

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

ХОЛТУРАЕВ ФАРХОД САФАРОВИЧ

**КЎННИ ВАЛЛИ МАШИНАЛАРДА СИҚИШ ЖАРАЁНИНИ
МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.02.03 – Технологик машиналар. Роботлар, мехатроника ва роботатехника тизимлари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Наманган – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Холтураев Фарход Сафарович

Кўнни валли машиналарда сиқиш жараёнини математик
моделлаштириш ва такомиллаштириш.....3

Холтураев Фарход Сафарович

Математическое моделирование и совершенствование процесса отжима
кожи валковыми машинами.....21

Kholturaev Farhod Safarovich

Mathematical modeling and improvement of the process of leather squeezing
with roller machines.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works43

**НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

ХОЛТУРАЕВ ФАРХОД САФАРОВИЧ

**КЎННИ ВАЛЛИ МАШИНАЛАРДА СИҚИШ ЖАРАЁНИНИ
МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.02.03 – Технологик машиналар. Роботлар, мехатроника ва роботатехника тизимлари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Наманган – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.1.PhD/T1010 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент архитектура қурилиш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.namnti.uz) ва "ZiyoNet" Ахборот таълим порталида (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Хуррамов Шавкат Раҳматуллаевич
техника фанлари номзоди, доцент

Расмий оппонентлар:

Қодиров Тўлқин Жумаевич
техника фанлари доктори, профессор

Шарибасв Носир Юсупжанович
физика-математика фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Бухоро муҳандислик - технология институти

Диссертация химояси Наманган муҳандислик-технология институти ҳузуридаги PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 рақамли Илмий Кенгашнинг 2021 йил «28» август соат 10:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 160115, Наманган шаҳри, Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (69) 225-10-07, факс: (69) 228-76-75, e-mail: nici_info@edu.uz, Наманган муҳандислик-технология институти маъмурий биноси, 1-кават, кичик мажлислар зали).

Диссертация билан Наманган муҳандислик-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (412-рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 160115, Наманган ш., Косонсой кўчаси, 7-уй. Тел.: (69) 225-10-07).

Диссертация автореферати 2021 йил «17» август кунин тарқатилади.
(2021 йил «17» август даги № 44-рақамли реестр баённомаси).



Р.Мурадов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Х.Т.Бобожанов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
илмий котиби, техника фанлари доктори, доцент

Қ.М. Холиқов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда чарм ва чарм маҳсулотларига талаб йилдан йилга ўсиб бормоқда. Чарм маҳсулотларини ишлаб чиқаришда Италия (23,39%), Корея (9,60%), АҚШ (6,80%), Аргентина (6,11%), Германия (5,72%), Бразилия (4,88%), Буюк Британия (2,94%), Хитой (2,88%) каби давлатлар етакчи мамлакатлар ҳисобланади¹. Ҳозирги вақтда жаҳонда ишлаб чиқаришнинг кўплаб соҳаларида, жумладан чармни механик қайта ишлашда, валокли технологик машиналар кенг қўлланилади. Бундай жараёнлар орасида чарм яриммаҳсулотини ошлашдан кейинги валокли сиқиш жараёни алоҳида аҳамиятга эга, чунки бу жараён чарм яриммаҳсулотида кейинги жараёнларни амалга ошириш учун зарур бўладиган намликни ҳосил қилади.

Жаҳон амалиётида валлар жуфтлигида контактли масалаларни ечишга оид кўп сондаги тадқиқотлар мавжуд бўлсада, контакт эгри чизикларини чарм яриммаҳсулотининг ошлашдан кейинги деформация хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда математик моделлаштириш, валокларга таъсир этувчи ташқи кучлар билан контакт кучланишлари орасидаги боғланишларни ифодаловчи ишқаланиш кучланишларини математик моделлаштириш, контакт кучланишларининг тарқалиш қонуниятларини математик моделлаштириш каби контактли масалалар кам ўрганилган ҳисобланади. Шунингдек, чарм яриммаҳсулотининг ошлашдан кейинги фильтрация хусусиятларининг ўрганилмаганлиги чарм яриммаҳсулотини валокли сиқиш жараёни назариясида гидравлик масалаларни ечишга доир тадқиқотлар мавжуд эмаслигини кўрсатади. Бундан ташқари, валокли сиқиш машиналари технологик параметрлари билан конструктив параметрлари орасидаги боғланиш етарли даражада ўрганилмаган. Валокли сиқиш жараёнининг контактли ва гидродинамик ҳодисаларини ҳамда машиналарнинг технологик ва конструктив параметрлари орасидаги боғланишларни тўлиқ билмаслик техник-иқтисодий жиҳатдан самарасиз машиналарнинг яратилишига сабаб бўлди. Бу чармни валокли сиқиш жараёни назарий асосларининг ва шу сабабли, сиқиш машиналари ишчи органларининг параметрларини ҳисоблаш ва таҳлил қилиш методикаларининг яратилмаганлиги билан изоҳланади. Шу сабабли, чармни валокли машиналарда сиқиш жараёнини математик моделлаштириш ва такомиллаштириш ҳозирги вақтда долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Мамлакатимизда чарм хом ашёсига теран ишлов бериш асосида рақобатбардош ва юқори сифатли тайёр маҳсулотларни ишлаб чиқариш ҳажми ва номенклатурасини кенгайтириш бўйича чора-тадбирлар кенг кўламда амалга оширилмоқда. Бу борада 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида

¹ <http://www.splaix.ru/k5.html>

«...миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш...»² каби вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни чарм саноатида амалга оширишнинг ҳозирги кундаги муҳим масалаларидан бири чарм ярим маҳсулотининг деформациявий хоссаларини ҳисобга олган ҳолда юқори унумли ва ресурсга тежамкор валокли технологик машиналарни такомиллаштириш ва яратиш ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сон «2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегияси тўғрисида»ги ва 2000 йил 23 февралдаги ПФ-2552-сон «Республика иқтисодиётининг чарм-пойабзал тармоғини бошқариш тизимларини такомиллаштириш тўғрисида» ги Фармонлари, 2021 йил 8 февралдаги ПҚ-4982-сон «Чарм- пойабзал ва мўйначилик соҳаларини янада ривожлантиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2016 йил 15 сентябрдаги ПҚ-2592-сон «2016-2020 йилларда чарм-пойабзал саноатини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Хўл материалларни валокли сиқишни моделлаштириш замонавий механиканинг муракаб масалаларидан бири ҳисобланади. Муаммо валлар жуфтлигидаги контактли масала билан валокли сиқишнинг гидравлик масаласини биргаликда ечиш заруриятидан юзага келади. Валлар жуфтлигида контактли масалалар тадқиқотига Р.Р. Gudur, X. Tan, V. Alexa, Э.А. Гарбер, А.П. Грудев, Я.Д. Васильев, Г.К. Кузнецов, Ю.Г. Фомин, Б.А.Койайдаров, М.М. Шукуров, Ш.Р.Хуррамов ва валокли сиқиш жараёнининг гидравлик масалалари тадқиқотига J.McDonald, V.Walstrom, S.Adanur, Г.К.Кузнецов, И.Д. Кугушев, Н.Е.Новиков, В.А.Крючков, А.В.Саблин, В.А.Кузнецов, Ш.Р.Хуррамов, В.А.Полумысков ва бошқаларининг ишлари бағишланган.

Республикаимиз олимларидан Г.А.Бахадиров, Т.Ю.Аманов, Ш.Р.Хуррамов, А.Абдукаримов, Г.Н.Цой ва бошқаларнинг ишлари чарм ярим маҳсулотини сиқиш учун валокли машиналарнинг илмий асосларини яратиш ва уларнинг параметрларини такомиллаштиришга бағишланган.

² <https://www.Lex.uz/acts/3107036>. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги Фармони

Ушбу муаллифларнинг ишларида валлар жуфтлигида материални валлар соҳасига тортиш шартлари ўрнатилган ва сирпаниш соҳасида ишқаланиш кучланишларининг модели аниқланган. Валлар билан ишлов берилаётган материал кинематик ўзаро таъсирининг бир нечта схемалари учун валокли механизмлар ишлашининг куч режими аниқланган.

Валлар жуфтлигида контактли масалаларни ўрганиш бўйича жуда кўп ишларнинг мавжудлигига қарамасдан валлар жуфтлигида контактли ўзаро таъсир масалаларини ечишнинг назарий асослари етарли даражада ишлаб чиқилмаган. Бу шу вақтгача валоклар контакт эгри чизиқларининг математик моделларининг яратилмаганлиги билан боғлиқ. Валокли сиқишнинг гидравлик масалалари татқиқотида оид ишлар таҳлили шуни кўрсатдики, гидравлик босимнинг назарий тақсимот қонуниятлари валокли ускуналар ва ишлов берилаётган материалларнинг ҳўл материалларни валокли сиқишнинг реал физик жараёнларига жавоб бермайдиган моделларини киритиш йўли билан олинган. Ҳозирги вақтда чармни валокли сиқиш масалаларини ечишда қўллаш мумкин бўлган чарм ярим маҳсулотининг деформациявий ва фильтрациявий хоссаларини ифодаловчи математик моделлар мавжуд эмас. Шу сабабли чармнинг валлар жуфтлиги билан контактли ўзаро таъсир масалалари татқиқотида чарм ярим маҳсулотининг деформациявий хусусиятлари инобатга олинмайди, шунингдек чармни валокли сиқиш масалалари амалда ечилган эмас.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши ЎзР. ФА нинг Механика ва иншоотлар сейсмик мустақкамлиги институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг № БВ-М-Ф4-001 «Гидродинамика ва машинасозлик масалаларини математик моделлаштириш ва ечишнинг янги методлари асосида тадқиқ этиш» (2017–2020) мавзусидаги фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади чарм ярим маҳсулотини валокли сиқиш машиналарининг техник ва иқтисодий кўрсаткичларини уларнинг параметрларини ҳисоблашнинг илмий асосланган усулларини қўллаш орқали оширишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қуйи ва юқори валлар контакт эгри чизиқларини ҳамда контакт кучланишларининг бу эгри чизиқлар бўйлаб тарқалишини моделлаштириш;
чармни валокли сиқиш жараёнининг контактли ўзаро таъсир кўрсаткичлари ва параметрларини ҳисоблаш учун аналитик ифодаларни аниқлаш;

чармни сиқиш соҳасида гидравлик босим тақсимотини моделлаштириш;
чармни валокли сиқиш жараёнининг гидравлик параметрларини ҳисоблаш учун аналитик ифодаларни аниқлаш;

чармни валокли сиқиш параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Республикада фойдаланилаётган чармни сиқиш машиналарининг валлар жуфтлиги олинган.

Тадқиқотнинг предметини валлар жуфтлигида контакт масалалари назарияси, хўл материалларни валокли сиқишнинг гидравлик масалалари назарияси ва чармни валокли сиқиш параметрларини ҳисоблаш усуллари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда контактли ўзаро таъсир, суёқлик ва газ механикаси, чарм саноати машиналарини лойиҳалаш, математик анализ, математик статистика ва тажрибани режалаштириш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

хромли ошлашдан кейинги чарм ярим маҳсулотининг ва валлар эластик қопламаларининг деформациявий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда валлар жуфтликларида контакт эгри чизикларининг математик моделлари яратилган;

нормал ва уринма кучланишларнинг контакт эгри чизиклари бўйлаб тарқалиш қонуниятларининг тажрибавий эпюраларга мос келадиган математик моделлари яратилган ва чармни валокли сиқиш машиналарининг энергиявий ва куч параметрларини ҳисоблаш учун янги аналитик ифодалар ишлаб чиқилган;

биринчи бўлиб хромли ошлашдан кейинги чарм ярим маҳсулотининг фильтрациявий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда чармни сиқиш соҳасида гидравлик кучланишларнинг ва сиқилаётган суёқлик ўзгариш қонуниятларининг математик моделлари яратилган;

чарм ярим маҳсулоти қолдиқ намлигининг чармни валокли сиқиш машиналарининг оптимал параметрларини аниқлаш имкониятини берувчи математик модели яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

чарм ярим маҳсулотини сиқишнинг валокли машиналари параметрларини ҳисоблаш методикаси яратилган;

чармни валокли сиқиш жараёнининг гидравлик ҳодисалари моҳиятини очиш имкониятини яратувчи хромли ошлашдан кейинги чарм ярим маҳсулотининг фильтрациявий хоссалари аниқланган ва эмпирик формулалар билан ифодаланган.

Олинган натижаларнинг ишончлилиги тадқиқотларнинг контактли ўзаро таъсир назариясининг ва чарм саноати машиналарини лойиҳалашнинг замонавий усуллари қўллаган ҳолда бажарилиши, илмий ёндашув ва таҳлиллар асосида олинган натижаларнинг жаҳондаги етакчи марказлар мутахассисларининг назарий маълумотларига мос келиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти гидравлик ва контакт масалаларининг биргаликда ечилиши ва чармни сиқиш жараёнининг валлар контакт эгри чизиклари, фильтрация тезликлари, гидравлик босимлари ва сиқилаётган

сувоқликлар ўзгаришини аниқлаш учун математик моделлар яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти чарм саноатининг валокли сиқиш машиналари самарали параметрларини, ишлаш тартибини аниқлаш ва баҳолаш имкониятини берувчи чарм ярим маҳсулотини сиқишнинг валокли машиналари параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқилганлиги ва чармни сиқиш жараёни ҳодисаларининг моҳиятини очишига имконият яратувчи чарм ярим маҳсулотининг фильтрациявий хоссаларини аниқловчи эмпирик ифодаларнинг топилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Чармни валокли машиналар билан сиқиш жараёнини математик моделлаштириш ва такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

чарм ярим маҳсулотини валокли сиқиш жараёнининг назарий натижалари, валокли сиқишнинг самарадорлигини аниқлашнинг ҳисоблаш формулалари ва чармни сиқишнинг валокли машиналари параметрларини аниқлаш методикаси «ЎЗЧАРМСАНОАТ» уюшмасининг корхоналарида хусусан «QARSHI LEATHER» МЧЖ, «ULKAN-LAZIZ» МЧЖ, «OSIYO SHARM FAYZ» МЧЖ да ишлаб чиқаришга жорий қилинган («ЎЗЧАРМСАНОАТ» уюшмасининг 2021 йил 26 июндаги ФБ-7/1716-сон маълумотномаси). Натижада чарм корхоналарида табиий чарм ишлаб чиқаришнинг технологик жараёнларини такомиллаштириш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 6 та халқаро миқёсдаги анжуманларда муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 10 та, жумладан Scopus базасидаги журналларда 5 та мақола нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар ва иловадан иборат. Диссертация ҳажми 117 бетни ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқот мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, республика фан ва технологияларини ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Хўл материалларни валокли сиқиш жараёни тадқиқотининг ҳозирги ҳолати”** деб номланган биринчи бобида хўл

материалларни валокли сиқиш бўйича тадқиқотларнинг ҳозирги ҳолати баён қилинган ва ҳўл материалларни валокли сиқиш параметрлари қаралган. Ушбу масалалар бўйича тадқиқотлар ўтказиш зарурияти асосланган ва чарм ярим маҳсулотини валокли сиқиш кўрсаткичларининг техник – иқтисодий кўрсаткичларини ошириш ва чарм саноати валокли сиқиш машиналарини такомиллаштириш йўллари ақс эттирилган.

Юқори унумдор, ресурсга тежамкор валокли сиқиш машиналарини яратиш ва чармни сиқишнинг ишлаб чиқаришда фойдаланиётган валокли машиналарининг техник-иқтисодий кўрсаткичларини такомиллаштириш учун валлар жуфтлигидаги контактли масалаларни ва чармни валокли сиқиш жараёнининг гидравлик масалаларини биргаликда ечиш керак.

Валлар жуфтлигида контактли ўзаро таъсир назариясининг асосий масаласи нормал ва уринма контакт кучланишлари тақсимотини моделлаштириш ҳисобланади. Бунда асосий омиллар, валлар контакт соҳасида ишқаланишни ҳисобга олувчи ҳамда уринма ва нормал контакт кучланишларини боғловчи ишқаланиш кучланишлари моделлари ва валлар контакт эгри чизиқлари моделлари ҳисобланади.

Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, контакт кучланишларининг тажрибавий эпюралар билан мос тушувчи тақсимотининг математик моделларини топиш имконияти ҳозирги вақтда ишқаланиш кучланишлари ва контакт эгри чизиқларининг коррект моделлари яратилмаганлиги сабабли мавжуд эмас.

Чармни валокли сиқиш масалаларини ечиш учун фойдаланиш мумкин бўлган чарм ярим маҳсулотининг фильтрациявий хоссаларини ифодаловчи математик моделлар ҳозирги вақтда мавжуд эмас. Шу сабабли чармни валокли сиқишнинг гидравлик масалаларига оид тадқиқотлар деярли ўтказилмаган.

Гидравлик босимнинг мавжуд назарий тақсимот қонуниятлари валокли ускуналар ва ишлов берилаётган материалларнинг ҳўл материалларни валокли сиқишнинг реал физик жараёнларига жавоб бермайдиган моделларини киритиш йўли билан олинганлиги ва ҳўл материалларни валокли сиқишнинг гидравлик ҳодисаларини очиш имкониятини бермаслиги маълум бўлди.

Ҳўл материалларни валокли сиқиш бўйича тадқиқотлар таҳлили кўрсатдики, валокли сиқиш назариясининг ҳозиргача олинган контактли ва гидравлик масалалари ечими ўзаро боғланмаган.

Чармни валокли сиқишнинг ўзига хос хусусиятлари таҳлили асосида валокли сиқиш жараёнида чекли сондаги, валлар орасидаги босим, чармнинг ҳаракат тезлиги, валларнинг диаметрлари ва ўрамаларининг бикрлиги каби параметрларни бошқаришга тўғри келади. Бу параметрлар ва валларни айлантириш учун керак бўладиган қувват чармни сиқишнинг валокли машиналарини лойиҳалаш учун асос бўлади. Валокли сиқиш машиналарини самарали лойиҳалаш ва ишлатиш учун бу параметрларнинг энг фойдали қийматларига эга бўлиш зарур.

Диссертациянинг “Чармни валокли сиқиш жараёнининг контакт масалаларини моделлаштириш” деб номланган **иккинчи боби** чармни валокли сиқиш жараёнининг контактли масалаларини маделлаштиришга бағишланган.

Чарм саноати замонавий сиқиш машиналарининг ўзига хос хусусиятларини инобатга олиб чармни сиқиш жараёни валлар жуфтлигининг схемаси танланди. Бунда валоклар вертикалга нисбатан ўнгга β бурчак остида қия жойлашган, ҳар хил диаметрга ($D_1 \neq D_2$) ва ҳар хил бикрликли ва ишқаланиш коэффициентли ($f_1 \neq f_2$) материаллардан эластик қопламага эга, қуйи валок узатмали, юқори валок – узатмасиз. Чарм қати δ_1 қалинликка эга ва марказлар чизиғига перпендикуляр узатилади.

Чармни сиқиш жараёнининг контактли масалалари тадқиқоти еттига A_{ij} , $i = \overline{1,2}$, $j = \overline{1,7}$ характерли нукталарни ва бу нукталарни аниқловчи φ_{ij} кўрсаткичларни ўз ичига олган чармни сиқиш жараёни валлар жуфтлигининг физик моделида амалга оширилган (1-шакл).

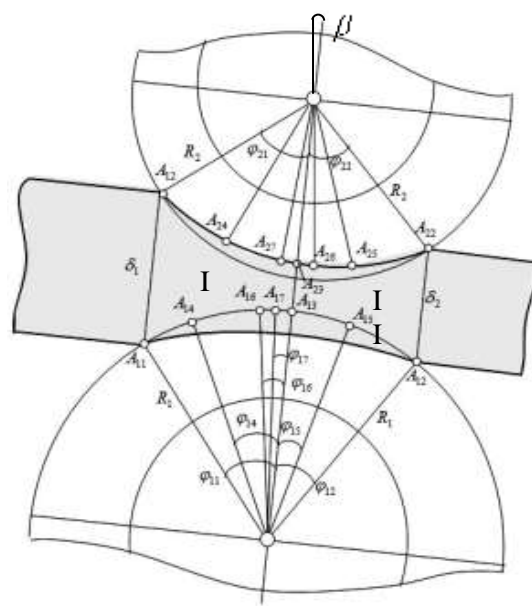
i – валок контакт эгри чизиғини моделлаштириш учун қуйидаги гипотеза қабул қилинган: контактдаги жисмларнинг нисбий деформациялари тезликлари нисбати ўзгармас.

Ушбу гипотезаларни қўллаш натижасида валоклар контакт эгри чизиқларининг нинг математик моделлари олинган:

$$\begin{cases} r_{11} = \frac{R_1}{1 + k_{11}\lambda_{11}} \left(1 + k_{11}\lambda_{11} \frac{\cos \varphi_{11}}{\cos \theta_{11}} \right), & -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ r_{12} = \frac{R_1}{1 + k_{12}\lambda_{12}} \left(1 + k_{12}\lambda_{12} \frac{\cos \varphi_{12}}{\cos \theta_{12}} \right), & 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}, \end{cases} \quad (1)$$

бу ерда $\lambda_{11} = \frac{d\varepsilon_{11}}{d\varepsilon_1^*}$, $k_{11} = \frac{H_1 \sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}{\delta_1 \sin \varphi_{21}}$, $\lambda_{12} = \frac{d\varepsilon_{12}}{d\varepsilon_1^*}$, $k_{12} = \frac{H_1 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{\delta_2 \sin \varphi_{22}}$,

бунда r_{1j} – қуйи валок j – қисми кутб радиуси; θ_{1j} – қуйи валок j – қисми кутб бурчаги; ε_{1j} – қуйи валок эластик қопламасининг j – қисмда нисбий деформацияси; ε_j^* – қуйи валок j – қисмида чармнинг нисбий деформацияси; δ_j – чарм қатининг бошланғич ($j=1$) ва охириги ($j=2$) қалинлиги; H_1 –



1-шакл. Валлар жуфтлиги физик моделининг схемаси

қуйи валок эластик қопламасининг қалинлиги; φ_{1j} – қуйи валокнинг бошланғич ($j=1$) и охири ($j=2$) контакт бурчаги.

юқори валок учун

$$\begin{cases} r_{21} = \frac{R_2}{1+k_{21}\lambda_{21}} \left(1 + k_{21}\lambda_{21} \frac{\cos \varphi_{21}}{\cos \theta_{21}} \right), & -\varphi_{21} \leq \theta_{21} \leq 0, \\ r_{22} = \frac{R_2}{1+k_{22}\lambda_{22}} \left(1 + k_{22}\lambda_{22} \frac{\cos \varphi_{22}}{\cos \theta_{22}} \right), & 0 \leq \theta_{22} \leq \varphi_{22}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\lambda_{21} = \frac{d\varepsilon_{21}}{d\varepsilon_2^*}$, $k_{21} = \frac{H_2 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{\delta_1 \sin \varphi_{12}}$, $\lambda_{22} = \frac{d\varepsilon_{22}}{d\varepsilon_2^*}$, $k_{22} = \frac{H_2 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{\delta_2 \sin \varphi_{22}}$;

здесь r_{2j} – юқори валок j – қисми кутб радиуси; θ_{2j} – юқори валок j – қисми кутб бурчаги; ε_{2j} – юқори валок эластик қопламасининг j – қисмда нисбий деформацияси; H_2 – юқори валок эластик қопламасининг қалинлиги; φ_{2j} – юқори валокнинг бошланғич ($j=1$) и охири ($j=2$) контакт бурчаги.

Муаллиф иштирокида чарм ярим маҳсулоти деформациявий хусусиятлари тажрибавий тадқиқ этилган ва ушбу эмпирик боғланишлар олинган:

$$\sigma = 43,39\varepsilon_c^{3,23}, \quad \sigma = 85,93\varepsilon_b^{3,03}.$$

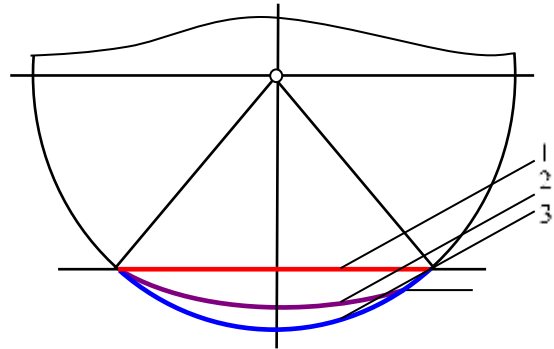
Ушбу даражали боғланишларни чарм ярим маҳсулотининг хромли ошладан кейинги сиқилиш ва тикланишдаги деформациявий хоссалари учун қўллаб, волоклар ўрамаси ва чармнинг нисбий деформациялари нисбатини ҳисоблаш учун ифодалар топилган.

Улар қуйидаги кўринишларга эга:

$$\lambda_{11} = m_{11} \sqrt{\frac{B_1}{A_{11}}}, \quad \lambda_{12} = m_{12} \sqrt{\frac{B_2}{A_{12}}}, \quad \lambda_{21} = m_{21} \sqrt{\frac{B_1}{A_{21}}}, \quad \lambda_{22} = m_{22} \sqrt{\frac{B_2}{A_{22}}}, \quad (3)$$

где A_{ij}, m_{ij} – i – валок эластик ўрамасининг сиқилишда ($j=1$) ва тикланишда ($j=2$) деформацияланиш ва мустаҳкамлик коэффициентлари; B_j – чарм катининг сиқилиш ($j=1$) ва тикланишда ($j=2$) деформацияланиш коэффициентлари.

Чармни сиқиш жараёни валлар жуфтлигининг ҳар қандай контакт эгри чизиғи (2-эгри чизик) $r_i = \frac{R_i \cos \varphi_i}{\cos \theta_i}$, $-\varphi_i \leq \theta_i \leq \varphi_i$ (1-эгри чизик) ва $r_i = R_i$, $-\varphi_i \leq \theta_i \leq \varphi_i$ (3-эгри чизик) эгри чизиклар графиклари орасида жойлашиши аниқланди (2-шакл).



2-шакл. Волок контакт эгри чизиғининг жойлашиш графиги

Валоклар контакт эгри чизикларининг олинган математик моделларини ((1) ва (2) системаларни) қўллаш орқали контакт кучланишларининг математик моделлари ишлаб чиқилди.

Улар қуйидаги кўринишларга эга:

$$\begin{cases} n_{11} = B_{11} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{11}}{\cos \theta_{11}} \right)^{m_{11}}, & -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ n_{12} = B_{12} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{12}}{\cos \theta_{12}} \right)^{m_{11}}, & 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}, \\ t_{11} = B_{11} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{11}}{\cos \theta_{11}} \right)^{m_{11}} \operatorname{tg}(\theta_{11} - \psi_{11} + \xi_1), & -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ t_{12} = B_{12} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{12}}{\cos \theta_{12}} \right)^{m_{11}} \operatorname{tg}(\theta_{12} - \psi_{12} + \xi_1), & 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}, \end{cases} \quad (4)$$

бу ерда $B_{1j} = A_{1j} \left(\frac{\lambda_{1j} R_1}{h_{1j}^0 + H_1 \lambda_{1j}} \right)^{m_{1j}}$; $\psi_{1j} = \operatorname{arctg} \frac{r'_{1j}}{r_{1j}}$, $h_{11}^0 = \delta_1 \frac{\sin \varphi_{21}}{\sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}$,

$h_{12}^0 = \delta_2 \frac{\sin \varphi_{22}}{\sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}$, $\xi_1 = \operatorname{arctg} \frac{F_1}{Q_1}$; бунда Q_1, F_1 – узатмали қуйи валокка

таъсир этувчи сиқувчи босим кучи ва тиргакнинг горизонтал реакцияси; n_{1j}, t_{1j} – қуйи валок контакт эгри чизигининг сиқилиш ва тикланиш қисмлари бўйлаб тарқалган нормал ва уринма кучланишлар;

$$\begin{cases} n_{21} = B_{21} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{21}}{\cos \theta_{21}} \right)^{m_{21}}, & -\varphi_{21} \leq \theta_{21} \leq 0, \\ n_{22} = B_{22} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{22}}{\cos \theta_{22}} \right)^{m_{21}}, & 0 \leq \theta_{22} \leq \varphi_{22}, \\ t_{21} = -B_{21} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{21}}{\cos \theta_{21}} \right)^{m_{21}} \operatorname{tg}(\theta_{21} - \psi_{21} - \xi_2), & -\varphi_{21} \leq \theta_{21} \leq 0, \\ t_{22} = -B_{12} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{22}}{\cos \theta_{22}} \right)^{m_{11}} \operatorname{tg}(\theta_{22} - \psi_{22} - \xi_2), & 0 \leq \theta_{22} \leq \varphi_{22}, \end{cases} \quad (5)$$

бу ерда $B_{2j} = A_{2j} \left(\frac{\lambda_{2j} R_2}{h_{2j}^0 + H_2 \lambda_{2j}} \right)^{n_{2j}}$, $\psi_{2j} = \operatorname{arctg} \frac{r'_{2j}}{r_{2j}}$, $h_{21}^0 = \delta_1 \frac{\sin \varphi_{11}}{\sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}$,

$h_{22}^0 = \delta_2 \frac{\sin \varphi_{12}}{\sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}$, $\xi_2 = \operatorname{arctg} \frac{F_2}{Q_2}$; бунда Q_2, F_2 – узатмали юқори валокка

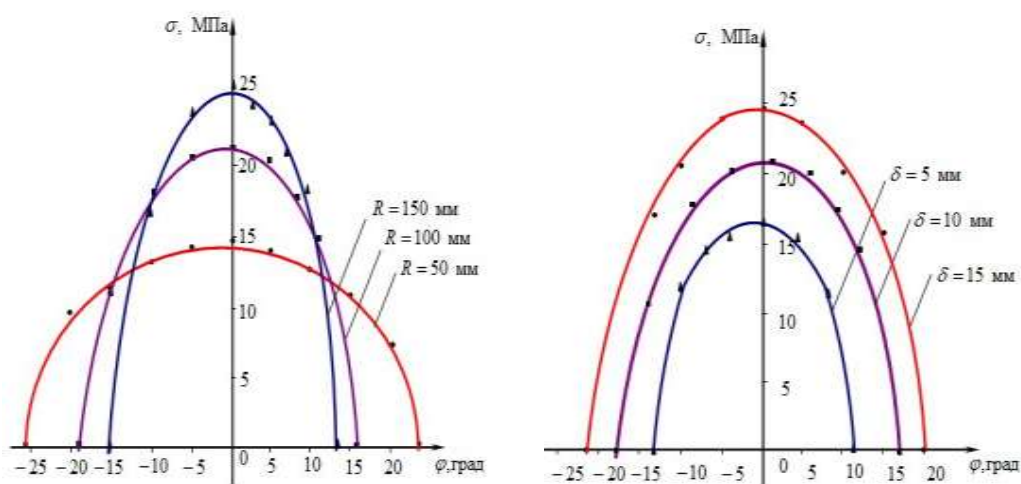
таъсир этувчи сиқувчи босим кучи ва тиргакнинг горизонтал реакцияси; n_{2j}, t_{2j} – юқори валок контакт эгри чизигининг сиқилиш ва тикланиш қисмлари бўйлаб тарқалган нормал ва уринма кучланишлар.

Факторларнинг нормал ва уринма контакт кучланишларининг тақсимотига таъсирини кўргазмалар тасаввур этиш учун 3-шакл ва 4-шаклда айрим ўзгарувчан параметрларда уларнинг эпюралари келтирилган.

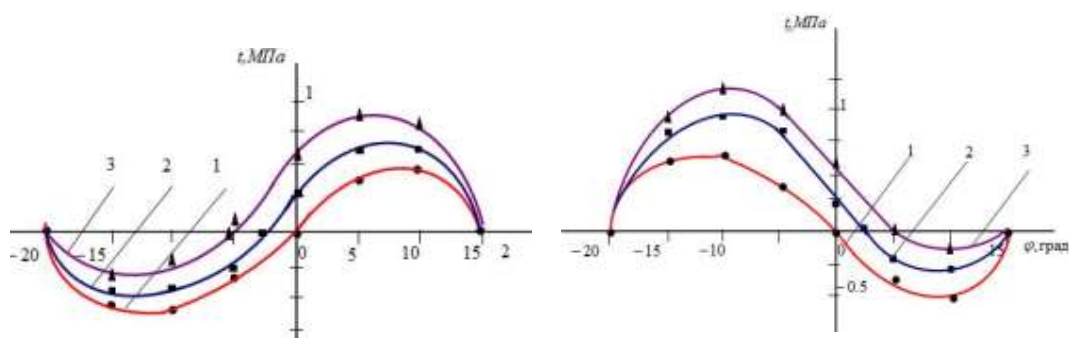
Олинган ҳисоблаш маълумотлари ва графиклари шуни кўрсатадики, нормал ва уринма контакт кучланишлари валоклар контакт эгри чизиқлари бўйлаб нотекис тақсимланади:

– нормал кучланишлар валлар контакт эгри чизиғининг боши ва охирида нолдан бошланиб, марказлар чизиғида ётувчи нуқтада максимумга эришади;

– уринма кучланишлар нейтрал нуқтада ишорасини ўзгартиради, бу нуқта узатмалар валокда материал қатининг валлар контакт соҳасига кириш томонида, узатмасиз валокларда эса чиқиш томонида жойлашади.



3-шакл. Валок радиусининг ва чарм қалинлигининг нормал кучланишлар тақсимоти эпюрасига таъсири



4-шакл. Узатмалар ва узатмасиз валларда уринма кучланишлар тақсимотининг графиклари:

$$1 - \frac{F}{Q} = 0; \quad 2 - \frac{F}{Q} = 0.055; \quad 3 - \frac{F}{Q} = 0.1.$$

Чармни сиқиш жараёни валлар жуфтлигидаги геометрик, кинематик ва динамик шартларни олинган математик моделларни ва контакт кучланишлар тақсимотини ҳисобга олган ҳолда таҳлил қилиш асосида валлар жуфтлиги физик моделининг кўрсаткичлари аниқланди.

Улар қуйидаги кўринишларга эга:

– контакт бурчаклари

$$\varphi_{11} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(v_{11} - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right), \quad \varphi_{21} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(v_{11} - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right). \quad (6)$$

$$\varphi_{12} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(v_{12} - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right), \quad \varphi_{22} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(v_{12} - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right), \quad (7)$$

бу ерда $v_{11} = \arctg f_{11}$ – қуйи узатмали валокнинг A_1 нуқтадаги ишқаланиш бурчаги; $v_{12} = \arctg f_{12}$ – қуйи узатмали валокнинг A_2 нуқтадаги ишқаланиш бурчаги; $v_{21} = v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}$ – юқори узатмасиз валокнинг ишқаланиш бурчаги, бунда

$r_{\text{ш}}, v_{\text{ш}}$ – юқори узатмасиз валок бўғзининг радиуси и ишқаланиш бурчаги;

– контактдаги жисмларнинг максимал деформацияси бурчаги

$$\varphi_{13} = 0, \quad \varphi_{23} = 0; \quad (8)$$

– ёпишган соҳани сирпаниш соҳаларидан ажратувчи бурчаклар

$$\varphi_{14} = \frac{(1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11})(f_{11} Q_1 (\omega_1 R_1 (1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11}) - v_{\text{м}} (1 + k_{11} \lambda_{11})))}{Q_1 (1 + k_{11} \lambda_{11})(\omega_1 R_1 - v_{\text{м}} \cos \varphi_{11})} + \frac{F_1 (1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11})(1 + k_{11} \lambda_{11})(\omega_1 R_1 - v_{\text{м}} \cos \varphi_{11})}{Q_1 (1 + k_{11} \lambda_{11})(\omega_1 R_1 - v_{\text{м}} \cos \varphi_{11})}, \quad (9)$$

$$\varphi_{15} = \frac{(1 + k_{12} \lambda_{12} \cos \varphi_{12})(f_{12} Q_1 (\omega_1 R_1 (1 + k_{12} \lambda_{12} \cos \varphi_{12}) - v_{\text{м}} (1 + k_{12} \lambda_{12})))}{Q_1 (1 + k_{12} \lambda_{12})(\omega_1 R_1 - v_{\text{м}} \cos \varphi_{12})} - \frac{F_1 (1 + k_{12} \lambda_{12} \cos \varphi_{12})(1 + k_{12} \lambda_{12})(\omega_1 R_1 - v_{\text{м}} \cos \varphi_{12})}{Q_1 (1 + k_{12} \lambda_{12})(\omega_1 R_1 - v_{\text{м}} \cos \varphi_{12})}; \quad (10)$$

– нейтрал бурчаклар

$$\varphi_{16} = \frac{F_1 (1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11})}{Q_1}, \quad \varphi_{26} = \frac{F_2 (1 + k_{22} \lambda_{22} \cos \varphi_{22})}{Q_2}; \quad (11)$$

– нормал кучланиш максимуми бурчаги

$$\varphi_{17} = 0, \quad \varphi_{27} = 0. \quad (12)$$

Валоклар контакт эгри чизқларининг ва контакт кучланишлари тақсимотининг аниқланган математик моделлари асосида чармни валокли сиқишнинг контактли ўзаро таъсирининг энергия-куч параметрларини ҳисоблаш формулалари топилган.

Диссертациянинг **“Чармни валокли сиқиш жараёнининг гидравлик масалаларини моделлаштириш”** деб номланган учинчи боби чармни

валокли сиқиш жараёнининг гидравлик масалаларини моделлаштиришга бағишланган.

Сиқишда фильтрация ҳолатининг характерли хусусияти – бу говакларида суюқлик ҳаракати вақтида чарм яриммаҳсулотининг етарли даражада сиқилишидир. Чармнинг сиқилиш даражасига қараб унинг фильтрациявий характеристикалари ҳам ўзгариб боради. Шу сабабли диссертацияда чарм орқали суюқлик филтрацияси унинг турли сиқилиш даражасида ўрганилган.

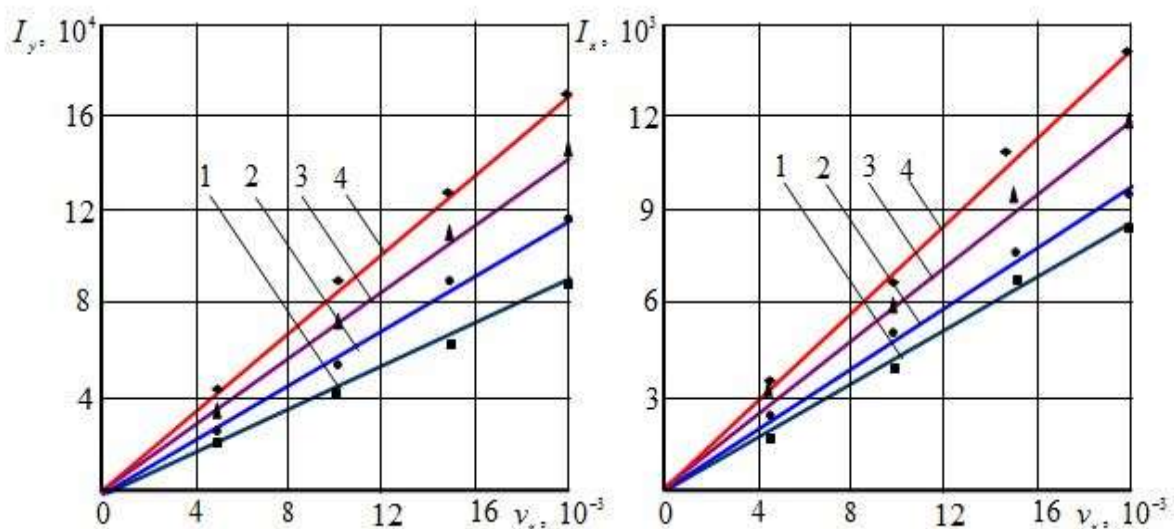
Фильтрация тезлиги билан гидравлик градиент боғланишлари графиги 5-шаклда келтирилган.

Олинган боғланишларни ва графикларни умумлаштириш орқали чармнинг фильтрациявий хоссаларини унинг сиртига перпендикуляр ва параллел йўналишларда ифодаловчи эмпирик формулалар топилган:

$$I_y = (a_1 \varepsilon + b_1) v_y, \quad I_x = (a_2 \varepsilon + b_2) v_x, \quad (13)$$

бу ерда ε – чармнинг нисбий деформацияси.

(13) формуланинг $a_1 = 147 \cdot 10^5$, $b_1 = 8 \cdot 10^4$, $a_2 = 132 \cdot 10^4$, $b_2 = -19 \cdot 10^3$ га тенг коэффициентлари энг кичик квадратлар усули билан топилган. Тажриба натижалари апроксимациясининг ишончлилиги ва аниқлик даражалари корреляция ва вариация коэффициентлари билан баҳоланган.



5-шакл. Гидравлик градиентларнинг чарм ярим маҳсулоти орқали ўтувчи суюқликнинг фильтрация тезлиги (м/с) билан боғланиши

Чармнинг валоклар билан сиқиш соҳасида гидравлик босим тақсимотини ва сиқиб чиқарилган суюқлик ўзгаришини моделлаштириш

масалалари ўрганилган. Бу масалалани ечиш учун қуйидагилардан фойдаланилган:

–фильтрация коэффициенти

$$\frac{1}{k_\theta} = \frac{\cos^2 \theta}{k_{\max}} + \frac{\sin^2 \theta}{k_{\min}}$$

бўлган умумлашган Дарси қонуни

$$\frac{\partial P_r}{\partial r} = -\gamma \frac{u_r}{k_\theta},$$

бу ерда P_r , $u_r - r$ йўналишдаги гидравлик босим ва фильтрация тезлиги;
 $\theta - r$ нинг йўналишини аниқловчи бурчак; γ – суюқликнинг ёпишқоқлик

$$\text{коэффициенти; } K_{\max} = \frac{1}{a_2 \varepsilon(0) + b_2}, \quad K_{\min} = \frac{1}{a_1 \varepsilon(-\varphi_{11}) + b_1}; \quad a_1 = 147 \cdot 10^5,$$

$$b_1 = 8 \cdot 10^4, \quad a_1 = 132 \cdot 10^4, \quad b_2 = -19 \cdot 10^3$$

– фильтрация тезлиги ифодалари

$$u_{11r} = b_{11}(\theta_{11}^3 + \varphi_{11}^3), \quad -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0,$$

$$\text{бу ерда } b_{11} = \frac{v_m R_1 \cos \varphi_{11}}{3h_{11}^0(1 + k_{11}\lambda_{11})(1 + k\lambda_{11} \cos \varphi_{11})}. \quad v_m - \text{чарм қати тезлиги;}$$

$$u_{12r} = b_{12}(\varphi_{12}^3 - \theta_{12}^3), \quad 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{14},$$

$$\text{бу ерда } \varphi_{14} = \zeta_1 \varphi_{12}, \quad 0 < \zeta_1 \leq 1, \quad b_{12} = \frac{v_m R_1 \cos \varphi_{12}}{3h_{12}^0(1 + k_{12}\lambda_{12})(1 + k_{12}\lambda_{12} \cos \varphi_{12})}.$$

$$u_{12r} = b_{12}(\varphi_{14}^3 - \theta_{12}^3), \quad \varphi_{14} \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}.$$

Қўйилган масалаларни ечиш орқали қуйидаги математик моделлар топилган:

– қуйи ($i=1$) ва юқори ($i=2$) валоклар сиқилиш ($j=1$) ва тикланиш ($j=2$) қисмлари бўйлаб гидравлик босимларнинг тарқалиши:

$$P_{i1} = c_{i1}(3\varphi_{i1}^5 - 5\varphi_{i1}^3\theta_{i1}^2 - 2\theta_{i1}^5), \quad -\varphi_{i1} \leq \theta_{21} \leq 0, \quad (14)$$

$$\text{бу ерда } c_{i1} = \frac{\gamma_m R_i^2 k_{i1} \lambda_{i1} \cos^2 \varphi_{21}}{30K_{i1\max} h_{i1}^0 (1 + k_{i1}\lambda_{i1})^2 (1 + k_{i1}\lambda_{i1} \cos \varphi_{i1})};$$

$$P_{i2} = c_{i2}(3\varphi_{i4}^5 - 5\varphi_{i4}^3\theta_{i2}^2 + 2\theta_{i2}^5), \quad 0 \leq \theta_{i2} \leq \varphi_{i4}, \quad (15)$$

$$\text{бу ерда } c_{i2} = \frac{\gamma_m R_i^2 k_{i2} \lambda_{i2} \cos^2 \varphi_{i2}}{30K_{i2\max} h_{i2}^0 (1 + k_{i2}\lambda_{i2})^2 (1 + k_{i2}\lambda_{i2} \cos \varphi_{i2})};$$

$$P_{22} = c_{i3}(5\varphi_{i4}^3\theta_{i2}^2 - 2\theta_{i2}^5 - 3\varphi_{i4}^5), \quad \varphi_{i4} \leq \theta_{i2} \leq \varphi_{i2}, \quad (16)$$

$$\text{бу ерда } c_{i3} = \frac{\gamma_m R_i^2 \cos \varphi_{i2}}{30K_{i2\max} h_{i2}^0 (1 + k_{i2}\lambda_{i2})^2 (1 + k_{i2}\lambda_{i2} \cos \varphi_{i2})};$$

– қуйи ($i=1$) ва юқори ($i=2$) валоклар сиқилиш ($j=1$) ва тикланиш ($j=2$) қисмлари бўйлаб сиқилган суюқлик ўзгариши:

$$Q_{i1} = \alpha_{i1}(3\varphi_{i1}^5 - 2\theta_{i1}^5 - 5\varphi_{i1}^3\theta_{i1}^2), \quad -\varphi_{i1} \leq \theta_{i1} \leq 0; \quad (17)$$

$$Q_{i2} = 3\alpha_{i1}\varphi_{i1}^5 + \alpha_{i2}(5\varphi_{i4}^3\theta_{i2}^2 - 2\theta_{i2}^5), \quad 0 \leq \theta_{i2} \leq \varphi_{i2}, \quad (18)$$

бу ерда $\varphi_{i4} = \zeta_i\varphi_{i2}$, $0 < \zeta_i \leq 1$, $\alpha_{i1} = \frac{\rho\nu_m BR_i^2 \cos \varphi_{i1}}{30h_{i1}^0(1 + k_{i1}\lambda_{i1})^2(1 + k_{i1}\lambda_{i1} \cos \varphi_{i1})}$,

$$\alpha_{i2} = \frac{\rho\nu_m BR_i^2 \cos \varphi_{i2}}{30h_{i2}^0(1 + k_{i2}\lambda_{i2})^2(1 + k_{i2}\lambda_{i2} \cos \varphi_{i2})}.$$

Гидравлик босим тақсимотининг ва сиқилган суюқлик ўзгаришининг аниқланган математик моделлари асосида валокли сиқишда чармни қолдиқ намлигини ва сиқиш босимининг суюқликни сиқиш учун керак бўладиган қисмини ҳисоблаш формулалари топилган.

Диссертациянинг **“Чармни валокли сиқиш жараёнини тажрибавий тадқиқоти”** деб номланган тўртинчи боби чарм ярим маҳсулотини валокли сиқишни тажрибавий текширишга ва параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқишга бағишланган.

Сиқиш машиналарининг технологик ва конструктив параметрларини танлашда қўллаш ҳамда чармни сиқиш самарадорлигини баҳолашда ишлатиш мумкин бўлган чармни сиқиш интенсивлигининг математик моделини олиш тўғрисида қарор қилинди. Мазкур қарорни бажариш учун чармнинг қолдиқ намлигини ва сиқиш жараёни қувватини асосий факторларга боғлиқ аналитик ифодаларни аниқлаш масаласи қўйилди.

Назарий таҳлил ва априор информация асосида W ва N учта факторни ҳисобга олиб ўрганилди: Q – кучнинг интенсивлиги, kH/m ; D – валоклар диаметрлари, m ; V – валоклар тезликлари m/s .

Қўйилган масалани энг кичик квадратлар усули билан ечиш орқали қуйидаги боғланишлар топилди

$$W = 92,58Q^{-0,078} D^{0,046} V^{0,074}, \quad (19)$$

$$N = 189,77Q^{0,171} D^{0,034} V^{1,116}. \quad (20)$$

Тажрибавий тадқиқот асосида қуйидагилар аниқланди:

– куч интенсивлиги ошиши билан сиқиш самараси ошади, яъни чармнинг қолдиқ намлиги камаяди. Тажрибалар таҳлили кўрсатдики куч интенсивлигининг энг яхши самараси валокларнинг кичик тезликларида ва диаметрларида кузатилади;

– $W_{\text{ост}}(V)$ нинг ўзгариш характери валоклар радиусига боғлиқ бўлмайди.

Тенг шароитларда $W_{\text{ост}}(R)$ ни чизикли-ўсувчи дейиш мумкин;

– ўзгармас параметрларда валоклар тезлиги ўсиши билан сиқув самараси пасаяди, яъни қолдиқ намлик ўсади ва бирор катталikka асимптотик яқинлашади.

Чармни валокли сиқишнинг асосий экстремал масаласини, яъни чарм ярим маҳсулотини сиқиш учун валокли машиналарнинг техник топшириқда талаб қилинган қолдиқ намлик қийматини таъминловчи параметрларини

аниқлаш масаласини ечиш билан чармни сиқишнинг валокли машиналари параметрларини ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилди.

Чармнинг қолдиқ намлигини $W_p = 58\%$ га етказиш учун валокли сиқиш машинаси қуйидаги параметрларга ега бўлиши керакли аниқланган:

Параметрлар	Параметрлар қиймати
Ишчи йўлининг кенглиги, мм	1800
Валоклар тезлиги, м/с	0,18
Валоклар диаметри (қоплама билан), м	0,22
Электр двигатели қуввати, кВт (шестернали узатма учун)	3,84
Куч интенсивлиги, кН/м	34

ХУЛОСА

«Кўнни валли машиналарда сиқиш жараёнини математик моделлаштириш ва такомиллаштириш» мавзусидаги фан доктори диссертацияси (PhD) бўйича олиб борилган изланишлар асосида қуйидаги хулосалар қилинган:

1. Қуйи ва юқори валларнинг контакт эгри чизиклари чармнинг деформациявий хоссаларини ҳисобга олган ҳолда моделлаштирилди. Улар чармнинг валокли сиқиш машиналарининг валлар жуфтлиги билан барча хусусий узаро таъсири ҳолатларини ифодалашлиги аниқланди.

2. Қуйи (юқори) волокнинг контакт эгри чизиғи ва ишқаланиш кучланиши моделлари ишлатилган ҳолда контакт кучланишларининг қуйи (юқори) волок эгри чизиғи бўйлаб тарқалиш тақсимотининг математик модели олинди. Бу моделлар чармнинг валокли сиқиш машиналари валлар жуфтлиги билан барча хусусий узаро таъсири ҳолатларининг контакт кучланишлари эпюраларини ифодалашлиги аниқланди.

3. Геометрик, кинематик ва куч параметрларининг чармни сиқиш жараёни валлар жуфтлигининг кўрсаткичларига таъсирининг таҳлили асосида қуйидагилар аниқланди:

– узатмали (узатмасиз) валокнинг чарм билан ишқаланиш коэффициентининг ўсиши волок контакт эгри чизиғида сирпаниш соҳаларининг камайишига олиб келади;

– узатмали валокда динамик коэффициентнинг ўсиши билан орқада қолиб сирпаниш соҳаси ўсади ва илгарилаб сирпаниш соҳаси эса камаяди, узатмасиз валокларда эса бу ҳодиса тескарисига рўй беради;

– чарм қатининг тезлиги қанчалик катта бўлса, контакт эгри чизиғида ёпишиш соҳаси шунчалик катта бўлади;

– динамик коэффициентнинг ўсиши билан нейтрал бурчак ўсади. Бунда узатмали валок учун нейтрал бурчак чарм қатининг валоклар контакт

соҳасига кириш томонида жойлашади, узатмасиз валларда эса чиқиш соҳасида жойлашади.

4. Чарм ярим маҳсулотининг хромли ошлашдан кейинги филтрациявий хоссалари ўрганилди ва улар чарм ярим маҳсулотининг турли сиқилиш даражасида гидравлик градиентнинг филтрация тезлиги билан боғланишини аниқловчи эмпирик формулалар билан ифодаланди.

5. Чармни сиқиш жараёнида гидравлик босимлар тақсимотларининг ва сиқилаётган суюқлик ўзгаришларининг математик моделлари чарм ярим маҳсулотининг топилган филтрациявий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда аниқланди.

6. Ишлаб чиқилган математик моделлар таҳлили асосида тикланиш соҳасида гидравлик босимларнинг тақсимотлари ва сиқилаётган суюқликлар ўзгаришлари қонуниятлари $\zeta_i = \frac{\varphi_{i4}}{\varphi_{i2}}$ ($\varphi_{i4} - A_{i4}$ нуқта жойлашишини аниқловчи бурчак; $\varphi_{i2} - i$ – валок чиқиш бурчаги) критерияга боғлиқ бўлишлиги аниқланди.

7. Аниқланган математик моделларни қўллаш орқали валокли сиқишда чарм қолдиқ намлигини ҳисоблаш учун назариш ечим топилди. Ҳисоблашлар чармнинг қолдиқ намлиги ζ_i критерияга боғлиқ бўлишлигини кўрсатди. $0 < \zeta_i < 0,74$ бўлганида қолдиқ намлик сиқилиш соҳаси охиридаги намликдан юқори бўлади, бу эса тикланиш соҳасида суюқлик эластик қопламадан чармга қайта ўтишлиги билан изоҳланади. $0,74 \leq \zeta_i \leq 1$ бўлганида қолдиқ намлик сиқилиш соҳаси охиридаги намликдан паст бўлади, бу эса тикланиш соҳасида суюқлик сиқилиши билан изоҳланади. $\zeta_i = 1$ бўлганида қолдиқ намлик энг кичик бўлади ва қуйидагига тенг бўлади:

$$W_o = W_n - \frac{1}{\rho V v_m} (3\alpha_{11}\varphi_{11}^5 + 3\alpha_{12}\varphi_{12}^2 + 3\alpha_{21}\varphi_{21}^5 + 3\alpha_{22}\varphi_{22}^5)100\%.$$

8. Тажриба йўли билан қуйидагилар аниқланди:

- куч интенсивлиги ўсиши билан сиқиш самарадорлиги ошади, яъни чармнинг қолдиқ намлиги камаяди;
- $W_{\text{ост}}(V)$ нинг ўзгариш характери валоклар радиусига боғлиқ бўлмайди;
- тенг шароитларда $W_{\text{ост}}(R)$ ни чизикли - ўсувчи дейиш мумкин;
- куч интенсивлиги ва валлар тезликлари ошиши билан жараён қуввати чизикли ўсади.

9. Чармни валокли сиқиш параметрларини ҳисоблаш методикаси яратилди. Чармни валокли сиқиш параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқаришга жорий қилинишидан кутилаётган иқтисодий самарадорлик 29418,8 минг сўмни ташкил қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

ХОЛТУРАЕВ ФАРХОД САФАРОВИЧ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТЖИМА
КОЖИ ВАЛКОВЫМИ МАШИНАМИ**

05.02.03 – Технологические машины. Роботы, системы мехатроники и робототехники

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Наманган – 2021

Тема диссертации доктора философии (Doctor of Philosophy) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.1.PhD/T1010.

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.pammti.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: Хуррамов Шавкат Рахматуллаевич
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: Кодиров Тўлкин Жумаевич
доктор технических наук, профессор

Шарибаев Носир Юсупжанович
доктор физико-математических наук, профессор

Ведущая организация: Бухарский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится «28» август 2021 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.T.66.01 при Наманганском инженерно-технологическом институте по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская-7, Административное здание Наманганского инженерно-технологического института, 1-этаж, малый зал совещаний, тел: (69) 225-10-07, факс: (69) 228-76-75, e-mail: nei_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института (зарегистрирована под № 412) (Адрес 160115, г. Наманган, ул. Касансайская-7, тел. (69) 225-10-07)

Автореферат диссертации разослан «17» август 2021 года

(Протокол рассылки № 44 от «17» август 2021 года)



Р.Муратов

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

Х.Т.Бобожанов

Учредитель секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, доцент

К.М. Холиков

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и востребованность темы диссертации. Спрос на кожу и кожаные изделия в мире растет из года в год. В производстве кожаных изделий лидируют такие страны, как, Италия (23,39%), Корея (9,60%), США (6,80%), Аргентина (6,11%), Германия (5,72%), Бразилия (4,88%), Великобритания (2,94%), Китай (2,88%)¹. В настоящее время в мире во многих отраслях промышленности, в том числе, в механической обработке натуральных кож, широко используются валковые технологические машины. Среди таких процессов особое значение имеет процесс валкового отжима кожевенного полуфабриката после дубления, поскольку этот процесс создает влагу, необходимую для проведения последующих процессов в кожевенном полуфабрикате.

В мировой практике, несмотря на многочисленные исследования задач контактного взаимодействия в валковых парах, такие задачи как, математическое моделирование кривых контакта валков с учетом деформационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления, математическое моделирование напряжений трения, связывающие внешние силы, действующие на валки и контактные напряжения, математическое моделирование закономерностей распределения контактных напряжений являются мало изученными. Также тот факт, что фильтрующие свойства кожевенных полуфабрикатов не изучены, свидетельствует об отсутствии исследований по решению гидравлических задач в теории валкового отжима кожи. Кроме того, связь между технологическими и конструктивными параметрами валковых отжимных машин изучена недостаточно.

Неполное знание контактных и гидравлических явлений процесса отжима и связи конструктивных параметров отжимных машин с технологическими явилось причиной создания машин не эффективными технико-экономическими характеристиками. Это объясняется отсутствием теоретической основы валкового отжима кожи и в связи с этим методики, позволяющей производить расчет и анализ рабочих органов отжимной машины. Поэтому математическое моделирование и совершенствование процесса отжима кожи валковыми машинами является в настоящее время одной из актуальных задач.

В нашей стране принимаются масштабные меры по расширению объемов и ассортимента выпускаемой готовой конкурентоспособной и высококачественной продукции на основе глубокой переработки кожевенного сырья. При этом в Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы намечены такие задачи, как «... повышение конкурентоспособности национальной экономики, сокращение в экономике энергетических и материальных расходов, широкое

¹ <http://www.splaix.ru/k5.html>

внедрение в производство энергосберегающих технологий»² Одним из важнейших вопросов реализации этих задач в кожевенной промышленности является совершенствование и создание высокопроизводительных, ресурсосберегающих валковых технологических машин с учетом свойств кожевенного полуфабриката.

Исследования данной диссертационной работы в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № УП-5544 от 21 сентября 2018 года «О Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2019-2021 годы», № УП-2552 от 23 февраля 2000 года «О совершенствовании системы управления кожевенно-обувной отраслью экономики республики», Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-4982 от 8 февраля 2021 года «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию кожевенно-обувной и пушно-меховой отраслей», №ПП-2592 от 15 сентября 2016 года «О программе мер по дальнейшему развитию кожевенно-обувной промышленности период 2016 –2020 годы» и другими нормативными правовыми актами в этой области.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развитие науки и техники Республики Узбекистан II. «Энергетика, энерго-и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Моделирование валкового отжима мокрых материалов представляет собой одну из сложнейших задач современной механики. Проблема заключается в необходимости совместного решения контактных задач в валковых парах и гидравлических задач валкового отжима. Исследованию контактных задач в валковых парах посвящены работы Р.Р. Gudur, V. Alexa, X. Tan, Э.А. Гарбера, А.П. Грудева, Я.Д. Васильева, Г.К. Кузнецова, Ю.Г. Фомина, Б.А.Койайдарова, М.М. Шукурова, Ш.Р.Хуррамова и исследованию гидравлических задач процесса валкового отжима посвящены работы J.McDonald, V.Walstrom, S.Adanur, Г.К.Кузнецова, И.Д. Кугушева, Н.Е.Новикова, В.А.Крючкова, А.В.Саблина, В.А.Кузнецова, Ш.Р.Хуррамова В.А Полумыскова и других.

Исследования отечественных ученых Г. А. Бахадирова, Т. Ю. Аманова, Ш. Р. Хуррамова, А. Абдукаримова, Г.Н.Цой и других посвящены к созданию разработки валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката и совершенствованию их параметров. В работах этих авторов установлены условия вытягивания материала в зоне валов пары валов и определена модель напряжений трения в зоне скольжения. Для нескольких схем кинематического взаимодействия обрабатываемого материала с валами определен силовой режим работы роликовых механизмов.

² Lex.uz/ docs/3107042. Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Несмотря на наличие обширного материала по изучению контактных задач в валковых парах, теоретические основы решения задачи контактного взаимодействия в валковых парах еще разработаны недостаточно. Это связано с отсутствием математических моделей кривых контакта валков. Анализ работ по исследованиям гидравлических задач валкового отжима показал, что существующие теоретические закономерности распределения гидравлических давлений получены с введением моделей валковых оборудований и отжимаемых материалов, не отвечающим реальным физическим явлениям валкового отжима мокрых материалов. В настоящее время не имеются математические модели, описывающие деформационные и фильтрационные свойства кожевенного полуфабриката, которые могут быть использованы в решении задач валкового отжима кожи. В связи с этим, в исследованиях по задачам контактного взаимодействия кожи с парами валков не учитываются деформационные свойства кожевенного полуфабриката, а исследования по гидравлическим задачам валкового отжима кожи практически не существует.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз. БВ-М-Ф4-001 «Исследование задач гидродинамики и машиноведения на основе математического моделирования и разработки новых методов решения» (2017–2020).

Целью исследования является повышение технико-экономических показателей валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката с применением научно-обоснованных методов расчета их параметров.

Задачи исследования:

моделирование кривого контакта нижнего и верхнего валков, а также распределения контактных напряжений по этим кривым;

определение аналитических выражений для расчета показателей и параметров контактного взаимодействия процесса валкового отжима кожи;

моделирование распределения гидравлического давления в области отжима кожи;

определение аналитических выражений для расчета гидравлических параметров процесса валкового отжима кожи;

разработка методик расчета параметров валкового отжима кожи.

Объект исследования – валковые пары кожевенных отжимных машин.

Предмет исследования – теория контактных задач в валковых парах, теория гидравлических задач валкового отжима мокрых материалов и методы расчета параметров валкового отжима кожи.

Методы исследования. В диссертации использованы методы теории контактного взаимодействия, механики жидкости и газа, проектирования машин кожевенной промышленности, математического анализа, математической статистики и планирования эксперимента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны математические модели кривых контакта валков в валковых парах с учетом деформационных свойств кожевенного полуфабриката и покрытия валков;

разработаны математические модели закономерностей распределения нормальных и касательных контактных напряжений по кривым контакта валков, соответствующие экспериментальным эпюрам и новые аналитические выражения для расчета энергосиловых параметров валковых машин для отжима кожи;

впервые разработаны математические модели закономерностей изменения гидравлических давлений и удаленной жидкости в области отжима кожи с учетом фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката;

разработана математическая модель остаточной влажности кожевенного полуфабриката, позволяющая определить оптимальных параметров валковых машин для отжима кожи.

Практический результат исследования состоит:

в разработке методики расчета параметров валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката;

в определении фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления и их аппроксимации эмпирическими формулами, позволяющими раскрыть сущность гидравлического явления процесса валкового отжима кожи.

Достоверность полученных результатов определяется проведенными исследованиями с применением современных методов теории контактного взаимодействия и проектирования машин кожевенной промышленности, совпадением результатов, полученных с научными подходами и анализами с теоретическими данными специалистов ведущих центров мира, их публикацией в ведущих научных изданиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость проведенного исследования заключается в совместном решении гидравлических и контактных задач и разработанными математическими моделями кривых контакта валков, скоростей фильтрации, гидравлических давлений и удаленной влажности валкового отжима кожи.

Практическая ценность работы заключается: в разработке методики по расчету оптимальных параметров валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката, позволяющая определить и оценить рациональных параметров и режимов работы валковых отжимных машин кожевенной промышленности; в получении эмпирических выражений, описывающие

фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката, имеющие практические значения в раскрытии сущности явлений процесса их отжима.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по математическому моделированию и совершенствованию процесса отжима кожи валковыми машинами:

теоретические результаты процесса валкового отжима кожевенного полуфабриката, расчетные формулы для определения эффективности валкового отжима и методика расчета параметров валковых машин для отжима кожи внедрены на кожевенных предприятиях ассоциации «УЗЧАРМСАНОАТ», в том числе ООО “QARSHI LEATHER”, ООО “ULKAN-LAZIZ” и ООО “OSIYO CHARM FAYZ” (справка № ФБ-7/171 ассоциации «УЗЧАРМСАНОАТ» от 26.06.2021 г). В результате созданы возможности совершенствования технологических процессов на производстве натуральной кожи на кожевенных предприятиях.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования апробированы на 6 международных конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 10 научных статей, в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации, в том числе в журналах, входящих в базу Scopus –5.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

ОСНОВНЫЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость исследования, излагаются цели и задачи исследования, представлены объект и предмет исследования, показано соответствие приоритетных направлений развития науки и техники республики, раскрыты научная новизна и практические результаты исследования, представлены научное суждение и практическая значимость полученных результатов, дана информация о внедрении результатов исследований в производство, даны сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Современное состояние исследований процесса валкового отжима мокрых материалов**» освещены современное состояние исследований по валковому отжиму мокрых материалов и рассмотрены параметры валкового отжима мокрых материалов. Обоснована необходимость исследований по этим вопросам и отражены направления повышения технико-экономических показателей валкового отжима кожевенного полуфабриката и совершенствования валковых отжимных машин кожевенной промышленности.

Для создания высокопроизводительных, ресурсосберегающих валковых отжимных машин и совершенствования технико-экономических показателей,

имеющиеся в эксплуатации машин валкового отжима кожи необходимо совместное решение контактных задач в валковых парах и гидравлических задач процесса валкового отжима кожи.

Основной задачей теории контактного взаимодействия в валковых парах является моделирование распределения нормальных и касательных контактных напряжений. При этом основными факторами являются модели напряжений трения, учитывающие влияние трения в зоне контакта валков и связывающие касательных и нормальных напряжений, а также модели кривых контакта валков.

Из анализа литературы следует, что получение математических моделей распределения контактных напряжений, соответствующие с экспериментальными эпюрами, в настоящее время невозможно из-за отсутствия корректных моделей кривых контакта валков и моделей напряжений трения.

В настоящее время не имеются математические модели, описывающие фильтрационные свойства кожевенного полуфабриката, которые могут быть использованы в решении задач валкового отжима кожи. В связи с этим, исследования по гидравлическим задачам валкового отжима кожи практически не существует.

Выявлено, что существующие теоретические закономерности распределения гидравлических давлений получены с введением моделей валковых оборудований и отжимаемых материалов, не отвечающим реальным физическим явлениям валкового отжима мокрых материалов, и не дают возможности раскрыть гидравлических явлений валкового отжима мокрых материалов.

Анализ работ по исследованиям валкового отжима мокрых материалов показал, решения контактных и гидравлических задач теории валкового отжима не увязывается между собой.

При анализе особенностей валкового отжима кожи выяснилось, что в управлении процессом отжима приходится оперировать ограниченным количеством параметров: давлением между валками, скоростью движения кожи, диаметрами валков и твердостью покрытия валков. Эти параметры

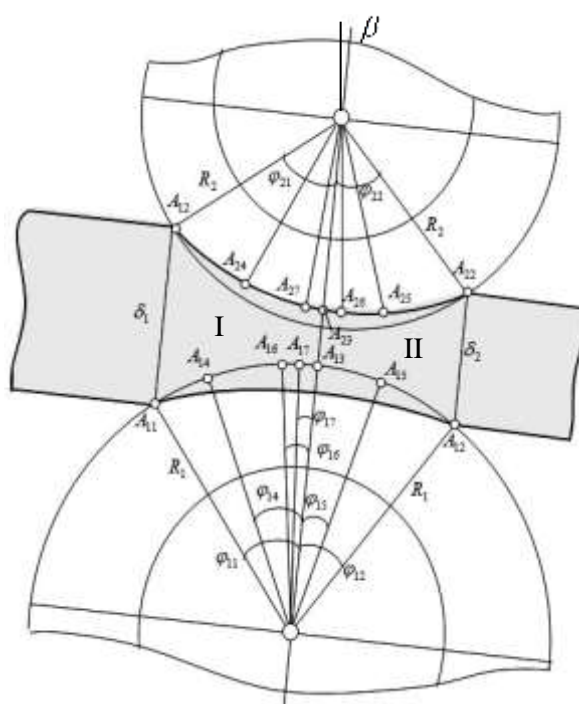


Рис. 1. Схема физической модели валковой пары

плююсь мощность, необходимая для вращения валков, являются исходными для проектирования валковых машин для отжима кожи. Для рационального конструирования и эксплуатации валковых отжимных машин необходимо располагать наиболее выгоднейшими значениями этих параметров.

Вторая глава диссертации под названием «**Моделирование контактных задач процесса валкового отжима кожи**» посвящена к моделированию контактных задач процесса валкового отжима кожи.

С учетом особенностей современных отжимных машин ~ кожевенного производства подобрана схема валковой пары процесса отжима кожи, в котором валки расположены относительно вертикали наклоном справа под углом β , имеют неравные диаметры ($R_1 \neq R_2$) и эластичные покрытия из материалов с различными жесткостями и коэффициентами трения ($f_1 \neq f_2$), нижний валок приводной, верхний – свободный. Слой кожи имеет толщину δ_1 и подается перпендикулярно к линии центров.

Исследования контактных задач процесса отжима кожи произведены в физической модели валковой пары процесса отжима кожи, содержащие семь характерных точек A_{ij} , $i = \overline{1,2}$, $j = \overline{1,7}$ и семь показателей φ_{ij} , определяющие характерные точки (рис. 1).

Для моделирования кривого контакта i -го валка принята гипотеза, что соотношение скоростей относительной деформации контактирующихся тел постоянны.

В результате использования этих гипотез получены математические модели кривых контакта валков:

для нижнего валка

$$\begin{cases} r_{11} = \frac{R_1}{1 + k_{11}\lambda_{11}} \left(1 + k_{11}\lambda_{11} \frac{\cos \varphi_{11}}{\cos \theta_{11}} \right), & -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ r_{12} = \frac{R_1}{1 + k_{12}\lambda_{12}} \left(1 + k_{12}\lambda_{12} \frac{\cos \varphi_{12}}{\cos \theta_{12}} \right), & 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } \lambda_{11} = \frac{d\varepsilon_{11}}{d\varepsilon_1^*}, \quad k_{11} = \frac{H_1 \sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}{\delta_1 \sin \varphi_{21}}, \quad \lambda_{12} = \frac{d\varepsilon_{12}}{d\varepsilon_1^*}, \quad k_{12} = \frac{H_1 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{\delta_2 \sin \varphi_{22}},$$

здесь r_{1j} – радиус вектор j -го участка нижнего валка; θ_{1j} – полярный угол j -го участка нижнего валка; ε_{1j} – относительная деформация эластичного покрытия j -го участка нижнего валка; ε_j^* – относительная деформация кожи j -го участка; δ_j – начальная ($j = 1$) и конечная ($j = 2$) толщина слоя кожи; H_1 – толщина эластичного покрытия нижнего валка; φ_{1j} – начальная ($j = 1$) и конечная ($j = 2$) угол контакта нижнего валка;

для верхнего валка

$$\begin{cases} r_{21} = \frac{R_2}{1+k_{21}\lambda_{21}} \left(1 + k_{21}\lambda_{21} \frac{\cos \varphi_{21}}{\cos \theta_{21}} \right), & -\varphi_{21} \leq \theta_{21} \leq 0, \\ r_{22} = \frac{R_2}{1+k_{22}\lambda_{22}} \left(1 + k_{22}\lambda_{22} \frac{\cos \varphi_{22}}{\cos \theta_{22}} \right), & 0 \leq \theta_{22} \leq \varphi_{22}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\lambda_{21} = \frac{d\varepsilon_{21}}{d\varepsilon_2^*}$, $k_{21} = \frac{H_2 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{\delta_1 \sin \varphi_{12}}$, $\lambda_{22} = \frac{d\varepsilon_{22}}{d\varepsilon_2^*}$, $k_{22} = \frac{H_2 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{\delta_2 \sin \varphi_{22}}$;

здесь r_{2j} – радиус вектор j -го участка верхнего валка; θ_{2j} – полярный угол j -го участка верхнего валка; ε_{2j} – относительная деформация эластичного покрытия j -го участка верхнего валка; H_2 – толщина эластичного покрытия верхнего валка; φ_{2j} – начальная ($j=1$) и конечная ($j=2$) угол контакта верхнего валка.

С участием автора экспериментально исследованы деформационные свойства кожевенного полуфабриката после хромового дубления и получены эмпирические зависимости:

$$\sigma = 43,39\varepsilon_c^{3,23}, \quad \sigma = 85,93\varepsilon_B^{3,03}.$$

Используя этих степенных зависимостей для описания деформационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления при сжатии и восстановлении, получены выражения, для расчета соотношения скоростей относительных деформаций покрытия валков и кожи.

Они имеют вид:

$$\lambda_{11} = m_{11} \sqrt{\frac{B_1}{A_{11}}}, \quad \lambda_{12} = m_{12} \sqrt{\frac{B_2}{A_{12}}}, \quad \lambda_{21} = m_{21} \sqrt{\frac{B_1}{A_{21}}}, \quad \lambda_{22} = m_{22} \sqrt{\frac{B_2}{A_{22}}}, \quad (3)$$

где A_{ij}, m_{ij} – коэффициенты деформирования и упрочнения эластичного покрытия i -валка при сжатии ($j=1$) и восстановлении ($j=2$); B_j – коэффициент деформирования слоя кожи при сжатии ($j=1$) и восстановлении.

Выявлено, что любой график кривого контакта валка валковой пары процесса отжима кожи (кривая 2) лежит между графиками кривых $r_i = \frac{R_i \cos \varphi_i}{\cos \theta_i}$, $-\varphi_i \leq \theta_i \leq \varphi_i$ (кривая 1) и $r_i = R_i$, $-\varphi_i \leq \theta_i \leq \varphi_i$ (кривая 3) (рис. 2).

С применением полученных математических моделей кривых контакта валков (системы (1) и (2)) разработаны математические модели распределения контактных напряжений.

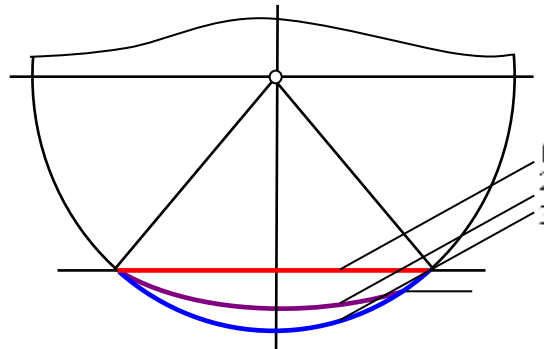


Рис 2. Схема расположения графика кривого контакта валка

Они имеют вид:

$$\begin{cases} n_{11} = B_{11} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{11}}{\cos \theta_{11}} \right)^{m_{11}}, & -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ n_{12} = B_{12} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{12}}{\cos \theta_{12}} \right)^{m_{11}}, & 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}, \\ t_{11} = B_{11} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{11}}{\cos \theta_{11}} \right)^{m_{11}} \operatorname{tg}(\theta_{11} - \psi_{11} + \xi_1), & -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0, \\ t_{12} = B_{12} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{12}}{\cos \theta_{12}} \right)^{m_{11}} \operatorname{tg}(\theta_{12} - \psi_{12} + \xi_1), & 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}, \end{cases} \quad (4)$$

где $B_{1j} = A_{1j} \left(\frac{\lambda_{1j} R_1}{h_{1j}^0 + H_1 \lambda_{1j}} \right)^{m_{1j}}$; $\psi_{1j} = \operatorname{arctg} \frac{r'_{1j}}{r_{1j}}$, $h_{11}^0 = \delta_1 \frac{\sin \varphi_{21}}{\sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}$,

$h_{12}^0 = \delta_2 \frac{\sin \varphi_{22}}{\sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}$, $\xi_1 = \operatorname{arctg} \frac{F_1}{Q_1}$; здесь Q_1 , F_1 – сила давления прижимных

устройств и горизонтальная реакция опор нижнего приводного вала;
 n_{1j} , t_{1j} – нормальные и касательные напряжения, распределенные по участкам сжатия и восстановления кривого контакта нижнего вала;

$$\begin{cases} n_{21} = B_{21} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{21}}{\cos \theta_{21}} \right)^{m_{21}}, & -\varphi_{21} \leq \theta_{21} \leq 0, \\ n_{22} = B_{22} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{22}}{\cos \theta_{22}} \right)^{m_{21}}, & 0 \leq \theta_{22} \leq \varphi_{22}, \\ t_{21} = -B_{21} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{21}}{\cos \theta_{21}} \right)^{m_{21}} \operatorname{tg}(\theta_{21} - \psi_{21} - \xi_2), & -\varphi_{21} \leq \theta_{21} \leq 0, \\ t_{22} = -B_{12} \left(1 - \frac{\cos \varphi_{22}}{\cos \theta_{22}} \right)^{m_{11}} \operatorname{tg}(\theta_{22} - \psi_{22} - \xi_2), & 0 \leq \theta_{22} \leq \varphi_{22}, \end{cases} \quad (5)$$

где $B_{2j} = A_{2j} \left(\frac{\lambda_{2j} R_2}{h_{2j}^0 + H_2 \lambda_{2j}} \right)^{n_{21}}$, $\psi_{2j} = \operatorname{arctg} \frac{r'_{2j}}{r_{2j}}$, $h_{21}^0 = \delta_1 \frac{\sin \varphi_{11}}{\sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}$,

$h_{22}^0 = \delta_2 \frac{\sin \varphi_{12}}{\sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}$, $\xi_2 = \operatorname{arctg} \frac{F_2}{Q_2}$; здесь Q_2 , F_2 – сила давления прижимных

устройств и горизонтальная реакция опор свободного верхнего вала;
 n_{2j} , t_{2j} – нормальные и касательные напряжения, распределенные по участкам сжатия и восстановления кривого контакта верхнего вала.

Для наглядного представления о характере влияния факторов на распределения нормальных и касательных контактных напряжений на рис. 3 и рис. 4 представлены их эпюры при некоторых изменяющихся параметрах.

Полученные расчетные данные и графики свидетельствуют о том, что нормальные и касательные контактные напряжения по кривого контакта нижнего (верхнего) валка распределяются неравномерно:

– нормальные контактные напряжения изменяются от нуля в начале и в конце кривого контакта нижнего (верхнего) валка до максимума в точке, лежащей на линии центров;

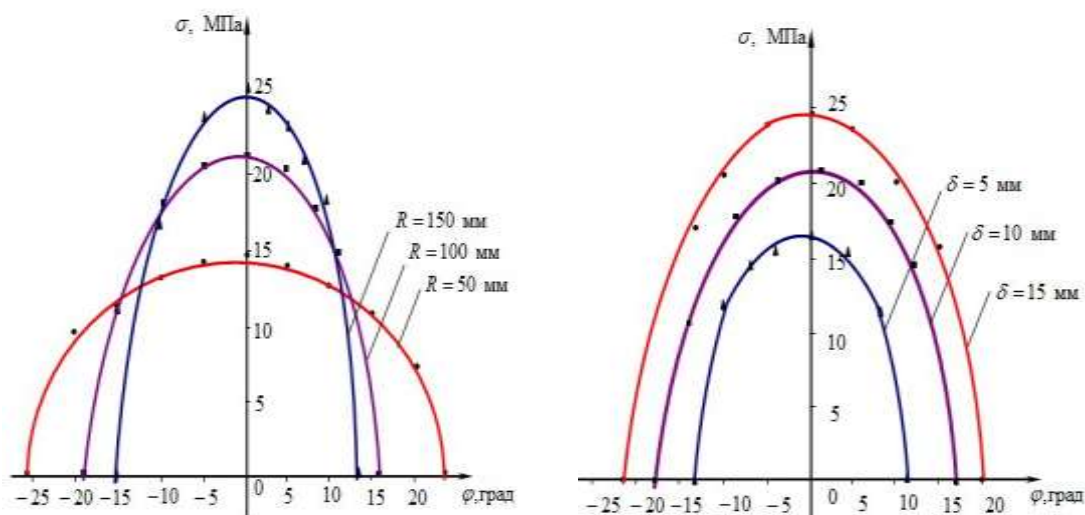


Рис. 3. Характер влияния радиуса валка и толщины кожи на эпюру распределения нормальных напряжений

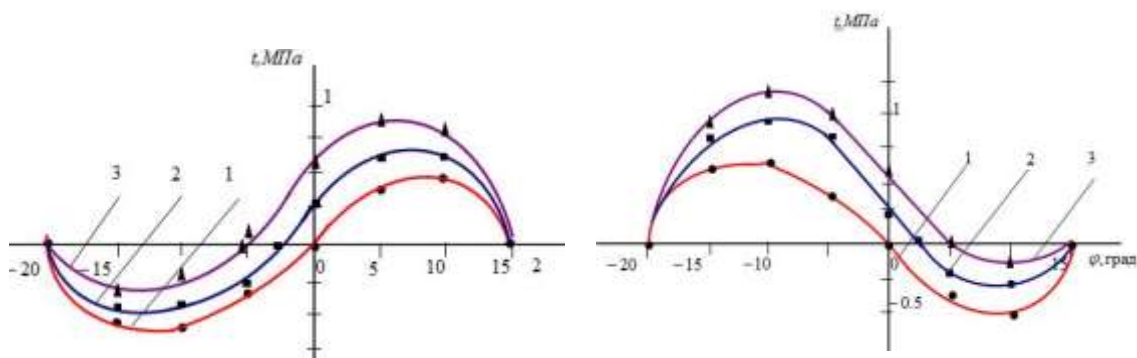


Рис. 4. Графики распределения касательных напряжений в приводном и свободном валках:

$$1 - \frac{F}{Q} = 0; \quad 2 - \frac{F}{Q} = 0.05.5; \quad 3 - \frac{F}{Q} = 0.1.$$

– касательные контактные напряжения меняют свои знаки в нейтральной точке, которая в приводном валке находится в сторону входа слоя материала в зону контакта валков, а в свободном – в сторону выхода.

На основе анализа геометрических, кинематических и динамических условий в валковой паре процесса отжима кожи с учетом полученных

математических моделей кривых контакта валков и распределения контактных напряжений найдены показатели физической модели валковой пары.

Они имеют вид:

– углы контакта

$$\varphi_{11} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(v_{11} - v_{ш} \frac{r_{ш}}{R_2} \right), \quad \varphi_{21} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(v_{11} - v_{ш} \frac{r_{ш}}{R_2} \right). \quad (6)$$

$$\varphi_{12} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(v_{12} - v_{ш} \frac{r_{ш}}{R_2} \right), \quad \varphi_{22} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(v_{12} - v_{ш} \frac{r_{ш}}{R_2} \right), \quad (7)$$

где $v_{11} = \arctg f_{11}$ – угол трения приводного нижнего валка в точке A_1 ;

$v_{12} = \arctg f_{12}$ – угол трения приводного нижнего валка в точке A_2 ;

$v_{21} = v_{ш} \frac{r_{ш}}{R_2}$ – угол трения свободного верхнего валка, здесь $r_{ш}, v_{ш}$ – радиус и

угол трения в шейках свободного верхнего валка;

– углы максимальной деформации контактирующих тел

$$\varphi_{13} = 0, \quad \varphi_{23} = 0; \quad (8)$$

– углы, разделяющие зоны прилипания от зон скольжения

$$\varphi_{14} = \frac{(1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11})(f_{11} Q_1 (\omega_1 R_1 (1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11}) - v_m (1 + k_{11} \lambda_{11})))}{Q_1 (1 + k_{11} \lambda_{11})(\omega_1 R_1 - v_m \cos \varphi_{11})} + \frac{F_1 (1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11})(1 + k_{11} \lambda_{11})(\omega_1 R_1 - v_m \cos \varphi_{11})}{Q_1 (1 + k_{11} \lambda_{11})(\omega_1 R_1 - v_m \cos \varphi_{11})}, \quad (9)$$

$$\varphi_{15} = \frac{(1 + k_{12} \lambda_{12} \cos \varphi_{12})(f_{12} Q_1 (\omega_1 R_1 (1 + k_{12} \lambda_{12} \cos \varphi_{12}) - v_m (1 + k_{12} \lambda_{12})))}{Q_1 (1 + k_{12} \lambda_{12})(\omega_1 R_1 - v_m \cos \varphi_{12})} - \frac{F_1 (1 + k_{12} \lambda_{12} \cos \varphi_{12})(1 + k_{12} \lambda_{12})(\omega_1 R_1 - v_m \cos \varphi_{12})}{Q_1 (1 + k_{12} \lambda_{12})(\omega_1 R_1 - v_m \cos \varphi_{12})}, \quad (10)$$

– нейтральные углы

$$\varphi_{16} = \frac{F_1 (1 + k_{11} \lambda_{11} \cos \varphi_{11})}{Q_1}, \quad \varphi_{26} = \frac{F_2 (1 + k_{22} \lambda_{22} \cos \varphi_{22})}{Q_2}; \quad (11)$$

– углы, максимума нормального напряжения

$$\varphi_{17} = 0, \quad \varphi_{27} = 0. \quad (12)$$

На основе разработанных математических моделей кривых контакта валков и распределения контактных напряжений получены формулы, для расчета энергосиловых параметров контактного взаимодействия валкового отжима кожи.

Третья глава диссертации под названием «**Моделирование гидравлических задач процесса валкового отжима кожи**» посвящена к моделированию гидравлических задач процесса валкового отжима кожи.

Характерная особенность случая фильтрации при отжиме – значительное сжатие кожевенного полуфабриката (кожи) во время движения влаги в его порах. В зависимости от степени сжатия кожи изменяются и его фильтрационные характеристики. В связи с этим, в диссертации исследована фильтрация влаги через кожи, при различных степенях сжатия.

Графики зависимостей скорости фильтрации влаги и гидравлического градиента, приведены на рис. 5.

При обобщении полученных зависимостей и графиков найдены эмпирические формулы, описывающие фильтрационные свойства кожи в направлениях, перпендикулярном и параллельном его поверхности:

$$I_y = (a_1 \varepsilon + b_1) v_y, \quad I_x = (a_2 \varepsilon + b_2) v_x, \quad (13)$$

где ε – относительная деформация кожи.

Коэффициенты формулы (13), равные $a_1 = 147 \cdot 10^5$, $b_1 = 8 \cdot 10^4$, $a_2 = 132 \cdot 10^4$, $b_2 = -19 \cdot 10^3$ определяли методом наименьших квадратов. Степени достоверности и точности аппроксимации опытных данных оценены коэффициентами корреляции и вариации.

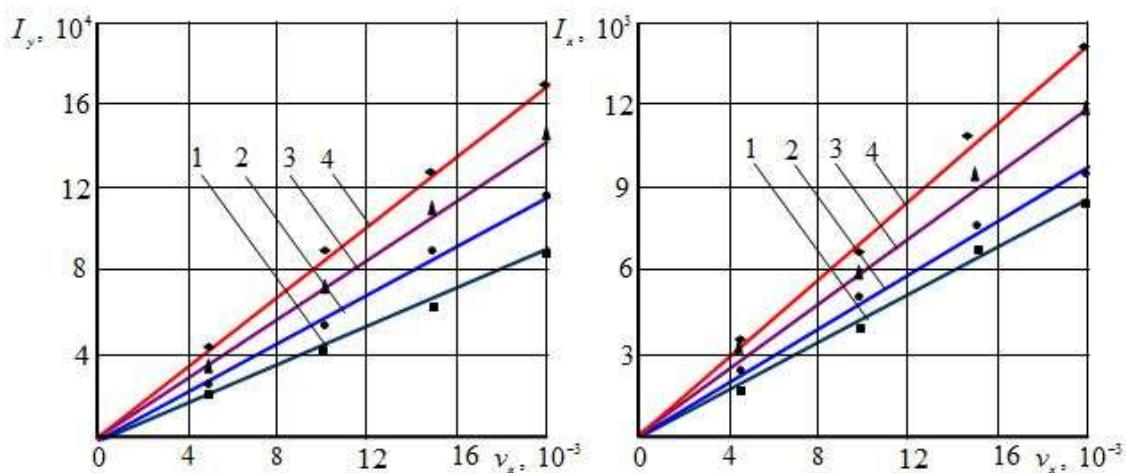


Рис. 5. Зависимости гидравлических градиентов от скоростей фильтрации влаги через кожевенный полуфабрикат, |см/с.

Исследованы задачи моделирования распределения гидравлических давлений и изменения удаленной жидкости в области отжима кожи с валками.

Для решения эти задачи использованы:

– обобщенный закон Дарси

$$\frac{\partial P_r}{\partial r} = -\gamma \frac{u_r}{k_\theta},$$

с коэффициентом фильтрации

$$\frac{1}{k_\theta} = \frac{\cos^2 \theta}{k_{\max}} + \frac{\sin^2 \theta}{k_{\min}},$$

где P_r, u_r – гидравлическое давление и скорость фильтрации в направлении r ; θ – угол, определяющий направление r ; γ – коэффициент вязкости жидкости; $K_{\max} = \frac{1}{a_2 \varepsilon(0) + b_2}$, $K_{\min} = \frac{1}{a_1 \varepsilon(-\varphi_{11}) + b_1}$; $a_1 = 147 \cdot 10^5$,

$$b_1 = 8 \cdot 10^4, \quad a_1 = 132 \cdot 10^4, \quad b_2 = -19 \cdot 10^3$$

– выражения скоростей фильтрации

$$u_{11r} = b_{11}(\theta_{11}^3 + \varphi_{11}^3), \quad -\varphi_{11} \leq \theta_{11} \leq 0,$$

где $b_{11} = \frac{v_m R_1 \cos \varphi_{11}}{3h_{11}^0(1 + k_{11}\lambda_{11})(1 + k\lambda_{11} \cos \varphi_{11})}$, v_m – скорость слоя кожи;

$$u_{12r} = b_{12}(\varphi_{12}^3 - \theta_{12}^3), \quad 0 \leq \theta_{12} \leq \varphi_{14},$$

где $\varphi_{14} = \zeta_1 \varphi_{12}$, $0 < \zeta_1 \leq 1$, $b_{12} = \frac{v_m R_1 \cos \varphi_{12}}{3h_{12}^0(1 + k_{12}\lambda_{12})(1 + k_{12}\lambda_{12} \cos \varphi_{12})}$.

$$u_{12r} = b_{12}(\varphi_{14}^3 - \theta_{12}^3), \quad \varphi_{14} \leq \theta_{12} \leq \varphi_{12}.$$

С решением поставленных задач, найдены математические модели:

– распределения гидравлических давлений по участкам сжатия ($j=1$) и восстановления ($j=2$) нижнего ($i=1$) и верхнего ($i=2$) валка:

$$P_{i1} = c_{i1}(3\varphi_{i1}^5 - 5\varphi_{i1}^3\theta_{i1}^2 - 2\theta_{i1}^5), \quad -\varphi_{i1} \leq \theta_{i1} \leq 0, \quad (14)$$

где $c_{i1} = \frac{\gamma_m R_i^2 k_{i1} \lambda_{i1} \cos^2 \varphi_{i1}}{30K_{i1\max} h_{i1}^0 (1 + k_{i1}\lambda_{i1})^2 (1 + k_{i1}\lambda_{i1} \cos \varphi_{i1})}$;

$$P_{i2} = c_{i2}(3\varphi_{i4}^5 - 5\varphi_{i4}^3\theta_{i2}^2 + 2\theta_{i2}^5), \quad 0 \leq \theta_{i2} \leq \varphi_{i4}, \quad (15)$$

где $c_{i2} = \frac{\gamma_m R_i^2 k_{i2} \lambda_{i2} \cos^2 \varphi_{i2}}{30K_{i2\max} h_{i2}^0 (1 + k_{i2}\lambda_{i2})^2 (1 + k_{i2}\lambda_{i2} \cos \varphi_{i2})}$;

$$P_{22} = c_{i3}(5\varphi_{i4}^3\theta_{i2}^2 - 2\theta_{i2}^5 - 3\varphi_{i4}^5), \quad \varphi_{i4} \leq \theta_{i2} \leq \varphi_{i2}, \quad (16)$$

где $c_{i3} = \frac{\gamma_m R_i^2 \cos \varphi_{i2}}{30K_{i2\max} h_{i2}^0 (1 + k_{i2}\lambda_{i2})^2 (1 + k_{i2}\lambda_{i2} \cos \varphi_{i2})}$;

– изменения удаленной жидкости по участкам сжатия ($j=1$) и восстановления ($j=2$) нижнего ($i=1$) и верхнего ($i=2$) валка:

$$Q_{i1} = \alpha_{i1}(3\varphi_{i1}^5 - 2\theta_{i1}^5 - 5\varphi_{i1}^3\theta_{i1}^2), \quad -\varphi_{i1} \leq \theta_{i1} \leq 0; \quad (17)$$

$$Q_{i2} = 3\alpha_{i1}\varphi_{i1}^5 + \alpha_{i2}(5\varphi_{i4}^3\theta_{i2}^2 - 2\theta_{i2}^5), \quad 0 \leq \theta_{i2} \leq \varphi_{i2}, \quad (18)$$

где $\varphi_{i4} = \zeta_i \varphi_{i2}$, $0 < \zeta_i \leq 1$, $\alpha_{i1} = \frac{\rho v_m B R_i^2 \cos \varphi_{i1}}{30h_{i1}^0 (1 + k_{i1}\lambda_{i1})^2 (1 + k_{i1}\lambda_{i1} \cos \varphi_{i1})}$,

$$\alpha_{22} = \frac{\rho v_m BR_2^2 \cos \varphi_{22}}{30h_{22}^0 (1 + k_{i2} \lambda_{i2})^2 (1 + k_{i2} \lambda_{i2} \cos \varphi_{i2})}.$$

На основе разработанных математических моделей распределения контактных гидравлических давлений и изменения удаленной жидкости получены формулы, для расчета остаточной влажности валкового отжима кожи и часть усилия прижима, необходимой для удаления влаги.

Четвертая глава диссертации под названием «**Экспериментальные исследования процесса валкового отжима кожи**» посвящена экспериментальному исследованию и разработке методики расчета параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката.

Было принято решение о получении математической модели интенсивности отжима кожи, которую можно было бы применить для выбора технологических и конструктивных параметров отжимных машин и использовать для прогнозирования эффективности отжима кожи. Для решения этой задачи была поставлена задача получения аналитические зависимости остаточной влажности кожи и мощности процесса отжима от основных параметров.

На основе теоретического анализа и априорной информации W и N изучены с учетом трех факторов: Q – интенсивности нагрузки, $kH / м$;

D – диаметры валков, $м$; V – скорости валков $м / с$.

В результате решения поставленной задачи методом наименьших квадратов получены следующие зависимости

$$W = 92,58Q^{-0,078} D^{0,046} V^{0,074}, \quad (19)$$

$$N = 189,77Q^{0,171} D^{0,034} V^{1,116}. \quad (20)$$

Экспериментальным исследованием установлено:

- с увеличением интенсивности нагрузки эффект отжима улучшается, то есть уменьшается остаточная влажность кожи. Анализ результатов эксперимента показывает, что лучший эффект интенсивности нагрузки наблюдается при маленьких скоростях и диаметрах валков.

- характер изменения $W_{\text{ост}}(V)$ не зависит от радиуса валков. При прочих равных условиях функцию $W_{\text{ост}}(R)$ можно считать линейно-возрастающим.

- при прочих постоянных параметрах с увеличением скорости валков эффект отжима ухудшается, то есть остаточная влажность увеличивается и асимптотически приближается к определенной величины.

Разработана методика расчета параметров валковых машин для отжима кожи решением основной экстремальной задачи валкового отжима кожи, то есть задачу определения параметров валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката, обеспечивающая величину остаточной влажности, требуемой в техническом задании.

Установлено, что для достижения остаточной влажности кожи $W_p = 58\%$, валковая проходная отжимная машина должна иметь следующие основные параметры:

Параметры	Величина параметров
Ширина рабочего прохода, мм	1800
Скорость валков, м/с	0,18
Диаметры валков (с покрытием), м	0,22
Мощность электродвигателя, кВт (для шестеренчатой передачи)	3,84
Интенсивности нагрузки, кН/м	34

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) на тему «Математическое моделирование и совершенствование процесса отжима кожи валковыми машинами» представлены следующие выводы:

1. Моделированы кривые контакта нижнего и верхнего валков с учетом деформационных свойств кожи. Выявлено, что они описывают всех частных случаев взаимодействия кожи с парами валков отжимных машин.

2. С использованием модели кривого контакта и напряжений трения нижнего (верхнего) валка получены математические модели распределения контактных напряжений по кривым контакта нижнего (верхнего) валка. Эти модели описывают эпюры распределения контактных напряжений для всех частных случаев взаимодействия кожи с парами валков.

3. На основе анализа влияния геометрических, кинематических и силовых параметров к показателям валковой пары процесса отжима кожи выявлены:

- увеличение коэффициента трения приводного (свободного) валка по кожу приводит к уменьшению зон скольжения в кривом контакте валка;

- с увеличением динамического коэффициента в приводном валке зона скольжения отставания уменьшается, зона скольжения опережения увеличивается, а в свободном валке это явление происходит, наоборот;

- чем больше скорость слоя кожи, тем больше зоны прилипания в кривой контакта валков;

- с увеличением динамического коэффициента нейтральный угол возрастает. При этом в приводном валке нейтральный угол находится в сторону входа слоя материала в зону контакта валков, а в свободном – в сторону выхода.

4. Изучены фильтрационные свойства кожевенного полуфабриката после хромового дубления, которые аппроксимированы эмпирическими формулами, показывающими зависимость гидростатического градиента от

скоростей фильтрации при различных степенях сжатия кожевенного полуфабриката.

5. Разработаны математические модели распределения гидравлических давлений и изменения удаленной жидкости в процессе отжима кожи с учетом полученных фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката.

6. На основе анализа разработанных математических моделей выявлено, что закономерности распределения гидравлического давления и изменения удаленной жидкости в зоне восстановления зависят от критерия

$\zeta_i = \frac{\varphi_{i4}}{\varphi_{i2}}$ (φ_{i4} – угол, определяющий положение точки A_{i4} ; φ_{i2} – угол выхода i -го валка).

7. С применением полученных математических моделей получены теоретические решения для расчета остаточной влажности кожи в процессе валкового отжима. Расчеты показали, что остаточная влажность кожи зависит от критерия ζ_i . Когда $0 < \zeta_i < 0,74$ остаточная влажность будет больше, чем влажности в конце зоны сжатия, что связано обратным перемещением жидкости из покрытия в кожу. Когда $0,74 \leq \zeta_i \leq 1$ остаточная влажность будет меньше, чем влажности в конце зоны сжатия, что связано удалением жидкости в зоне восстановления. Когда $\zeta_i = 1$ остаточная

влажность будет наименьшим и равняется:

$$W_o = W_n - \frac{1}{\rho B v_m} (3\alpha_{11}\varphi_{11}^5 + 3\alpha_{12}\varphi_{12}^2 + 3\alpha_{21}\varphi_{21}^5 + 3\alpha_{22}\varphi_{22}^5) 100\%.$$

8. Экспериментальным исследованием установлено:

– с увеличением интенсивности нагрузки эффект отжима улучшается, то есть уменьшается остаточная влажность кожи..

– характер изменения $W_{\text{ост}}(V)$ не зависит от радиуса валков.

– при прочих равных условиях функцию $W_{\text{ост}}(R)$ можно считать линейно-возрастающим.

– с увеличением интенсивности нагрузки и скорости валков мощность процесса линейно увеличивается;

10. Разработана методика расчета параметров валкового отжима кожи. Ожидаемой экономической эффективностью от внедрения в производство методике расчета параметров валкового отжима кожи составляет 29418,8 тыс. сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
PHD.03/30.12.2019.T.66.01 AT NAMANGAN INSTITUTE OF
ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

**TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL
ENGINEERING**

KHOLTURAYEV FARKHAD SAFAROVICH

**MATHEMATICAL MODELING AND IMPROVEMENT OF
THE PROCESS OF LEATHER SQUEEZING WITH
ROLLER MACHINES**

05.02.03 – Technological machines. Robots, mechatronics and robotics systems

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Namangan – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) of technical science dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number 3a B2019.1.PhD/T1010.

The dissertation carried out at Tashkent institute of architecture and civil engineering

The abstract of dissertations is posted three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website of Scientific Council at the address www.nammti.uz and an the website of Ziyonet information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific adviser:

Khurramov Shavkat Rakhmatullaevich
PhD, dotsent

Official opponents:

Kadirov Tulqin Jumayevich
doctor of technical sciences, professor

Sharibaev Nosir Yusupjanovich
doctor of Physical and Mathematical sciences , professor

Leading organization:

Bukhara Engineering Technological Institute

The defense of the dissertation will take place on «28» August 2021 y. at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of scientific council PhD.03/30.12.2019.T.66.01 at Namangan institute of engineering and technology (Address: 160115, Namangan city, Kasansay street-7, administrative building, small conference hall, tel. (69) 228-76-70, a fax: (69) 228-76-75, e-mail: nei_info@edu.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource centre (IRC) of Namangan institute of engineering and technology (registration number 412). Address: 160115, Namangan city, Kasansay street-7, tel. (69) 228-76-70.

The abstract from the thesis is distributed «17» August 2021.

(Mailing protocol No.44 on August «17», 2021).



R.Muradov

Chairman of the Scientific Council on award of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

H.Bobojanov

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical science, dotsent

K.Kholikov

Chairman of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the study is to improve the technical and economic indices of roller machines for pressing the semi-finished leather products using scientifically based methods for calculating their parameters.

The object of research is the roller pairs of leather pressing machines.

The subject of research is the theory of contact problems in roller pairs, the theory of hydraulic problems of roller pressing of wet materials and methods for calculating the parameters of roller pressing of leather.

Research methods. The methods of the theory of contact interaction, fluid and gas mechanics, the design of machines for the leather industry, mathematical analysis, mathematical statistics and experiment planning are used in the dissertation.

The scientific novelty of the research is as follows:

the curves of the contact of rolls in roller wringing pairs of tanning machines were analytically described. At that, the nature of the deformation of the leather semi-finished product and the roller coating under compression and recovery, set by empirical formulas of a power-law form, were taken into account;

mathematical models were developed for the distribution patterns of normal and tangential stresses in the process of contact interaction of the leather with pairs of rolls; the patterns correspond to the experimental diagrams;

analytical solutions for calculating indices and energy-power parameters of contact interaction of the process of roller pressing of the leather were built;

mathematical models were developed that describe the patterns of changes in hydraulic pressures and extracted fluid in the process of roller pressing of the leather;

hydraulic parameters of the process of roller pressing of the leather, focused on the study of the effect of filtration properties of a leather semi-finished product after chrome tanning and elastic coating of rolls were determined;

mathematical model of residual moisture in a semi-finished leather product was developed, which allows analyzing the efficiency of roller pressing of the leather, substantiating the parameters of roller machines for leather pressing.

Practical result of the research is:

the development of the methods for calculating the optimal parameters of roller machines for pressing semi-finished leather;

the determination of filtration properties of a semi-finished leather product after chrome tanning and their approximation by empirical formulas that allow revealing the essence of the hydraulic phenomenon of the roller pressing process of leather.

Implementation of research results. Based on the results obtained on mathematical modeling and improvement of the process of leather pressing with roller machines the following was recommended for the implementation:

theoretical results of the process of roller pressing of semi-finished leather products, calculation formulas for determining the efficiency of roller pressing and the method of calculating the optimal parameters of roller machines for pressing

semi-finished leather products were introduced at the tanneries of the "UZCHARMSANOAT" Association, the Certificate of acceptance of the results for the use in LLC "QARSHI LEATHER" < LLC "OSIYO CHARM FAYZ", LLC "ULKAN-LAZIZ" (reference № FB-7/171 association "UZChARMSANOAT" dated 26.06.2021). The accepted results will be used to improve technological processes in the production of genuine leather at the factories of the "UZCHARMSANOAT" Association.

mathematical models, empirical formulas and graphs, and the methods for calculating the parameters of roller pressing of leather products, obtained in the study, were introduced into the educational process of the Bukhara Engineering Technological Institute (Certificate of introduction into the educational process of the Bukhara Engineering Technological Institute dated 09.04.2021).

Approbation of research results. The results of this study were presented at 6 international conferences.

Publication of research results. 10 scientific articles were published on the topic of the dissertation, in journals recommended by the Higher Attestation Commission (HAC) of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of the dissertation, including 5 articles in Scopus base journals.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 117 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Бахадиров Г.А., Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З. Предельные углы захвата в двухвалковых модулях с одним приводным валком// Вестник Каракалпакского отделения АН РУз. – Нукус, 2019. – № 1(254). – С. 8 – 13. (05.00.00;№19).

2. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З. Особенности геометрических условий в двухвалковых модулях с одним приводным валком// Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2019. – №2 (23). – С.52–56. (05.00.00;№20).

3. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З. Исследование геометрических условий в двухвалковых модулях// Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2019. – №3 (23). – С. 50–55. (05.00.00;№20)/

4. Khurramov Sh.R, Khalturaev F.S., Kurbanova F.Z. Deformation and Filtration Characteristics of a Leather Semi-Finished Product.) Cyber-Physical Systems: Design and Application for Industry 4.0. Studies in Systems, Decision and Control, vol 342. Springer, pp. 227-239. (Scopus).

5. Khurramov Sh. R, Abdugarimov A., Khalturayev F.S., Kurbanova F.Z.. Moduling of frrection forces in an asymmetric two-roll module// “ModTech 2020, IOP Conf. Series: Materials Seince and Engineering- Iace, Romania, 916 (2020) 012051 (Scopus).

6. Khurramov Sh. R., Khalturaev F. S. Simulation of contact voltages in two-roll modules // ICECAE 2020, IOP Conf. Series: Earh and Environmental Science.–Tashkent, 2020.– 614 (2020) 012097. (Scopus).

7. Khurramov Sh. R., Abdugarimov A., Khalturaev F.S., Kurbanova F.Z. Modeling the Shape of the Roll Contact Curves in Two-Roll Modules ICEMP 2021 // Journal of Physics: Conference Series.-Istambul, Turkey, 2021. – 1789 (2021) 012008 (Scopus).

8. Khalturaev F.S., Misirov M.U.. Analysis of the angles of contact in a two-roll module//ISMSIT-II 2021, Journal of Physics: Conference Series, 2021, Krosnoyarsk, Russia, 1889 (2021) 042024 (Scopus)

II бўлим (II часть; II part)

9. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З., Мусиров М.У. К решению некоторых контактных задач двухвалковых модулей// Вестник Тамбовского ГТУ. – Тамбов, 2019. – №3 (25). – С. 486–497.

10. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З., Мусиров М.У. Математические модели кривых контактов двухвалковых модулей// Вестник Технологического университета. – Казан, 2019. – №12 (22). – С. 102–106.
11. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З., Мусиров М.У. К вопросу о контактном взаимодействии в двухвалковых модулях// Сборник трудов XXXII международной конференции «Математические методы в технике и технологиях» – Санкт-Петербург, 2019. Том 9. – С. 78–83.
12. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З., Мусиров М.У. Форма кривых контакта в двухвалковых модулях// Сборник трудов международной XXXII конференции «Математические методы в технике и технологиях» – Санкт-Петербург, 2019. Том 9. – С. 84–87.
13. Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З. Исследование контактного взаимодействия в двухвалковых модулях// Сборник трудов. XII Всероссийской съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики – Уфа, 2019. Том 3. – С. 1010–1012.
14. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З. Математические модели характера деформации кожевенного полуфабриката// Сборник трудов международной XXXIII конференции «Математические методы в технике и технологиях» – Санкт-Петербург, 2020. Том 6. – С. 64–67.
15. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З. Моделирование фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката// Сборник трудов международной XXXIII конференции «Математические методы в технике и технологиях» – Санкт-Петербург, 2020. Том 7. – С. 7–10.
16. G.Bahadirov, Sh.Hurramov, A.Abdukarimov, F.Halturayev and F.Kurbanova. To solving contact tasks in the two-roll module// Book of Abstracts. The 8th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. ModTech. – Romania, 2020. – p. 65.
17. G.Bahadirov, Sh.Hurramov, A.Abdukarimov, F.Halturayev and F.Kurbanova. Mathematical modeling process of rolling water spin// Book of Abstracts. The 8th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. ModTech. – Romania, 2020. – p. 183.
18. Sh.Hurramov, F.Halturayev and F.Kurbanova. Modeling of friction forces in an asymmetric two-roll module// Book of Abstracts. The 8th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. ModTech. – Romania, 2020. – p. 210.
19. Халтураев Ф.С. Исследование фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката // Международная научно-практическая конференция по теме: «Современные проблемы инновационного развития науки, образования и производства» – Андижон, 2020, С.216-221.
20. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Аннаев Н.У. Теоретическое определение контактных напряжений в двухвалковых модулях // Научный журнал «Математические методы в технологиях и технике» – Санкт-Петербург, 2021. – С. 11–157.

Автореферат “Наманган муҳандислик-технология институти илмий-техника
журнали” таҳриятида таҳриридан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз
тилларидаги матнлари мослиги текширилди (16.08.2021й).

Босишга руҳсат этилди. 16.08.2021 й.
Бичими 60x84 1/16, “Times New Roman”
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма тобоғи 3. Адади:100. Буюртма № 25
НамТИ босмаҳонасида чоп этилди.
Наманган шаҳри, Косонсой кўча, 7-уй