեք տարբերակներ, որոնցում գերակշռում է քլորոպրենային կաուչուլի պարամետրի աճ $0,36...0,75$ մմ միջակայքում, քանի որ առավել հաճախ վնասվող տարրը նշված շերտն է (աղ. 4.3, A, B, C տարբերակները): Այստեղ ևս դինամիկ բեռնվածության դեպքում առկա է լարումների և դեֆորմացիաների աճ, բայց B և C տարբերակների համար այդ փոփոխություններն աննշան են: Թաղանթի ծառայության ողջ ժամկետում հպման գոտում հայտնված միկրոմասնիկների առկայությամբ ընթանում են մաշման երևույթներ, իսկ օֆսեթ գլանի մակերևույթի վրա օքսիդային հեղուկների և ցիկլային բեռնվածության պայմաններում կաուչուլի շերտում առաջանում և զարգանում են ցիկլային վնասվածքներ, որոնք վերջնական արդյունքով հանգեցնում են այդ շերտի քայքայմանը: Նշված երևույթները քանակապես գնահատվում են համապատասխան մաթեմատիկական մոդելների կիրառմամբ, որոնք տրված են ներքևում: Համապատասխան հաշվարկային գործընթացներ կարելի է կատարել ծրագրային միջոցներով, կիրառելով նշված գործընթացների թվային մոդելավորման մեթոդներ:

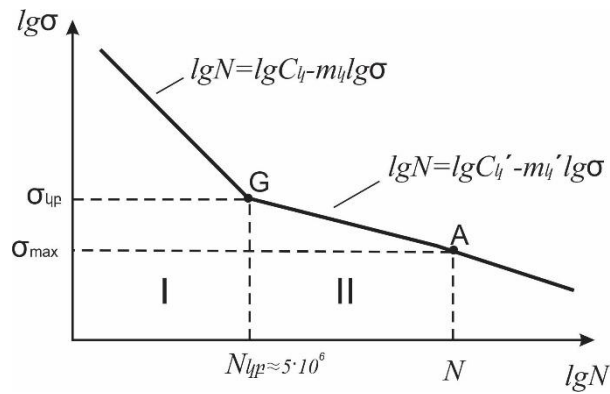
Մոդելավորման թվային մեթոդների առավելությունները հետևյալն են. ստացված պարամետրերի համար ցանկացած ոչ գծային կապերի մոդելավորման հնարավորությունները, վնասված մակերևույթի սահմանային վիճակի գնահատումը, մակերևույթի ձևափոխության վերաբերյալ խնդիրների լուծման հնարավորությունները, հանգույցի ծառայության ժամկետի որոշումը և այլն:

Աշխատանքային մակերևույթների վնասումը որոշվում է հավող մարմինների նյութերի ֆիզիկաքիմիական բնութագրերով, միջավայրի ազդեցությամբ, հարաբերական սահքի արագությամբ և էներգիայով, համան ցիկլերի թվով և այլն:

Ցիկլային համան արդյունքով մակերևույթային շերտում տեղի է ունենում նյութի ինտենսիվ դեֆորմացիոն ամրացում, որը որոշակի ցիկլերի թվից հետո սկսում է դանդաղել: Ցիկլային բեռնվածքների ազդեցության տակ դեֆորմացվող նյութի կառուցվածքը հետզհետե փոխվում է և առաջանում են տարբեր կառուցվածքային գոտիներ: Միաժամանակ, ցիկլային բեռնվածության գործընթացը բերում է որոշակի օպտիմալ խորդուբորդության ձևավորմանը, այսինքն՝ մաշումը և մակերևույթի հոգնածային գործընթացը միասին են ընթանում:

Համան գոտում տպագրական թղթի խոնավացումից և տպագրական ներկի առկայության պայմաններում առաջացող օքսիդացման երևույթները և տպագլանների ցիկլային բեռնավորումները գումարային արդյունքով հանգեցնում են կոռոզիոն հոգնածային գործընթացի առաջացմանը և զարգացմանը, որն ազդում է ցիկլային երկարակեցության, հետևաբար և ծառայության ժամկետի վրա:

Համաձայն [9, 44]-ի կոնստրուկցիոն նյութերի կոռոզիոն հոգնածային գործընթացը, կախված գերլարումների արժեքներից, ցիկլային երկարակեցությունների իրական տիրույթում ($N = 10^3 \dots 10^9$ *ցիկլ*) հանդես է գալիս ադսորբցիոն-էլեկտրաքիմիական և կոռոզիոն-մեխանիկական քայքայման մեխանիզմներով, որոնք ընթանում են տարբեր գրադիենտներով: Այդ պատճառով նշված գործընթացի մաթեմատիկական մոդելը ($\lg \sigma, \lg N$) կոորդինատային համակարգի I և II տեղամասերում (նկ. 4.10) նկարագրվում է երկճյուղ հոգնածային գծերի հավասարումներով [65], իսկ $G(\sigma_{\text{кР}}, N_{\text{кР}})$ կետը բնորոշում է այդ տեղամասերի սահմանը:



Նկ. 4.10. Կոռոզիոն հոգնածային գծերի համակարգը

Նկ. 4.10-ում C_l , C'_l և m_l , m'_l -ը հոգնածային գծերի պարամետրերը և ցուցիչներն են $N \leq N_{lip}$ I և $N \geq N_{lip}$ II ցիկլային երկարակետությունների տեղամասերում, իսկ σ_{lip} , N_{lip} -ն՝ կոռոզիոն դիմացկունության սահմանը և ցիկլերի բազային թիվը (G հանգուցային կետի կոորդինատները):

Տպագրական մեքենայի բնականոն ծառայության ժամկետը հպման գոտում գործող σ_{max} լարման պայմաններում սովորաբար գնահատվում է II տեղամասում նշված A կետի կոորդինատներով (տես՝ նկ. 4.10), որի համար կարելի է գրել

$$\lg N = \lg C'_l - m'_l \lg \sigma_{max} \quad \text{կամ} \quad N = C'_l / \sigma_{max}^{m'_l} : \quad (4.16)$$

Քանի որ կոնստրուկցիոն նյութերի կոռոզիոն հոգնածային դիմադրության պարամետրերը տրվում են G կետի համար (տես՝ նկ. 4.11), իսկ σ_{lip} -ն սովորաբար արտահայտում են ստատիկ բեռնվածության ամրության սահմանով՝ $\sigma_{lip} = k\sigma_R$, $C = N\sigma^m$ պայմանից A կետի համար՝

$$N\sigma_{max}^{m'_l} = N_{lip}\sigma_{lip}^{m'_l} = N_{lip}(k\sigma_R)^{m'_l} = 5 \cdot 10^6 (k\sigma_R)^{m'_l} , \quad (4.17)$$

որտեղից
$$N = 5 \cdot 10^6 (k\sigma_R / \sigma_{max})^{m'_l} : \quad (4.18)$$

(4.18)-ում k , σ_R և m'_l -ի արժեքները վերցվում են տեղեկատու գրականությունից [56, 79]:

Օֆսեթ գլանը մեկ պտույտի ընթացքում երկու անգամ մտնում է հպման գոտիներ, հետևաբար մեկ ժամում կկատարի $N = 2 \cdot 60n$ ցիկլ, որտեղ n -ը գլանի պտուտաթվերն են (պտրոտայ): σ_{max} լարմամբ աշխատելու դեպքում ծառայության ժամկետն, արտահայտված ժամերով, կորոշվի՝

$$t = \frac{N}{120n} \text{ ժամ:} \quad (4.19)$$

Քլորոպրենային կաուչուկի շերտի համար՝ $\sigma_R = 2,6 \text{ ՄՊա}$, $m'_k \approx 3$, $k \approx 0,3$ [49, 64, 65]: Հաշվի առնելով A , B , C շերտերի համար ստացված $\sigma_{max} = 0,206$, $0,213$ և $0,219 \text{ ՄՊա}$ արժեքները (աղ. 4.3), համաձայն (4.18) և (4.19)-ի որոշվել են N ցիկլային երկարակեցությունները և աշխատանքի t ժամկետները օֆսեթ գլանի $n = 120$ պտ/րոպե պտուտաթվերի դեպքում՝

$$N_1 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{0,3 \cdot 2,6}{0,206} \right)^3 = 0,27143 \cdot 10^9 \text{ ցիկլ}, \quad t_1 = \frac{0,27143 \cdot 10^9}{120 \cdot 120} = 18849 \text{ ժամ},$$

$$N_2 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{0,3 \cdot 2,6}{0,213} \right)^3 = 0,24554 \cdot 10^9 \text{ ցիկլ}, \quad t_2 = \frac{0,24554 \cdot 10^9}{120 \cdot 120} = 17051 \text{ ժամ},$$

$$N_3 = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{0,3 \cdot 2,6}{0,219} \right)^3 = 0,22590 \cdot 10^9 \text{ ցիկլ}, \quad t_3 = \frac{0,22590 \cdot 10^9}{120 \cdot 120} = 15688 \text{ ժամ:}$$

Ըստ մեկ տարվա աշխատանքային շաբաթների թվի (51 շաբաթ) և մեկ շաբաթում երկհերթ աշխատանքային ռեժիմի ($40 \times 2 = 80$ ժամ) կստացվի օֆսեթ թաղանթի վերին շերտի ծառայության ժամկետը տարիներով՝ $T = t/4080 = 4,62$, $4,18$, $3,85$ տարի. ընդունենք $\bar{T} \approx 4$ տարի:

Ծառայության ողջ ժամկետի ընթացքում կաուչուկի շերտի մաշումը որոշելու նպատակով կարելի է օգտվել գծային մաշման (1.10) բանաձևից՝ $h = kp^m l$: Համաձայն [65]-ի, եթե չի փոխվում մաշման բնույթը և բեռնվածության ռեժիմը կայուն է, որը բնորոշ է տպագրության գոտում ընթացող երկույթներին, շփական հոգնածային մաշման դեպքում ընդունվում է՝ $m \approx 1$: Վերջնական տեսքով գծային մաշումը կարելի է որոշել

$$\Delta h = kpl, \text{ մկմ},$$

բանաձևով, որտեղ $p = 0,8 \text{ ՄՊա}$, անվանական ճնշումն է հպման գոտում, $l = aN$ ՝ հպման գոտու ընդհանուր երկարությունը ծառայության ողջ ժամկետում, $a = 2\sqrt{R_{\text{օֆս.}} \cdot \delta_{max}}$ (ըստ(4.4)-ի), $R_{\text{օֆս.}} = 106,7 \text{ մմ}$, $k = 6,05 \cdot 10^{-8}$ (ըստ [7, 8]-ի):

Արդյունքում ստացվում է՝

$$\Delta h' = 6,05 \cdot 10^{-8} \cdot 0,8 \cdot 2\sqrt{106,7 \cdot 0,0623} \cdot 0,271 \cdot 10^9 = 0,068 \text{ մմ},$$

$$\Delta h'' = 6,05 \cdot 10^{-8} \cdot 0,8 \cdot 2\sqrt{106,7 \cdot 0,0678} \cdot 0,246 \cdot 10^9 = 0,063 \text{ մմ},$$

$$\Delta h''' = 6,05 \cdot 10^{-8} \cdot 0,8 \cdot 2\sqrt{106,7 \cdot 0,0689} \cdot 0,226 \cdot 10^9 = 0,060 \text{ մմ:}$$

Նշված տարրերից գերադասելի է B տարրերակը ($\Delta h'' = 0,063$ մմ), որն ապահովում է 4 տարվա բնականոն աշխատանք և այդ ընթացքում քլորոպրենային կաուչուկի շերտը մաշվում է մոտ 10,5% -ով, որն էապես չի փոխում համան գոտում ընթացող տեխնոլոգիական գործողությունները:

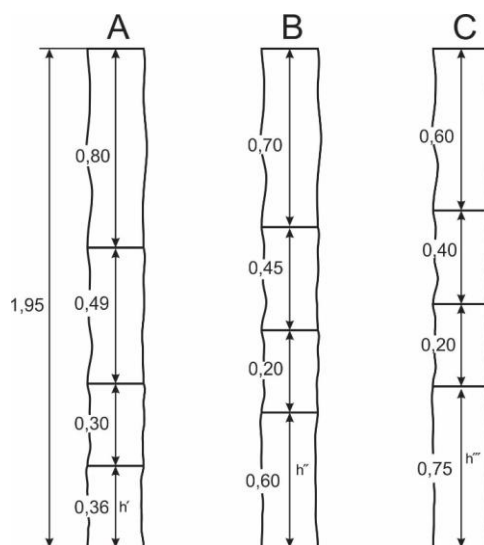
Նմանատիպ եզրակացության կարելի է հանգել, դիտարկելով օֆսեթ թաղանթի առաջադրված A, B, C տարրերակներից ըստ համան գոտում առաջացած սահքի համար օպտիմալ վիճակի ընտրությունը: Ելակետային ընդունելով թաղանթի A տարրերակը, համեմատված են շերտերի կառուցվածքային առանձնահատկությունները (նկ. 4.11) և ՎՏՄ-ով ստացված ընդհանուր դեֆորմացիաների հաշվառմամբ որոշված են ΔS հարաբերական սահքի մեծությունները թաղանթի A, B, C տարրերակների համար ըստ (4.11) բանաձևի.

$$\Delta S_A = 2\sqrt{\delta_{max}^3/R} = 2\sqrt{0,0623^3/106,7} = 0,0311 \text{ մմ},$$

$$\Delta S_B = 2\sqrt{\delta_{max}^3/R} = 2\sqrt{0,0678^3/106,7} = 0,0353 \text{ մմ},$$

$$\Delta S_C = 2\sqrt{\delta_{max}^3/R} = 2\sqrt{0,0689^3/106,7} = 0,0362 \text{ մմ}:$$

Նշված ΔS_A -ի նկատմամբ հարաբերական սահքի փոփոխությունը ΔS_B և ΔS_C -ի դեպքում համապատասխանաբար կազմում է 13,5 և 16,4%: Նախորդ դեպքի նման որպես օպտիմալ ընտրված է օֆսեթ թաղանթի B տարրերակը, որի քլորոպրենային կաուչուկի $\Delta h''$ հաստությունը թաղանթին որոշակի ճկունություն է հաղորդում և համան գոտում ստեղծում բարենպաստ լարվածադեֆորմացիոն վիճակ:



Նկ. 4.11. Օֆսեթ թաղանթի առաջադրվող A, B, C տարրերակները. շերտերի դասավորությունն ու չափը տրված են ըստ 3.1 - 3.4-ի (աղ 4.1)

Հայման գոտու մյուս կարևոր պարամետրը դա α լայնույթն է, որը բնութագրում է օֆսեթ թաղանթից տպաթղթի վրա տպվածքի անցումը և այդ գործընթացի բոլոր բաղադրամասերը և երևույթները, որոնք լայնույթի տարբեր հատվածներում հանդես են գալիս ինչպես միասին, այնպես էլ առանձին սկզբունքով: Այդ պատճառով էլ α մեծությունը երկակի է ազդում տպագրության որակի վրա:

α -ի մեծացումը հայման գոտում ապահովում է տպաթղթի և գլանների միջև հայման կայուն մակերևույթի առաջացմանը, բացառում է թղթի հարաբերական տեղաշարժը երկայնական կամ լայնական ուղղություններով, կամ էլ ճմթված վիճակով մուտքը հայման գոտի և վերջնական արդյունքով նպաստում է տպվածքի բնականոն անցմանը թղթի մակերեսին:

Սակայն α -ի աճի հետ մեկտեղ մեծանում է օֆսեթ և տպագրական գլանների ակնթարթային շառավիղների տարբերությունը, որը փոփոխական է α -ի ողջ երկայնքով և առավելագույնի է հասնում լայնույթի միջնամասում: Ինչպես նշվեց, այս երևույթը հանգեցնում է օֆսեթ թաղանթի մակերևութային շերտի հարաբերական ΔS սահքի աճի, որը միաժամանակ կարող է ազդել տպագրության որակի վրա և խթանել մաշման երևույթներ:

Այդ պատճառով նպատակահարմար է տարաբնույթ երևույթներից ընտրել օպտիմալ միջին տարբերակը, որը համակարգային վերլուծության սկզբունքների համաձայն կապահովի դիտարկվող երևույթների նվազագույն դրսևորումները:

Օֆսեթ թաղանթի ընտրված A, B, C տարբերակների համար ըստ (4.4) բանաձևի և հաշվարկված $\delta_{maxA}, \delta_{maxB}, \delta_{maxC}$ դեֆորմացիաների որոշենք α -ի մեծությունները.

$$\alpha_A = 2\sqrt{R\delta_{maxA}} = 2\sqrt{106,7 \cdot 0,0623} = 5,157 \text{ մմ},$$

$$\alpha_B = 2\sqrt{R\delta_{maxB}} = 2\sqrt{106,7 \cdot 0,0678} = 5,379 \text{ մմ},$$

$$\alpha_C = 2\sqrt{R\delta_{maxC}} = 2\sqrt{106,7 \cdot 0,0689} = 5,423 \text{ մմ}:$$

Նախորդ հաշվարկային սխեմաներին համանման ընտրվում է B տարբերակը, որն ապահովում է α միջին արժեքը, իսկ օֆսեթ թաղանթներից առաջնություն է տրվում միջին հաստության քլորոպրենային կաուչուկին, որն ապահովում է անհրաժեշտ

առաձգականությունը հպման գոտում և տպվածքի բնականոն անցումը տպաթղթի վրա:

Դիտարկենք նաև տպագրական սարքավորման հիմնական կառուցվածքային տարրերին՝ գլանների անջվող հարցերը (տպածնային, օֆսեթ, տպագրական, ներկափոխանցող): Գլանների նյութագիտական (պողպատի մակնիշը) և կոնստրուկտիվ պարամետրերի (L, D) փոփոխություններն էական ազդեցություն չեն գործում տպագոտում ընթացող երևույթների օպտիմալացման վրա, քանի որ գոտում առկա տարրերը (տպածն, տպաթուղթ, օֆսեթ թաղանթ) իրենց ընդգծված առաձգական հատկությունների շնորհիվ կանխորոշում են տպագրական գործողությունների ողջ ընթացքն ու իրականացումը: Այս տեսակետից գլանների նյութի փոփոխությունները չեն ազդի տպագրման որակի բարձրացման վրա: Մյուս կողմից, գլանների երկրաչափական պարամետրերի փոփոխությունները զգալիորեն կազդեն սարքավորման կոնստրուկցիայի վրա և հնարավոր է, որ փոփոխեն կինեմատիկական սխեման: Անմիջապես արտադրական գործընթացում գտնվող սարքավորման համար նման կոնստրուկտիվ փոփոխությունների կատարումը կարող է հանգեցնել արտադրողականության անկմանը և թողարկվող արտադրանքի ծավալների նվազեցմանը: Նման կոնստրուկտիվ փոփոխություններ կարելի է առաջադրել նոր նախագծվող մեքենաների համար, որոնք դեռևս <<-ում չեն արտադրվում:

4.5.2. Տպագրական թղթի օպտիմալ տարբերակի ընտրությունը

Գլուխ 2-ում ներկայացված են 7 տարբեր տեսակարար ծավալով ($q=40...150q/մ^2$) տպաթղթերի մեխանիկական փորձարկումների արդյունքները, որոնք ընդգրկում են տպաթղթերի բավականին մեծ տեսականի՝ իրենց տարբերակված ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշներով և միկրոկառուցվածքով: Հաջորդ քայլով, օգտագործելով ՎՏՄ-ը, օֆսեթ գլանի հպագոտում դիտարկվել է կոնստրուկցիոն տարրերի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը, արդյունքները դասակարգվել են ըստ ստատիկ և դինամիկ բեռնվածության ռեժիմների (խմբեր), իսկ այդ խմբերի ներսում՝ նաև ըստ տպաթղթի երկայնական և լայնական ուղղությունների (ենթախմբեր), հաշվի առնելով միկրոկառուցվածքային անհամաչափությունները, կախված տպաթղթի

պատրաստման տեխնոլոգիայից: Վերջին տեսակետը համեմատաբար քիչ է հետազոտվում, որը հաճախ չի թույլատրում լրիվ օգտագործել տպաթղթի գլանական փաթույթի այն հատվածները, ուր առկա են միայն լայնական ուղղության տեղամասեր, հանել դրանք արտադրությունից որպես թափոններ և վերադարձնել կրկնակի վերամշակման: Կատարված հետազոտությունը թույլ է տալիս բացահայտել նշված տպաթղթերի տեխնոլոգիական հնարավորությունները և կիրառման բնագավառները:

Հետազոտության I փուլում որպես բնութագրական վերցված և ուսումնասիրված են համեմատաբար բարակ, միջին և բարձր հաստության ($h=0,07, 0,08, \text{ և } 0,15 \text{ մմ}$) տպաթղթեր ($N1, N2, N3$ տեսակներ, աղ. 4.2) և ՎՏՄ-ով դիտարկված են դրանց լարվածադեֆորմացիոն վիճակները հայման գոտում: Աղ. 4.2-ի տվյալները վկայում են, որ նշված ենթախմբերի ներսում դրանք իրարից քիչ են տարբերվում, էական են այդ փոփոխությունները ենթախմբերը և հատկապես՝ խմբերն իրար հետ համեմատելիս, այսինքն՝ հաշվարկներում անհրաժեշտ է օգտագործել դինամիկ բեռնվածության ռեժիմին վերաբերող տվյալները: Մյուս կարևոր առանձնահատկությունն այն է, որ ենթախմբերում դիտարկված $N1, N2, N3$ տպաթղթերի տվյալները նույնպես մոտ են: Սա թույլ է տալիս տպաթղթի տեսակի ընտրության դեպքում հիմնականում հաշվի առնել տպաթղթի նյութաբանական և տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները, ինչպես նաև պատրաստի արտադրատեսակի սպառողական հարմարավետությունը: Ելնելով այդ նկատառումներից՝ օպտիմալ է համարվում $N2$ տպաթղթի ընտրությունը, որը բավարարում է այդ պահանջները: Դիտարկենք այդ տպաթղթի կիրառման առավելությունները:

Տպագրական արտադրությունում զգալի ծավալ են գրավում A4 ձևաչափով կամ դրան մոտ պարամետրերով հրատարակչական աշխատանքները (դասագրքեր, մենագրություններ, գրական և հետազոտական նյութեր, ամսագրեր և այլն), որոնք հիմնական ձևավորվում են 250...500 էջի սահմաններում: $N2$ տպաթղթի կիրառման դեպքում բարակ կազմով արտադրատեսակի զանգվածը տատանվում է 385...670 գ, կոշտ կազմի դեպքում՝ 405...730 գ միջակայքում, իսկ հաստությունը՝ 12...24 մմ սահմանում: Նման թղթից պատրաստված արտադրատեսակն ունի հետևյալ առավելությունները. համեմատաբար թեթև է և պարունակում է զգալի ծավալի

տեղեկատվական նյութ, ունի որոշակի ամրություն և դիմացկունություն, չափերն ու զանգվածն ընդունելի են նման 2...3 գրքերի ամենօրյա տեղափոխումն ուսումնական հաստատություն, աշխատավայր և հակառակը:

Հետազոտության II փուլում դիտարկվում են երկայնական և լայնական ուղղություններով կտրված տպաթղթերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների փոփոխման առանձնահատկությունները: Երբ համեմատվում են հպագոտում գործող անվանական և առավելագույն լարումների և դեֆորմացիաների արժեքները, լայնական ուղղությամբ նույնպես պահպանվում է երկայնական ուղղությամբ տվյալների համեմատական գնահատումները, բայց որոշակի ցածր մակարդակի պայմաններում: Բայց սահմանային վիճակում, ինչպես ցույց են տվել Գլ.2-ում ներկայացված տվյալները, նշված երկու ուղղությունների համար խզման ուժերի (\bar{F}_1, \bar{F}_2) և բացարձակ դեֆորմացիաների ($\Delta\delta_1, \Delta\delta_2$) արժեքները տպաթղթի տեսակարար զանգվածի $q=150q/m^2$ արժեքի դեպքում բավական իրար մոտ են: Նույնը դիտվում է նաև «ուժ-դեֆորմացիա» ֆունկցիոնալ կապերի միջև, որոնք մոտ են դասավորված: Դա հաստատում է այն վարկածը, որ անհրաժեշտության դեպքում բարձր q -ով օժտված տպաթղթերի մնացորդային հատվածները կարելի է օգտագործել տպագրության գործընթացում և ընդլայնել տպաթղթերի կիրառման հնարավորությունները:

4.6 Եզրակացություններ 4-րդ գլխի վերաբերյալ

Տպագրական գոտում ընթացող երևույթների հետազոտման և մոդելավորման արդյունքում կարելի է կատարել հետևյալ եզրակացությունները.

1. Օֆսեթային գլանի հպման գոտում թաղանթի դեֆորմացիոն վիճակի և հարաբերական տեղաշարժերի կինեմատիկական վերլուծության արդյունքով ստացվել են առնչություններ դրանք որոշելու և հարաբերական սահքի քանակական գնահատումներ կատարելու համար:

2. Շփման և մաշման մեխանիզմները «տպածնային գլան-օֆսեթ գլան-տպագլան» համակարգի հպման գոտիներում հանդես են գալիս մետաղական, պոլիմերային նյութերի և տպագրական ներկերի առկայության պայմաններում՝ ստեղծելով միաժամանակ գործող ֆիզիկական, քիմիական և մեխանիկական

քայքայման բարդ միջավայր: Վերլուծությունը ցույց է տվել, որ այդ միջավայրում գերակայողները հղկամաշման և ցիկլային մաշման դեպքերն են և բացահայտվել են նշված քայքայման դեպքերի առանձնահատկությունները տպագրման գործընթացում:

3. Ցածր, միջին և բարձր տեսակարար ծավալով ($q = 45 \dots 120 \text{ գ/մ}^2$) ոչ կավճապատ տպագրական թղթերի համար ստացված հպման գոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի պարամետրերը կարող են կիրառվել տվյալ տեսակի տպագրման օպտիմալ ռեժիմներ նշանակելու և դրան համապատասխան որակի տպաթղթեր ընտրելու համար:

4. Ծառայության տրված ժամկետում օֆսեթային թաղանթի գծային մաշման չափը որոշելու նպատակով օգտագործված է դինամիկ բեռնվածության ռեժիմի դեպքում ցիկլային մաշման գնահատման մաթեմատիկական մոդելը և ANSYS ծրագրային փաթեթով ստացված պարամետրերի կիրառմամբ որոշված է օֆսեթ թաղանթի մակերևութային շերտի մաշման արժեքը: Վերցված են օֆսեթ թաղանթի շերտերի պարամետրերի 3 տարբերակներ (A, B, C), որոնց համար քլորոպրենային կաուչուկի շերտը փոփոխվում է $h=0,36\dots0,75 \text{ մմ}$ միջակայքում: Ստացված գծային մաշման չափերը ($\Delta h=0,060\dots0,068 \text{ մմ}$) միջին հաշվով չեն գերազանցում քլորոպրենային շերտի հաստության մոտ $10,5\%$ -ը, որն ընդունելի է:

5. Բարձրորակ տպագրական արտադրանք ստանալու նպատակով բացահայտված է գլանների հպման գոտու α լայնույթի մեծությունը, որը տպագրական մեքենաների զգալի մասի մոտ տատանվում է $4,5\dots5,8 \text{ մմ}$ սահմաններում: Օֆսեթ թաղանթի ընտրված A, B, C տարբերակների համար այն փոփոխվում է $5,16\dots5,42 \text{ մմ}$ միջակայքում և ապահովում հարաբերական սահքի ցածր արժեքներ՝ $\Delta S = 0,031\dots0,036 \text{ մմ}$: Նշված նկատառումներից ելնելով, որպես օպտիմալ ընտրված է օֆսեթ թաղանթի B տարբերակը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ՀԱՆՁՆԱՐԱՐԱԿԱՆՆԵՐ

Կատարված հետազոտության արդյունքներով կարելի է կատարել հետևյալ եզրակացությունները և հանձնարարականները:

1. Կատարված է օֆսեթ տպաթղթի ֆիզիկամեխանիկական պարամետրերի փորձարարական հետազոտություն՝ դրա տեսակարար զանգվածի լայն ընդգրկույթում ($q=45...150$ g/m^2) տպաթղթի միկրոթելքերի երկայնական և լայնական ուղղություններով: Ստացված են տպաթղթի հիմնական ֆիզիկամեխանիկական պարամետրերը և ցույց է տրված, որ q -ի մեծացմանը զուգընթաց դիտարկվում է այդ պարամետրերի արժեքների մոտեցումը միկրոթելքերի նշված ուղղություններով, որը թույլ է տալիս օգտագործել տպաթուղթը նաև լայնական ուղղությամբ, որը նախկինում չէր կիրառվում:

2. Հպագոտում տարրերի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի տեսական վերլուծության հիմքով ստացված են հավասարումներ օֆսեթ գլանի բազմաշերտ թաղանթում լարումների և դեֆորմացիաների գնահատման, ինչպես նաև համան գոտում ճնշման հաստատունությունն ապահովելու համար:

3. Համան գոտում ստատիկ և դինամիկ բեռնվածությունների դեպքում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտումը կատարվել է ANSYS ստանդարտ ծրագրային փաթեթի օգտագործմամբ: Տպման գործընթացի կինեմատիկական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ օֆսեթ թաղանթի անհավասարաչափ դեֆորմացիայի արդյունքով ակնթարթային շառավիղն օֆսեթ գլանի համան գոտում փոփոխական է և հասնում է նվազագույն արժեքի գոտու կենտրոնում, որը հանգեցնում է օֆսեթ գլանի մակերևույթի գծային արագությունների փոփոխմանը և համան գոտում հարաբերական սահքի առաջացմանը, որը և ազդում է տպագրման որակի վրա:

4. Օֆսեթ գլանի թաղանթի մակերևույթային շերտի առաջադրված գծային կոռոզիոն մաշման մաթեմատիկական մոդելի կիրառմամբ որոշված են մակերևույթային թաղանթի ծառայության ժամկետը (մոտ 4 տարի) և գծային մաշման մեծությունը: Ստացված արդյունքները կարող են օգտագործվել մեքենաների պահանջվող

աշխատանքային պայմանների և արտադրանքի անհրաժեշտ որակի ապահովման համար՝ մինչև 7200 հատ/ժամ թողարկման արտադրողականության դեպքում:

5. Հետազոտության արդյունքները կարող են օգտագործվել տպագրական մեքենաների նույնական և անխափան աշխատանքի ապահովման նպատակով, առավել բեռնավորված կառուցվածքային տարրերի (գլանների տպաձևեր և օֆսեթ թաղանթներ) լարվածադեֆորմացիոն վիճակի և մաշման չափի որոշման, ինչպես նաև հիմնավորված ծառայության ժամկետների նշանակման, տեխնիկական սպասարկման և նորոգման աշխատանքների կատարման համար, որոնք կապահովեն տպագրական արտադրանքի կայուն որակը:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Մարգարյան Ա.Ա.** Տպագրական թղթի մեխանիկական հատկությունները // ՃՇՀԱՀ Գիտ. աշխատություններ.-2015.-¹2(57).-էջ 118-123:
2. **Մարգարյան Ա.Ա.** Ֆիզիկամեխանիկական երևույթները տպագրության հպման գոտում // ՃՇՀԱՀ Տեղեկագիր.-2015.-¹3(47).-էջ 104-110:
3. **Մարգարյան Ա.Ա.** Տպագրական թղթի կառուցվածքային ամրությունը // Լրաբեր. Գիտ. հոդվ. ժող., Մ.2.-Երևան, ՀԱՊՀ ճարտարագետ, 2016.-էջ 415-421:
4. **Մարգարյան Ա.Ա.** Տպագրական թղթի ամրության ցուցանիշների քանակական գնահատումը // ՃՇՀԱՀ Տեղեկագիր.-2016.-¹3(52).-էջ 53-62:
5. **Մարգարյան Ա.Ա., Ասատրյան Բ.Ե.** Տպագրական թուղթ: Ուս ձեռն.-Երևան, Ճարտարագետ, 2016.-80 էջ:
6. **Մարգարյան Ա.Ա.** Տպագրական գլանների հպման գոտում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրումը // Լրաբեր. Գիտ. հոդվ. ժող., Մ 2. – Երևան, Ճարտարագետ.-2017.- էջ 543-549:
7. **Մարգարյան Ա.Ա., Բարսեղյան Ռ.Ն., Վերլինսկի Ս.Վ.** Տպագրական մեքենաների աշխատանքային գոտիներում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտումը // Հայաստանի Ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր.- 2018.- Հ.15, ¹1.- էջ 88- 92:
8. **Մարգարյան Ա.Ա., Բարսեղյան Ռ.Ն.,** Տպագրական մեքենաների հպման գոտիներում շփման եվ մաշման գործընթացների գնահատումը //Բանբեր ՀԱՊՀ. Մեխանիկա, մեքենագիտություն, Մեքենաշինություն.- 2018.- ¹1.- էջ 69-75:
9. **Պողոսյան Ա.Կ.** Շփագիտության հիմունքները.- Երևան, “Լույս” հրատ., 1994. - 296 էջ:
10. **Տոնոյան Ա.Ս., Բարսեղյան Ռ.Ն.** Տպագրական արտադրության տեխնոլոգիա: Ուս. ձեռն.- Երևան, Ճարտարագետ.-2011.-98 էջ:
11. **Агапов В.И.** Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкции: Уч. пос. – М.: Изд-во АСВ, 2004.-248с.
12. **Бабаевский П.Г., Кулик С.Г.** Трещиностойкость отверженных полимерных композиций. -М.: Химия, 1991.- 336 с.

13. **Барковский Е.В. Медяк Д.М., Кулак М.И.** Моделирование износа офсетного полотна // Труды БГТУ. Издат. дело и полиграфия. - 2013. - №8.- С. 7-11.
14. **Барковский Е.В. Медяк Д.М., Кулак М.И.** Характерные особенности износа офсетных форм // Труды БГТУ. Издат. дело и полиграфия. - 2015. - №9.- С. 3-6.
15. **Бартенев Г.М., Френкель С.А.** Физика полимеров.-Л.:Химия, 1990.-432с.
16. **Белокрысенко В.Ф.** Офсетные резинотканевые пластины и поддекельные материалы в печатном процессе//Новости полиграфии.- 2003.- № 20. - С. 4 -6.
17. **Варепо Л.Г.** Полиграфические материалы. Бумага: уч. пос.- Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010.-132с.
18. **Вилсон Д. Дж.** Рулонная офсетная печатная машина: механизмы, эксплуатация, обслуживание / Пер. с англ. Н. Герценштейна. - М.: ЦАПТ, 2007. - 424 с.
19. Влияние объемной массы на прочность связи единичного волокна / **А.В. Бывшев, В.В. Левшина, Н.М. Мельничук и др.** // Целлюлоза, бумага, картон.- 1992.-№3.-С.14–15.
20. **Воронов Е.А.** Теория и расчёт механических приводов многокрасочных рулонных ротационных машин. - Омск: ОмПИ, 1992. - 114 с.
21. **Ганиева Н.М.** Проектирование и расчет технологических процессов полиграфического производства: Уч. пос. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 124 с.
22. **Гайсина Э.Н.** Пористая структура бумаги // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Мат. IV всерос. конф.- Екатеринбург, 2008. - С. 248-250.
23. **Герценштейн И.Ш.** Конструирование и расчет печатного оборудования: консп. лекц. - М.: МГУП, 2010 - 136 с.
24. **Германиес Э.** Справочная книга технолога-полиграфиста. -М.: Книга, 1982.-336 с.
25. **ГОСТ 30436-96.** Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Ч.2. Метод растяжения с постоянной скоростью.- Минск: Межгос. Совет по станд., метролог. и сертифик. – ИПК: Изд-во станд., 2001.-8 с.
26. **Груздева И.Г.** Полимерные материалы и пластмассы в полиграфической технике и технологии.-СПб.: Петер. и-т печ., 2007. – 132с.

27. **Давыдов А.Н.** Решение статических задач с использованием пакета программ ANSYS.- Самара: СамГТУ, 1999.-132 с.
28. **Деджидас Л., Дистри Т.** Листовая офсетная печатная машина: механизмы, эксплуатация, обслуживание. — М.: Принт-Медиа центр, 2007. — 488 с.
29. **Замрий А.А.** Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде APM Structure 3D. - М.: Изд.-во АПМ, 2010.-376 с.
30. **Иванов В.Н.** Основы метода конечных элементов и вариационно-разностного метода: Уч. пос. – М.: Изд-во РУДН, 2008.-168 с.
31. **Иванов О.А., Быстров К.Н., Силенко П.Н.** Элементы механики сплошной среды в полиграфии: Уч. пос. – М.: МГУП, 2005. - 80 с.
32. **Инженерный анализ в ANSYS Workbench / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова и др.-** Самара: СамГТУ, 2010.-271 с.
33. Исследование влияния химикатов для флокуляции бумажной массы на процесс формирования бумаги для печати / **Л.Г. Махотина, Т.В. Мандре, А.Ю. Мандре и др. // Целлюлоза. Бумага. Картон.- 2002. - № 5-6.-С.20-27.**
34. **Казаков Я.В., Суханов А.В., Комаров В.И.** Анализ перераспределения локальных деформаций в структуре бумаги в процессе растяжения // Целлюлоза. Бумага. Картон: спец. науч. вып.- Ноябрь., 2006.- С. 51-53.
35. **Казаков Я.В., Комаров В.И.** Математическая обработка кривых зависимости “напряжение-деформация”, полученных при испытании целлюлозно-бумажных материалов на растяжение // Изв. вузов. Лесной журнал.-1995.-№1.-С. 109-114.
36. **Казаков Я.В.** Неоднородность деформирования бумаги // Мат. III Междунар. науч.-техн. конф.– 2015.-С. 17-25.
37. **Киппхан Г.** Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Пер. с нем. - М. : МГУП, 2003. - 1280 с.
38. **Клебанов Я.М., Фокин В.Г., Давыдов А.Н.** Современные методы компьютерного моделирования процессов деформирования конструкций. -Самара: СамГТУ, 2004.-100 с.

39. **Козлов П.В.** Межволоконные связи в целлюлозе: обзор докл. Всесоюзн. науч. сем. // Химия древесины.- 1990.- №5.- С. 113-116.
40. **Комаров В.И.**, Вязкоупругость целлюлозно-бумажных материалов// Изв. вузов. Лесной журнал.-1997.- №6.-С.25-44.
41. **Комаров В.И.** Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов.- Архангелск: Изд-во АГТУ, 2002.- 440с.
42. **Комаров В.И., Носкова Е.С., Дьякова Е.В.** Использование теоретических аспектов нелинейной механики разрушения для анализа вязкоупругого поведения структуры бумаги и картона при приложении растягивающей нагрузки// Изв. вузов. Лесной журнал.-2009.- №2.-С.104-111.
43. **Комаров В.И., Ларина Е.Ю.** Влияние пластических деформаций по толщине и в плоскости листа бумаги, возникающих при испытании на изгиб// Изв. вузов. Лесной журнал.-2010.- №4.-С.89-95.
44. **Крагельский И.В. Михин Н.М.** Узлы трения машин: Справочник.- М.: <<Машиностроение>>, 1994.- 280 с.
45. **Кузнецов Ю.В.** Основы подготовки иллюстраций к печати. Растрирование.- М.: Мир книги, 1998.- 174с.
46. **Кузнецов Ю.В.** Технология обработки изобразительной информации.-СПб.: Петербургский ин-т печ., 2002.- 312с.
47. **Левшина В.В., Бывшев А.В.** Структура и прочность бумажного листа // Химия растительного сырья.- 1999.- №2.- С. 135-141.
48. **Леонтьев В.Н.** Облачность бумаги. Измерение. Влияние на качество оттисков // Сб.: «Современные достижения в производстве и использовании бумаги и картона для печати». Тез. докл., 17-19 февр. 2004 г. - СПб: Бумдревпром, 2004. - С. 119-126.
49. **Липатов Ю.С.** Физико-химические основы наполнения полимеров.-М.: Химия, 1991.-260с.
50. **Лихачёв В.В.** Основы управления качеством печатной продукции. - М.: Мир книги, 1999.-210с.

51. **Лопеш П.** Разработка печатного аппарата для передачи больших удельных давлений: автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – М.: МГУП, 2001. – 22 с.
52. **Лоуренс А. В.** Что полиграфист должен знать о бумаге. / Пер. с англ. Е.Д. Климова – М.: Принт-Медиа центр, 2005. – 360 с.
53. **Лукьянова А.Н.** Моделирование контактной задачи с помощью программы ANSYS.–Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010.–52с.
54. **Мандре А.Ю., Махотина Л.Г., Аким А.Л.** Исследование влияния различных видов АКД на степень проклейки бумаги для офисной техники // Целлюлоза. Бумага. Картон.– 2003.– № 11-12.–С.26-30.
55. **Могонов Р.Г.** Проектирование полиграфического производства: Уч. пос.– М.: МГУП, 2005. – 194 с.
56. **Мур Д.** Трение и смазка эластомеров / Пер. с англ. Г.И. Бродского.– М.: Изд-во “Химия”, 1987.– 264 с.
57. **Мюллер П.** Офсетная печать / Пер. Т. И. Сурановой. –М.: Книга, 1988. – 208 с.
58. Надежность машин и оборудования / **Н.Н. Кокушин, А.А. Тихонов, С.Г. Петров** и др. – СПб.: Изд-во СПб ГТУП, 2013.–67 с.
59. **Наумов В.А.** Начала полиграфического материаловедения. – М.: МГУП, 2002. – 121с.
60. Новое в технологии удержания, обезвоживания, формования бумаги и картона /**Ю.А. Крылатое, Н.И. Афанасьев, А.Ю. Крылатов и др.** // Целлюлоза.Бумага .Картон.– 2003.–№ 7-8.–С.26-30.
61. **Осипов П.В.** Современные достижения в производстве и использовании бумаги и картона для печати // Сб.: «Вопросы повышения качества офисных видов бумаг». Тез. докл., 17-19 февр. 2004 г. – СПб: Бумдревпром, 2004.–С.20-25.
62. **Одинакова Е.В., Куликов Г.Б., Герценштейн И.Ш.** Проектирование полиграфических машин: Учебн.–М.:МГУП, 2003.–411с.
63. Печатное оборудование / **В.П. Митрофанов, А.А. Тюрин, Е.Г. Бирбраер, и др.** – М.: МГУП, 1999. – 442 с.

64. Пластины офсетные резинотканевые. Общие технические условия. Мет. рекоменд.- М.: МГУП, 2004.- 981с.
65. **Проников А.С.** Параметрическая надежность машин.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 560 с.
66. **Раскин А.Н., Ромеиков И.В., Бирюкова И.Д.** и др. Технология печатных процессов.- М.: Книга, 1989.- 430 с.
67. **Самарин Ю.Н.** Технологические процессы автоматизированных производств: Учебн.- М.: МГУП, 2015.- 556 с.
68. **Силенко П.Н.** Динамика бумажного листа в транспортных системах полиграфических машин. - М.: МГУП, 1999. - 167 с.
69. **Солонец В.И.** Исследование зоны перекатывания цилиндров печатной пары // Вестник МГУП.-2005.- №12.- С.86-125.
70. **Солонец В.И.** Исследование процесса лентопроводки через печатные секции и между ними в рулонной офсетной печатной машине // Вестник МГУП.-2007.- № 4. -С 124 - 132.
71. **Солонец В.И.** Исследование жесткостных свойств многослойных упругих покрышек офсетных цилиндров//Вестник МГУП.-2008.- №1.-С.207-214.
72. **Солонец В.И.** Исследование процесса деформации бумажной ленты в зоне печатного контакта между офсетными цилиндрами // Вестник МГУП. – 2008.- № 5. - С. 96 - 100.
73. **Солонец В.И.** Динамика объёмных деформационных процессов в бумажной ленте на участке её проводки между офсетными печатными секциями// Вестник МГУП.- 2008.- №1.- С.191-206.
74. **Суслов М.В., Гуляев С.А., Герценштейн И.Ш.** Диапазон допустимых деформаций цилиндров печатного аппарата// Изв. вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела.- М.: МГУП, 2010.- №4.-С.41-47.
75. **Суслов М.В.** Оптимизация поперечного сечения цилиндров печатной пары //Вестник МГУП.-М.:2007.- №6.- С.27-28.
76. Технология офсетной печати: Курс лекц., Ч1.- Кишинев: ТУМ, 2008.- 83 с.

77. Технология печатных процессов / **А. Н. Раскин, И.В. Ромеиков, Н.Д. Бирюкова и др.**- М.: Книга, 1989.- 430 с.
78. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. / Под ред. П.С. Осипова и др., Т.И. Производство бумаги и картона. Ч.1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб : Политехника, 2005. -423с.
79. Трение, изнашивание и смазка: Справочник, кн. 2 / Под ред. И.В. Крагелского и В.В. Алисина.-М.: Машиностр., 1989. -358 с.
80. **Тюрин А.А.** Печатные машины-автоматы.- М.: “Книга”, 1980. - 416с.
81. **Фиорини М., Молилари М.** Основные параметры печатного процесса и их оперативный контроль. - Верона, 2001.- 30с.
82. **Фляте Д.М.** Свойства бумаги.- М.: Лесная промышленность, 2000.- 680с.
83. **Хайди Толивер- Нигро.** Технологии печати: Уч. пос. / Пер. с. англ. Н. Романова.- М.: ПРИНТ-МЕДИА центр, 2006.-232 с.
84. **Хмельницкий А.К.** Модели и оценки влияния свойств бумаги на качество полиграфической продукции: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. СПб.:СПбГТИ, 2004.-20 с.
85. **Чехман Я.И.** Печатные аппараты (Основы теории): уч. пос. – Киев: УМК ВО, 1989. - 87 с.
86. **Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф.** ANSYS для инженеров. – М.: Машиностроение, 2004.- 506 с.
87. **Шахкельдян Б. Н., Загаринская Л.А.** Полиграфические материалы - М.: “Книга”, 1988. - 328 с.
88. **Шелофаст В.В.** Основы проектирования машин. - М.: Изд-во АПМ, 2004. - 472 с.
89. **Штоляков В.И. и др.** Офсетные печатные машины : Уч. пос. - М.: Изд-во МГУП, 1999. - 216 с.
90. **Штоляков В.И., Аль Халаби Рафе** Геометрическое скольжение цилиндров в контактных зонах офсетного печатного аппарата // Известия вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела.- 2007.-№ 5.- С. 10-15.

91. **Штоляков В.И., Румянцев В.Н.** Печатное оборудование: учебник. - М.: МГУП, 2011. - 519 с.
92. **Щербина Ю.В.** Динамические свойства процессов управления движением бумаги и краски в рулонных печатных машинах.-М.: МГУП, 2003.-270 с.
93. ANSYS Basic Analysis Procedures Guide. ANSYS Release 11.- ANSYS Inc., 2008.
94. **Deng M., Dodson C.T.J.** Paper: an Engineered Stochastic Structure. – Atlanta: TAPPI PRESS, 1994.- P. 308.
95. **Jerome M. Gess.** Retention of fines and fillers during papermaking. -Atlanta, 1998.-357p.
96. **Kazakov YA., Komarov. V., Suhanov A.** Analysis of local deformations and stresses in structure of handmade sheets with different furnish under tensile loading // “Progress in paper physics seminar”: Proc. Helsinki Univ. of Technology.- Otaniemi, Finland, 2-5 June, 2008.- P. 201-205.
97. **Leo Neimo.** Papermaking chemistry. - Helsinki, Finland, 1999.- 329 p.
98. **Lu W., Carlsson L.A.** Micro-model of paper. Part 2. Statistical analysis of the paper structure // Tappi. -1996.- №1.- P. 203-210.
99. **Patrik Huber, Christian Pierre, Christian Bermond.** Comparing the fiber flocculation behavior of several wet-end retention systems // Tappi Journal. - 2004.- Vol. 3. No. 5. - P. 19-23.
100. **Zhuravlev G. A., Karpenko V.A.** Analysis of pressure force between two cylinders // Mechanics, Automation and Robotics.- P. 10-14.
101. **Zmeskal O., Nezadal M., Buchnec M.** Fractal Analysis of Printed Structures // Journal of imaging science and technology. – 2002. - Vol.46, No.5.- P.453- 456.
102. <http://compuart.ru/article/14503>
103. <https://superbotanik.net/referati/izdatelskoe-delo-i-poligrafiya/statya-ofsetnye-rezinothanevye-plastiny-i-poddekelnye-materialy-v-pechatnom-processe>
104. <http://compuart.ru/article/16814>
105. <http://www.offsetprintingtechnology.com/sub-categories/blanket-for-offset-printing/>

ՀԱՎԵԼՎԱԾՆԵՐ

ՀԱՎԵԼՎԱԾ 1 (Հ1)

ԹԵՐԹԱՅԻՆ ԹՂԹԻ ($q = 45 \dots 150 \text{ Գ/Մ}^2$) ՁԳՄԱՆ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Աղյուսակ 1.1

Չափում №	Թերթային թուղթ, 45 Գ/մ ² , երկայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ
1	5	0,6	5	1,0	5	0,5	5	0,7	5	0,5
2	10	1,1	10	1,1	10	0,6	10	1,3	10	0,7
3	15	1,6	15	2,1	15	1,4	15	2,0	15	1,5
4	20	1,8	20	2,3	20	2,6	20	2,5	20	1,9
5	25	2,1	25	2,4	25	2,7	25	3,3	25	2,5
6	30	2,9	30	3,2	30	3,7	30	3,8	30	3,3
7	35	3,1	35	3,5	35	3,9	35	4,1	35	3,4
8	40	3,7	40	3,9	40	4,4	40	4,8	40	4,0
9	45	4,0	45	4,2	45	4,8	45	5,0	45	4,5
10	50	4,6	50	4,8	50	5,2	50	5,4	50	4,9
11	55*	5,1*	55*	5,3*	55*	5,9*	55*	6,1*	55*	5,5*
12	60*	5,6*	60*	5,8*	60*	6,1*	60*	6,4*	60*	6,3*

Աղյուսակ 1.2

Չափում №	Թերթային թուղթ, 45 Գ/մ ² , լայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ
1	5	1,1	5	0,8	5	0,8	5	0,6	5	0,9
2	10	1,8	10	1,6	10	1,7	10	1,3	10	1,4
3	15	2,7	15	2,0	15	2,1	15	2,2	15	2,5
4	17,5	2,9	17,5	2,6	17,5	2,7	17,5	3,0	17,5	2,8
5	17,5	3,1	17,5	3,0	17,5	3,0	17,5	3,2	17,5	2,9
6	17,5	3,2	17,5	3,4	17,5	3,3	17,5	3,4	17,5	3,4
7	20	3,3	20	3,5	20	3,6	20	3,9	20	3,5
8	20	3,4	20	3,6	20	3,8	20	4,1	20	3,7
9	20	4,0	20	4,3	20	4,6	20	4,7	20	4,0
10	25	5,8	25	6,0	25	6,2	25	6,3	25	6,4
11	25*	6,5*	25*	6,7*	25*	7,0*	25*	7,2*	25*	6,6*
12	30*	7,1*	30*	7,3*	30*	7,6*	30*	8,2*	30*	6,9*

- *)-ով նշված են F_1^* , F_2^* քայքայման ուժերի և դրանց համապատասխանող $\Delta\delta_1^*$, $\Delta\delta_2^*$ դեֆորմացիաների արժեքները,
- Աղ. 1.1, 1.3, 1.5, 1.9, 1.11, 1.13-ը վերաբերում են թղթի երկայնական, իսկ աղ. 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 1.10, 1.12, 1.14 -ը՝ լայնական ուղղություններով փորձարկումներին:

Չափում №	Թերթային թուղթ, 60 գ/մ ² , երկայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ
1	10	1,3	10	1,0	10	1,0	10	0,7	10	0,8
2	20	1,6	20	1,6	20	2,3	20	1,4	20	1,9
3	30	2,2	30	2,7	30	2,9	30	2,9	30	2,6
4	30	2,4	30	2,8	30	3,1	30	3,1	30	3,0
5	40	2,7	40	2,9	40	3,7	40	3,2	40	3,4
6	40	2,8	40	3,1	40	3,9	40	3,6	40	3,5
7	50	3,6	50	3,9	50	4,7	50	4,1	50	4,4
8	50	3,8	50	4,0	50	4,9	50	4,5	50	4,6
9	60	4,1	60	4,6	60	5,4	60	4,8	60	4,7
10	60	4,3	60	4,7	60	5,6	60	5,0	60	4,9
11	70	4,9	70	5,3	70	6,4	70	5,8	70	5,0
12	70	5,1	70	5,4	70	6,9	70	5,9	70	5,7
13	75	5,2	75	5,6	75	7,0	75	6,0	75	6,2
14	75*	5,4*	75*	5,8*	75*	7,1*	75*	6,5*	75*	6,3*
15	80*	6,0*	80*	6,3*	80*	7,2*	80*	6,8*	80*	6,5*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 60 գ/մ ² , լայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ
1	10	1,7	10	1,6	10	2,0	10	1,3	10	1,8
2	20	2,4	20	2,1	20	2,4	20	2,6	20	2,5
3	20	3,0	20	2,8	20	3,1	20	2,9	20	2,7
4	30	3,7	30	3,7	30	4,8	30	4,1	30	4,2
5	30	4,5	30	3,9	30	5,2	30	4,5	30	4,4
6	30	5,3	30	4,0	30	5,6	30	5,1	30	5,4
7	35	6,1	35	4,8	35	6,0	35	5,5	35	6,2
8	35	6,7	35	5,2	35	6,8	35	5,9	35	6,4
9	35	7,3	35	6,0	35	7,2	35	6,0	35	6,5
10	40	7,9	40	8,0	40	8,4	40	8,4	40	8,2
11	40*	8,0*	40*	8,2*	40*	8,8*	40*	9,0*	40*	8,5*
12	45*	9,2*	45*	9,3*	45*	9,4*	45*	9,5*	45*	9,0*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 70 գ/մ ² , երկայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F ₁ , Ն	Δδ ₁ , մմ	F ₁ , Ն	Δδ ₁ , մմ	F ₁ , Ն	Δδ ₁ , մմ	F ₁ , Ն	Δδ ₁ , մմ	F ₁ , Ն	Δδ ₁ , մմ
1	30	1,0	30	1,3	30	1,2	30	1,3	30	0,9
2	40	1,4	40	1,5	40	1,7	40	1,6	40	1,3
3	50	1,9	50	1,7	50	2,0	50	2,2	50	1,8
4	60	1,9	60	2,2	60	2,9	60	2,4	60	2,6
5	70	2,5	70	2,7	70	3,4	70	2,9	70	2,8
6	80	3,4	80	3,8	80	3,7	80	3,2	80	3,6
7	90	3,7	90	3,9	90	4,2	90	4,0	90	3,9
8	100	4,2	100	4,8	100	4,6	100	4,4	100	4,5
9	110	4,4	110	4,9	110	5,2	110	5,7	110	5,0
10	110	4,7	110	5,2	110	5,6	110	5,8	110	5,1
11	120	5,2	120	5,5	120	5,9	120	6,2	120	5,7
12	120	5,4	120	5,6	120	6,3	120	6,4	120	5,8
13	130	5,8	130	6,1	130	6,4	130	6,9	130	6,0
14	130	5,9	130	6,3	130	6,5	130	7,1	130	6,2
15	135	5,9	135	6,3	135	6,5	135	7,1	135	6,2
16	135*	6,1*	135*	6,4*	135*	6,9*	135*	7,2*	135*	6,3*
17	140*	6,4*	140*	6,8*	140*	7,1*	140*	7,3*	140*	6,6*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 70 գ/մ ² , լայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F ₂ , Ն	Δδ ₂ , մմ	F ₂ , Ն	Δδ ₂ , մմ	F ₂ , Ն	Δδ ₂ , մմ	F ₂ , Ն	Δδ ₂ , մմ	F ₂ , Ն	Δδ ₂ , մմ
1	10	1,5	10	1,3	10	1,0	10	0,7	10	1,1
2	20	2,1	20	1,6	20	2,2	20	1,8	20	2,3
3	20	2,0	20	1,7	20	2,5	20	1,9	20	2,4
4	30	2,7	30	3,1	30	3,7	30	3,9	30	3,2
5	30	2,8	30	3,0	30	3,7	30	4,2	30	3,4
6	30	2,9	30	3,0	30	3,8	30	4,3	30	3,6
7	40	4,8	40	5,4	40	5,8	40	6,3	40	4,4
8	40	4,9	40	5,5	40	5,9	40	6,7	40	4,6
9	40	5,1	40	5,6	40	6,0	40	6,8	40	4,8
10	50	5,5	50	6,4	50	7,2	50	6,9	50	5,9
11	50	5,7	50	6,7	50	7,7	50	7,0	50	6,2
12	50	6,0	50	6,9	50	8,3	50	7,1	50	6,3
13	55	7,8	55	8,0	55	8,3	55	8,2	55	7,9
14	55*	8,1*	55*	8,4*	55*	8,9*	55*	9,5*	55*	8,5*
15	60*	9,6*	60*	10,0*	60*	10,5*	60*	10,6*	60*	10,4*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 80 գ/մ ² , երկայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ
1	30	1,3	30	1,9	30	1,7	30	1,6	30	1,5
2	40	1,6	40	2,2	40	2,0	40	2,0	40	1,8
3	50	1,8	50	2,2	50	2,1	50	2,5	50	1,9
4	60	2,0	60	2,3	60	2,6	60	2,8	60	2,5
5	70	2,6	70	2,8	70	2,9	70	3,3	70	2,7
6	80	2,7	80	3,7	80	3,1	80	3,5	80	3,2
7	90	3,0	90	4,0	90	3,5	90	3,9	90	3,7
8	100	3,7	100	4,4	100	4,0	100	4,1	100	4,2
9	110	3,9	110	4,9	110	4,4	110	4,6	110	4,4
10	120	4,4	120	5,5	120	4,7	120	5,0	120	4,9
11	130	4,8	130	6,0	130	5,0	130	5,3	130	5,7
12	140	6,0	140	6,5	140	5,5	140	5,8	140	6,2
13	150	6,3	150	6,7	150	6,0	150	6,1	150	6,5
14	155*	6,4*	155*	6,8*	155*	6,6*	155*	6,5*	155*	6,7*
15	160*	6,6*	160*	7,2*	160*	7,5*	160*	6,8*	160*	6,9*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 80 գ/մ ² , լայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ
1	10	1,0	10	0,7	10	0,6	10	0,7	10	0,8
2	20	2,0	20	1,3	20	1,1	20	1,5	20	1,4
3	30	2,3	30	2,0	30	1,8	30	2,5	30	2,6
4	30	3,0	30	3,0	30	3,0	30	3,5	30	2,8
5	40	3,1	40	3,5	40	3,6	40	4,5	40	3,7
6	40	5,0	40	3,9	40	4,1	40	5,3	40	4,2
7	50	5,7	50	4,8	50	5,3	50	7,0	50	5,9
8	50	6,0	50	5,0	50	6,5	50	7,5	50	6,1
9	55	6,8	55	6,6	55	7,1	55	7,6	55	6,2
10	60	8,0	60	7,9	60	7,6	60	9,3	60	8,2
11	60*	8,9*	60*	8,0*	60*	9,1*	60*	9,4*	60*	8,4*
12	65*	9,2*	65*	8,2*	65*	10,1*	65*	9,9*	65*	8,5*

Աղյուսակ 1.9

Չափում №	Թերթային թուղթ, 100 գ/մ ² , երկայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ
1	30	0,8	30	1,5	30	1,2	30	1,7	30	1,3
2	40	1,2	40	1,8	40	1,5	40	2,1	40	1,6
3	50	1,5	50	2,3	50	1,9	50	2,6	50	2,4
4	60	1,8	60	2,4	60	2,6	60	3,1	60	2,8
5	70	2,2	70	2,7	70	2,9	70	3,6	70	3,0
6	80	2,9	80	3,2	80	3,7	80	3,9	80	4,2
7	90	3,0	90	3,3	90	3,8	90	4,5	90	4,3
8	100	3,6	100	4,1	100	4,3	100	5,4	100	4,7
9	110	4,2	110	4,8	110	5,0	110	5,9	110	4,7
10	110	4,7	110	5,2	110	5,5	110	6,0	110	4,9
11	130	5,1	130	5,3	130	5,8	130	6,2	130	5,2
12	140	5,7	140	6,1	140	6,4	140	6,9	140	6,6
13	150	6,1	150	6,5	150	6,8	150	7,1	150	7,2
14	160*	6,3*	160*	6,8*	160*	7,4*	160*	7,7*	160*	7,3*
15	165*	6,6*	165*	7,2*	165*	7,6*	165*	8,0*	165*	7,7*

Աղյուսակ 1.10

Չափում №	Թերթային թուղթ, 100 գ/մ ² , լայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ
1	10	0,5	10	0,6	10	0,8	10	1,0	10	0,7
2	20	1,2	20	1,5	20	1,6	20	1,8	20	1,7
3	30	1,4	30	1,7	30	2,0	30	2,5	30	2,3
4	30	1,5	30	1,8	30	2,2	30	2,7	30	2,4
5	40	1,9	40	2,3	40	2,7	40	3,1	40	2,5
6	40	2,2	40	2,5	40	2,9	40	3,3	40	2,6
7	50	3,6	50	4,1	50	4,4	50	4,9	50	4,5
8	50	3,9	50	4,2	50	4,6	50	5,2	50	4,6
9	60	5,1	60	5,6	60	6,1	60	6,9	60	5,9
10	60	5,3	60	6,0	60	6,4	60	7,1	60	6,2
11	65	7,3*	65	7,4*	65	7,7*	65	8,2*	65	8,0*
12	70	7,6*	70	7,7*	70	8,0*	70	8,8*	70	8,4*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 120 գ/մ ² , երկայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ N°N° 1, 6		Փորձանմուշներ N°N° 2, 7		Փորձանմուշներ N°N° 3, 8		Փորձանմուշներ N°N° 4, 9		Փորձանմուշներ N°N° 5, 10	
	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ
1	30	0,8	30	1,1	30	1,3	30	1,5	30	1,0
2	40	1,0	40	1,3	40	1,6	40	1,8	40	1,4
3	50	1,2	50	1,4	50	1,8	50	2,0	50	1,7
4	60	1,5	60	1,8	60	2,1	60	2,4	60	2,0
5	70	1,9	70	2,1	70	2,3	70	2,7	70	2,2
6	80	2,2	80	2,5	80	2,7	80	3,1	80	2,9
7	90	2,4	90	2,9	90	3,0	90	3,4	90	3,2
8	100	2,8	100	3,0	100	3,2	100	3,7	100	3,3
9	120	3,4	120	3,8	120	4,3	120	4,6	120	4,1
10	130	4,1	130	4,3	130	4,9	130	5,2	130	4,5
11	140	5,0	140	5,3	140	5,7	140	6,1	140	5,8
12	150	5,7	150	6,0	150	6,2	150	6,6	150	6,8
13	160	5,9	160	6,2	160	6,9	160	7,4	160	7,2
14	165*	6,6*	165*	6,8*	165*	7,2*	165*	7,6*	165*	7,4*
15	170*	6,6*	170*	7,0*	170*	7,3*	170*	8,0*	170*	7,7*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 120 գ/մ ² , լայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ N°N° 1, 6		Փորձանմուշներ N°N° 2, 7		Փորձանմուշներ N°N° 3, 8		Փորձանմուշներ N°N° 4, 9		Փորձանմուշներ N°N° 5, 10	
	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ
1	20	0,5	20	0,6	20	1,2	20	0,9	20	0,8
2	30	1,1	30	0,9	30	1,7	30	1,4	30	1,3
3	40	1,6	40	1,9	40	2,3	40	2,0	40	1,8
4	50	2,2	50	2,6	50	2,9	50	2,5	50	2,4
5	60	2,7	60	3,0	60	3,8	60	3,4	60	3,1
6	60	2,9	60	3,2	60	3,9	60	3,6	60	3,3
7	70	3,3	70	3,8	70	5,2	70	4,6	70	4,7
8	70	3,7	70	3,9	70	5,5	70	4,8	70	4,9
9	80	4,6	80	5,2	80	6,1	80	5,7	80	5,5
10	80	4,8	80	5,5	80	6,5	80	5,8	80	6,0
11	85*	5,9*	85*	6,4*	85*	7,9*	85*	7,3*	85*	6,8*
12	90*	6,1*	90*	6,7*	90*	8,1*	90*	7,5*	90*	7,8*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 150 գ/մ ² , երկայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ	F_1 , Ն	$\Delta\delta_1$, մմ
1	30	1,2	30	0,9	30	0,5	30	0,7	30	1,0
2	40	1,6	40	1,1	40	0,6	40	0,8	40	1,1
3	50	1,8	50	1,3	50	0,7	50	1,0	50	1,2
4	60	2,1	60	1,8	60	1,4	60	1,2	60	1,6
5	70	2,4	70	2,1	70	1,9	70	1,4	70	1,8
6	80	2,9	80	2,4	80	2,2	80	1,9	80	2,3
7	90	3,0	90	2,8	90	2,3	90	2,1	90	2,6
8	100	3,2	100	2,9	100	2,6	100	2,4	100	2,8
9	120	3,9	120	3,7	120	3,3	120	3,2	120	3,5
10	130	4,5	130	4,3	130	3,9	130	3,7	130	4,1
11	140	5,0	140	4,6	140	4,2	140	3,9	140	4,5
12	150	5,5	150	5,1	150	4,8	150	4,4	150	5,0
13	160	6,1	160	5,9	160	5,4	160	5,1	160	5,6
14	170	6,7	170	6,3	170	6,0	170	5,8	170	6,5
15	175*	7,2*	175*	6,9*	175*	6,6*	175*	6,1*	175*	6,8*
16	180*	7,3*	180*	7,0*	180*	6,7*	180*	6,2*	180*	7,2*

Չափում №	Թերթային թուղթ, 150 գ/մ ² , լայնական ուղղություն									
	Փորձանմուշներ №№ 1, 6		Փորձանմուշներ №№ 2, 7		Փորձանմուշներ №№ 3, 8		Փորձանմուշներ №№ 4, 9		Փորձանմուշներ №№ 5, 10	
	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ	F_2 , Ն	$\Delta\delta_2$, մմ
1	20	0,5	20	0,7	20	1,3	20	1,4	20	0,6
2	30	0,9	30	1,2	30	1,7	30	1,6	30	1,0
3	40	1,0	40	1,7	40	2,0	40	1,8	40	1,3
4	50	1,3	50	2,0	50	2,9	50	2,3	50	1,8
5	60	1,7	60	2,2	60	3,2	60	2,4	60	2,0
6	70	2,1	70	2,7	70	3,3	70	2,9	70	2,8
7	80	2,8	80	3,0	80	3,4	80	3,4	80	2,9
8	90	3,0	90	3,9	90	4,3	90	4,0	90	3,7
9	100	4,3	100	4,4	100	5,3	100	5,1	100	4,7
10	120	4,9	120	5,5	120	6,7	120	6,1	120	6,4
11	120	5,1	120	5,9	120	7,0	120	6,4	120	6,5
12	130	6,7	130	7,1	130	8,1	130	7,7	130	7,6
13	130	6,9	130	7,5	130	8,4	130	7,9	130	7,7
14	135*	7,9*	135*	8,1*	135*	9,1*	135*	8,9*	135*	8,4*
15	140*	8,2*	140*	8,4*	140*	9,3*	140*	9,0*	140*	8,9*

Փորձանմուշների քայքայման պարամետրերը

$q = 45 \text{ Գ/Ա}^2$														
Փորձանմուշի №-ը	1	2	3	4	5	Միջին արժեքը	6	7	8	9	10	Միջին արժեքը	Ընդհ. միջինը	$\overline{F_2^*}/\overline{F_1^*}$
$F_1^*, \text{ Լ}$	55						60						57,5	0,478
$\Delta\delta_1^*, \text{ մմ}$	5,1	5,3	5,9	6,1	5,5	5,58	5,6	5,8	6,1	6,4	6,5	6,08	5,83	
$F_2^*, \text{ Լ}$	25						30						27,5	
$\Delta\delta_2^*, \text{ մմ}$	6,5	6,7	7,0	7,2	6,6	6,80	7,1	7,3	7,6	8,2	6,9	7,42	7,11	
$q = 60 \text{ Գ/Ա}^2$														
$F_1^*, \text{ Լ}$	75						80						77,5	0,548
$\Delta\delta_1^*, \text{ մմ}$	5,4	5,8	7,1	6,5	6,3	6,22	6,0	6,3	7,2	6,8	6,5	6,56	6,39	
$F_2^*, \text{ Լ}$	40						45						42,5	
$\Delta\delta_2^*, \text{ մմ}$	8,0	8,2	8,8	8,9	8,5	8,48	9,2	9,3	9,4	9,5	9,0	9,28	8,88	
$q = 70 \text{ Գ/Ա}^2$														
$F_1^*, \text{ Լ}$	135						140						137,5	0,418
$\Delta\delta_1^*, \text{ մմ}$	6,1	6,4	6,9	7,2	6,3	6,58	6,4	6,8	7,1	7,3	6,6	6,84	6,71	
$F_2^*, \text{ Լ}$	55						60						57,5	
$\Delta\delta_2^*, \text{ մմ}$	8,1	8,4	8,9	9,5	8,5	8,68	9,6	10,0	10,5	10,6	10,4	10,22	9,45	
$q = 80 \text{ Գ/Ա}^2$														
$F_1^*, \text{ Լ}$	155						160						157,5	0,397
$\Delta\delta_1^*, \text{ մմ}$	6,4	6,8	6,6	6,5	6,7	6,60	6,6	7,2	7,5	6,8	6,9	7,00	6,80	
$F_2^*, \text{ Լ}$	60						65						62,5	
$\Delta\delta_2^*, \text{ մմ}$	8,9	8,0	9,1	9,4	8,4	8,76	9,2	8,2	10,1	9,9	8,5	9,18	8,97	
$q = 100 \text{ Գ/Ա}^2$														
$F_1^*, \text{ Լ}$	160						165						162,5	0,415
$\Delta\delta_1^*, \text{ մմ}$	6,3	6,8	7,4	7,7	7,3	7,10	6,6	7,2	7,6	8,0	7,7	7,42	7,26	
$F_2^*, \text{ Լ}$	65						70						67,5	
$\Delta\delta_2^*, \text{ մմ}$	7,3	7,4	7,7	8,2	8,0	7,72	7,6	7,7	8,0	8,8	8,4	8,10	7,91	
$q = 120 \text{ Գ/Ա}^2$														
$F_1^*, \text{ Լ}$	165						170						167,5	0,522
$\Delta\delta_1^*, \text{ մմ}$	6,6	6,8	7,2	7,6	7,4	7,12	6,6	7,0	7,3	8,0	7,7	7,32	7,22	
$F_2^*, \text{ Լ}$	85						90						87,5	
$\Delta\delta_2^*, \text{ մմ}$	5,9	6,4	7,9	7,3	6,8	6,86	6,1	6,7	8,1	7,5	7,8	7,24	7,05	
$q = 150 \text{ Գ/Ա}^2$														
$F_1^*, \text{ Լ}$	175						180						177,5	0,775
$\Delta\delta_1^*, \text{ մմ}$	7,2	6,9	6,6	6,1	6,8	6,72	7,3	7,0	6,7	6,2	7,2	6,88	6,8	
$F_2^*, \text{ Լ}$	135						140						137,5	
$\Delta\delta_2^*, \text{ մմ}$	7,9	8,1	9,1	8,9	8,4	8,48	8,2	8,4	9,3	9,0	8,9	8,76	8,62	

Փորձարկումների մեխանիկական պարամետրերը

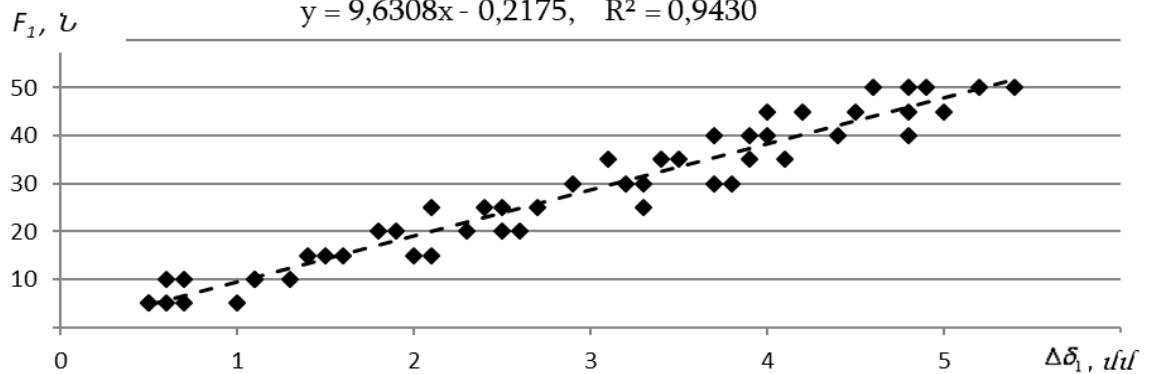
№	q, q/ս²	Քայքայման հարաբերական երկարացում, %			Ձգման ամրություն, կՆ/մ			Ձգման ամրության ինդեքս, կՆ·մ/q	
		δ_1	δ_2	δ_2/δ_1	S_1	S_2	S_2/S_1	I_1	I_2
1	45	2,33	2,84	1,22	2,30	1,10	0,48	51,111	24,444
2	60	2,56	3,55	1,39	3,10	1,70	0,55	51,667	28,333
3	70	2,68	3,78	1,41	5,50	2,30	0,42	78,571	32,857
4	80	2,72	3,59	1,32	6,30	2,50	0,40	78,750	31,250
5	100	2,90	3,16	1,09	6,50	2,70	0,42	65,000	27,000
6	120	2,89	2,82	0,98	6,70	3,50	0,52	55,833	29,167
7	150	2,72	3,45	1,27	7,10	5,50	0,77	47,333	36,667

ծանոթություն. $F_2^*/F_1^* = S_2/S_1 = I_2/I_1$

$F_1 = f_1(\Delta\delta_1)$ և $F_2 = f_2(\Delta\delta_2)$ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ
ՏԱՐԲԵՐԱԿՆԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

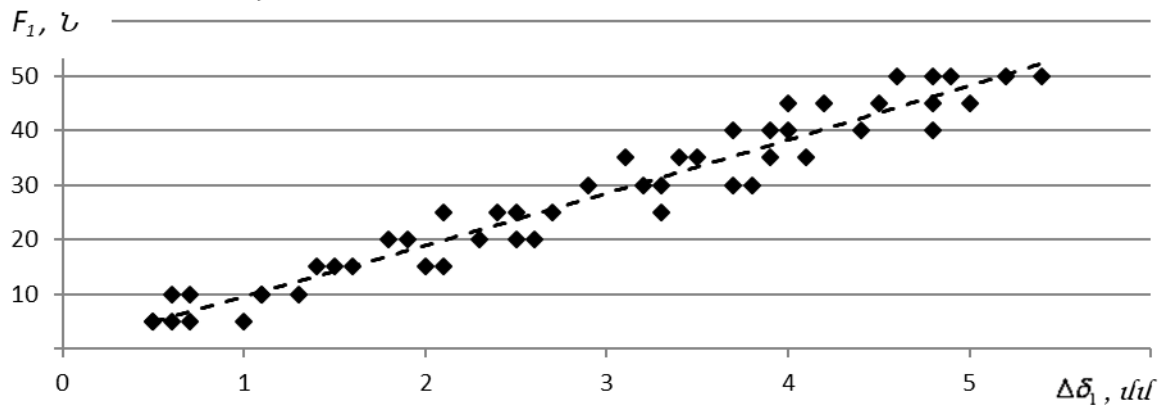
Թերթային թուղթ, 45 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$y = 9,6308x - 0,2175, R^2 = 0,9430$



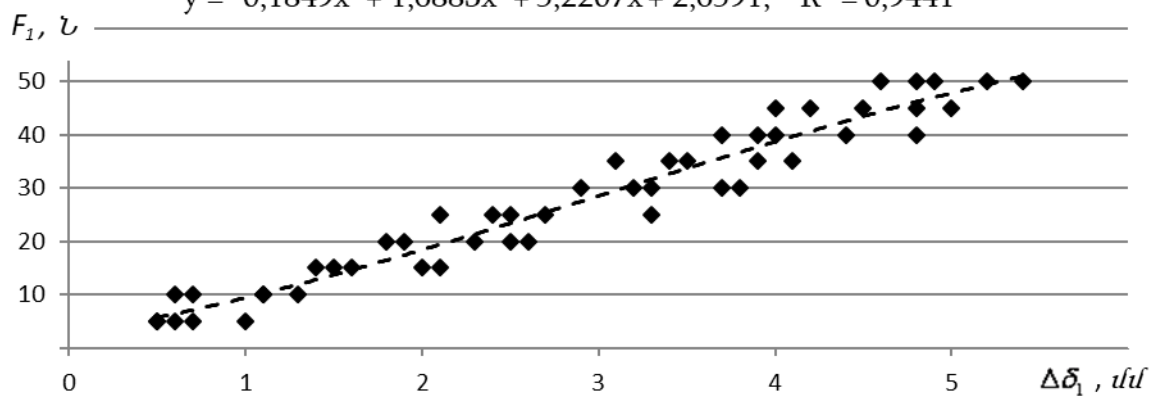
Թերթային թուղթ, 45 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$y = 0,1022x^2 + 9,0555x + 0,3779, R^2 = 0,9432$



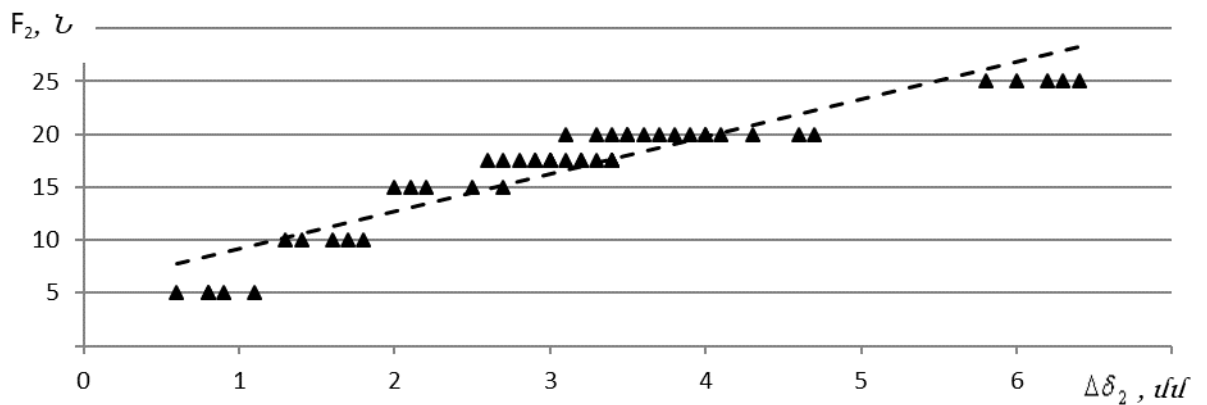
Թերթային թուղթ, 45 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$y = -0,1849x^3 + 1,6883x^2 + 5,2207x + 2,6591, R^2 = 0,9441$



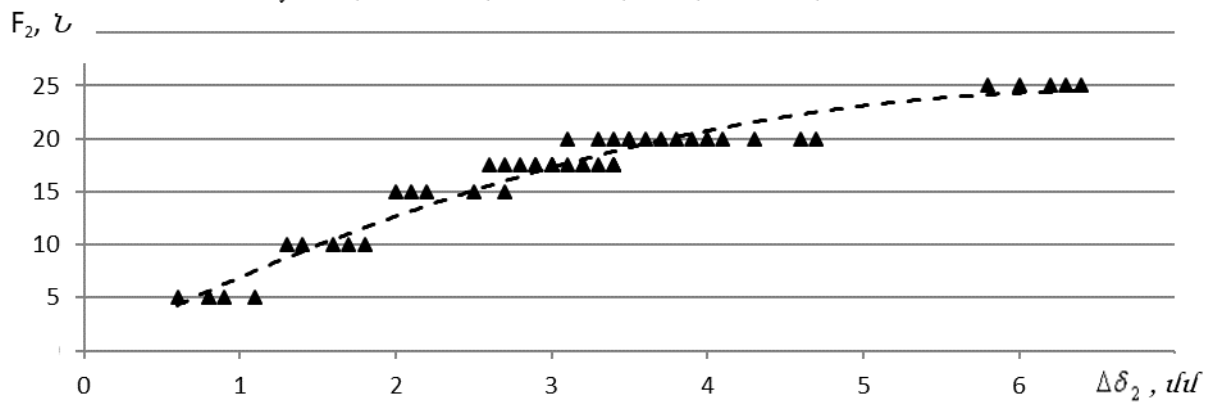
Թերթային թուղթ, 45 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 3,5406x + 5,59, \quad R^2 = 0,8662$$



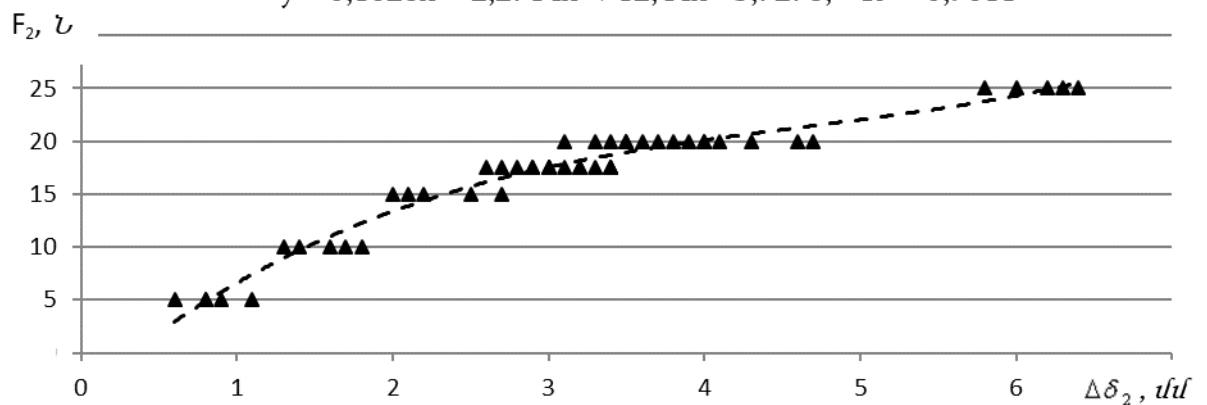
Թերթային թուղթ, 45 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = -0,567x^2 + 7,4507x + 0,0279, \quad R^2 = 0,9506$$



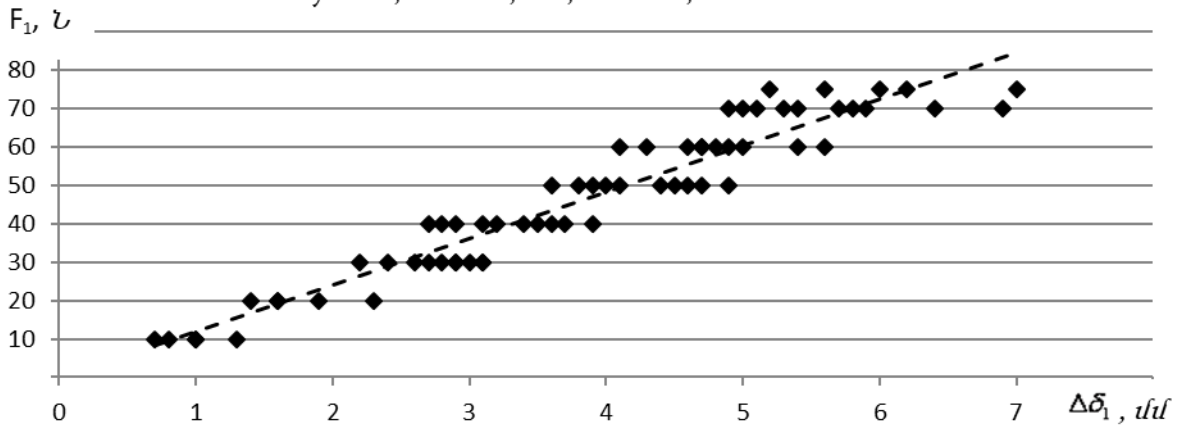
Թերթային թուղթ, 45 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 0,1628x^3 - 2,2714x^2 + 12,44x - 3,7278, \quad R^2 = 0,9611$$



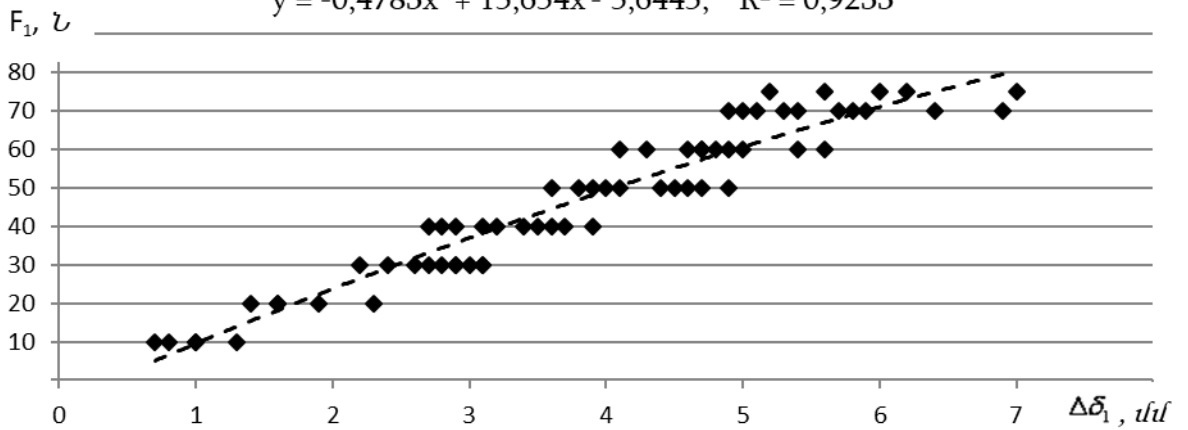
Թերթային թուղթ, 60 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 12,079x - 0,122, \quad R^2 = 0,9189$$



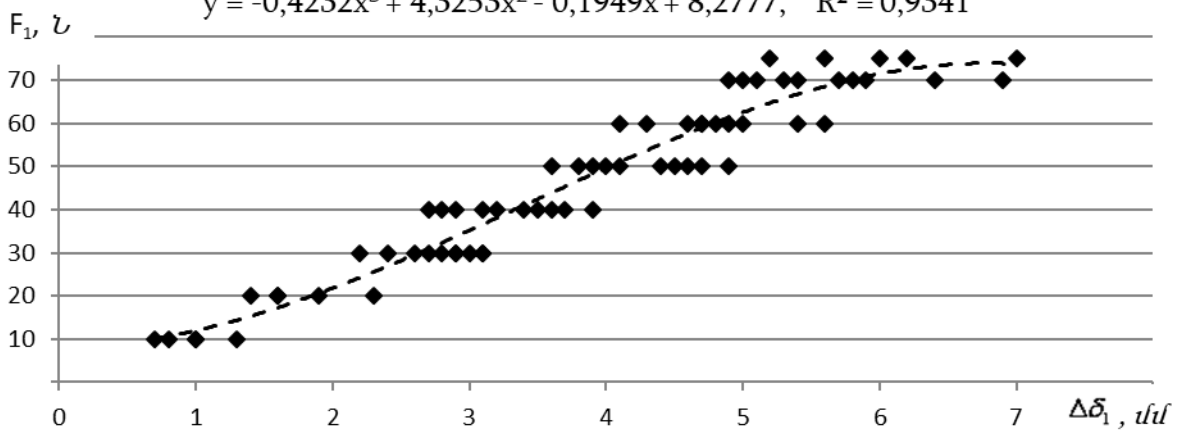
Թերթային թուղթ, 60 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -0,4783x^2 + 15,654x - 5,6445, \quad R^2 = 0,9233$$



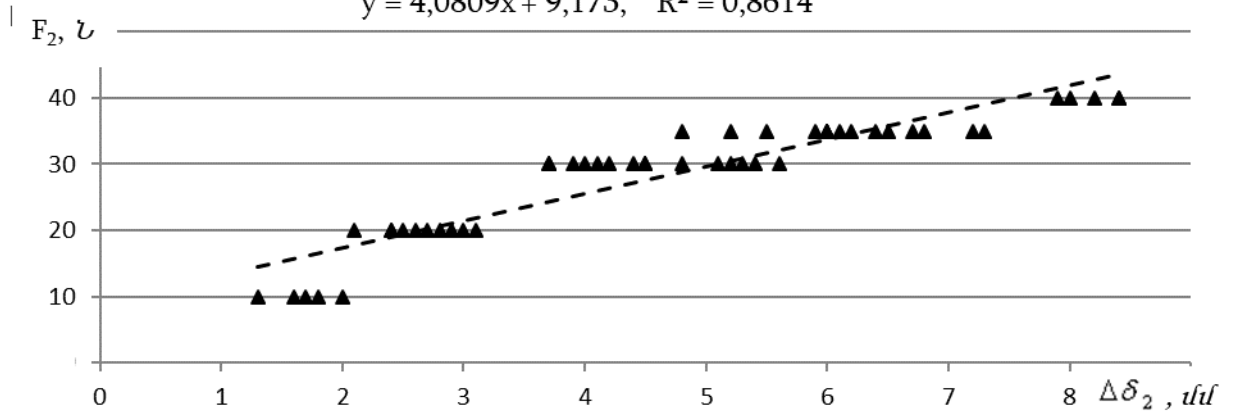
Թերթային թուղթ, 60 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -0,4232x^3 + 4,3253x^2 - 0,1949x + 8,2777, \quad R^2 = 0,9341$$



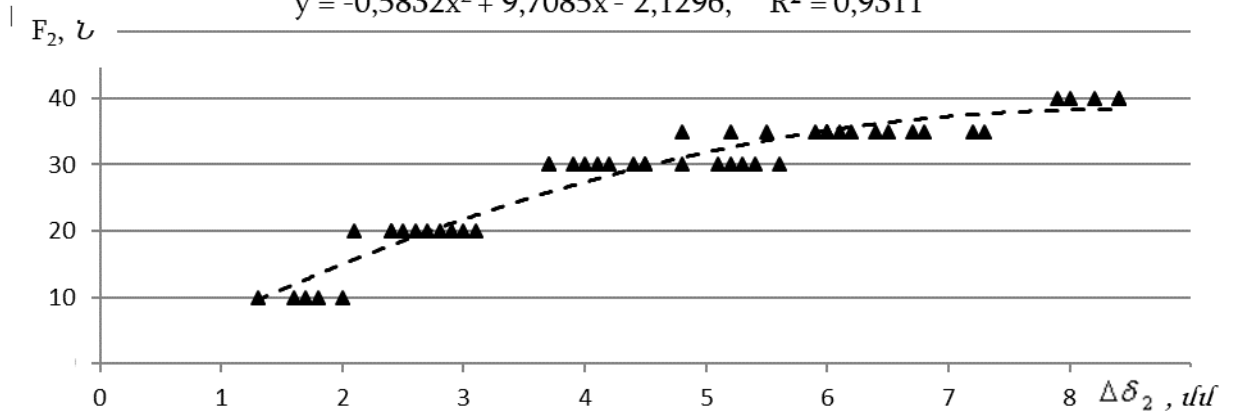
Թերթային թուղթ, 60 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 4,0809x + 9,173, \quad R^2 = 0,8614$$



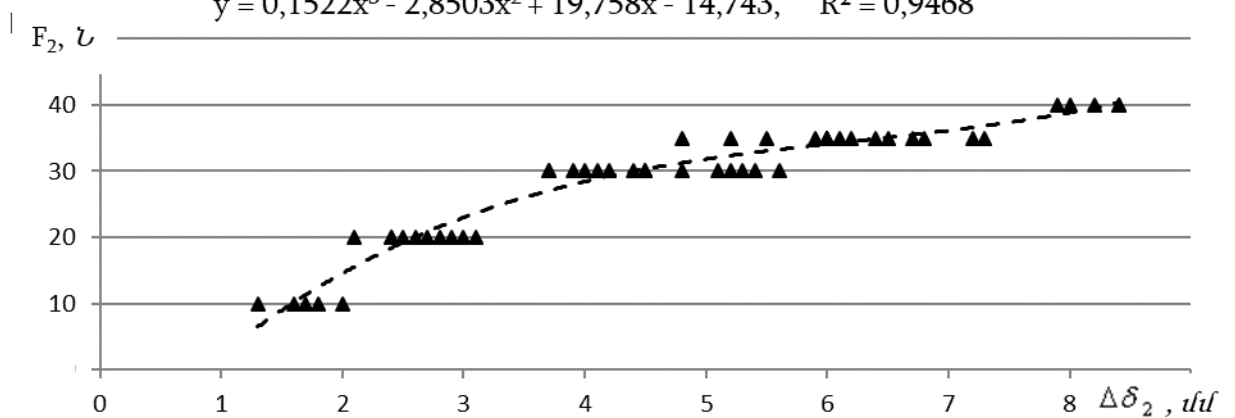
Թերթային թուղթ, 60 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = -0,5832x^2 + 9,7085x - 2,1296, \quad R^2 = 0,9311$$



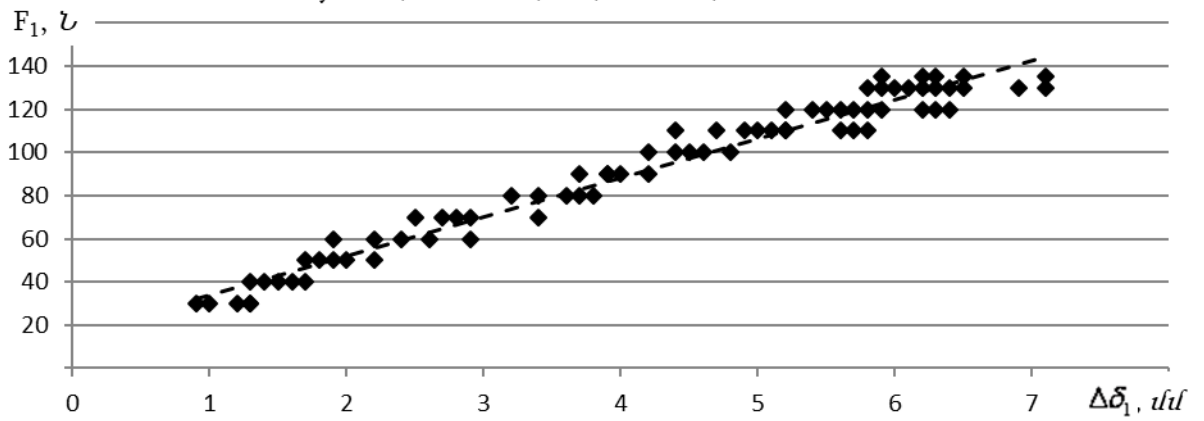
Թերթային թուղթ, 60 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 0,1522x^3 - 2,8503x^2 + 19,758x - 14,743, \quad R^2 = 0,9468$$



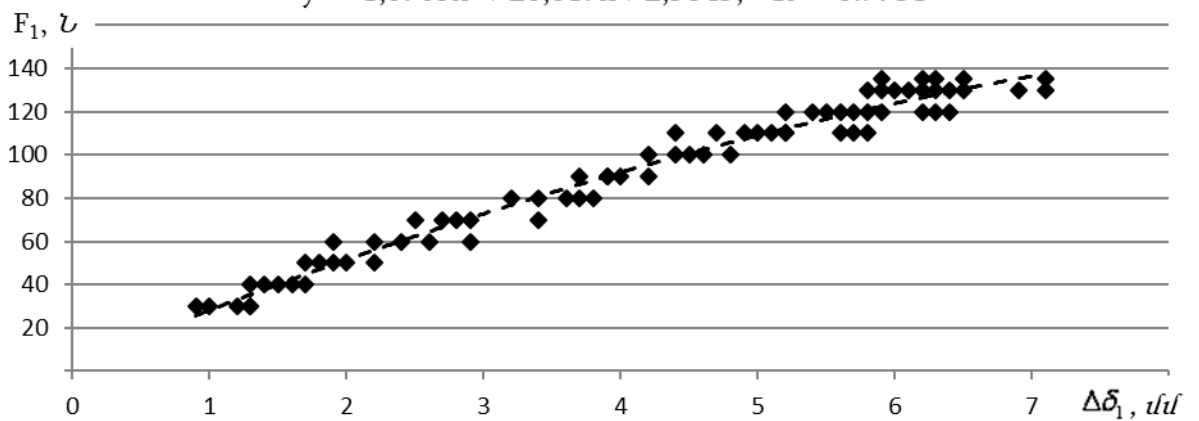
Թերթային թուղթ, 70 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 18,149x + 15,732, \quad R^2 = 0,9656$$



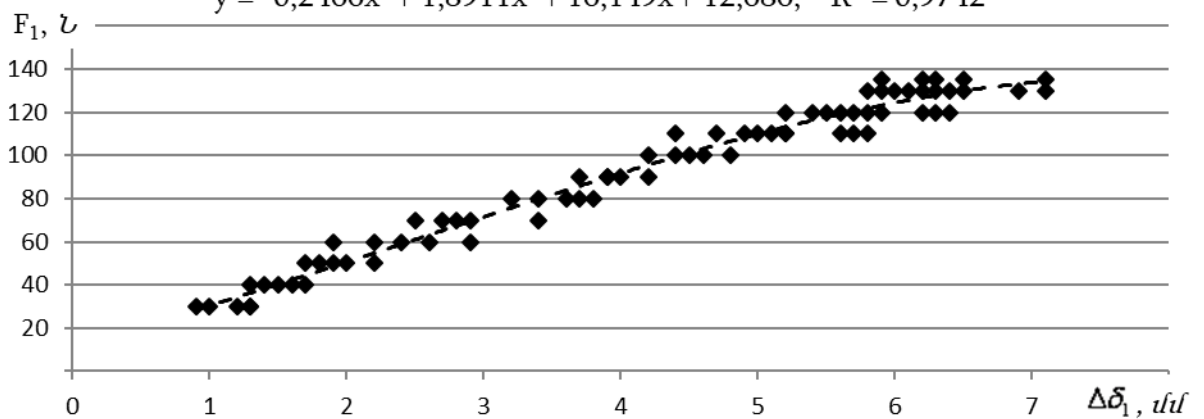
Թերթային թուղթ, 70 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -1,0705x^2 + 26,619x + 2,5845, \quad R^2 = 0.9731$$



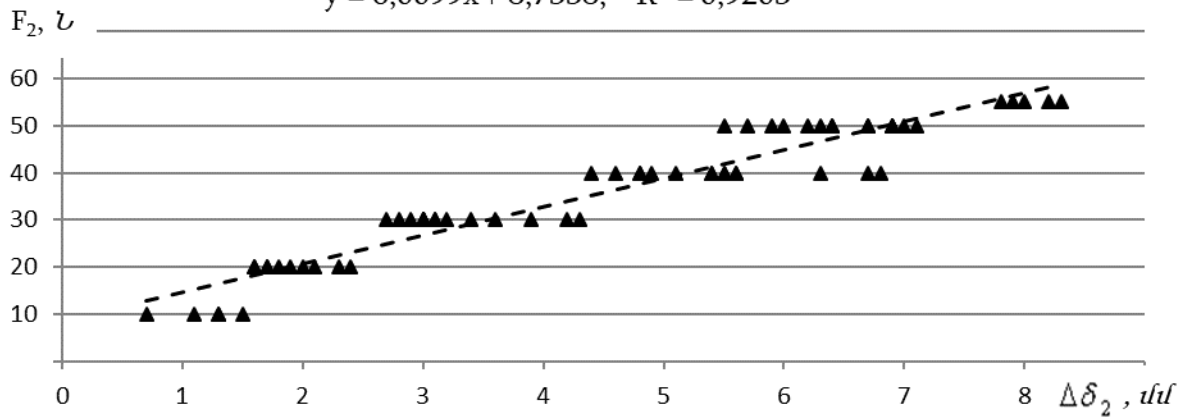
Թերթային թուղթ, 70 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -0,2466x^3 + 1,8911x^2 + 16,149x + 12,686, \quad R^2 = 0,9742$$



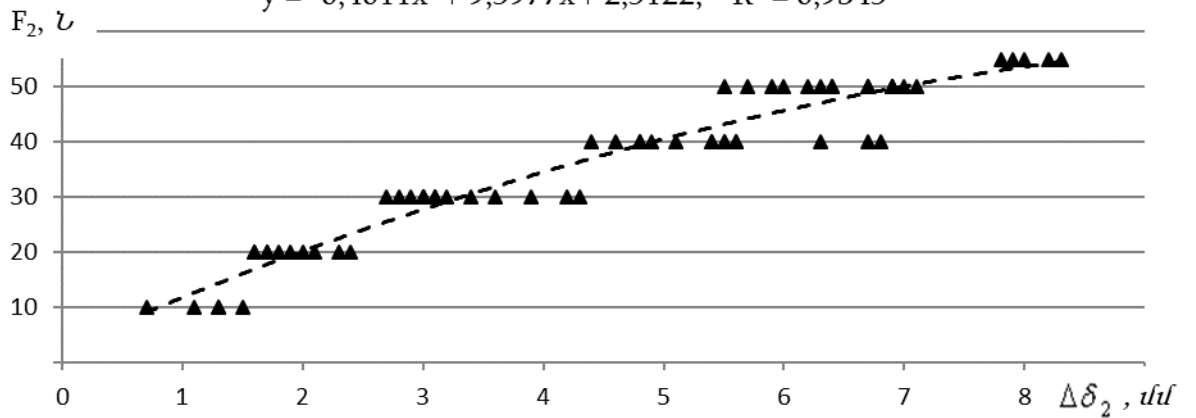
Թեքրթային թուղթ, 70 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 6,0099x + 8,7338, \quad R^2 = 0,9203$$



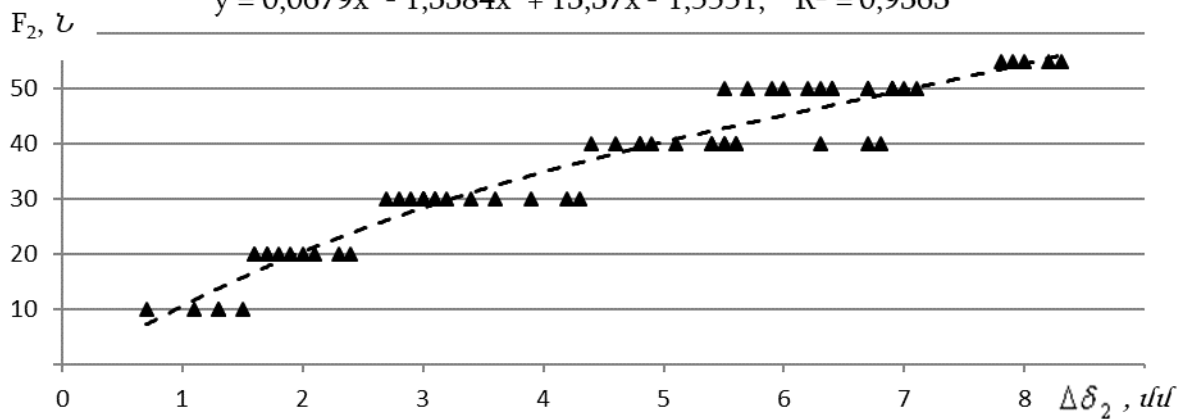
Թեքրթային թուղթ, 70 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = -0,4011x^2 + 9,5977x + 2,5122, \quad R^2 = 0,9345$$



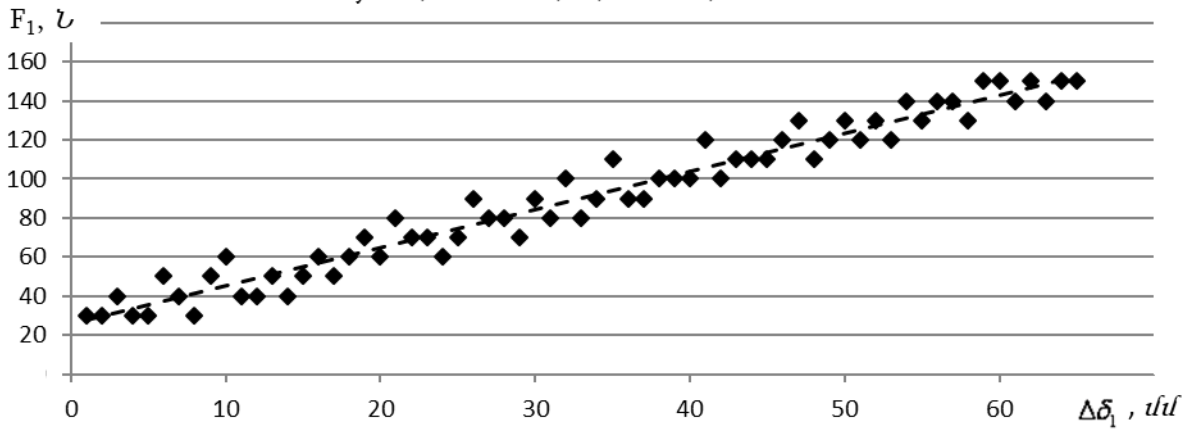
Թեքրթային թուղթ, 70 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 0,0679x^3 - 1,3384x^2 + 13,37x - 1,5551, \quad R^2 = 0,9363$$



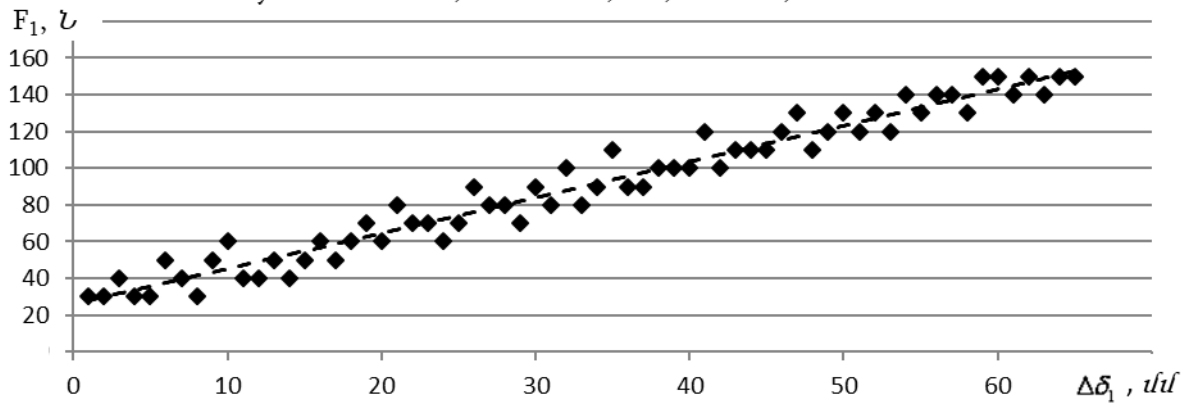
Թերթային թուղթ, 80 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 1,953x + 25,54, \quad R^2 = 0,959$$



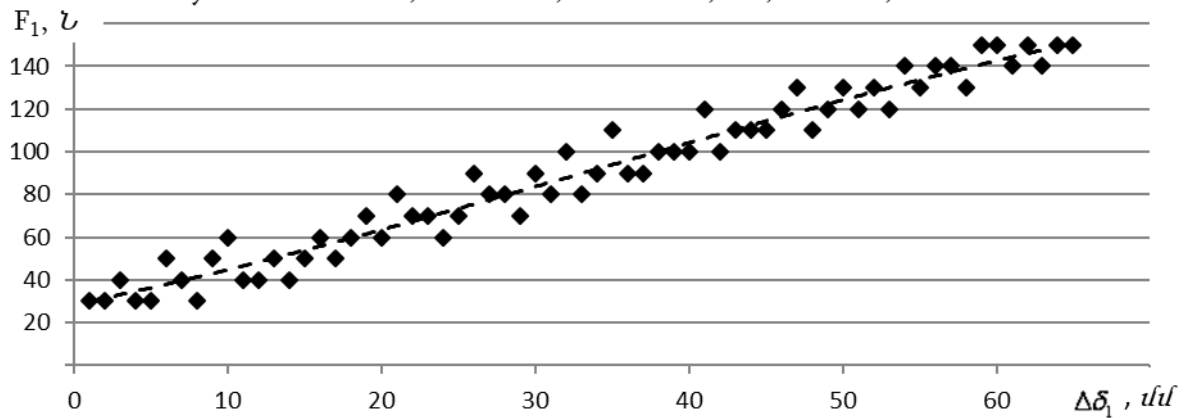
Թերթային թուղթ, 80 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 7 \cdot 10^{-4} x^2 + 1,9088x + 26,039, \quad R^2 = 0,9593$$



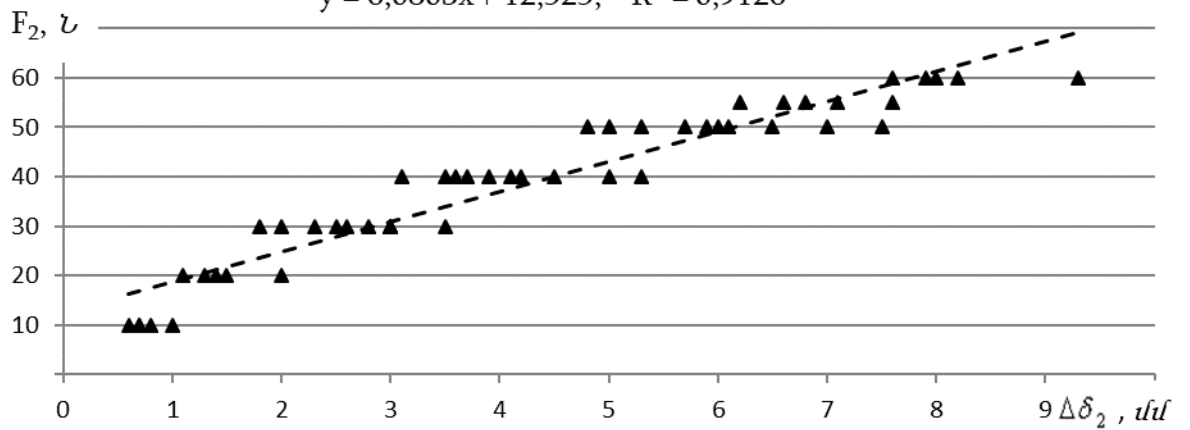
Թերթային թուղթ, 80 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -2 \cdot 10^{-4} x^3 + 0,0176x^2 + 1,4575x + 28,616, \quad R^2 = 0,9598$$



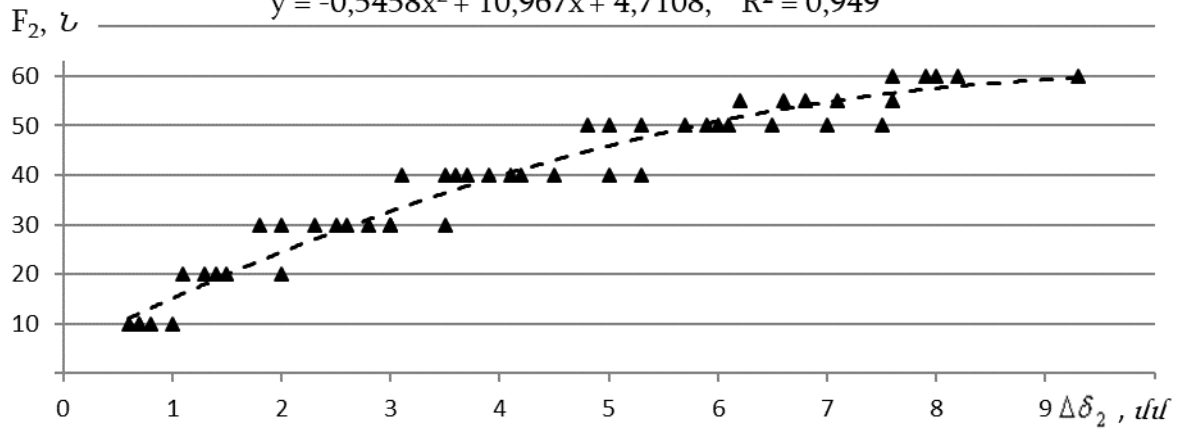
Թերթային թուղթ, 80 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 6,0803x + 12,525, \quad R^2 = 0,9126$$



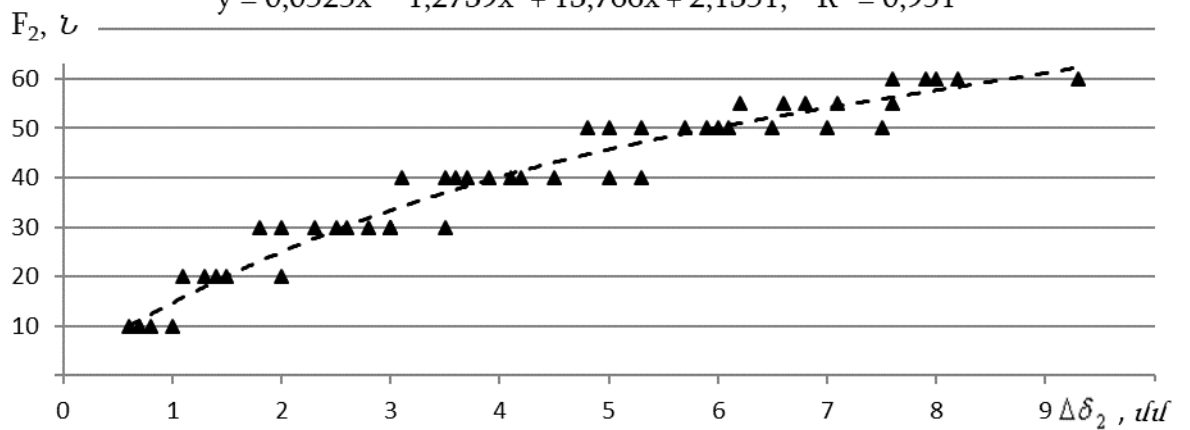
Թերթային թուղթ, 80 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = -0,5458x^2 + 10,967x + 4,7108, \quad R^2 = 0,949$$



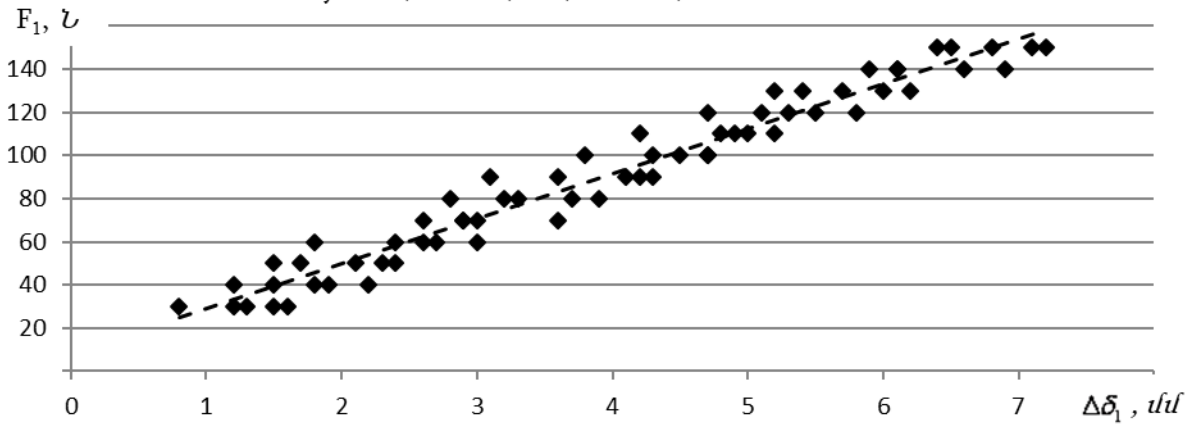
Թերթային թուղթ, 80 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 0,0525x^3 - 1,2739x^2 + 13,766x + 2,1351, \quad R^2 = 0,951$$



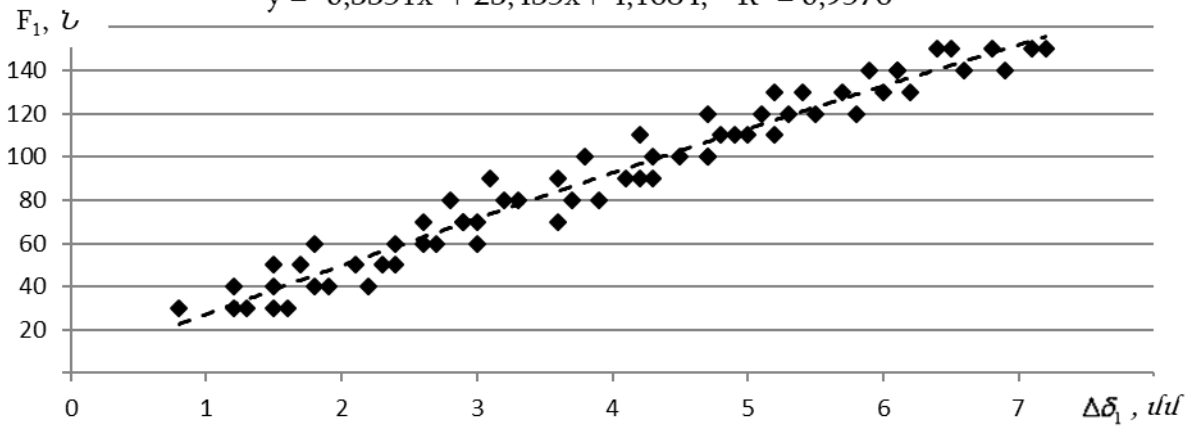
Թերթային թուղթ, 100 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 20,75x + 8,489, \quad R^2 = 0,956$$



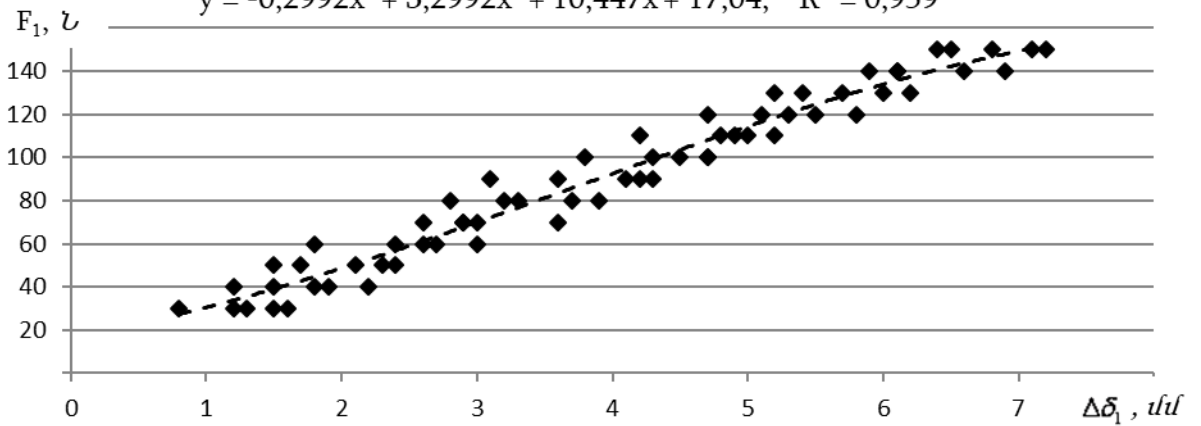
Թերթային թուղթ, 100 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -0,3351x^2 + 23,435x + 4,1684, \quad R^2 = 0,9576$$



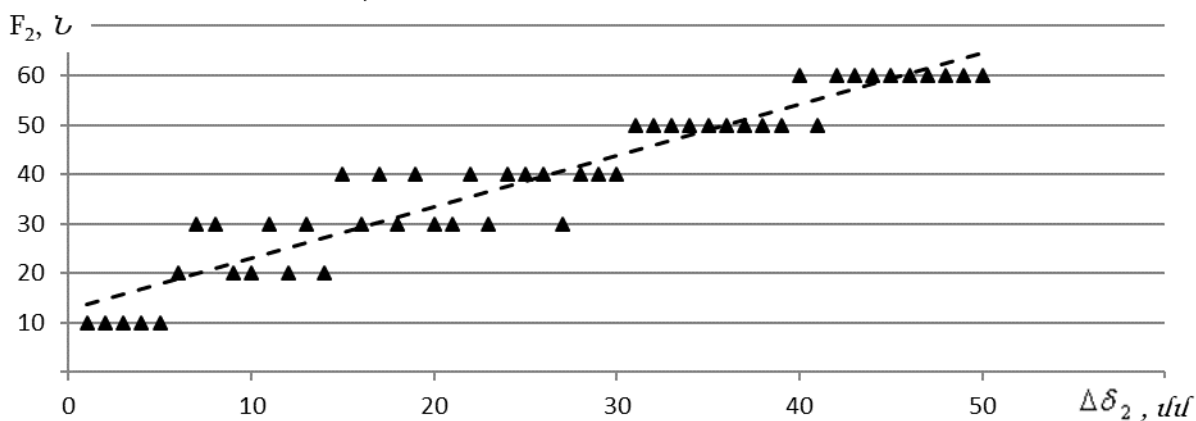
Թերթային թուղթ, 100 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -0,2992x^3 + 3,2992x^2 + 10,447x + 17,04, \quad R^2 = 0,959$$



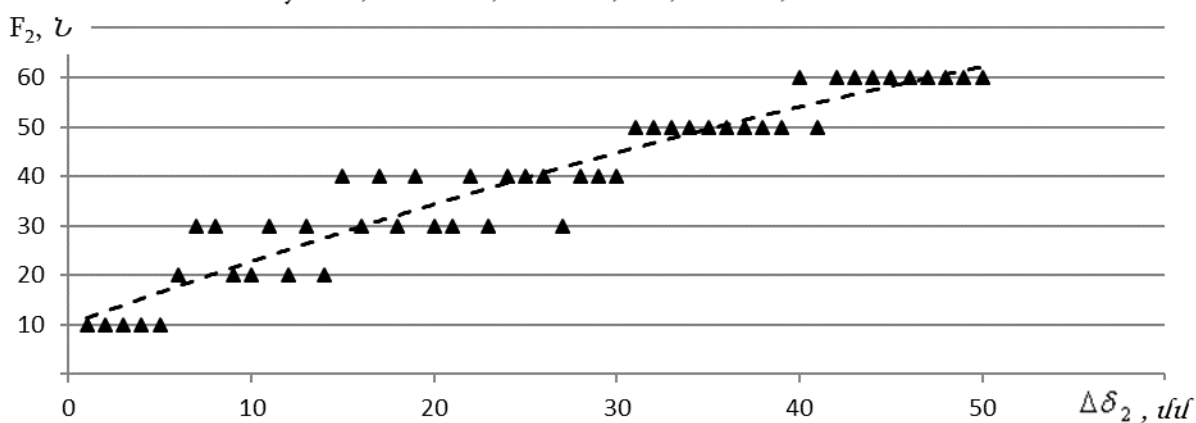
Թերթային թուղթ, 100 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 1,0377x + 12,539, \quad R^2 = 0,9006$$



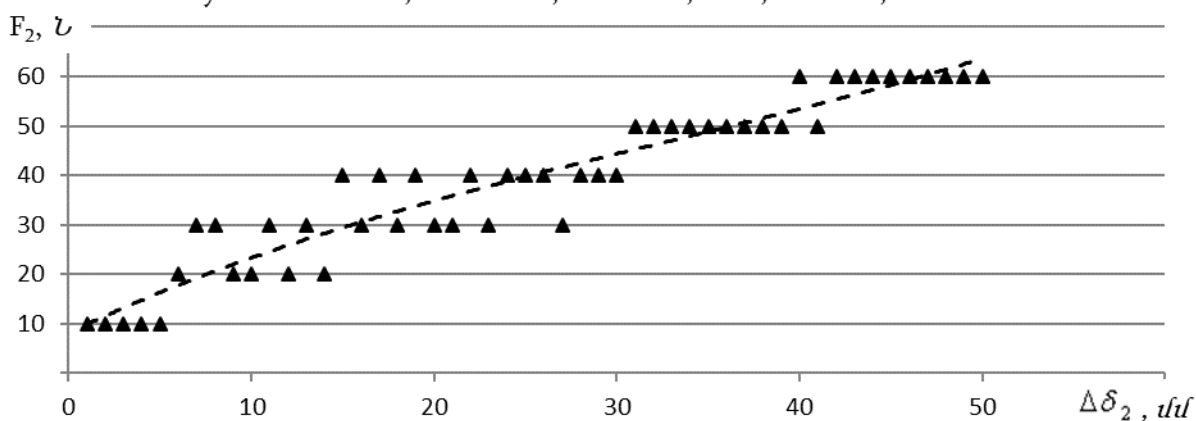
Թերթային թուղթ, 100 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = -0,005x^2 + 1,332x + 9,987, \quad R^2 = 0,905$$



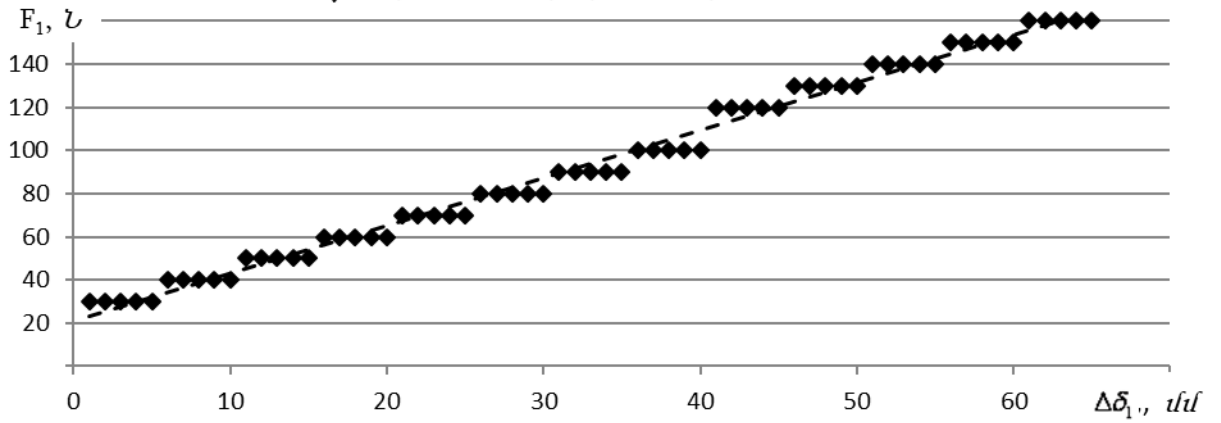
Թերթային թուղթ, 100 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 3 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0257x^2 + 1,7434x + 8,1537, \quad R^2 = 0,9067$$



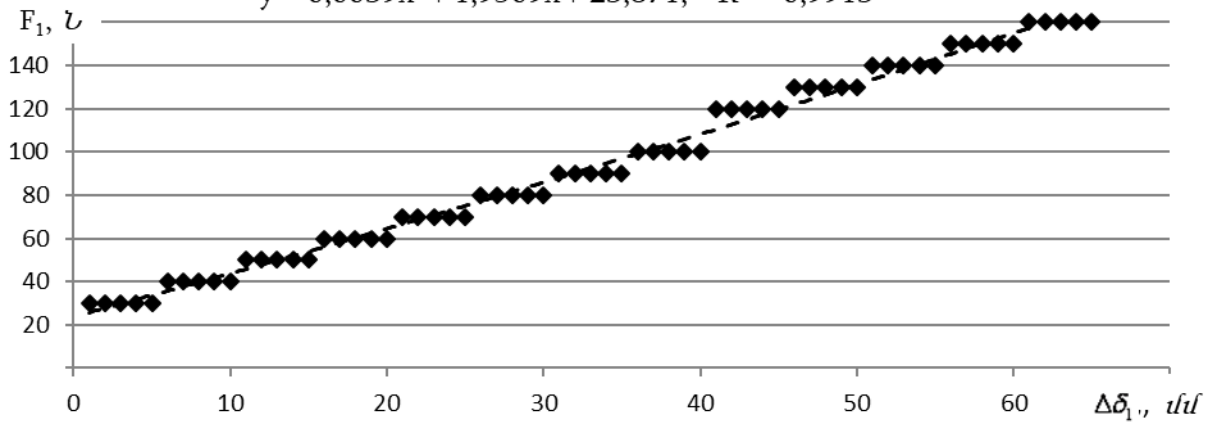
Թերթային թուղթ, 120 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 2,2072x + 21,01, \quad R^2 = 0,9904$$



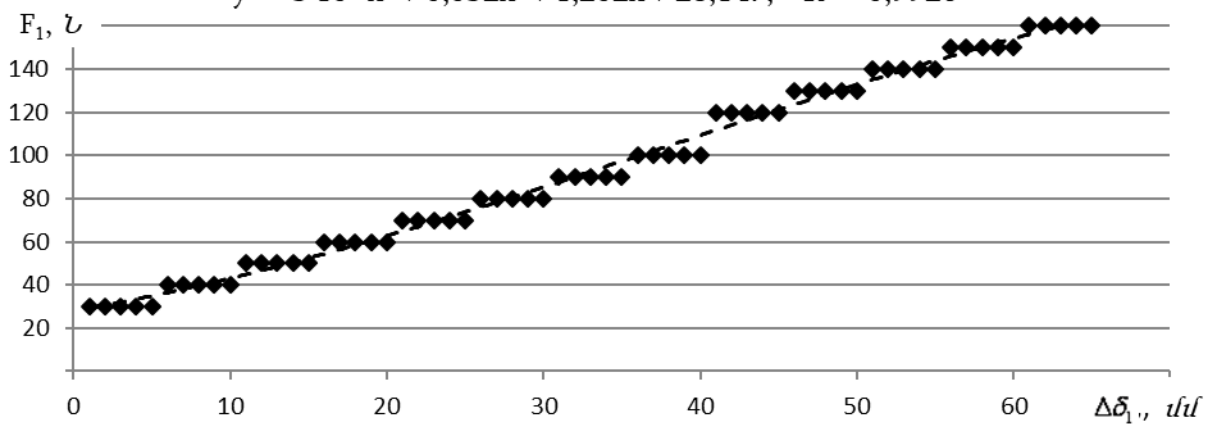
Թերթային թուղթ, 120 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 0,0039x^2 + 1,9509x + 23,871, \quad R^2 = 0,9913$$



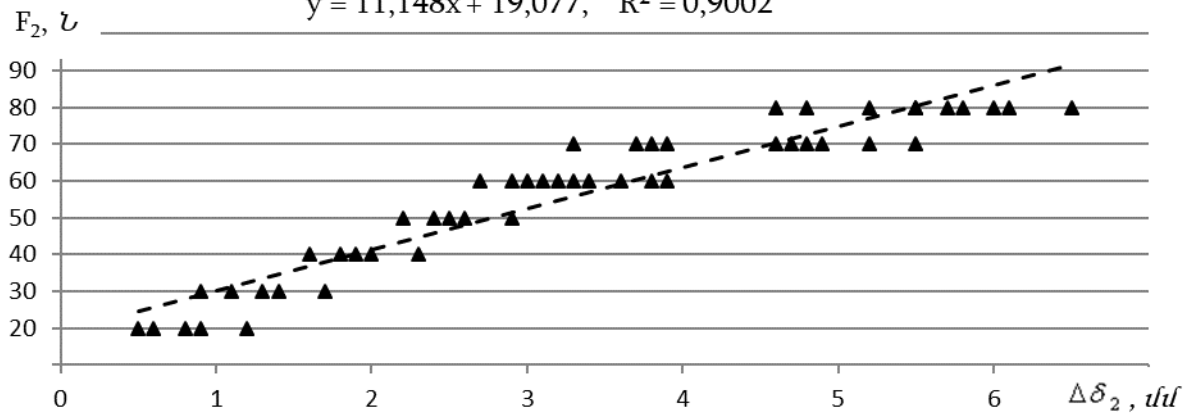
Թերթային թուղթ, 120 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -3 \cdot 10^{-4}x^3 + 0,032x^2 + 1,202x + 28,147, \quad R^2 = 0,9926$$



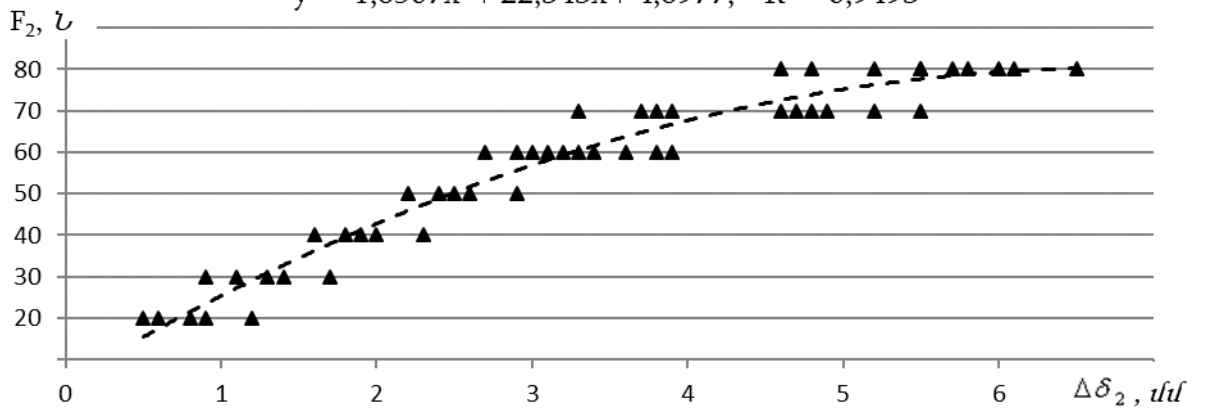
Թերթային թուղթ. 120 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = 11,148x + 19,077, \quad R^2 = 0,9002$$



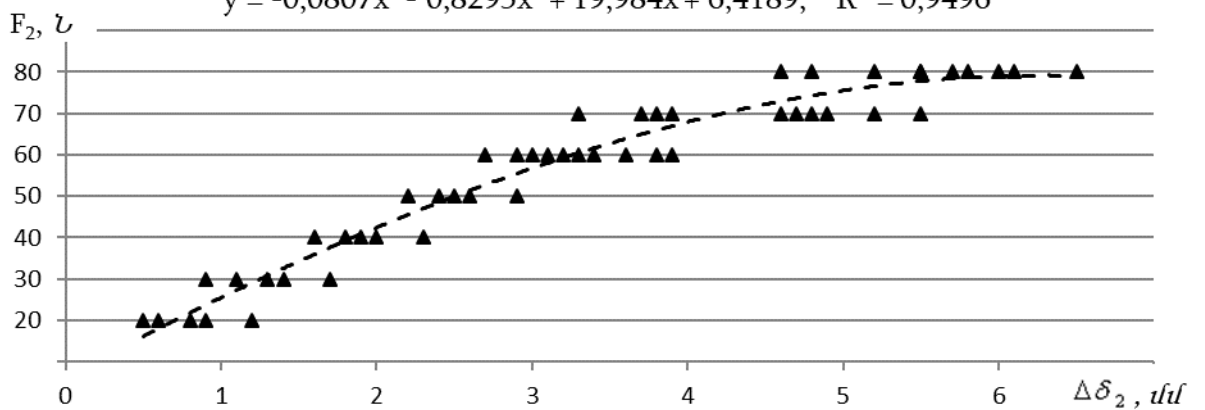
Թերթային թուղթ. 120 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = -1,6507x^2 + 22,343x + 4,6977, \quad R^2 = 0,9493$$



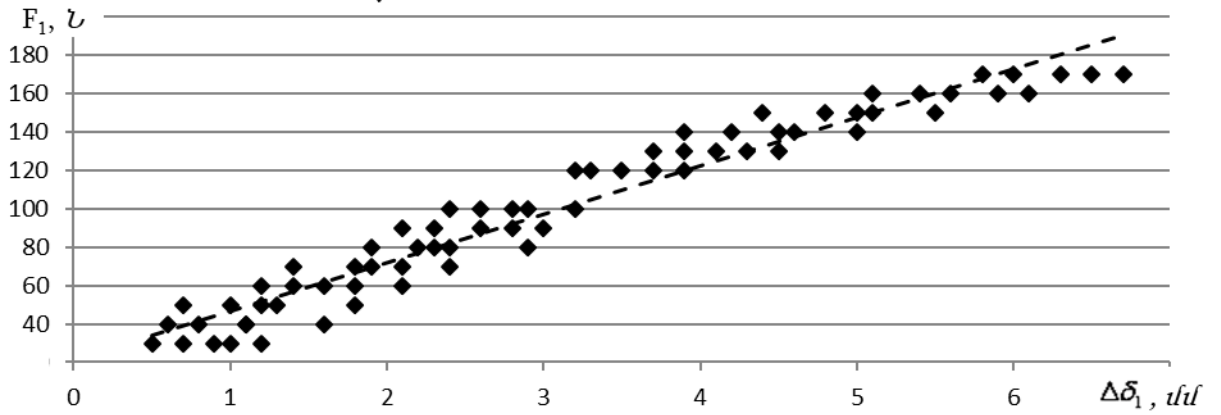
Թերթային թուղթ. 120 գ/մ², լայնական ուղղություն

$$y = -0,0807x^3 - 0,8295x^2 + 19,984x + 6,4189, \quad R^2 = 0,9496$$



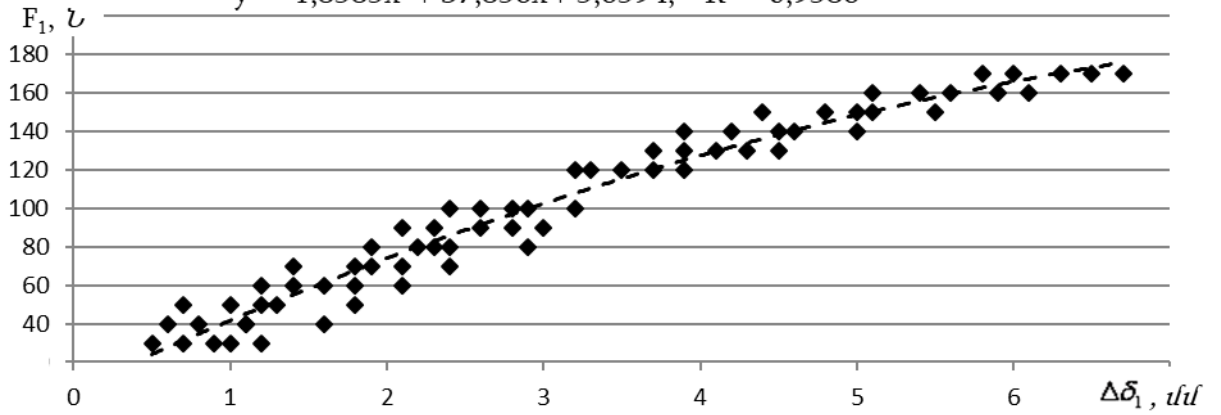
Թերթային թուղթ, 150 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = 25,168x + 21,59, \quad R^2 = 0,9455$$



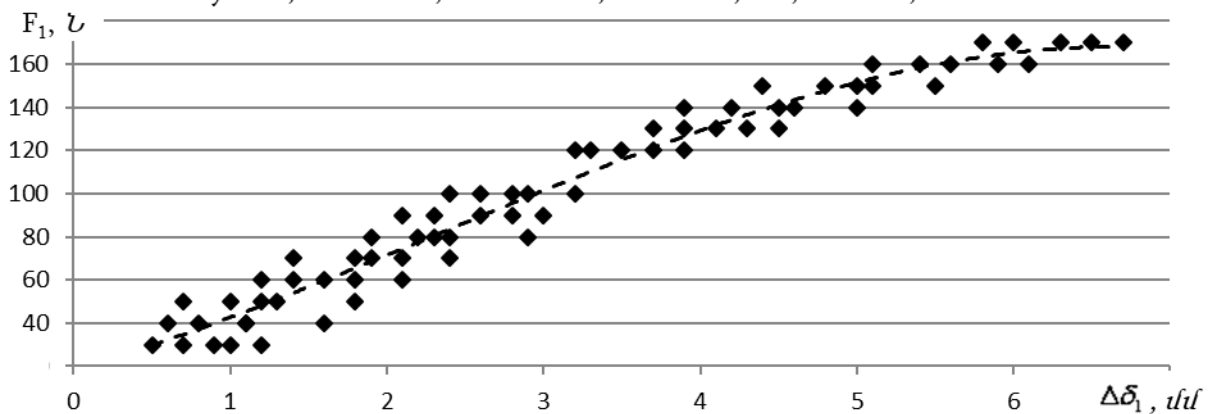
Թերթային թուղթ, 150 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -1,8585x^2 + 37,856x + 5,6594, \quad R^2 = 0,9586$$



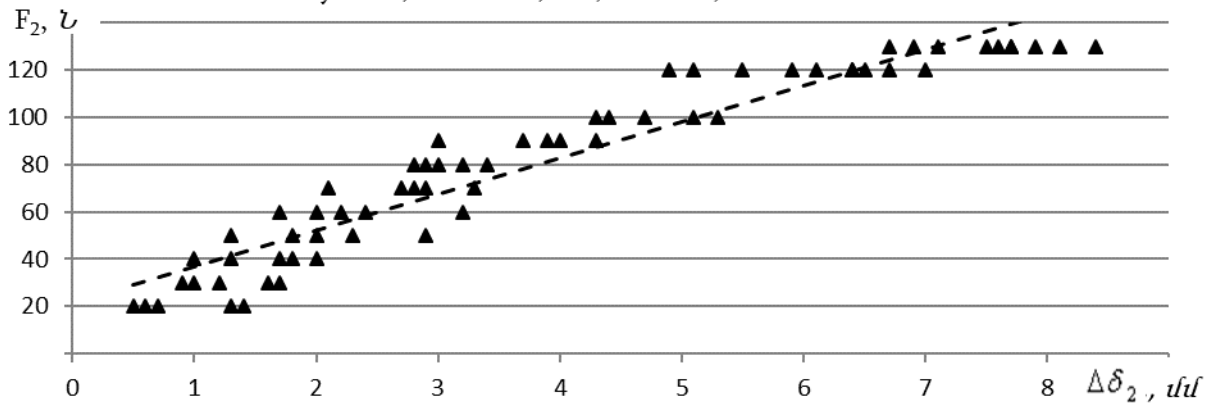
Թերթային թուղթ, 150 գ/մ², երկայնական ուղղություն

$$y = -0,5387x^3 + 3,7729x^2 + 21,266x + 18,188, \quad R^2 = 0,9615$$



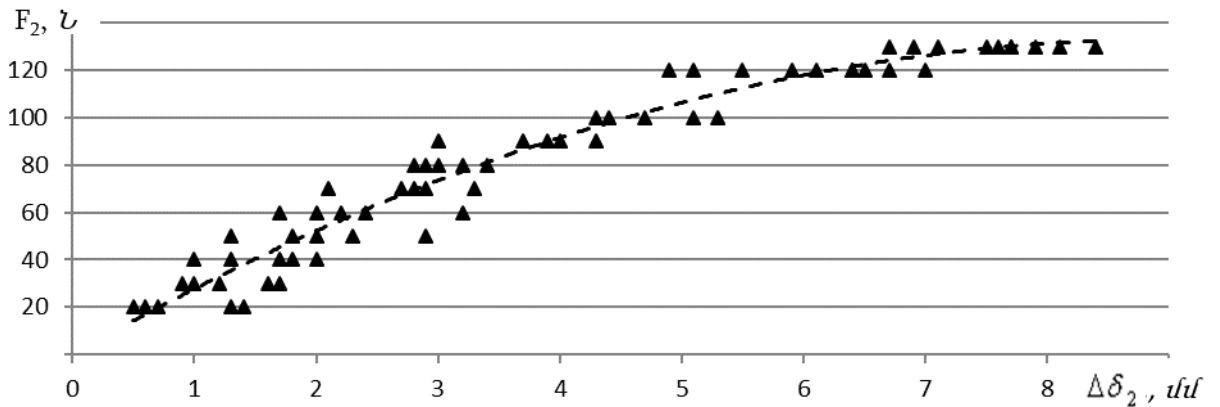
Թերթային թուղթ. 150 գ/մ². լայնական ուղղություն

$$y = 15,361x + 21,296, \quad R^2 = 0,9124$$



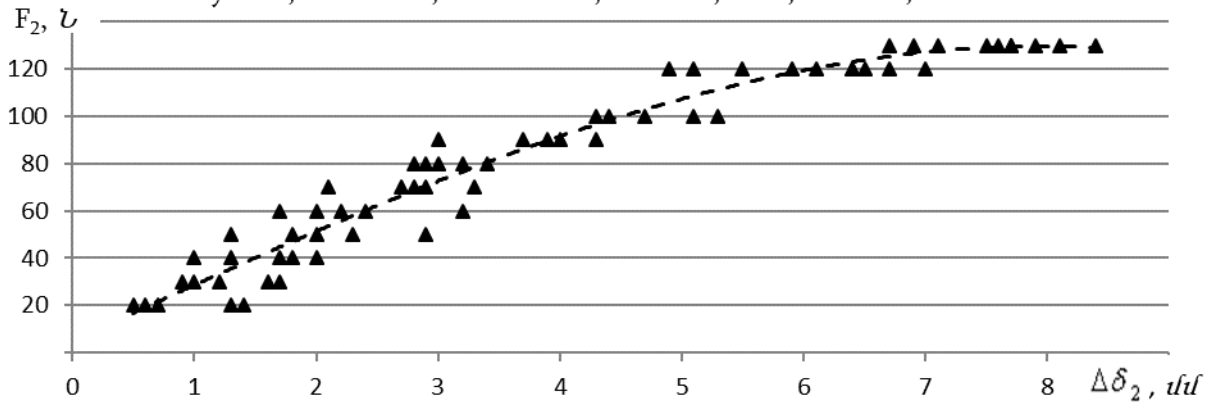
Թերթային թուղթ. 150 գ/մ². լայնական ուղղություն

$$y = -1,6143x^2 + 29,328x + 0,0425, \quad R^2 = 0,9498$$

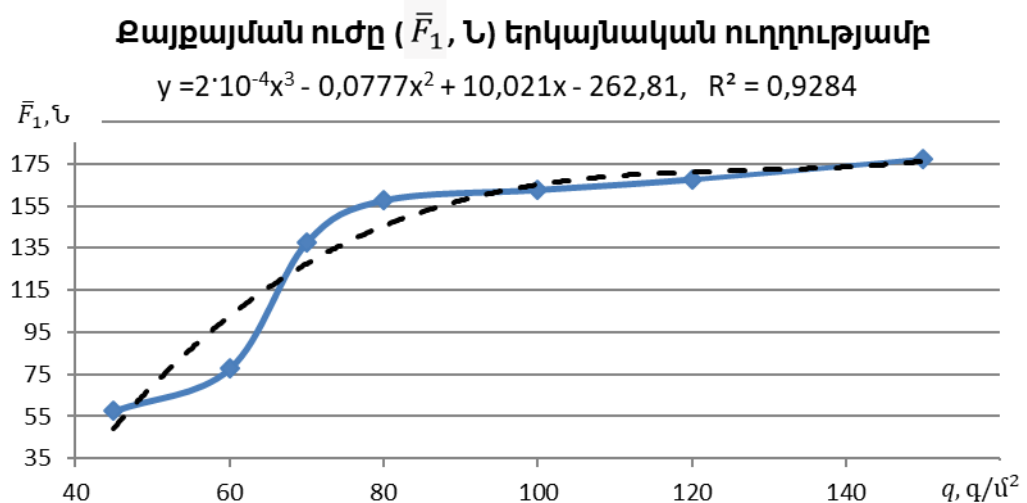
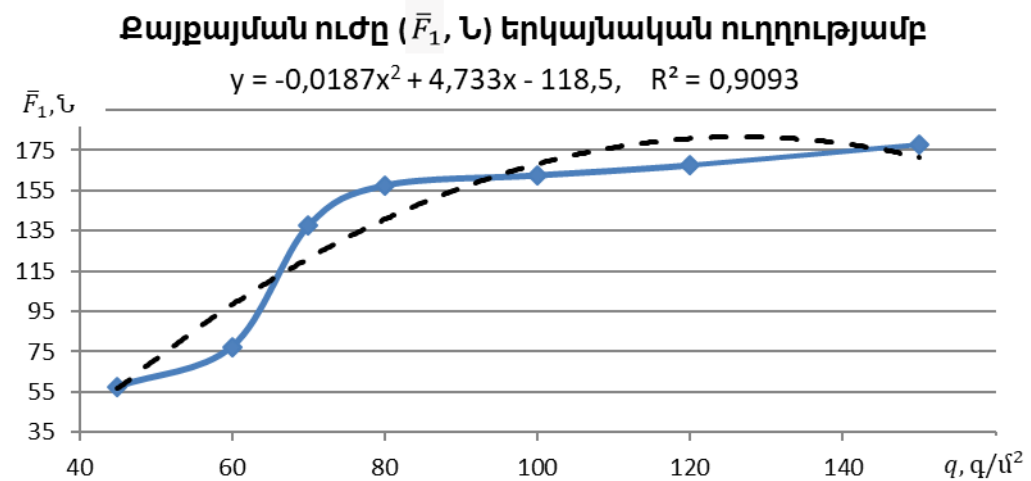
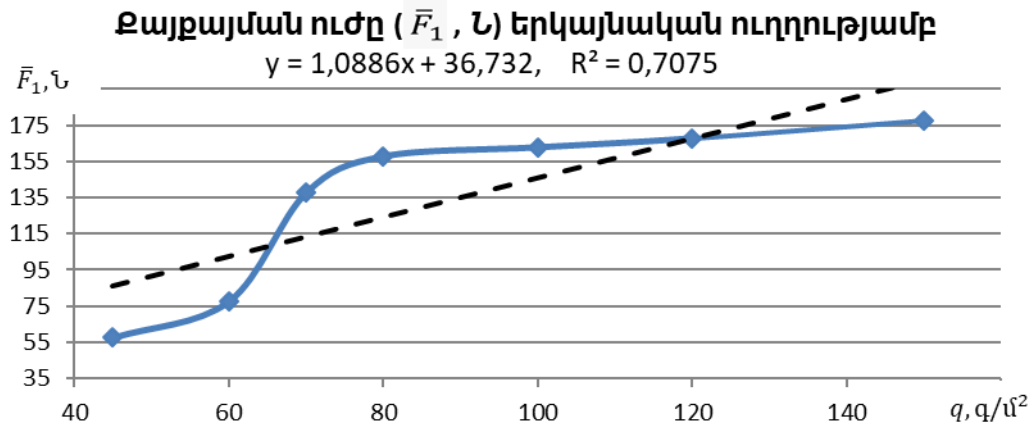


Թերթային թուղթ. 150 գ/մ². լայնական ուղղություն

$$y = -0,1178x^3 - 0,0952x^2 + 23,889x + 4,9515, \quad R^2 = 0,9507$$

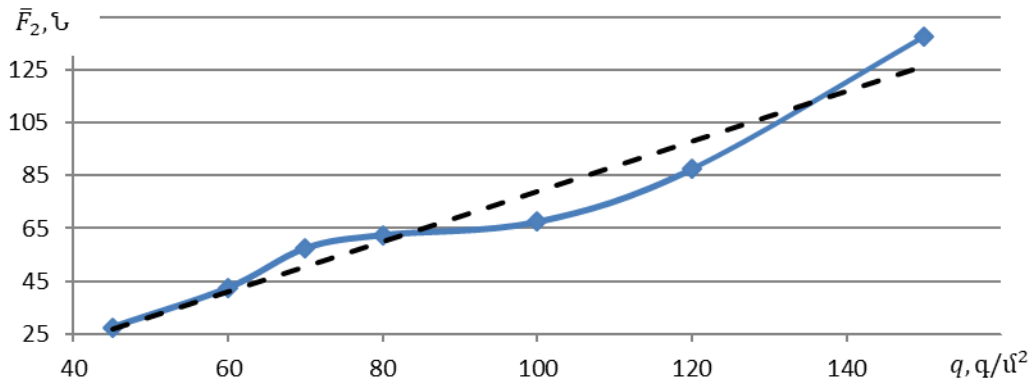


(2.7)-(2.9) ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ՏԱՐԲԵՐԱԿՆԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ



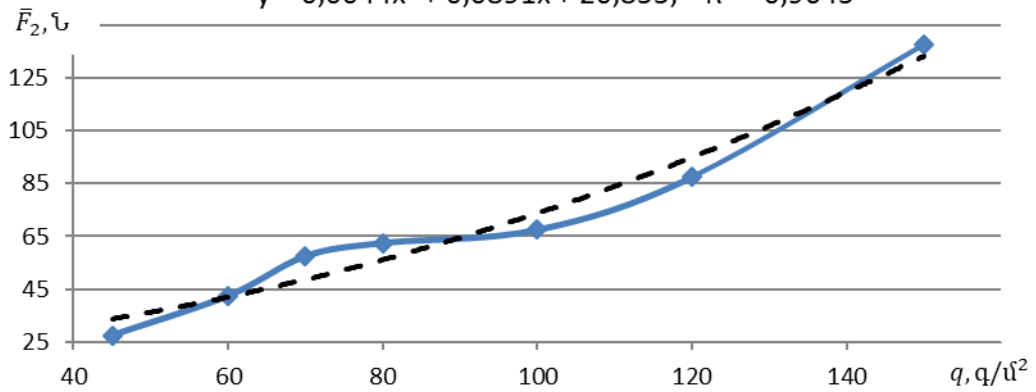
Քայքայման ուժը ($\bar{F}_2, \text{Ն}$) լայնական ուղղությամբ

$y = 0,9484x - 15,746, R^2 = 0,9448$



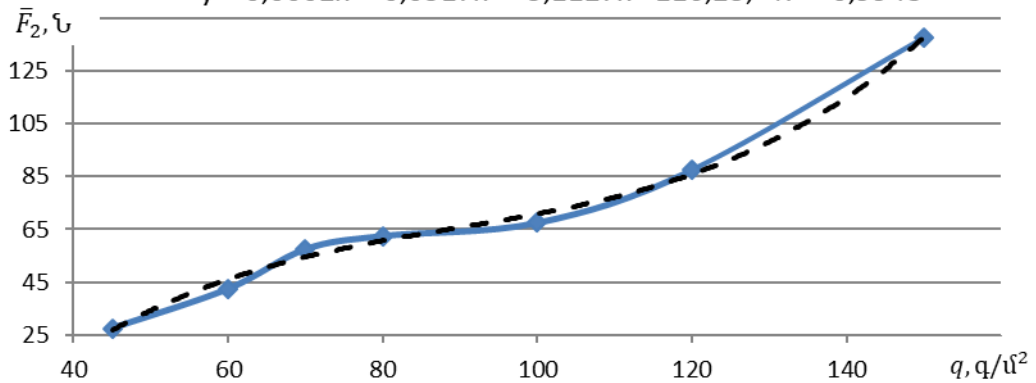
Քայքայման ուժը ($\bar{F}_2, \text{Ն}$) լայնական ուղղությամբ

$y = 0,0044x^2 + 0,0891x + 20,855, R^2 = 0,9645$

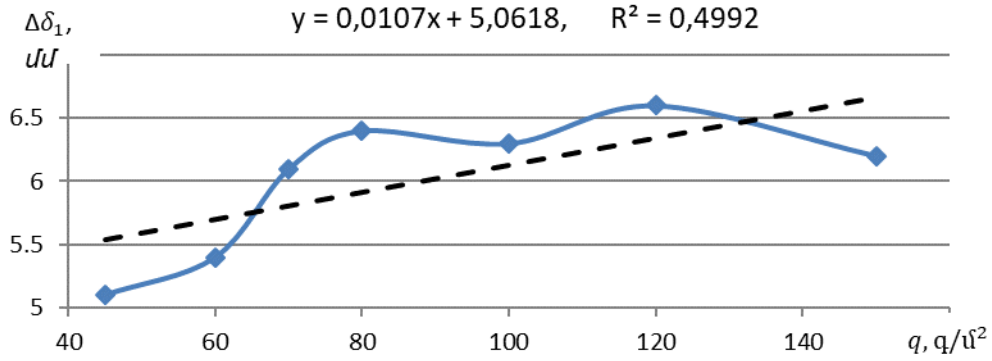


Քայքայման ուժը ($\bar{F}_2, \text{Ն}$) լայնական ուղղությամբ

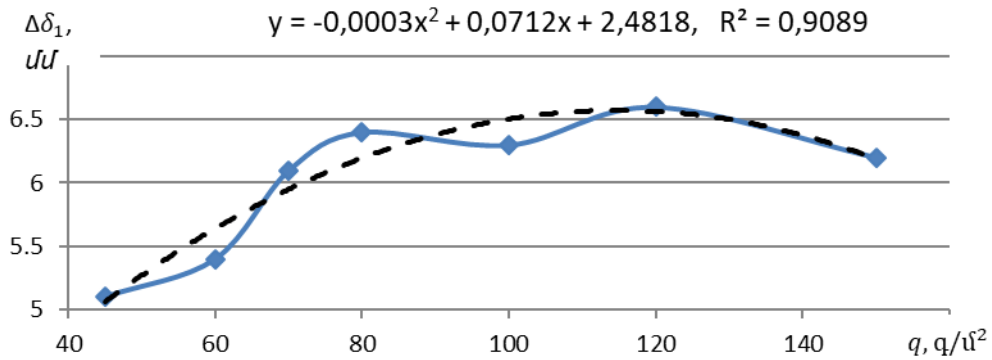
$y = 0,0002x^3 - 0,0517x^2 + 5,1127x - 116,23, R^2 = 0,9948$



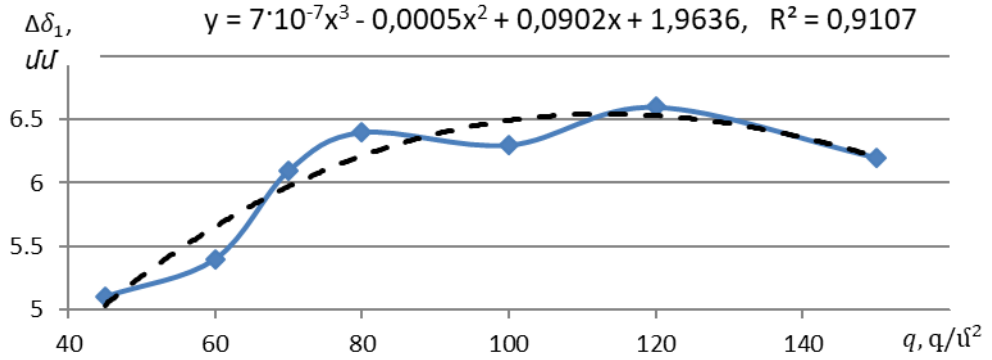
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ,
Նվազագույն արժեքների համար**



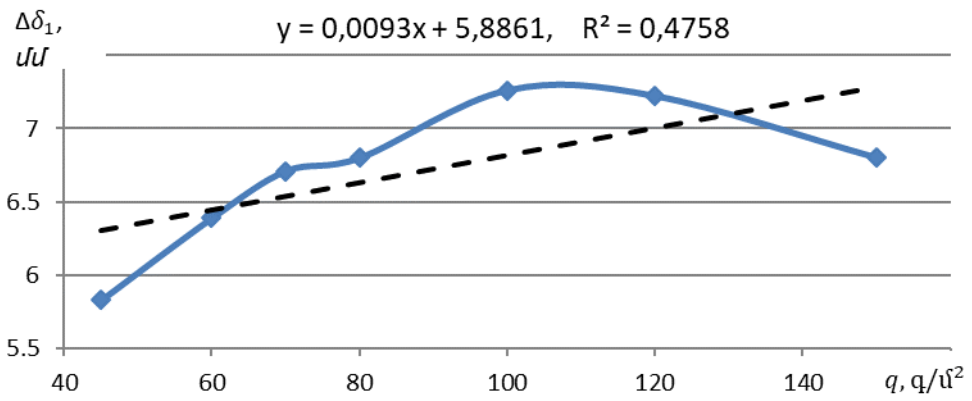
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ,
Նվազագույն արժեքների համար**



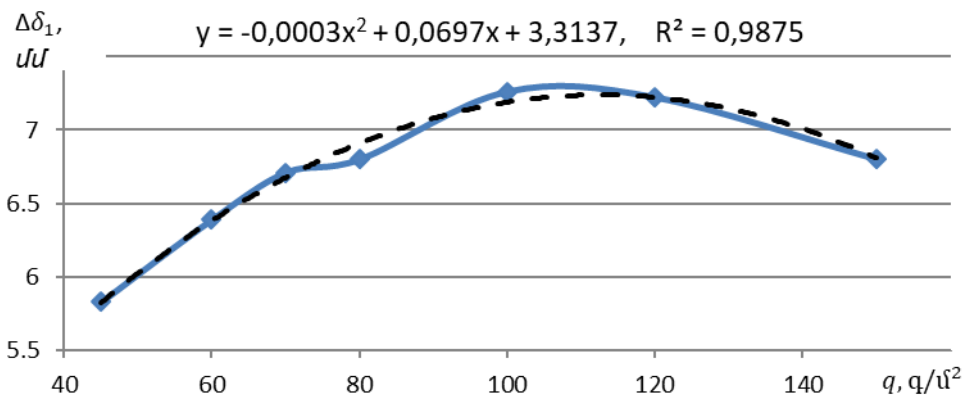
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ,
Նվազագույն արժեքների համար**



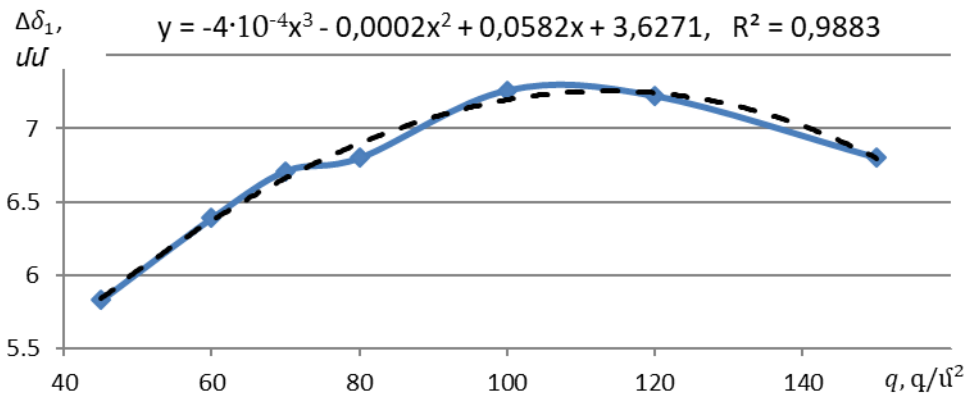
Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ, միջին արժեքների համար



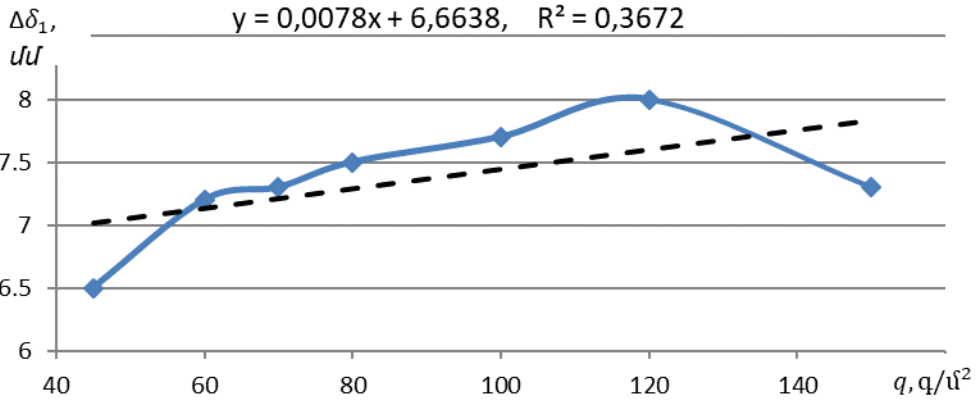
Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ, միջին արժեքների համար



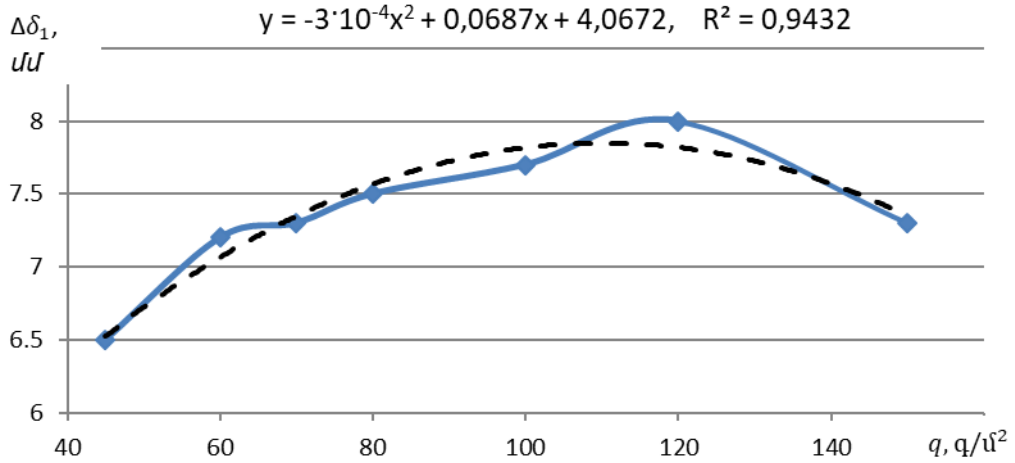
Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ, միջին արժեքների համար



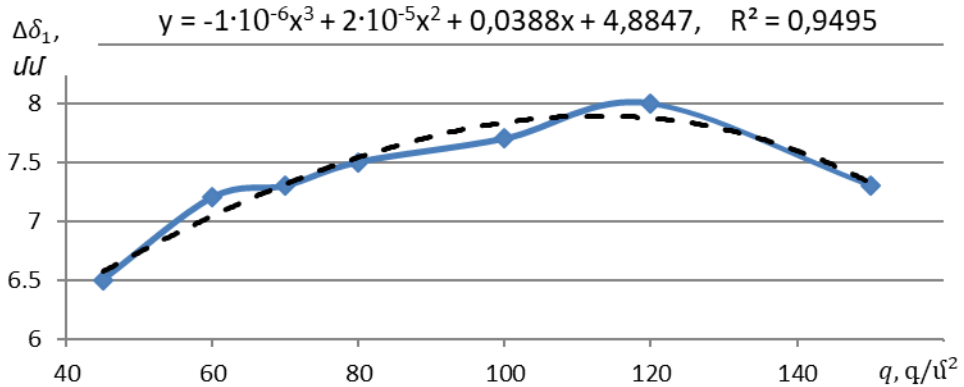
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, առավելագույն արժեքների համար**



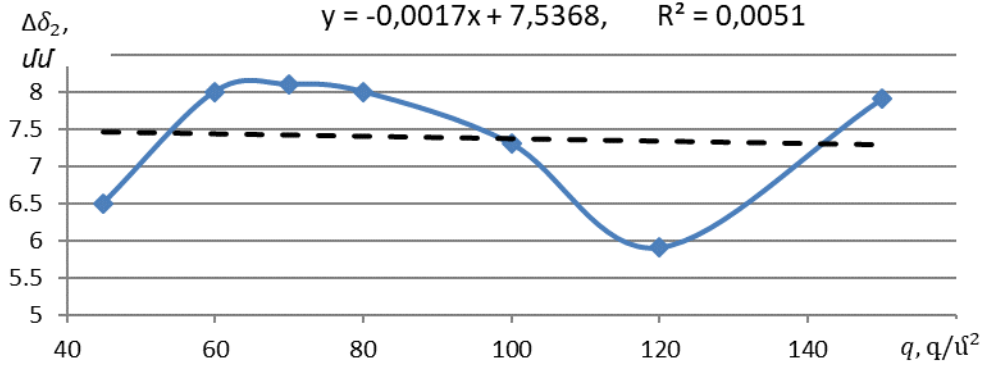
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, առավելագույն արժեքների համար**



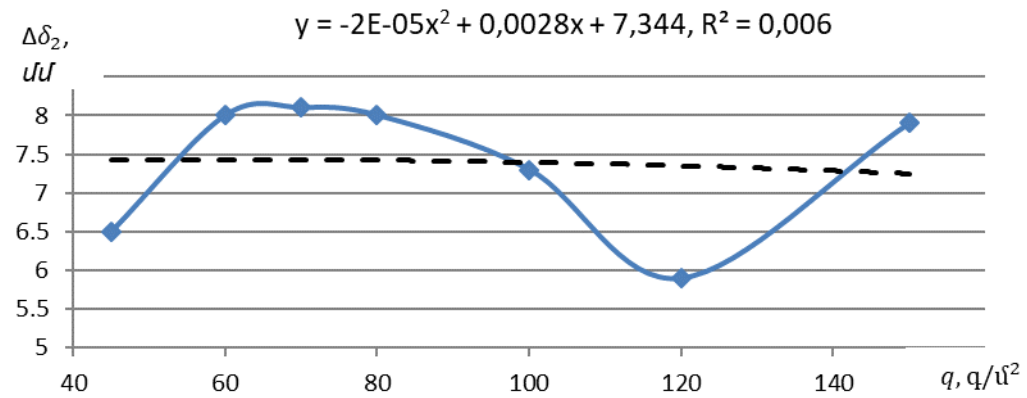
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, առավելագույն արժեքների համար**



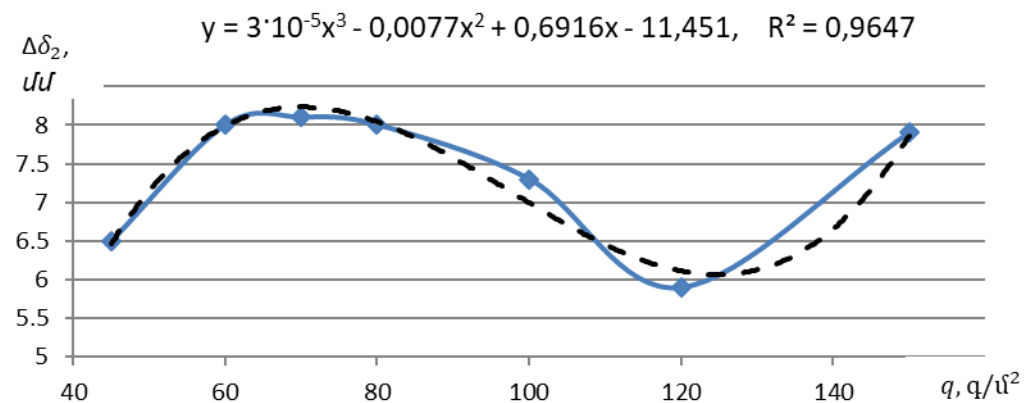
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
 նվազագույն արժեքների համար**



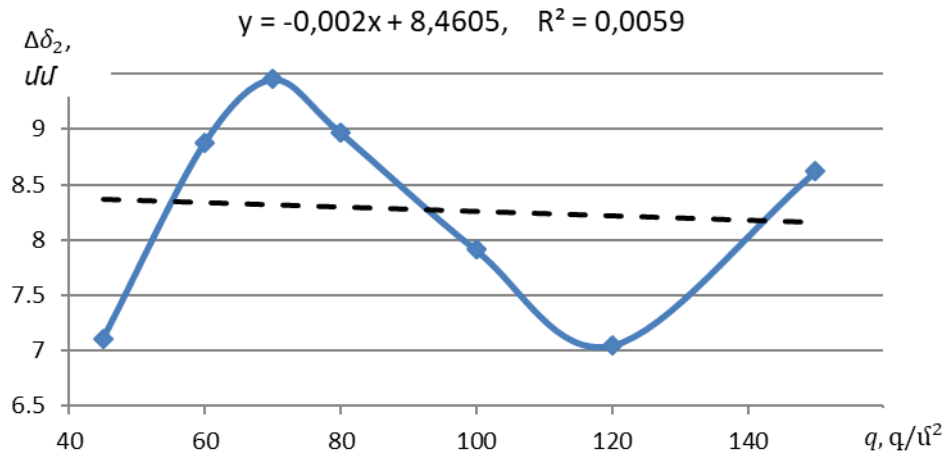
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
 նվազագույն արժեքների համար**



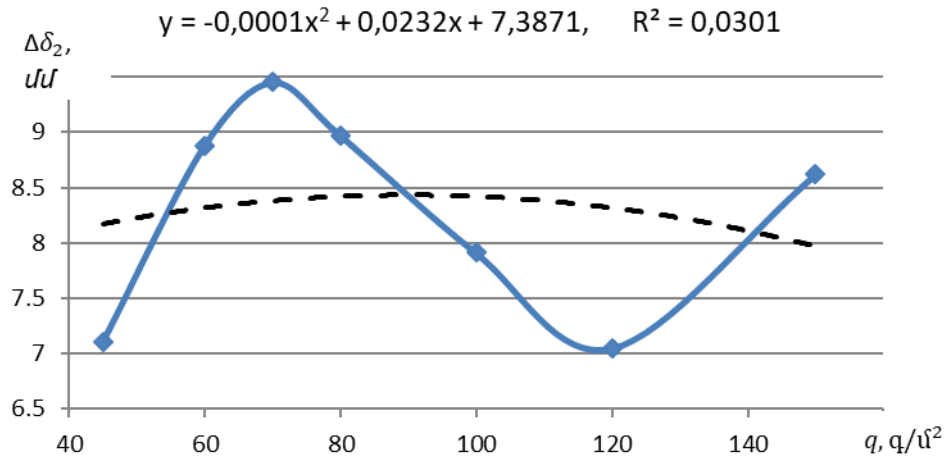
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
 նվազագույն արժեքների համար**



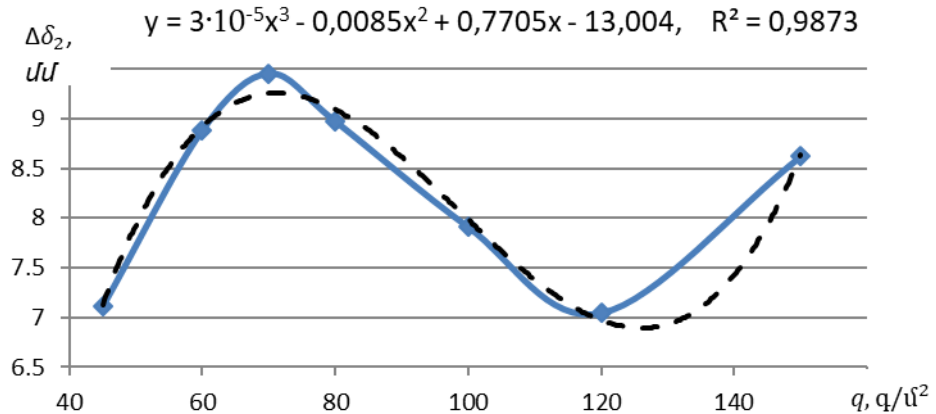
Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ, միջին արժեքների համար



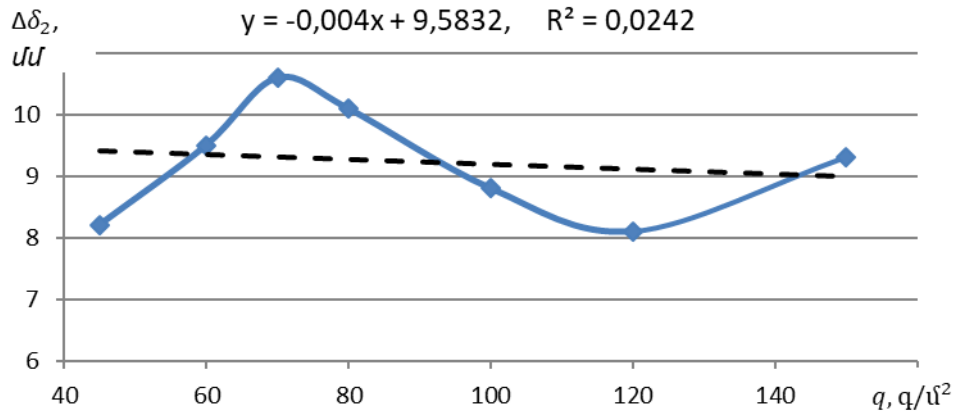
Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ, միջին արժեքների համար



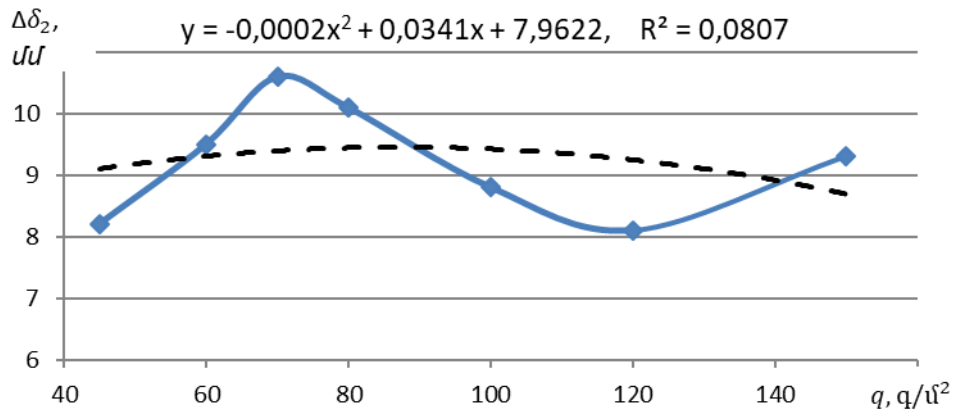
Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ, միջին արժեքների համար



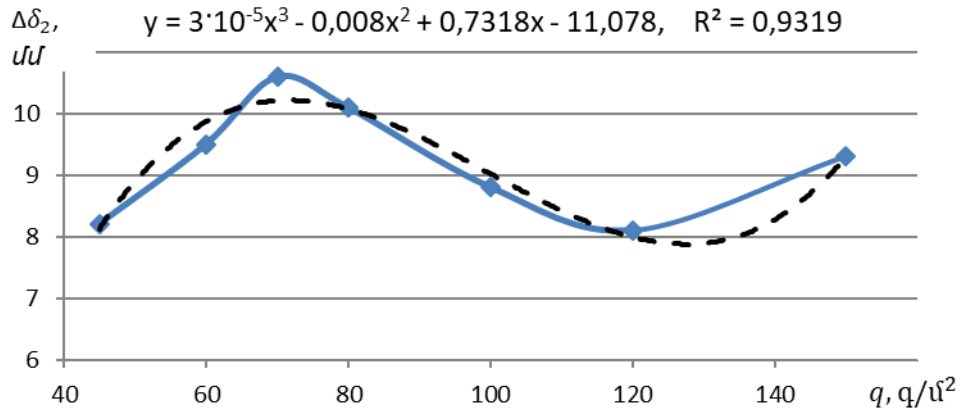
Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ, առավելագույն արժեքների համար



Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ, առավելագույն արժեքների համար

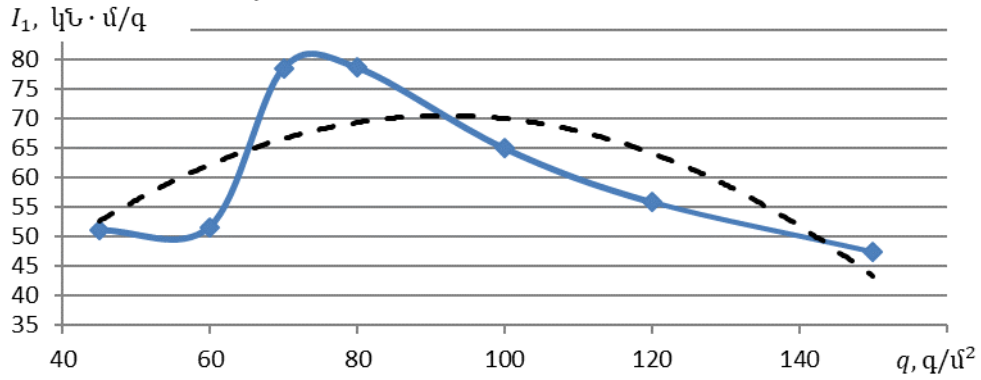


Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ, առավելագույն արժեքների համար



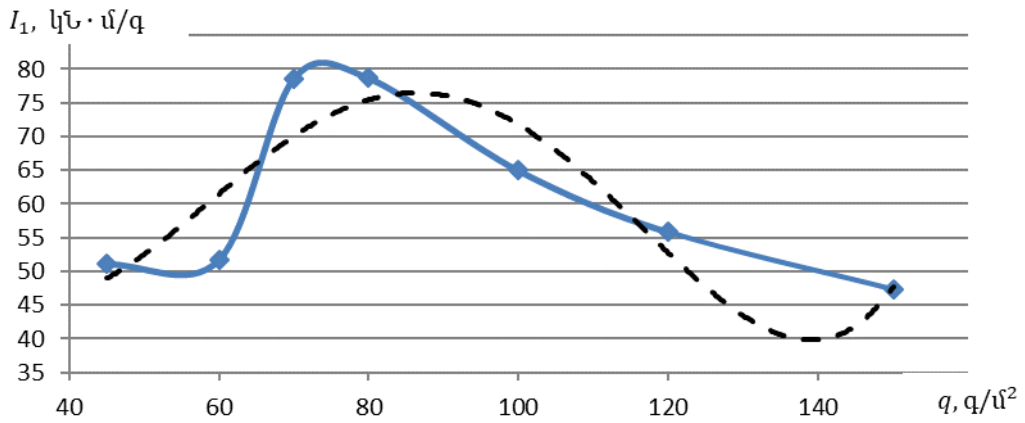
Ձգման ամրության ինդեքսը (I_1 - u/q) երկայնական ուղղությամբ

$$y = -0,0081x^2 + 1,4941x + 1,8344, \quad R^2 = 0,5603$$



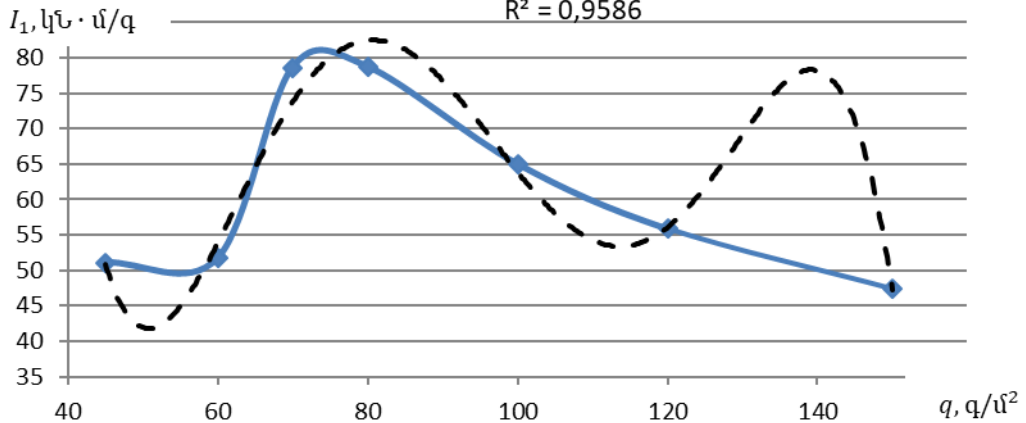
Ձգման ամրության ինդեքսը (I_1 - u/q) երկայնական ուղղությամբ

$$y = 5 \cdot 10^{-6}x^4 - 0,0018x^3 + 0,2051x^2 - 9,0359x + 179,81, \quad R^2 = 0,7687$$



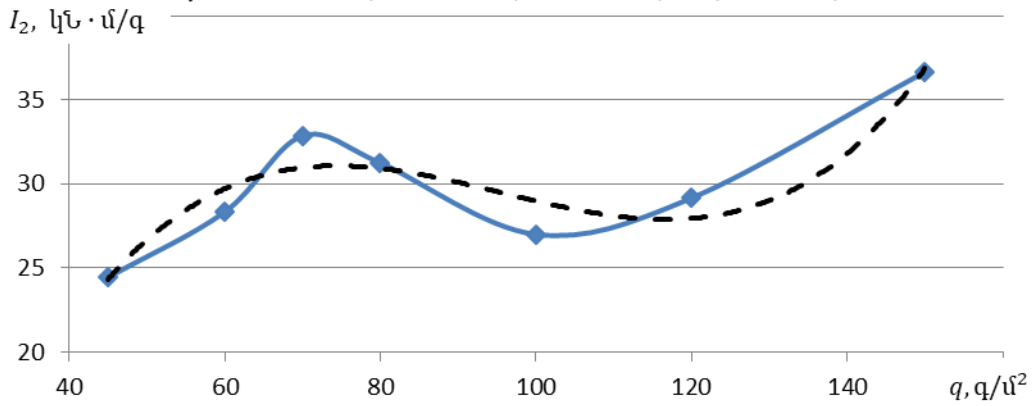
Ձգման ամրության ինդեքսը (I_1 - u/q) երկայնական ուղղությամբ

$$y = -5 \cdot 10^{-7}x^5 + 0,0002x^4 - 0,0456x^3 + 4,0064x^2 - 166,74x + 2675, \quad R^2 = 0,9586$$



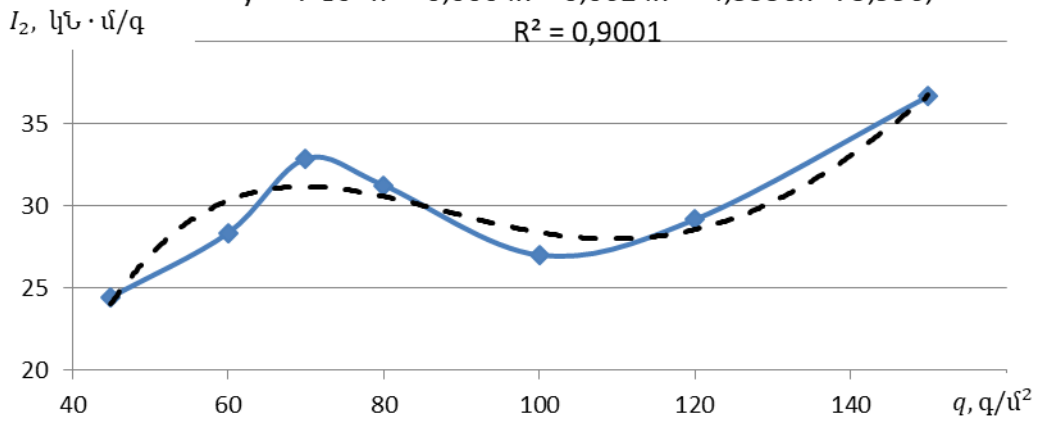
Ձգման ամրության ինդեքսը (կՆ·մ/գ) լայնական ուղղությամբ

$$y = 8 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0241 x^2 + 2,1889 x - 33,068, \quad R^2 = 0,8861$$



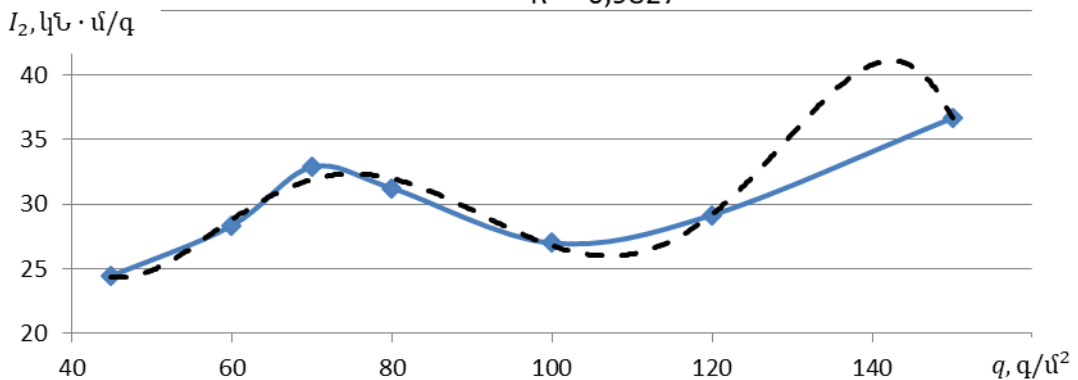
Ձգման ամրության ինդեքսը (կՆ·մ/գ) լայնական ուղղությամբ

$$y = -7 \cdot 10^{-7} x^4 + 0,0004 x^3 - 0,0624 x^2 + 4,3556 x - 75,996, \quad R^2 = 0,9001$$

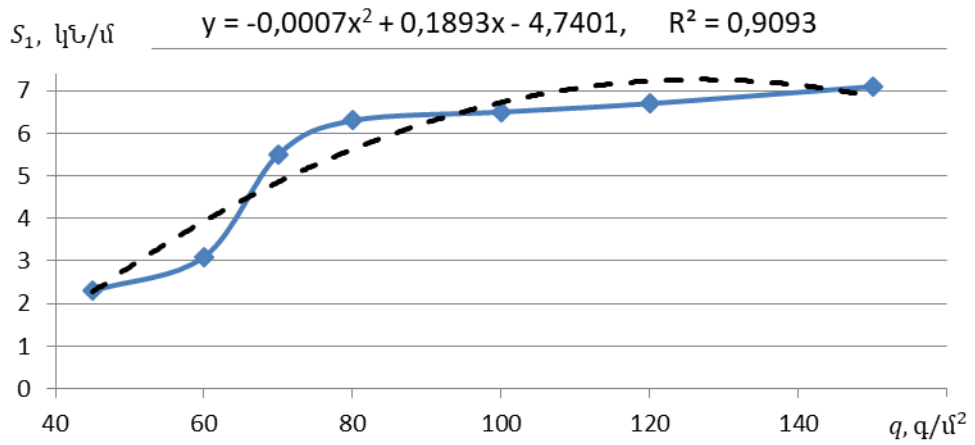


Ձգման ամրության ինդեքսը (կՆ·մ/գ) լայնական ուղղությամբ

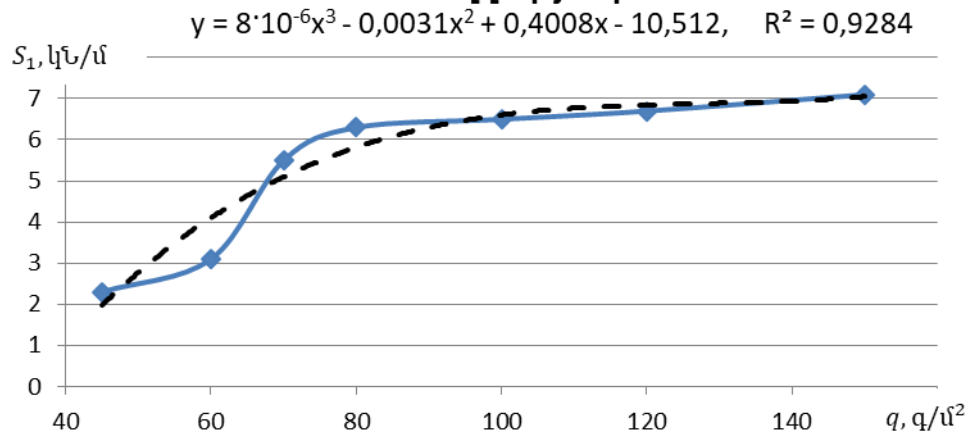
$$y = -1 \cdot 10^{-7} x^5 + 5 \cdot 10^{-5} x^4 - 0,0085 x^3 + 0,7059 x^2 - 27,52 x + 428,32, \quad R^2 = 0,9827$$



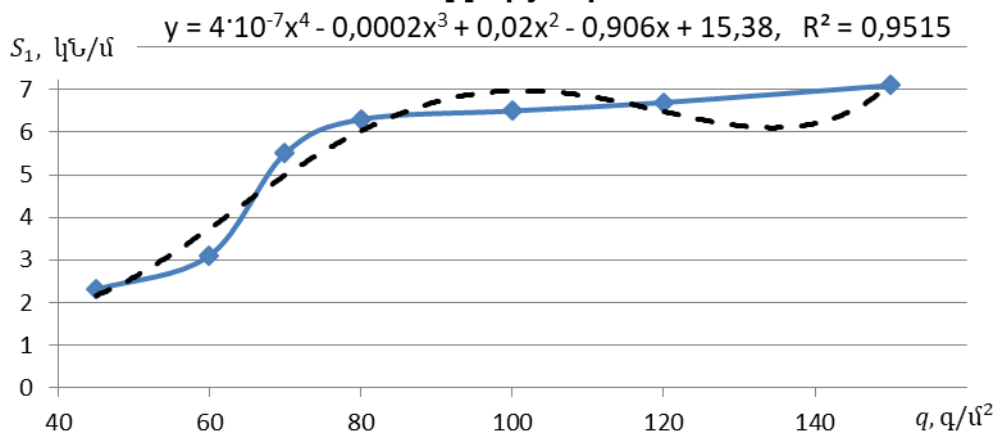
Ձգման ամրությունը (կՆ/ս) երկայնական ուղղությամբ



Ձգման ամրությունը (կՆ/ս) երկայնական ուղղությամբ

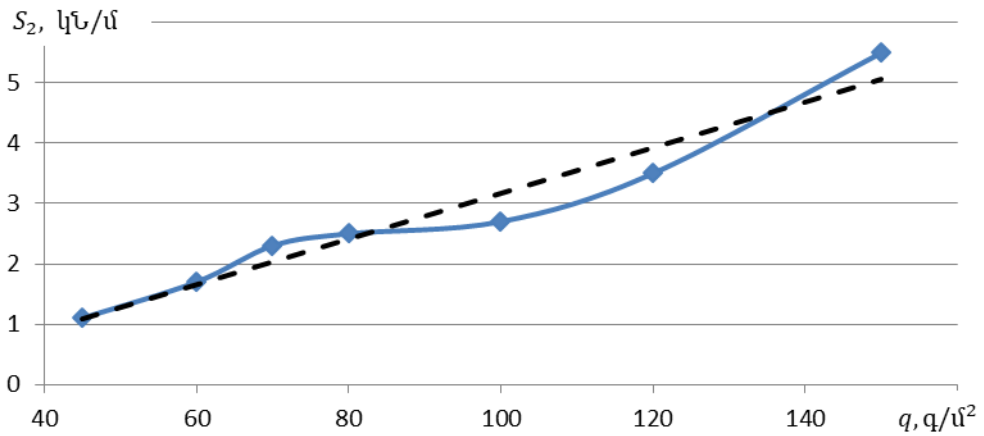


Ձգման ամրությունը (կՆ/ս) երկայնական ուղղությամբ



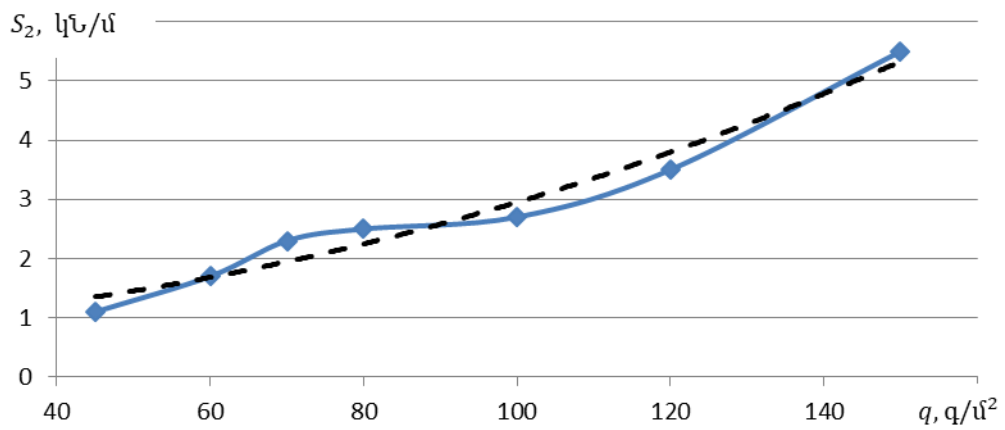
Ձգման ամրությունը (կՆ/ս) լայնական ուղղությամբ

$y = 0,0379x - 0,6298, \quad R^2 = 0,9448$



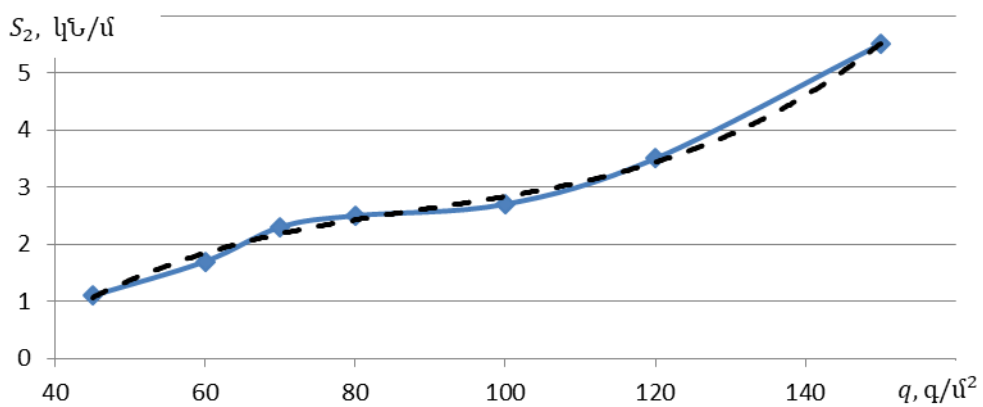
Ձգման ամրությունը (կՆ/ս) լայնական ուղղությամբ

$y = 0,0002x^2 + 0,0036x + 0,8342, \quad R^2 = 0,9645$

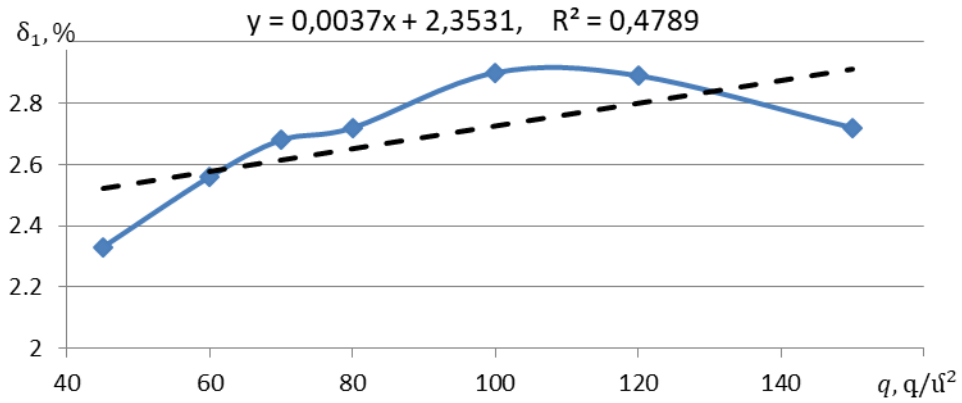


Ձգման ամրությունը (կՆ/ս) լայնական ուղղությամբ

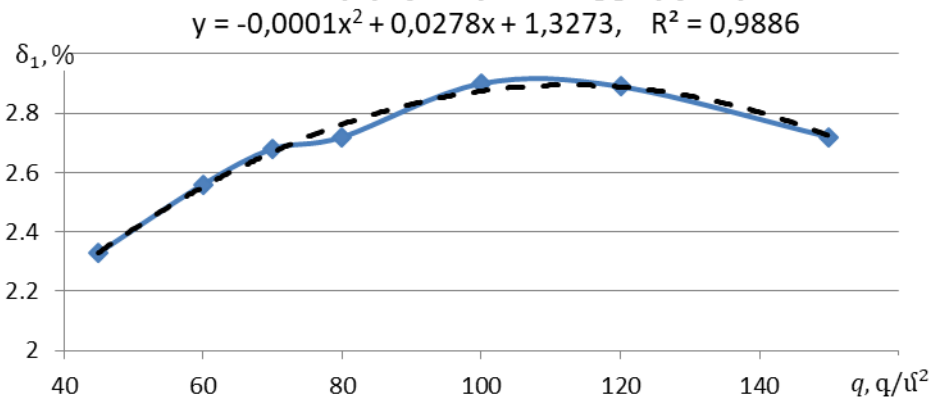
$y = 8 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,0021x^2 + 0,2045x - 4,6494, \quad R^2 = 0,9948$



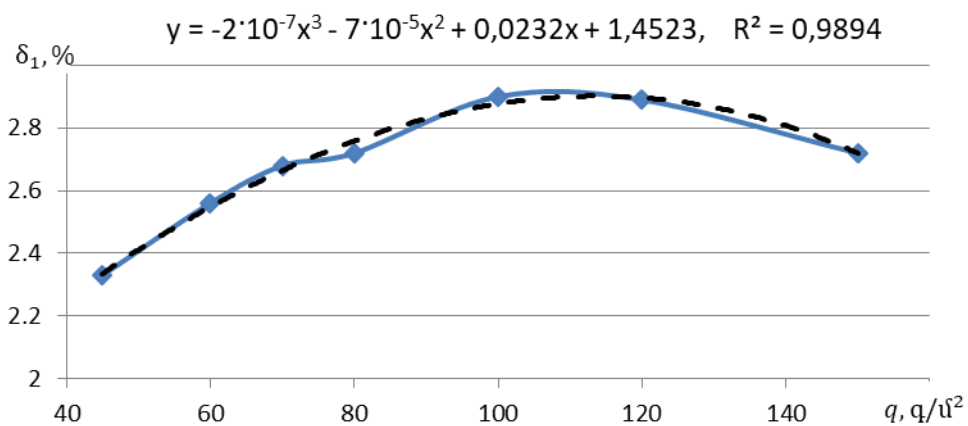
**Քայքայման հարաբերական երկարացումը (%)
երկայնական ուղղությամբ**



**Քայքայման հարաբերական երկարացումը (%)
երկայնական ուղղությամբ**

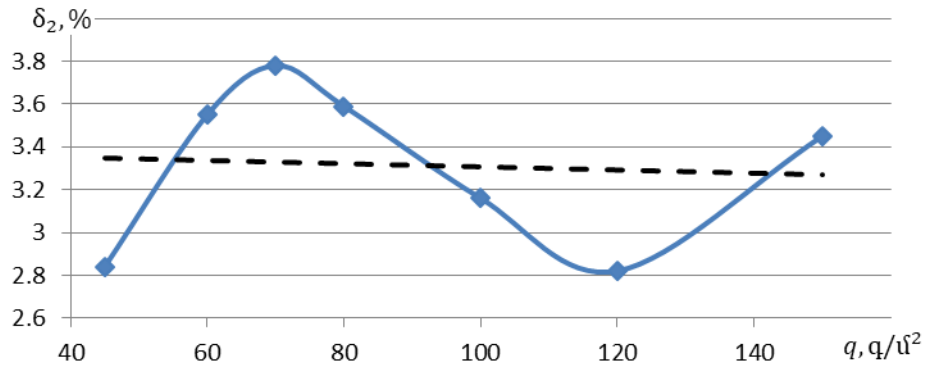


**Քայքայման հարաբերական երկարացումը (%)
երկայնական ուղղությամբ**



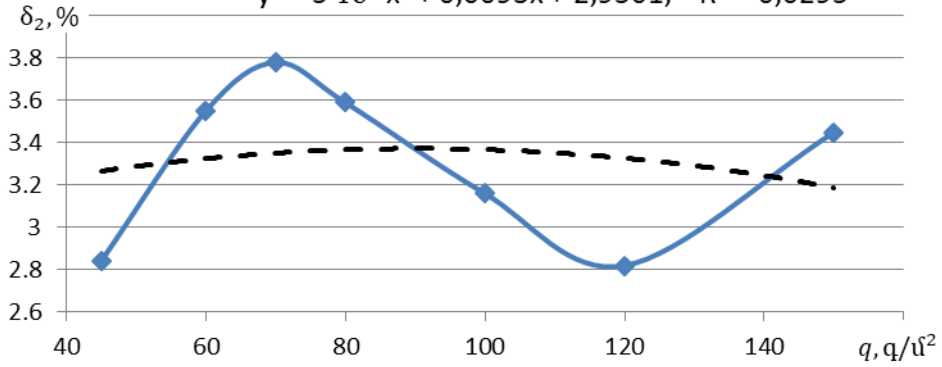
**Քայքայման հարաբերական երկարացումը (%)
լայնական ուղղությամբ**

$$y = -0,0008x + 3,38, \quad R^2 = 0,0053$$



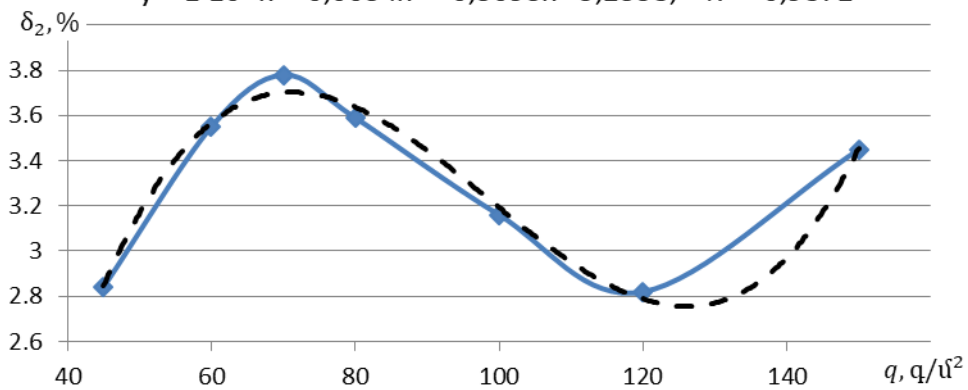
**Քայքայման հարաբերական երկարացումը (%)
լայնական ուղղությամբ**

$$y = -5 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0093x + 2,9501, \quad R^2 = 0,0295$$



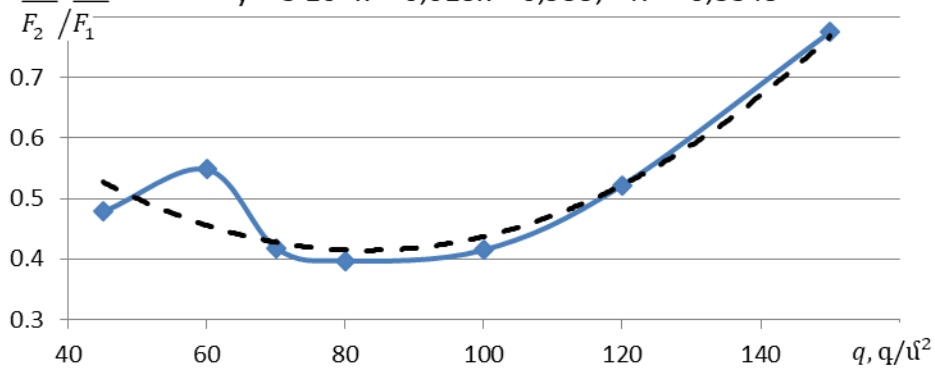
**Քայքայման հարաբերական երկարացումը (%)
լայնական ուղղությամբ**

$$y = 1 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0034x^2 + 0,3093x - 5,2358, \quad R^2 = 0,9872$$



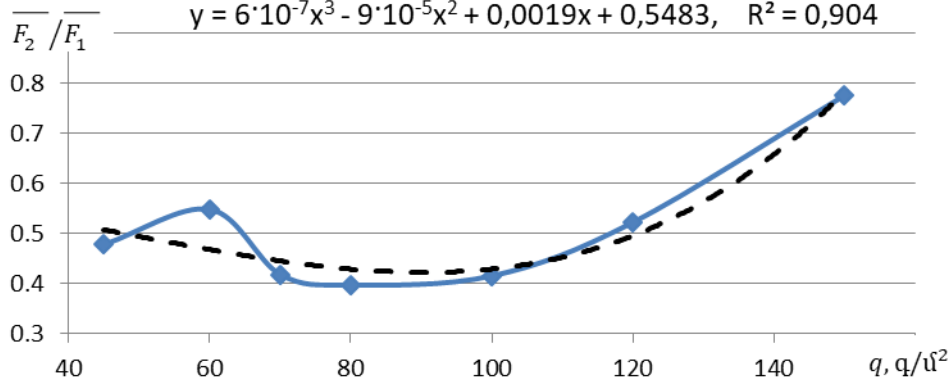
Ջայքայման ուժերի միջին արժեքների, ձգման ամրության հարաբերությունների, ձգման ամրության ինդեքսների հարաբերությունների ֆունկցիաները

$$y = 8 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,013x + 0,955, \quad R^2 = 0,8843$$



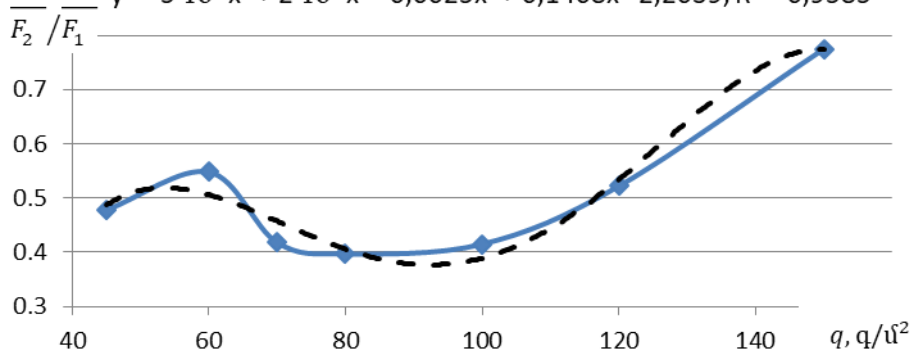
Ջայքայման ուժերի միջին արժեքների, ձգման ամրության հարաբերությունների, ձգման ամրության ինդեքսների հարաբերությունների ֆունկցիաները

$$y = 6 \cdot 10^{-7}x^3 - 9 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0019x + 0,5483, \quad R^2 = 0,904$$



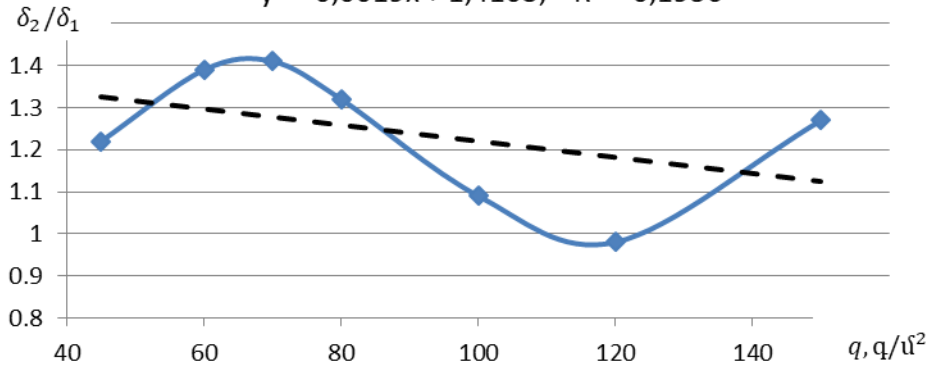
Ջայքայման ուժերի միջին արժեքների, ձգման ամրության հարաբերությունների, ձգման ամրության ինդեքսների հարաբերությունների ֆունկցիաները

$$y = -5 \cdot 10^{-8}x^4 + 2 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0025x^2 + 0,1408x - 2,2039, \quad R^2 = 0,9585$$



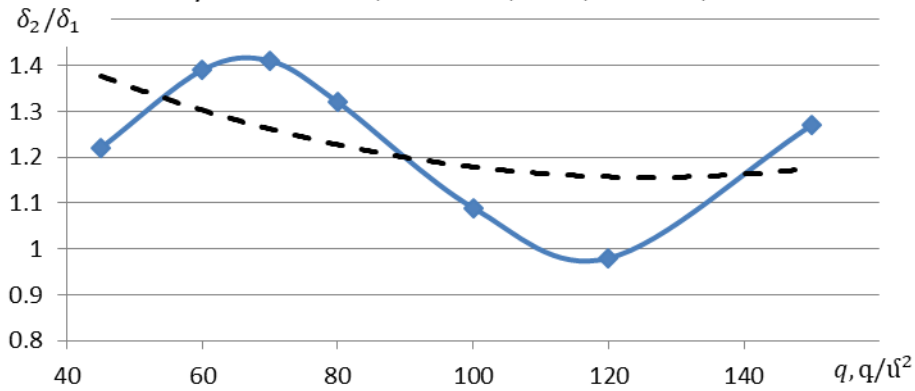
Քայքայման հարաբերական երկարացումների հարաբերությունը

$y = -0,0019x + 1,4103, \quad R^2 = 0,1956$



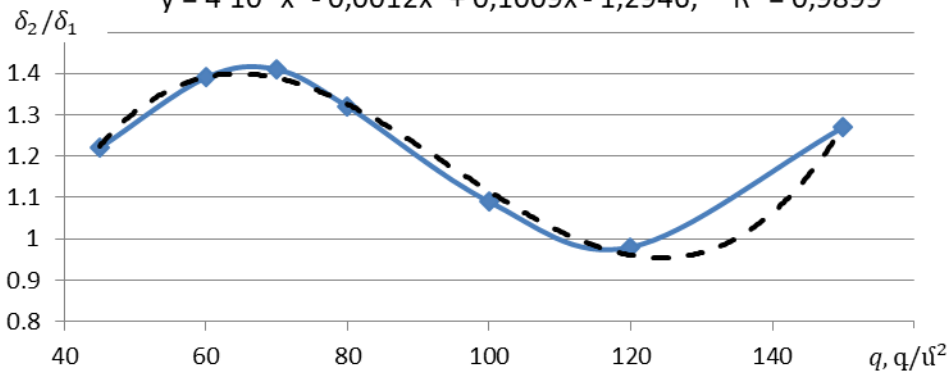
Քայքայման հարաբերական երկարացումների հարաբերությունը

$y = 3 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,0085x + 1,6916, \quad R^2 = 0,2553$



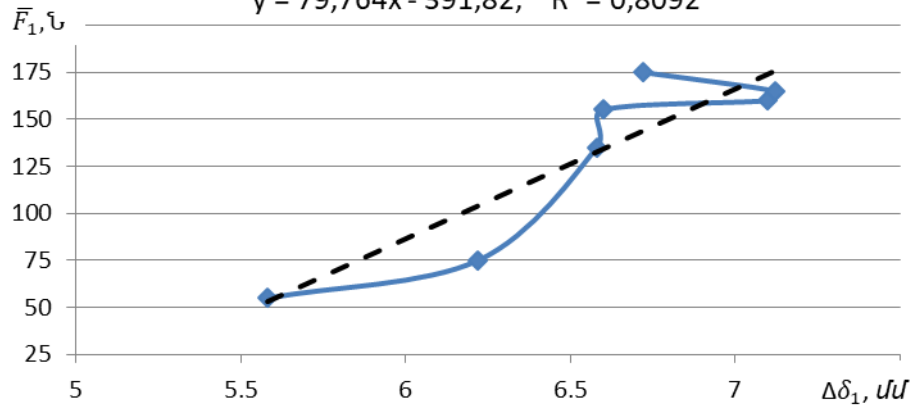
Քայքայման հարաբերական երկարացումների հարաբերությունը

$y = 4 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,0012x^2 + 0,1009x - 1,2946, \quad R^2 = 0,9899$



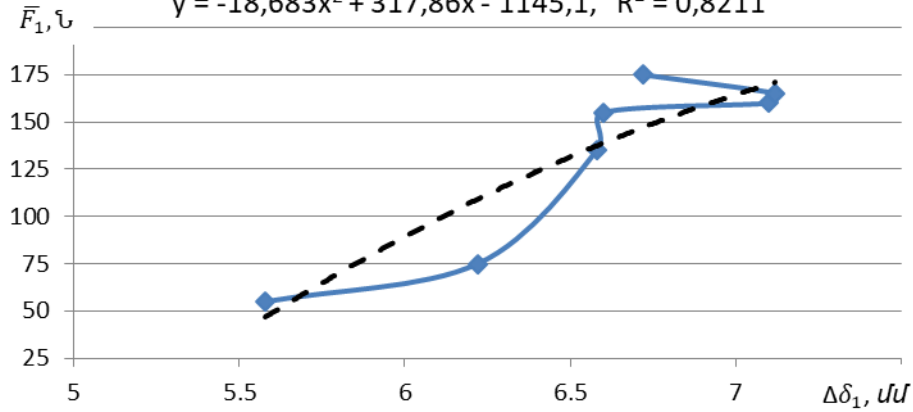
Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ, նվազագույն բացարձակ դեֆորմացիայի արժեքների համար

$y = 79,764x - 391,82, R^2 = 0,8092$



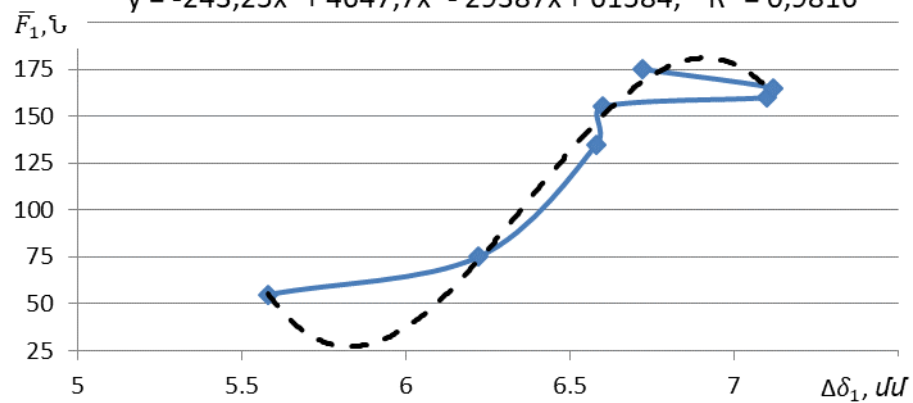
Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ, նվազագույն բացարձակ դեֆորմացիայի արժեքների համար

$y = -18,683x^2 + 317,86x - 1145,1, R^2 = 0,8211$

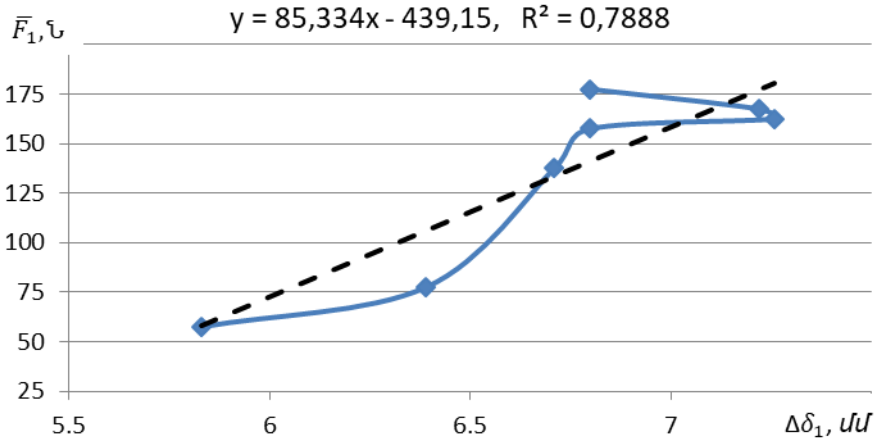


Քայքայման ֆունկցիան երկայնական ուղղությամբ, նվազագույն բացարձակ դեֆորմացիայի արժեքների համար

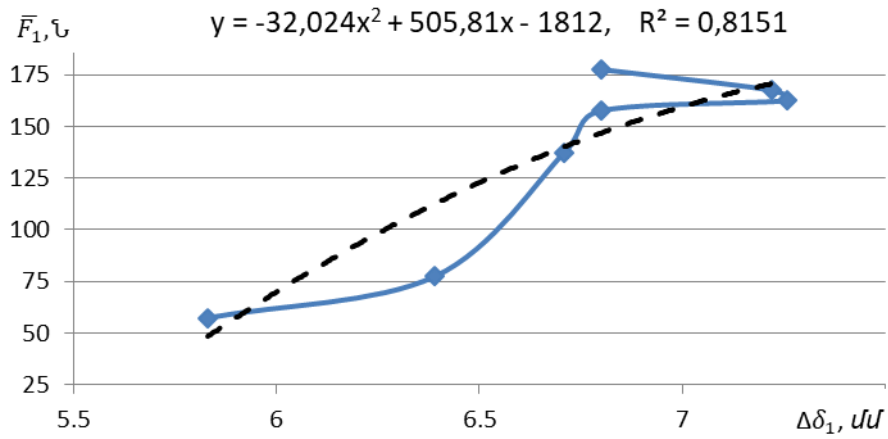
$y = -243,25x^3 + 4647,7x^2 - 29387x + 61584, R^2 = 0,9816$



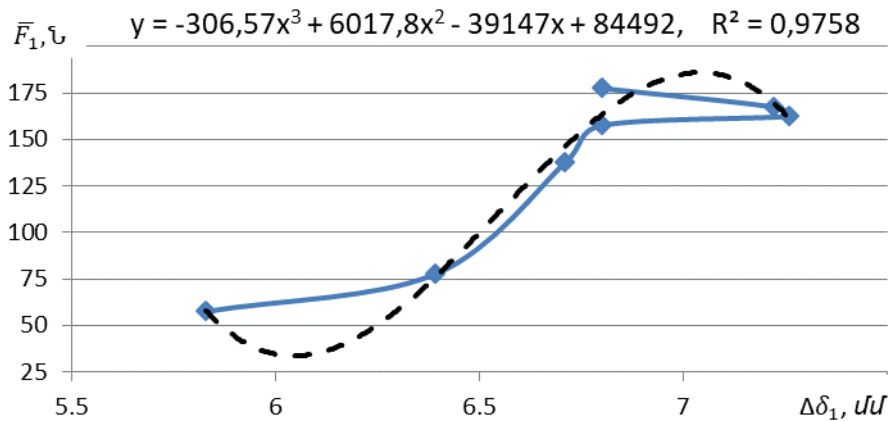
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, միջին բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**



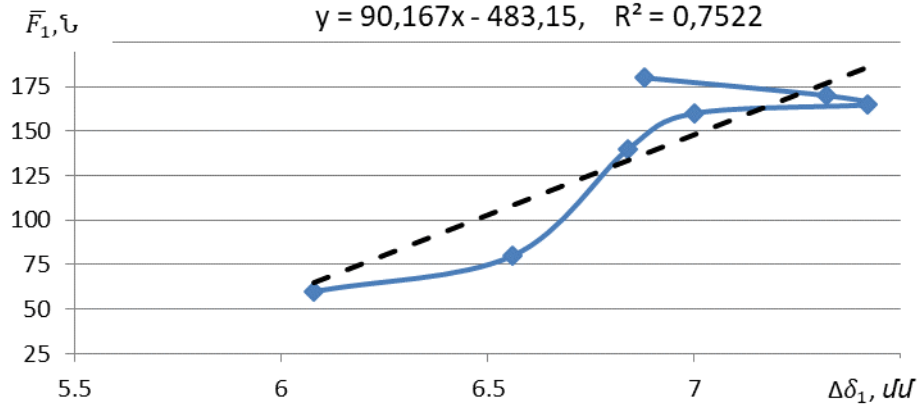
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, միջին բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**



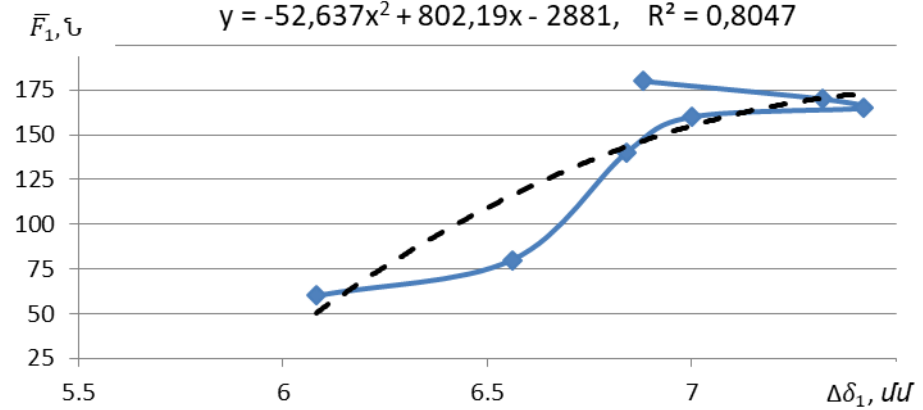
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, միջին բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**



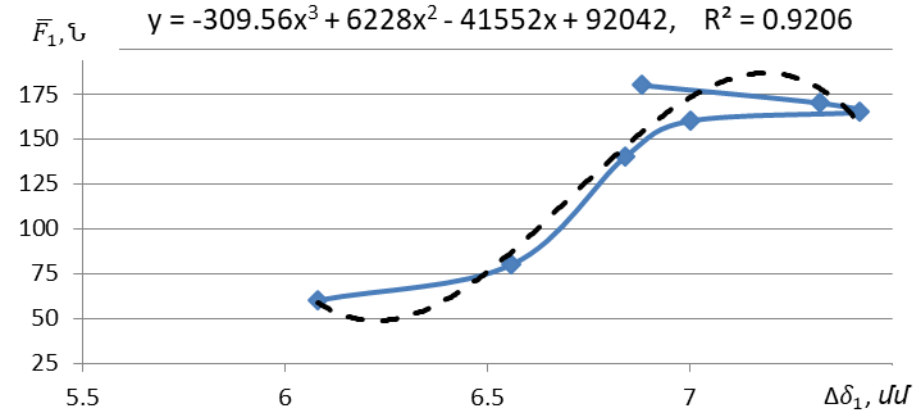
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, առավելագույն բացարձակ
դեֆորմացիայի արժեքների համար**



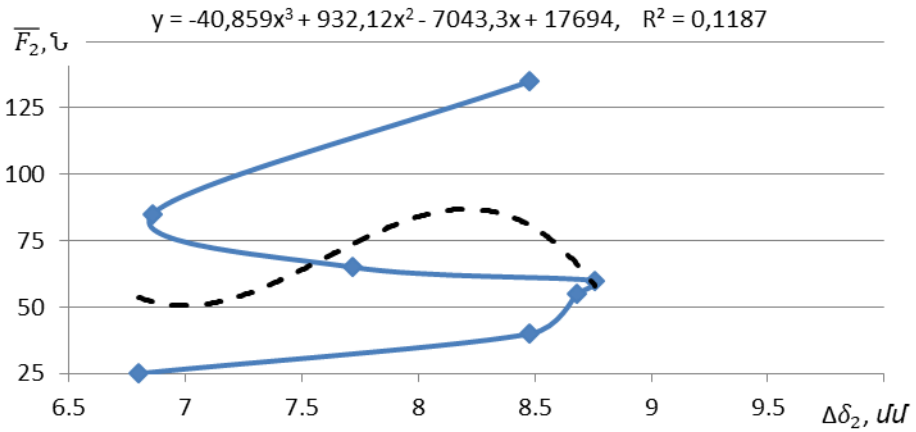
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, առավելագույն բացարձակ
դեֆորմացիայի արժեքների համար**



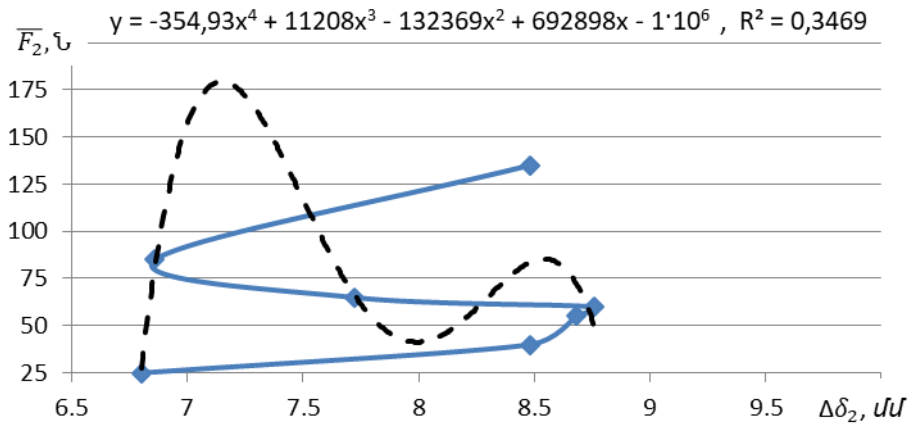
**Քայքայման ֆունկցիան երկայնական
ուղղությամբ, առավելագույն բացարձակ
դեֆորմացիայի արժեքների համար**



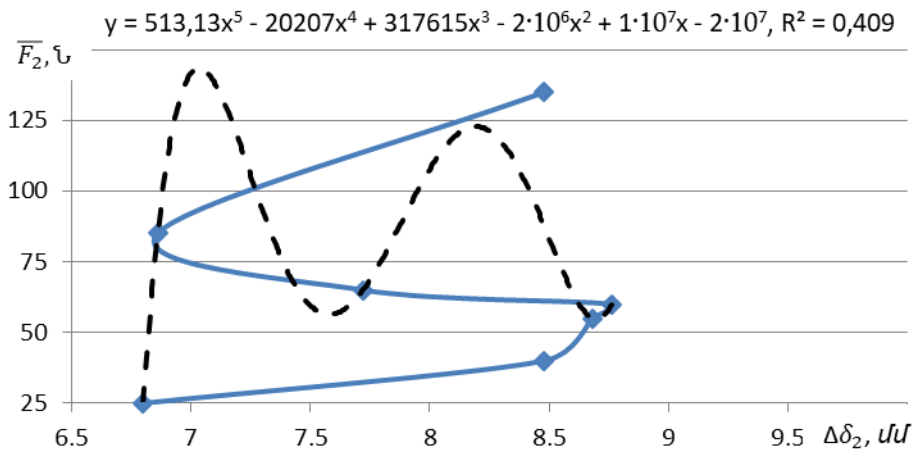
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
նվազագույն բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**



**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
նվազագույն բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**

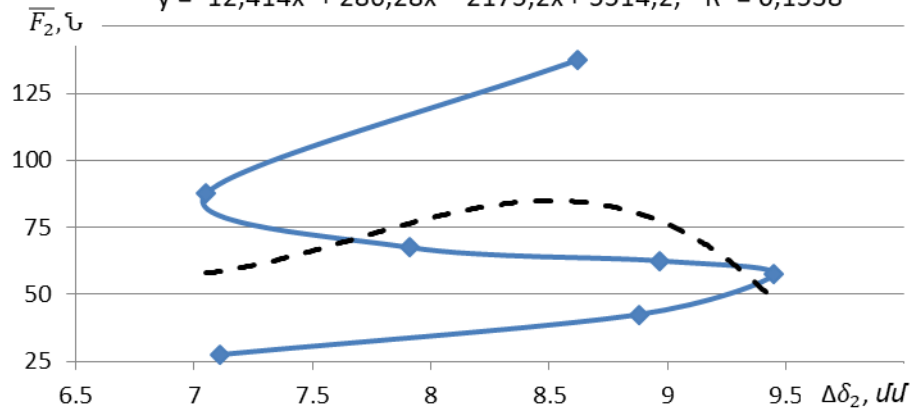


**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
նվազագույն բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**



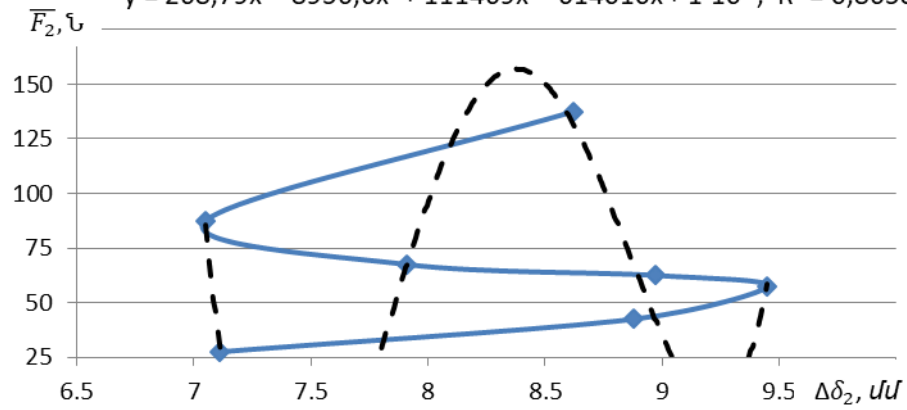
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
միջին բացարձակ դեֆորմացիայի արժեքների
համար**

$$y = -12,414x^3 + 286,28x^2 - 2175,2x + 5514,2, \quad R^2 = 0,1538$$



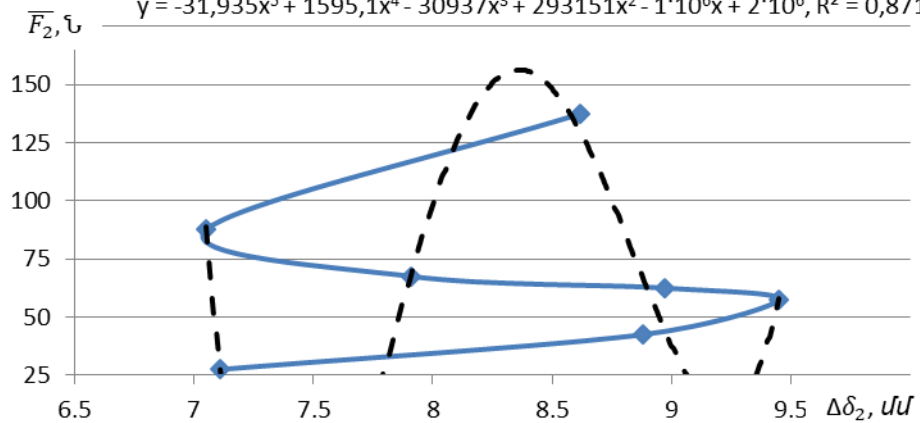
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
միջին բացարձակ դեֆորմացիայի արժեքների
համար**

$$y = 268,79x^4 - 8956,6x^3 + 111469x^2 - 614010x + 1 \cdot 10^6, \quad R^2 = 0,8658$$



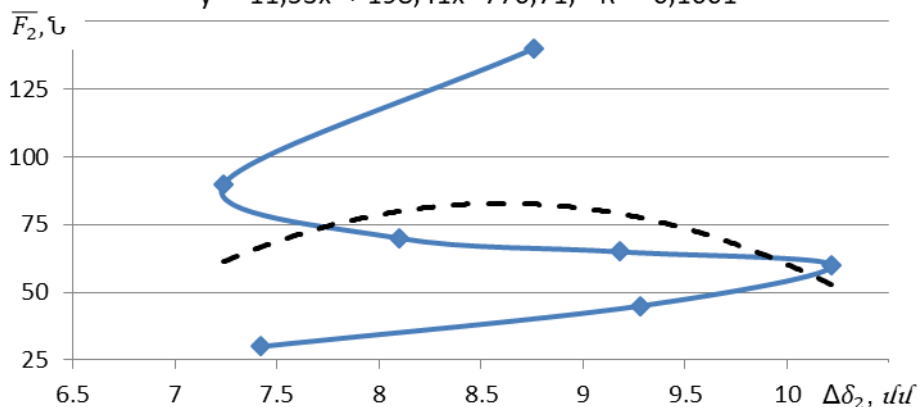
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
միջին բացարձակ դեֆորմացիայի արժեքների
համար**

$$y = -31,935x^5 + 1595,1x^4 - 30937x^3 + 293151x^2 - 1 \cdot 10^6x + 2 \cdot 10^6, \quad R^2 = 0,8711$$



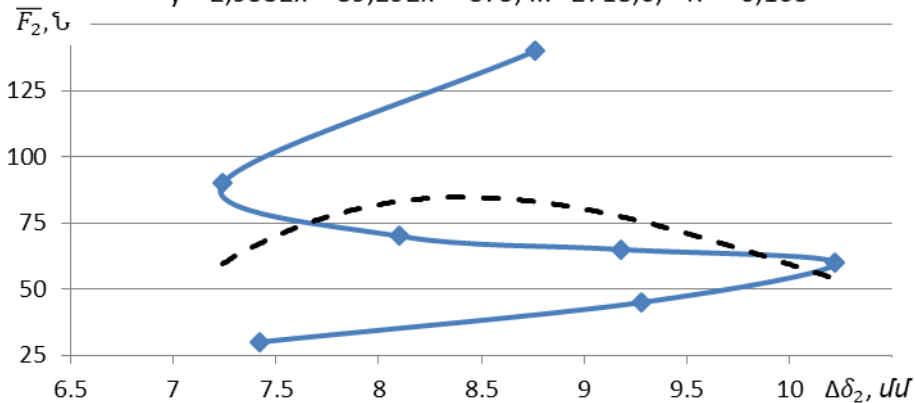
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
առավելագույն բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**

$$y = -11,53x^2 + 198,41x - 770,71, \quad R^2 = 0,1001$$



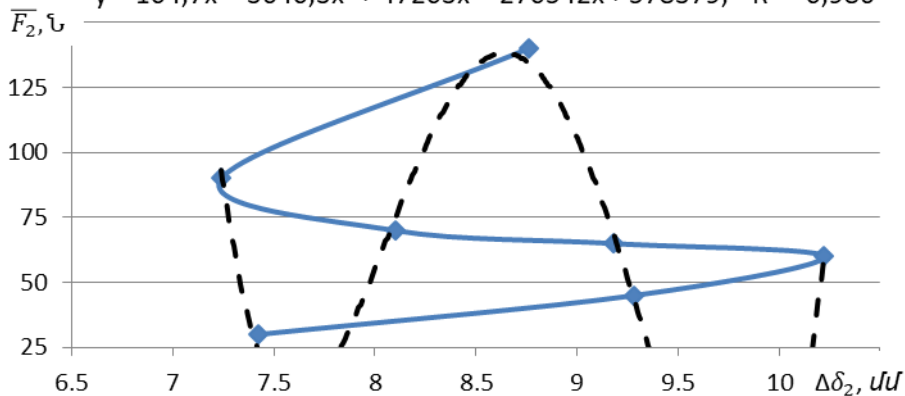
**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
առավելագույն բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**

$$y = 2,9532x^3 - 89,292x^2 + 875,4x - 2718,6, \quad R^2 = 0,103$$



**Քայքայման ֆունկցիան լայնական ուղղությամբ,
առավելագույն բացարձակ դեֆորմացիայի
արժեքների համար**

$$y = 104,7x^4 - 3640,3x^3 + 47203x^2 - 270542x + 578379, \quad R^2 = 0,986$$



ՀԱՎԵԼՎԱԾ 4 (Հ4)

ՏՊԱԳՐԱԿԱՆ ԹՂԹԻ ՖԻԶԻԿԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ

ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԸ

Աղյուսակ 4.1

$F_1 = f_1(\Delta\delta_1)$ և $F_2 = f_2(\Delta\delta_2)$ ֆունկցիաների օպտիմալ փարբերակների ընտրությունը

Թղթի տեսակը	Թղթի ուղղությունը	$F_1 = f_1(\Delta\delta_1)F_2 = f_2(\Delta\delta_2)$, ֆունկցիաները	Դետերմինացիայի գործակիցը, R^2
1	2	3	4
Թերթային թուղթ, 45 գ/մ ²	Երկայնական	$y = 9,6308x - 0,2175$ *)	0,9430
		$y = 0,1022x^2 + 9,0555x + 0,3779$	0,9432
		$y = -0,1849x^3 + 1,6883x^2 + 5,2207x + 2,6591$	0,9441
	Լայնական	$y = 3,5406x + 5,59$	0,8662
		$y = -0,567x^2 + 7,4507x + 0,0279$	0,9506
		$y = 0,1628x^3 - 2,2714x^2 + 12,44x - 3,7278$	0,9611
Օֆսեթ թուղթ, 60 գ/մ ²	Երկայնական	$y = 12,079x - 0,122$	0,9189
		$y = -0,4783x^2 + 15,654x - 5,6445$	0,9233
		$y = -0,4232x^3 + 4,3253x^2 - 0,1949x + 8,2777$	0,9341
	Լայնական	$y = 4,0809x + 9,173$	0,8614
		$y = -0,5832x^2 + 9,7085x - 2,1296$	0,9311
		$y = 0,1522x^3 - 2,8503x^2 + 19,758x - 14,743$	0,9468
Օֆսեթ թուղթ, 70 գ/մ ²	Երկայնական	$y = 18,149x + 15,732$	0,9656
		$y = -1,0705x^2 + 26,619x + 2,5845$	0,9731
		$y = -0,2466x^3 + 1,8911x^2 + 16,149x + 12,686$	0,9742
	Լայնական	$y = 6,0099x + 8,7338$	0,9203
		$y = -0,4011x^2 + 9,5977x + 2,5122$	0,9345
		$y = 0,0679x^3 - 1,3384x^2 + 13,37x - 1,5551$	0,9363
Օֆսեթ թուղթ, 80 գ/մ ²	Երկայնական	$y = 1,953x + 25,54$	0,9590
		$y = 7 \cdot 10^{-4} x^2 + 1,9088x + 26,039$	0,9593
		$y = -2 \cdot 10^{-4} x^3 + 0,0176x^2 + 1,4575x + 28,616$	0,9598
	Լայնական	$y = 6,0803x + 12,525$	0,9126
		$y = -0,5458x^2 + 10,967x + 4,7108$	0,9490
		$y = 0,0525x^3 - 1,2739x^2 + 13,766x + 2,1351$	0,9510
Օֆսեթ թուղթ, 100 գ/մ ²	Երկայնական	$y = 20,75x + 8,489$	0,9560
		$y = -0,3351x^2 + 23,435x + 4,1684$	0,9576
		$y = -0,2992x^3 + 3,2992x^2 + 10,447x + 17,04$	0,9590
	Լայնական	$y = 1,0377x + 12,539$	0,9006
		$y = -0,005x^2 + 1,332x + 9,987$	0,9050
		$y = 3 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0257x^2 + 1,7434x + 8,1537$	0,9067
Օֆսեթ թուղթ, 120 գ/մ ²	Երկայնական	$y = 2,2072x + 21,01$	0,9904
		$y = 0,0039x^2 + 1,9509x + 23,871$	0,9913
		$y = -3 \cdot 10^{-4} x^3 + 0,032x^2 + 1,202x + 28,147$	0,9926
	Լայնական	$y = 11,148x + 19,077$	0,9002
		$y = -1,6507x^2 + 22,343x + 4,6977$	0,9493
		$y = -0,0807x^3 - 0,8295x^2 + 19,984x + 6,4189$	0,9496

Աղ. 4.1-ի շարունակությունը

1	2	3	4
Օֆսեր թուղթ, 150 գ/մ ²	Երկայնական	$y = 25,168x + 21,59$	0,9455
		$y = -1,8585x^2 + 37,856x + 5,6594$	0,9586
		$y = -0,5387x^3 + 3,7729x^2 + 21,266x + 18,188$	0,9615
	Լայնական	$y = 15,361x + 21,296$	0,9124
		$y = -1,6143x^2 + 29,328x + 0,0425$	0,9498
		$y = -0,1178x^3 - 0,0952x^2 + 23,889x + 4,9515$	0,9507

*) Սղվերապատված են օպտիմալ փարբերակները

Աղյուսակ 4.2

Տպագրական թղթի ամրության ցուցանիշների օպտիմալ ֆունկցիաների ընտրությունը

№	Թղթի ուղղությունը	Ֆունկցիաները	Ֆունկցիայի հավասարումը	Դետերմինացիայի գործակիցը, R ²	
1	2	3	4	5	
1	Երկայնական	$\bar{F}_1 = \varphi_1(q)$	$y = 1,0886x + 36,732$	0,7075	
			$y = -0,0187x^2 + 4,733x - 118,5$	0,9093	
			$y = 2 \cdot 10^{-4}x^3 - 0,0777x^2 + 10,021x - 262,81$	0,9284	
2	Լայնական	$\bar{F}_2 = \varphi_2(q)$	$y = 0,9484x - 15,746$	0,9448	
			$y = 0,0044x^2 + 0,0891x + 20,855$	0,9645	
			$y = 0,0002x^3 - 0,0517x^2 + 5,1127x - 116,23$	0,9948	
3	Երկայնական	$\bar{\Delta\delta}_1 = \varphi_3(q)$	$\bar{\Delta\delta}_{1min}$	$y = 0,0107x + 5,0618$	0,4992
				$y = -0,0003x^2 + 0,0712x + 2,4818$	0,9089
				$y = 7 \cdot 10^{-7}x^3 - 0,0005x^2 + 0,0902x + 1,9636$	0,9107
			$\bar{\Delta\delta}_1$	$y = 0,0093x + 5,8861$	0,4758
				$y = -0,0003x^2 + 0,0697x + 3,3137$	0,9875
				$y = -4 \cdot 10^{-4}x^3 - 0,0002x^2 + 0,0582x + 3,6271$	0,9883
			$\bar{\Delta\delta}_{1max}$	$y = 0,0078x + 6,6638$	0,3672
				$y = -3 \cdot 10^{-4}x^2 + 0,0687x + 4,0672$	0,9432
				$y = -1 \cdot 10^{-6}x^3 + 2 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0388x + 4,8847$	0,9495
4	Լայնական	$\bar{\Delta\delta}_2 = \varphi_4(q)$	$\bar{\Delta\delta}_{2min}$	$y = -0,0017x + 7,5368$	0,0051
				$y = -2 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0028x + 7,344$	0,0060
				$y = 3 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0077x^2 + 0,6916x - 11,451$	0,9647
			$\bar{\Delta\delta}_2$	$y = -0,002x + 8,4605$	0,0059
				$y = -0,0001x^2 + 0,0232x + 7,3871$	0,0301
				$y = 3 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0085x^2 + 0,7705x - 13,004$	0,9873
			$\bar{\Delta\delta}_{2max}$	$y = -0,004x + 9,5832$	0,0242
				$y = -0,0002x^2 + 0,0341x + 7,9622$	0,0807
				$y = 3 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,008x^2 + 0,7318x - 11,078$	0,9319

1	2	3	4	5	
5	Երկայնական	$I_1 = \varphi_5(q)$	$y = -0,0081x^2 + 1,4941x + 1,8344$	0,5603	
			$y = 5 \cdot 10^{-6}x^4 - 0,0018x^3 + 0,2051x^2 - 9,0359x + 179,81$	0,7687	
			$y = -5 \cdot 10^{-7}x^5 + 0,0002x^4 - 0,0456x^3 + 4,0064x^2 - 166,74x + 2675$	0,9586	
6	Լայնական	$I_2 = \varphi_6(q)$	$y = 8 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0241x^2 + 2,1889x - 33,068$	0,8861	
			$y = -7 \cdot 10^{-7}x^4 + 0,0004x^3 - 0,0624x^2 + 4,3556x - 75,996$	0,9001	
			$y = -1 \cdot 10^{-7}x^5 + 5 \cdot 10^{-5}x^4 - 0,0085x^3 + 0,7059x^2 - 27,52x + 428,32$	0,9827	
7	Երկայնական	$S_1 = \varphi_7(q)$	$y = -0,0007x^2 + 0,1893x - 4,7401$	0,9093	
			$y = 8 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,0031x^2 + 0,4008x - 10,512$	0,9284	
			$y = 4 \cdot 10^{-7}x^4 - 0,0002x^3 + 0,02x^2 - 0,906x + 15,38$	0,9515	
8	Լայնական	$S_2 = \varphi_8(q)$	$y = 0,0379x - 0,6298$	0,9448	
			$y = 0,0002x^2 + 0,0036x + 0,8342$	0,9645	
			$y = 8 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,0021x^2 + 0,2045x - 4,6494$	0,9948	
9	Երկայնական	$\delta_1 = \varphi_9(q)$	$y = 0,0037x + 2,3531$	0,4789	
			$y = -0,0001x^2 + 0,0278x + 1,3273$	0,9886	
			$y = -2 \cdot 10^{-7}x^3 - 7 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0232x + 1,4523$	0,9894	
10	Լայնական	$\delta_2 = \varphi_{10}(q)$	$y = -0,0008x + 3,38$	0,0053	
			$y = -5 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0093x + 2,9501$	0,0295	
			$y = 1 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0034x^2 + 0,3093x - 5,2358$	0,9872	
11	Հարաբերական ֆունկցիաներ	$\bar{F}_2/\bar{F}_1, S_2/S_1, I_2/I_1 = \varphi_{11}(q)$	$y = 8 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,013x + 0,955$	0,8843	
			$y = 6 \cdot 10^{-7}x^3 - 9 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,0019x + 0,5483$	0,9040	
			$y = -5 \cdot 10^{-8}x^4 + 2 \cdot 10^{-5}x^3 - 0,0025x^2 + 0,1408x - 2,2039$	0,9585	
12		$\delta_2/\delta_1 = \varphi_{12}(q)$	$y = -0,0019x + 1,4103$	0,1956	
			$y = 3 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,0085x + 1,6916$	0,2553	
			$y = 4 \cdot 10^{-6}x^3 - 0,0012x^2 + 0,1009x - 1,2946$	0,9899	
13	Երկայնական	$\bar{F}_1 = \psi_1(\Delta\delta_1)$	$\overline{\Delta\delta}_{1min}$	$y = 79,764x - 391,82$	0,8092
				$y = -18,683x^2 + 317,86x - 1145,1$	0,8211
				$y = -243,25x^3 + 4647,7x^2 - 29387x + 61584$	0,9816
			$\overline{\Delta\delta}_1$	$y = 85,334x - 439,15$	0,7888
				$y = -32,024x^2 + 505,81x - 1812$	0,8151
				$y = -306,57x^3 + 6017,8x^2 - 39147x + 84492$	0,9758
			$\overline{\Delta\delta}_{1max}$	$y = 90,167x - 483,15$	0,7522
				$y = -52,637x^2 + 802,19x - 2881$	0,8047
				$y = -309,56x^3 + 6228x^2 - 41552x + 92042$	0,9206

Աղ. 4.2-ի շարունակությունը

14	Լայնական	$\bar{F}_2 = \Psi_2(\bar{\Delta\delta}_2)$	$\bar{\Delta\delta}_{2min}$	$y = -40,859x^3 + 932,12x^2 - 7043,3x + 17694$	0,1187
				$y = -354,93x^4 + 11208x^3 - 132369x^2 + 692898x - 1 \cdot 10^6$	0,3469
				$y = 513,13x^5 - 20207x^4 + 317615x^3 - 2 \cdot 10^6x^2 + 1 \cdot 10^7x - 2 \cdot 10^7$	0,4090
			$\bar{\Delta\delta}_2$	$y = -12,414x^3 + 286,28x^2 - 2175,2x + 5514,2$	0,1538
				$y = 268,79x^4 - 8956,6x^3 + 111469x^2 - 614010x + 1 \cdot 10^6$	0,8658
				$y = -31,935x^5 + 1595,1x^4 - 30937x^3 + 293151x^2 - 1 \cdot 10^6x + 2 \cdot 10^6$	0,8711
			$\bar{\Delta\delta}_{2max}$	$y = -11,53x^2 + 198,41x - 770,71$	0,1001
				$y = 2,9532x^3 - 89,292x^2 + 875,4x - 2718,6$	0,1030
				$y = 104,7x^4 - 3640,3x^3 + 47203x^2 - 270542x + 578379$	0,9860

*) Սղվերապատված են օպտիմալ փորձերակները