

ТОШКЕНТ ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.T.08.01РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ
МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ

ХУРРАМОВ ШАВКАТ РАХМАТУЛЛАЕВИЧ

ИККИ ВАЛЛИ МОДУЛЛАРДАГИ ЎЗARO ТАЪСИРНИНГ
НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ ВА УНИНГ МЕХАНИК ИШЛОВ БЕРИШ
ЖАРАЁНЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШДА ҚЎЛЛАНИЛИШИ

05.02.03 – Технологик машиналар. Роботлар, мехатроника ва робототехника тизимлари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2022

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторский (DSc) диссертации
Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract

Хуррамов Шавкат Рахматуллаевич

Икки валли модуллардаги ўзаро таъсирнинг назарий асослари ва
унинг механик ишлов бериш жараёнларини такомиллаштиришда
қўлланилиши 3

Хуррамов Шавкат Рахматуллаевич

Теоретические основы контактного взаимодействия
в двухвалковых модулях и их использование
в совершенствовании процессов механической обработки 29

Khurramov Shavkat Rakhmatullaevich

Theoretical foundations of contact interaction in two-roll modules and their
use in improving machining processes 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 59

ТОШКЕНТ ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.T.08.01РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ
МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ

ХУРРАМОВ ШАВКАТ РАХМАТУЛЛАЕВИЧ

ИККИ ВАЛЛИ МОДУЛЛАРДАГИ ЎЗARO ТАЪСИРНИНГ
НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ ВА УНИНГ МЕХАНИК ИШЛОВ БЕРИШ
ЖАРАЁНЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШДА ҚЎЛЛАНИЛИШИ

05.02.03 – Технологик машиналар. Роботлар, мехатроника ва робототехника тизимлари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2019.1.DSc/T260 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент архитектура қурилиш институтида ҳамда механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институти ҳузуридаги Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (<http://web.ttyesi.uz>) ва “ZiyoNet” Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган

Илмий маслаҳатчи:

Баҳадиров Ғайрат Атаханович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Шин Илларион Георгиевич
техника фанлари доктори, профессор

Алимухаммедов Шавкат Пирмухаммедович
техника фанлари доктори, профессор

Мақсудов Равшан Ҳасанович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Жиззах политехника институти

Диссертация ҳимояси Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.08.01 рақамли илмий кенгашнинг 2022 й «24» август соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100100, Тошкент ш., Шохжаҳон-5, тел: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, факс: (+99871) 253-36-17; e-mail: titlr@edu.uz, Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институти маъмурий биноси, 2-қават, 222-хона).

Диссертацияси иши билан Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (139-сон билан рўйхатга олинган). Манзил: 100100, Тошкент ш., Шохжаҳон-5, тел: (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, факс: (+99871) 253-36-17.

Диссертация автореферати 2022 йил « 22 » июль куни тарқатилди.
(2022 йил « 22 » 07 №_139_сонли реестр баённомаси).

И.Қ. Сабилов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, т.ф.д.

А.З. Маматов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш
илмий котиби, т.ф.д., профессор

Н.Р.Ханходжаева
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги
илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда пойабзал, кийим ва атторлик маҳсулотларини тайёрлашда энг кўп тарқалган материаллардан бири аналоглари бўлмаган ва тамомила ўзига хос хусусияларга эга бўлган чарм ҳисобланади. Ҳозирги вақтда чарм саноати савдоси йилига 80 миллиард АҚШ долларида ошади ва бу кўрсаткич аҳоли сонининг кўпайиши ва мамлакатларнинг урбанизацияси туфайли ўсиши кутилмоқда¹. Жаҳон миқёсида чарм маҳсулотларини ишлаб чиқаришда Италия (23,39%), Корея Республикаси (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 ҳисобланади². Тайёр чарм сифатини муҳим даражада аниқловчи операциялардан бири кейинги операциялар учун зарур намликни ҳосил қилувчи чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш ҳисобланади. Шу жиҳатдан тайёр чармнинг берилган характеристикаларига кафолатли эга бўлиш учун валли сиқишнинг юқори самарали, энергиятежамкор қурилма ва технологияларини такомиллаштириш ва ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш муҳим аҳамият касб этади.

Жаҳонда ишлаб чиқаришнинг кўплаб соҳаларида турли технологик жараёнларни бажаришда қўлланилаётган машиналарнинг энг самарали ва универсал турларидан бири бўлган валли машиналарни лойиҳалаш ва такомиллаштиришнинг илмий асосларини яратиш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада ҳўл материалларни валли сиқиш жараёнини автоматлаштириш ва иш унумдорлигини ошириш, икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир ва ҳўл материалларни валли сиқиш масалаларини замонавий билимларни ва технологик жараёнларнинг физик моҳиятини инобатга олган ҳолда моделлаштириш, механик ишлов бериш жараёнларини ва қурилмаларини олинган моделларни қўллаган ҳолда замон талабларига мувофиқ янгилаш, валли машиналарнинг техник-иқтисодий кўрсаткичларини такомиллаштириш ҳамда олинган моделларни оптимизациялаш орқали тайёр маҳсулотнинг табиий сифатини сақлаб қолиш муҳим илмий-амалий аҳамиятга эга.

Республикамизда валли машиналарнинг янги типдаги ресурстежамкор конструкцияларини ҳамда рақобатбардош ва юқори сифатли маҳсулот ишлаб чиқаришнинг янги технологияларини яратиш учун фундаментал ва амалий тадқиқотларни жадал ривожлантириш бўйича комплекс чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, «Миллий иқтисодиёт барқарорлигини таъминлаш ва ялпи ички маҳсулотда саноат улушини оширишга қаратилган саноат сиёсатини давом эттириб, саноат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ҳажмини 1,4 бараварга ошириш, жумладан

¹ <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/leather-industry>

² <http://www.splaix.ru/k5.html>

чарм-пойабзал соҳасини ривожлантириш орқали ишлаб чиқариш ҳажмини 3 бараварга кўпайтириш...»³ каби вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир ҳамда ҳўл материалларни валли сиқиш масалаларини моделлаштириш ҳамда олинган моделлар асосида механик ишлов бериш жараёнларини такомиллаштириш ва уларни амалга ошириш учун юқори унумдор ва ресурстежамкор валли технологик машиналарни, жумладан чарм ярим маҳсулотини сиқиш учун валли машиналарни яратиш асосий масалалар ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022–2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт Стратегияси тўғрисида»ги ва 2000 йил 23 февралдаги ПФ-2552-сон «Республика иқтисодиётининг чарм-пойабзал тармоғини бошқариш тизимларини такомиллаштириш тўғрисида»ги Фармонлари ва 2021 йил 8 февралдаги ПҚ-4982-сон «Чарм-пойабзал ва мўйначилик соҳаларини янада ривожлантиришга доир кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи⁴. Икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир масалаларини ва ҳўл материалларни валли сиқиш масалаларини ечишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар бўйича жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида изланишлар олиб борилмоқда. Жумладан, чиғирлаш назарияси контактли ўзаро таъсир масалалари ҳамда текстил ва енгил саноат валли машиналари икки валли модулларидаги контактли ўзаро таъсир ва гидравлик масалалари тадқиқотига University of Michigan, University of Minnesota, University of Rochester (АҚШ), Cambridge University, Belfast University (Вуюк Британия), University of British Columbia (Канада), Magdeburg University (Германия), Timken Company, Colmar (Франция), Deusto University, Bilbao University (Испания), Politechnica University of Timisoara (Руминия), Trencen University (Словакия), Lublian University (Словения), Pontificia University (Бразилия), University of Wollongong (Австралия), India University of Technology (Ҳиндистон), Pusan National University (Корея Республикаси), Isfahan institute of

³ <https://www.Lex.uz/> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022–2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт Стратегияси тўғрисида»ги Фармони

⁴ Диссертация мавзуси бўйича халқпаро илмий тадқиқотлар шарҳи: Jour. Drying Technol. 4(2003), Int. Jour. 4 (2003), Int. Jour. of Mech. Siences 113(2016), Eng. Technol. 221(2007), Metals 226(2019), IOP conf. Series. Vaterials Siense and Eng. 163(2017), Acta Metallurgici Slovaca 17(2011),), Int. Jour. of Ing. Technol. 3(2011), Jour. Mechanical Eng. 26(2018), Int. Jour. of Mech. Siences 30(2018), Int. Jour. of Mech. Siences 44(2002), Jour.And. in Mech. Eng. 7(2015), Int. Jour. of Mech. Siences 258(2005), Jour. Of pulp and paper Siense 26(2000), Tappi Jour. 81 (2017), Изв. ВУЗ. «Техн. текст. пром.», Изв. ВУЗ. «Техн. легк. пром.», Изв. ВУЗ. «Машиностроение». Изв. ВУЗ. «Черная металлургия», Механика муаммолари (Ўзб) ва бошқв манбалар.

Technolodgy, Shirist institute of Technolodgy (Эрон ислом Республикаси), Sun-Yat-Sen University (Тайван), Human University, Changsha University, Yanshan University, Xiamen University, Sheyang University, Wuhan University (Хитой), Н.Э.Бауман номли Москва давлат техника университети, А.Н.Косыгин номли Москва давлат университети, Череповец давлат университети, Иванова давлат политехника университети, Кострома давлат технология университети (Россия федерацияси), Украина миллий металлургия академияси, Запарожье давлат муҳандислик академияси (Украина), Ўзбекистон Республикаси фанлар академиясининг механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти, Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти, Тошкент архитектура қурилиш институти (Ўзбекистон) каби университет ва илмий марказлар олимларининг ишлари бағишланган.

Жаҳонда икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир масалаларини ва ҳўл материалларни валли сиқиш масалаларини ечиш натижасида қўйидаги илмий натижалар олинган: динамик ишқаланиш коэффициентлари аниқланган, контакт эгри чизиғи бўйлаб босимнинг соддалашган тақсимот модели топилган, нейтрал нуктанинг ифодаси аниқланган (University of Rochester, Wuhan University, Bilbao University); Карман тенгламаси кутб координатларида ечилган (Pontificia University, Magdeburg University); ҳар ҳар хил ишқаланиш моделларидан фойдаланиб нормал ва уринма кучланишларнинг валлар контакт юзалари бўйлаб тарқалиш қонуниятлари топилган (Belfast University, University, Pusan National University, Politechnica University of Timisoara); асимметрик контактли ўзаро таъсир масалалари тадқиқ қилинган (Cambridge University, University, Lublian University, University of British Columbia, India University of Technology, Isfahan institute of Technolodgy, Shirist institute of Technolodgy, Sun-Yat-Sen University, Sheyang University, Yanshan University); узатмали ва узатмасиз валлардаги қамров шартлари назарий таҳлил қилинган, ишқаланиш кучланишларининг контакт кучланишлари тақсимотиға кинематик шартларни ҳисобга олувчи модели тавсия этилган (Украина миллий металлургия академияси); эластик-пластик модели деформация ўчоғи учун контакт кучланишларини ҳисоблаш методикаси тақдим қилинган (Череповец давлат университети); сиқиш жараёнида гидравлик ҳодисаларнинг айрим жиҳатлари очиқ берилган (Timken Company, University of Michigan, University of British Columbia, Кострома давлат технология университети, Целлюлоза-қоғоз саноати илмий-ишлаб чиқариш бирлашмаси); валлар ўрамасининг ҳар хил қаттиқлик даражасида валлар контакт шартлари бўйлаб контакт кучланишларининг тақсимот қонуниятлари топилган, тўқимачилик машиналарининг валли қурилмаларини лойиҳалаш ва уларнинг ишчи валларини ҳисоблаш методикалари ишлаб чиқилган (Иванова давлат политехника университети, Кострома давлат технология университети), чарм саноати машиналари икки валли модулларидаги контакт ва гидравлик масалалар ечилган (Ўзбекистон Республикаси фанлар академиясининг механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти).

Жаҳонда валли машиналарни ва уларда амалга ошириладиган механик ишлов бериш жараёнларини такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан

қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: икки валли модуллардаги ўзаро таъсир масалаларини моделлаштириш асосида валли машиналарнинг янги типдаги ресурстежамкор конструкцияларини ва механик ишлов бериш жараёнларини яратиш, мавжуд қурилма ва технологияларнинг параметрларини такомиллаштириш, ҳўл материалларни валли сиқишнинг контакт ва гидравлик масалаларини моделлаштириш асосида самарадорлиги юқори бўлган валли сиқиш машиналарини, жумладан чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш машиналарини яратиш ва уларни жорий қилиш ҳисобига маҳсулот сифатини ошириш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳонда икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир назариясининг масалаларини ва ҳўл материалларни валли сиқиш назариясининг масалаларини ечишга ва улар асосида валли қурилма ва технологияларни яратиш ва такомиллаштиришга кўплаб тадқиқотлар, жумладан J.J. Munton, S. Alenka, A.Murillo-Morradan, P.P. Gudur, V. Alexa, S.A. Ratiu, M. Salimi, M.A. Tolcha, L.F. Nasimento, Sh. Chen, X. Tan, G. Tzou, X. Fend, R. Pernis, X. Li, J.D. McDonald, E.M. McDonald, R.J. Kerekes, Э.А. Гарбер, А.П. Грудев, Я.Д. Васильев, А.В. Выдрин, Г.К. Кузнецов, Ю.Г. Фомин, А.В. Подьячев, Г.А. Хайлис, В.А. Крючков, И.И. Водяник, И.Д. Кугушев, Н.Е. Новиков, А.В. Саблин, А.Г. Бурмистров, М.М. Шукуров, А. Джураев, Т.Ю. Аманов, Г.А. Бахадиров, А. Абдукаримов, Г.Н.Цой ва бошқаларнинг илмий ишлари бағишланган.

Шу билан бирга, бу тадқиқотларда яратилган математик моделларнинг аксарияти етарли даражада аниқликка эга эмаслиги ва қўлланилиш соҳаси чегараланганлиги кузатилмоқда. Шу боис бу моделлар ҳўл материалларни валли сиқиш жараёнининг контактли ўзаро таъсир ва суюқлик филтрацияси ҳодисалари моҳиятини тўла тушунтириш имкониятини бермайди. Шунингдек, чармни валли сиқиш назарияси масалаларини ечишда асосий омиллар бўлган чарм ярим маҳсулотининг деформациявий ва филтрациявий хоссаларининг математик моделлари яратилмаган. Натижада чармни валли сиқишнинг контактли ўзаро таъсир масалалари татқиқотида чарм ярим маҳсулотининг деформациявий хусусиятлари инобатга олинмаган, шунингдек, чармни валли сиқишнинг гидравлик масалалари амалда ечилмаган, бу ўз навбатида чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш технологияси ва қурилмаларининг рационал параметрларини аниқлаш ва бошқаришга имкон яратмайди.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши ЎзР. Фанлар Академиясининг механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг №АЗ-ФА-0-17872/ АЗ-ФА-Ф056 «Жиннинг ва чармни валли сиқиш ва ажратиш машиналари ишчи механизмларининг янги конструкцияларини лойиҳалаш, ҳисоблаш методикасини яратиш» (2012-2014), №К-3-017+К-5-002 «Валли технологик машиналарнинг юқори унумдор, ресурстежамкор қурилма ва механизмларини ишлов берилаётган материал хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда такомиллаштириш ва яратиш» (2015-2017), №БВ-М-Ф4-001 «Гидродинамика ва машинасозлик масалаларини математик моделлаштириш ва

ечишнинг янги методлари асосида тадқиқ этиш» (2017–2020), №ФА-Атех-2018-254 «Кўн ярим маҳсулотга механик ишлов берувчи кўп операцияли машина ишлаб чиқиш» (2018–2020) мавзуларидаги фундаментал лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир ва ҳўл материалларни валли сиқиш назарияларининг илмий асосларини ишлаб чиқиш ва уларни механик ишлов бериш жараёнлари, жумладан чармни валли сиқиш жараёнининг технология ва қурилмаларни такомиллаштиришда қўллашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

икки валли модулларнинг умумлашган схемасини ишлаб чиқиш;
умумлашган икки валли модулларнинг асосий контактли ўзаро таъсир масалаларини ечиш;

ҳўл материалларни валли сиқишнинг асосий масалаларини ечиш;

чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш жараёнини моделлаштириш;

чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблаш бўйича методика ишлаб чиқиш;

тайёр чарм сифатини таъминловчи сиқиш машинасининг техник даражасини кўтариш учун тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти – валли технологик машиналарнинг, жумладан чармни валли сиқиш машиналарининг икки валли модуллари.

Тадқиқотнинг предмети – икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир ва ҳўл материалларни валли сиқиш назариялари ҳамда валли сиқиш машиналарининг параметрларини ҳисоблаш методлари.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертацияда контактли ўзаро таъсир назарияси, суюқлик ва газ механикаси, математик моделлаштириш, енгил саноат машиналарини лойиҳалаш назарияси, математик анализ, математик статистика ва тажрибани режалаштириш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ишлов берилаётган материалнинг технологик машиналар ишчи валлари жуфтлиги билан барча контактли ўзаро таъсир ҳолатларини ўз ичига олувчи ҳамда икки валли модуллар контакт масалаларини ечишни системалаштиришга ва умумлаштиришга имкон яратувчи икки валли модулларнинг умумлашган схемаси ишлаб чиқилган;

умумлашган икки валли модулларнинг контактли ўзаро таъсири асосий масалаларини ечиш натижасида контакт эгри чизиқларининг ва контакт кучланишлари тақсимотининг энергиятежамкор валли машиналарини лойиҳалаш ҳамда технологик жараёни бошқаришда икки валли модулларнинг рационал параметрларини ўрнатиш имкониятини берувчи математик моделлари олинган;

умумлашган икки валли модуллар учун ишқаланиш кучланишларининг ҳам сирпаниш соҳаларида, ҳам ёпишиш соҳасида нормал ва уринма кучланишлар орасида боғланиш ўрнатувчи коррект моделлари ишлаб чиқилган;

ҳўл материалларни валли сиқишнинг гидравлик масалаларини ечиш орқали сиқиш жараёнида гидравлик босимлар ва намлик ўзгариши

тақсимотларининг қолдиқ намликни ҳисоблашга ва валли машиналар параметрларининг ҳўл материалларни сиқиш самарадорлигига таъсирини ўрнатишга имкон яратувчи математик моделлари олинган;

хромли ошлашдан кейинги чарм ярим маҳсулотининг деформациявий ва фильтрациявий хоссаларининг янги моделлари ҳамда чарм қолдиқ намлиги, сиқиш қуввати ва вал контакт эгри чизиғи узунлигининг куч интенсивлиги, вал диаметри ва тезлигига боғлиқ аналитик ифодалари олинган;

ўтказилган тадқиқотлар ва экстремал масалаларни ечиш натижасида кучнинг характеристикаси сифатида солиштирма кучни ҳисобга олувчи чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблашнинг янги методикаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

умумлашган икки валли модулларнинг ва ҳўл материалларни валли сиқишнинг ҳисоблаш формулалари аниқланган;

чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблаш бўйича методика ишлаб чиқилган;

чарм ярим маҳсулотининг валлар жуфтлиги билан контактли ўзаро таъсири ҳодисалари моҳиятини ва чармни валли сиқишнинг гидравлик ҳодисалари моҳиятини очишга имконият яратувчи хромли ошлашдан кейинги чарм ярим маҳсулотининг деформациявий ва фильтрациявий хоссалари моделлаштирилган;

валли сиқиш машиналарининг самарадорлиги оширишга имконият яратувчи бир нечта қонуниятлар ўрнатилган.

Олинган натижаларнинг ишончилиги ўтказилган тадқиқотларнинг контактли ўзаро таъсир ва суюқлик ва газ механикаси назарияларининг ҳамда енгил ва текстил саноатлари машиналарини лойиҳалашнинг замонавий усулларини қўллаган ҳолда бажарилиши, илмий ёндашув ва таҳлиллар асосида олинган натижаларнинг жаҳондаги етакчи марказлар мутахассисларининг назарий маълумотларига мос келиши ва етакчи илмий нашрларда чоп қилиниши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ҳўл материалларни валли сиқиш назарияси контактли ва гидравлик масалаларининг биргаликда ечилиши ҳамда умумлашган икки валли модулларнинг валлар контакт бурчакларининг, контакт эгри чизиқларининг, ишқаланиш кучланишларининг ва контакт кучланишлари тақсимотининг, ҳўл материалларни валли сиқишнинг фильтрация тезликлари, гидравлик босимлари ва қолдиқ намлигининг моделлари яратилганлиги билан изоҳланади. Бу моделлар икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир ва ҳўл материалларини валли сиқиш назарияларининг ривожланишига катта ҳисса қўшади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблаш бўйича методика ишлаб чиқилганлиги ҳамда чарм ярим маҳсулотининг деформациявий ва фильтрациявий хоссаларини аниқловчи эмпирик ифодаларнинг топилганлиги билан изоҳланади. Ишлаб чиқилган методика чармни валли сиқиш

машиналарининг самарали параметрларини ва ишлаш тартибини аниқлаш ва баҳолаш имкониятини беради, эмпирик ифодалар эса чарм ярим маҳсулотини сиқиш жараёни ҳодисаларининг моҳиятини очишда амалий аҳамиятга эга.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Икки валли модуллардаги ўзаро таъсир ва ҳўл материалларни валли сиқиш назарияларини ривожлантириш орқали механик ишлов бериш жараёнларини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

икки валли модулларнинг параметрларини ҳисоблаш формулалари ва чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблаш бўйича методика «ЎЗЧАРМСАНОАТ» уюшмасининг корхоналарида хусусан «PREMIUM LEATHER» МЧЖ, «QARSHI LEATHER» МЧЖ, «Nafis-Charм» МЧЖ ва «OSIYO CHARM FAYZ» МЧЖда ишлаб чиқаришга жорий қилинган («ЎЗЧАРМСАНОАТ» уюшмасининг 2021 йил 12 октябрдаги ФБ-7/2650-сон маълумотномаси). Натижада чармни валли сиқиш машиналарининг параметрларини бошқариш ва тайёр чарм сифатини ошириш имкониятлари яратилган;

валлар контакт эгри чизикларининг, контакт кучланишлари тақсимотининг ва чарм ярим маҳсулоти деформациявий хусусиятларининг математик моделлари «Янги истиқболли дифференциал узатиш механизми таҳлили ва лойиҳаси» мавзусидаги 2018-2020 йилларда бажарилган ФА-Атех-2018-253 лойиҳада ўрнатилаётган ишлов берилаётган материал ва валли модулнинг геометрик, кинематик ва динамик параметрларини асослашда қўлланилди (Ўзбекистон Республикаси фанлар академиясининг 2022 йил 22 февралдаги №2/1255-416 сонли маълумотномаси). Илмий натижаларнинг жорий этилиши валли технологик машиналар валлараро тишли-ричагли дифференциал узатиш механизмининг рационал параметрларини ишлов берилаётган материал (чарм ярим маҳсулоти) хоссаларини ҳисобга олган ҳолда аниқлашга имкон яратди;

олинган илмий натижалар асосида Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк Агентлигининг ихтирога патент («Хўл толали материаллардан суюқликни сиқиш учун қурилма»), № IAP 05886, 2019 й.) олинган. Натижада толали материалнинг бутун юзаси бўйича суюқликни самарали ва текис сиқишга имконият берувчи қурилма яратилган;

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 9 та халқаро миқёсдаги анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 53 та илмий иш чоп этилган, жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 30 та, жумладан Scopus базасидаги журналларда 17 та мақола нашр қилинган ҳамда Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк Агентлигининг ихтирога ва фойдали моделга патентлари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертация ҳажми 191 бетни ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқот мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари баён қилинган, объекти ва предмети ифодаланган, республика фан ва технологияларини ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, уларнинг илмий ва амалий аҳамияти баён қилинган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, ишнинг апробацияси, натижаларнинг нашр қилинганлиги ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертация ишининг **“Икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир ва ҳўл материалларни валли сиқиш бўйича тадқиқотларнинг замонвий ҳолати”** деб номланган биринчи бобида икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир ва ҳўл материалларни валли сиқиш масалаларини ечиш бўйича тадқиқотларнинг ҳозирги ҳолати ёритилган. Ушбу масалалар бўйича тадқиқотлар ўтказилиши зарурлиги асосланган ва материалларга валли машиналар билан механик ишлов бериш жараёнларини такомиллаштириш йўналишлари ёритилган.

Икки валли модуллардаги контакт ва гидравлик масалаларни ечиш бўйича кенг кўламли тадқиқотларнинг мавжуд бўлишлигига қарамасдан сиқиш машиналари икки валли модулларида контактли ўзаро таъсир назарияси асослари бугунги кунда етарли даражада ишлаб чиқилмаган. Бунда, ўта асимметрик икки валли модуллар контакт бурчаклари учун ифодалар топилмаган. Валлар контакт эгри чизикларининг шакли моделлаштирилмаган ва ишқаланиш кучланишларининг коррект моделлари ишлаб чиқилмаган. Коррект бўлмаган ишқаланиш кучланишларининг моделларини қўллаш орқали топилган контакт кучланишлари тақсимотининг назарий тарқалиш қонуниятлари тажрибавий эпюраларга мос келмайди. Гидравлик босимнинг назарий тақсимот қонунияти валли ускуналар ва ишлов берилаётган материалларнинг реал бўлмаган моделларини киритиш йўли билан олинган. Натижада ҳўл материалларни валли сиқиш параметрларини ҳисоблаш методикалари етарли даражада ишлаб чиқилмаган. Чармни валли сиқиш назарияси масалаларини ечишда асосий омиллар бўлган чарм ярим маҳсулотининг деформациявий ва фильтрациявий хоссаларини ифодаловчи математик моделлар мавжуд эмас. Натижада чармни валли сиқишнинг контактли ўзаро таъсир масалалари тадқиқотида чарм ярим маҳсулотининг деформациявий хусусиятлари инобатга олинмаган, шунингдек, чармни валли сиқишнинг гидравлик масалалари амалда ечилмаган.

Диссертация ишининг **“Икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсирнинг назарий асослари”** деб номланган иккинчи боби икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир масалаларини моделлаштиришга бағишланган.

Валлар жуфтлигининг ишлов берилаётган материал билан контактли ўзаро таъсир характери таҳлили асосида икки валли модулларнинг умумлашган

моделни яратилди (1-расм). Бу схемадан унинг параметрларини ўзгартириш орқали валли технологик машиналарнинг исталган икки валли модули ҳосил қилинади. Шу сабабли у икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир масалаларини системалаштиришга имкон беради.

Контактли ўзаро таъсирнинг қўйилган масалалари умумлашган схемадан олинган умумлашган икки валли модулда ечилган. Бу модулда валлар вертикалга нисбатан β бурчак остида ўнгга қия жойлашган, тенг бўлмаган радиусларга ($R_1 \neq R_2$), турли қаттиқликдаги ва қалинликдаги ($H_1 \neq H_2$) ҳамда ишқаланиш коэффициентли ($f_1 \neq f_2$) эластик ўрамаларга эга, пастки вал кўзгалмас, юқори вал пользун бўйлаб ҳаракатланади, ишлов берилаётган материал бир хил δ_1 қалинликка эга ва O_1 ўққа (марказлар чизиғига) нисбатан γ_1 бурчак остида қуйига узатилган, валлар орасидаги масофа h га тенг (2-расм).

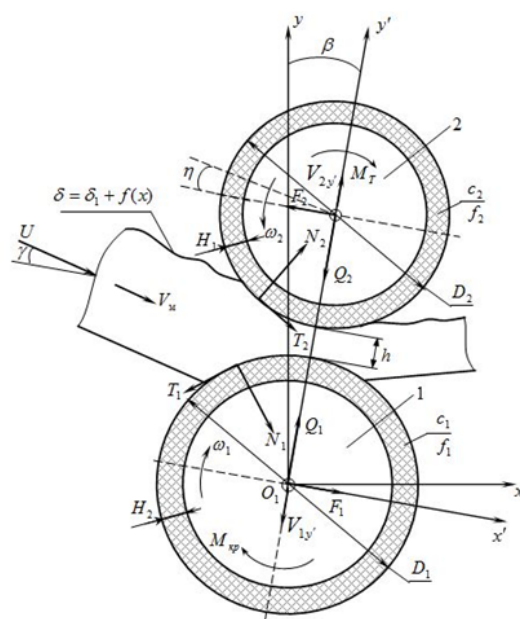
Умумлашган икки валли модулдаги геометрик шартларнинг назарий тадқиқоти асосида контакт бурчакларининг ишлов берилаётган материал билан валлар жуфтлигининг дастлабки уринишидаги ва турғун жараёндаги ифодалари топилди.

Турғун жараёнда улар қуйидаги кўринишга эга бўлади:

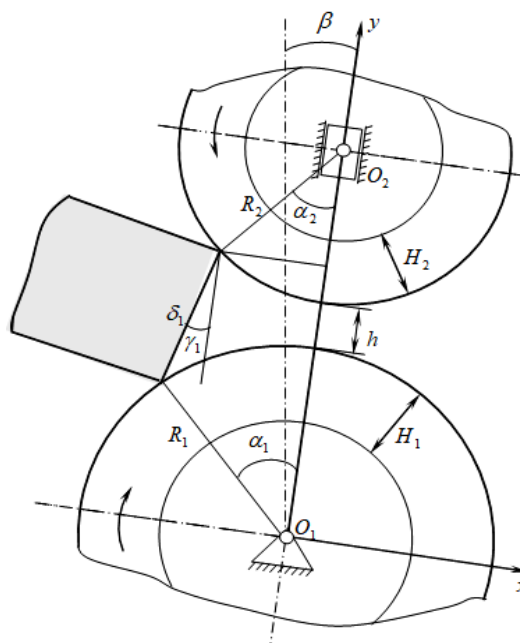
ҳар иккала вал узатмалли бўлганида

$$\varphi_{11} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_1 - h)}{R_1(R_1 + R_2)} + \frac{\delta_1 \gamma_1}{R_1 + R_2}} - \sqrt{\frac{2U_{\max} n_{2cp} R_2 \cos^2 v_1 \cos \gamma_1}{n_{1cp} BR_1 (n_{1cp} R_1 \cos v_2 + n_{2cp} R_2 \cos v_1)}}}, \quad (1)$$

$$\varphi_{21} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_1 - h)}{R_2(R_1 + R_2)} - \frac{\delta_1 \gamma_1}{R_1 + R_2}} - \sqrt{\frac{2U_{\max} n_{1cp} R_2 \cos^2 v_2 \cos \gamma_1}{n_{2cp} BR_1 (n_{1cp} R_1 \cos v_2 + n_{2cp} R_2 \cos v_1)}}}. \quad (2)$$



1-расм. Икки валли модулларнинг умумлашган молули схемаси



2-расм. Икки валли модулларнинг умумлашган модели

$$\varphi_{12} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_2 - h_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \quad \varphi_{22} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_2 - h_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \quad (3)$$

бу ерда $\varphi_{11}, \varphi_{21}$ – бошланғич контакт бурчаклари (қамров бурчаклари),

$\varphi_{11}, \varphi_{21}$ – чиқиш бурчаклари;

валлардан бири (қуйи вал) узатмали бўлганида

$$\varphi_{11} = \frac{\delta_1 + R_2}{\delta_1 + R_1 + R_2} \sqrt{\frac{2(\delta_1 - h)(R_1 + R_2)}{R_1 R_2}}, \quad \varphi_{21} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_1 - h)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2}. \quad (4)$$

$$\varphi_{12} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_2 - h_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \quad \varphi_{22} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_2 - h_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}. \quad (5)$$

Икки валли модуллардаги контакт ҳодисалари биринчи навбатда контактлашаётган жисмларнинг деформациясига (деформациявий хусусиятларига) боғлиқ. Чарм, тканлар, пахта, қоғоз, резина, жун, техник сукно каби икки валли модуллардаги контактувчи жисмларнинг деформацияси бўйича кўп сондаги тажрибавий маълумотлар йиғилган. Бу маълумотлар таҳлили кўрсатадики, шу каби материалларнинг деформацияси асосан “кучланиш–нисбий деформация” кўринишидаги эмпирик боғланиш билан ифодаланади. Улар орасида энг кўп қўлланиладигани даражали кўринишидаги боғланиш ҳисобланади.

Диссертацияда умумлашган икки валли модулдаги контактли ўзаро таъсир масалалари контактлашаётган жисмларнинг деформациялари

$$\sigma_{ij}^* = A_j^* \varepsilon_{ij}^{*m_j^*} \quad \sigma_{ij} = A_{ij} \varepsilon_{ij}^{m_{ij}},$$

кўринишдаги формулалар билан берилган ҳолда ечилган, бу ерда $\sigma_j^*, \varepsilon_j^*, A_j^*, m_j^*$ – ишлов берилаётган материал нуқталарининг сиқилишдаги ($j = 1$) ва деформацияни тиклашдаги ($j = 2$) кучланиши, нисбий деформацияси, деформация ва мустаҳкамлик коэффициентлари; $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, A_{ij}, m_{ij}$ – қуйи вал ($i = 1$) ва юқори вал ($i = 2$) ўрамаси нуқталарининг сиқилишдаги ва деформацияни тиклашдаги кучланиши, нисбий деформацияси, деформация ва мустаҳкамлик коэффициентлари.

Контакт эгри чизикларининг ҳар бир нуқтасида кучланишлар тенглиги ҳақидаги қонундан (Ньютон қонунидан) фойдаланиб, умумлашган икки валли модулдаги контакт эгри чизиклари шаклининг математик моделлари топилди:

қуйи вал учун

$$\begin{cases} r_{11} = \frac{R_1}{1 + k_{11}\lambda_{11}} \left(1 + k_{11}\lambda_{11} \frac{\cos(\varphi_{11} + \gamma_1)}{\cos(\theta_{11} + \gamma)} \right), & -(\varphi_{11} + \gamma_1) \leq \theta_{11} + \gamma \leq 0, \\ r_{12} = \frac{R_1}{1 + k_{12}\lambda_{12}} \left(1 + k_{12}\lambda_{12} \frac{\cos(\varphi_{12} + \gamma_2)}{\cos(\theta_{12} + \gamma)} \right), & 0 \leq \theta_{12} + \gamma \leq \varphi_{12} + \gamma_2, \end{cases} \quad (6)$$

бу ерда $k_{11} = \frac{m_{11} H_1 \sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}{m_1^* \delta_1 \sin(\varphi_{21} - \gamma_1)}$, $k_{21} = \frac{m_{12} H_1 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{m_2^* \delta_2 \sin(\varphi_{22} - \gamma_2)}$, λ_{11} , λ_{12} – сиқилишда ва

деформацияни тиклашда қуйи вал ўрамаси ва ишлов берилаётган материал нисбий деформациялари тезликлари нисбати;

юқори вал учун

$$\begin{cases} r_{21} = \frac{R_2}{1 + k_{21} \lambda_{21}} \left(1 + k_{21} \lambda_{21} \frac{\cos(\varphi_{21} - \gamma_1)}{\cos(\theta_{21} - \gamma)} \right), & -(\varphi_{21} - \gamma_1) \leq \theta_{21} - \gamma \leq 0, \\ r_{22} = \frac{R_2}{1 + k_{22} \lambda_{22}} \left(1 + k_{22} \lambda_{22} \frac{\cos(\varphi_{22} - \gamma_2)}{\cos(\theta_{22} - \gamma)} \right), & 0 \leq \theta_{22} - \gamma \leq \varphi_{22} - \gamma_2, \end{cases} \quad (7)$$

бу ерда $k_{21} = \frac{m_{21} H_2 \sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}{m_1^* \delta_1 \sin(\varphi_{11} + \gamma_1)}$, $k_{22} = \frac{m_{22} H_2 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{m_2^* \delta_2 \sin(\varphi_{12} + \gamma_2)}$, λ_{21} , λ_{22} – сиқилишда

ва деформацияни тиклашда юқори вал ўрамаси ва ишлов берилаётган материал нисбий деформациялари тезликлари нисбати.

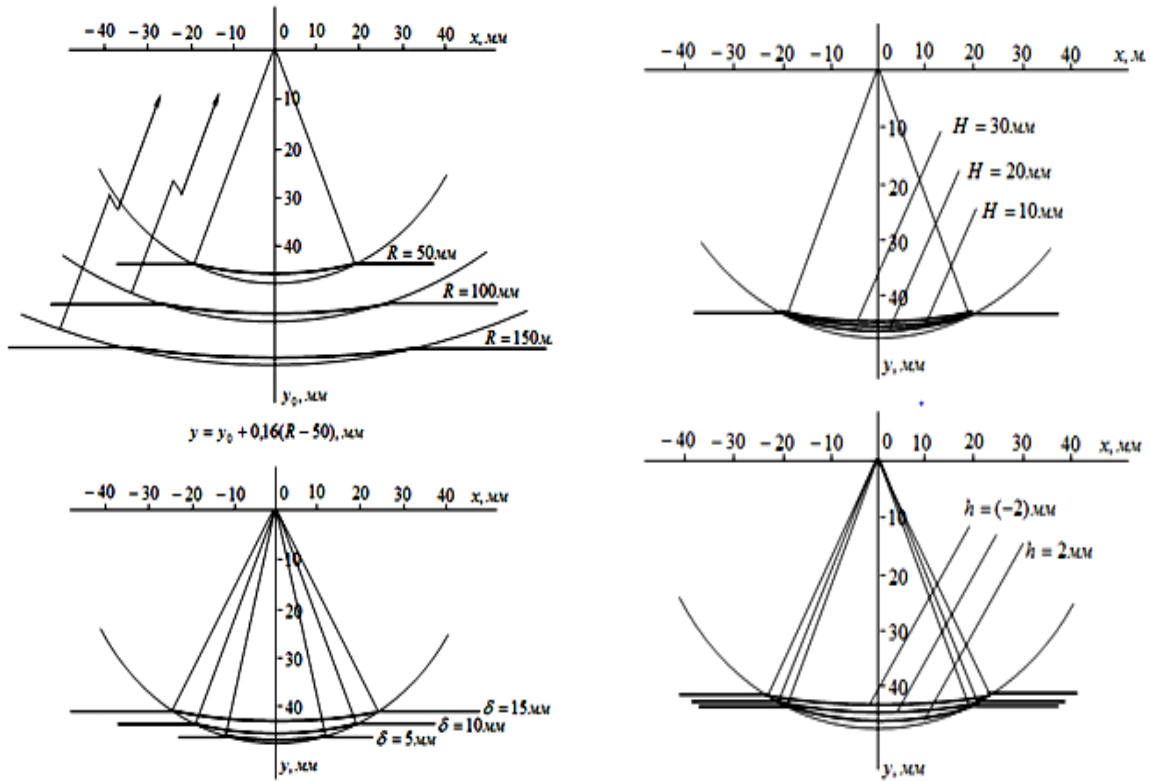
Валлар контакт соҳасида контактлашаётган жисмларнинг контактли ўзаро таъсири шартлари таҳлили асосида, i – вал ўрамаси ва ишлов берилаётган материалнинг сиқилишдаги ва деформацияни тиклашда нисбий деформациялари тезликлари нисбатини аниқлаш формулалари топилди:

$$\lambda_{ij} = \frac{A_j^* m_j^* (\Delta L_{ij})_{cp} - (A_{ij} (1 - m_{ij}) - A_j^* (1 - m_j^*)) h_{ij}^0}{A_{ij} m_{ij} (\Delta L_{ij})_{cp} + (A_{ij} (1 - m_{ij}) - A_j^* (1 - m_j^*)) H_i}, \quad (8)$$

бу ерда $(\Delta L_{ij})_{cp} = R_j \cdot \left(1 - \frac{\sin 2(\varphi_{ij} \pm \gamma_j)}{2(\varphi_{ij} \pm \gamma_j)} \right)$, $h_{ij}^0 = \delta_j \frac{\sin(\varphi_{i\pm 1j} \pm \gamma_j)}{\sin(\varphi_{ij} + \varphi_{i\pm 1j})}$, бунда (кейинги

ҳолларда ҳам) юқоридаги ишоралар қуйи валга ($i = 1$), пастдаги ишоралар эса юқори валга ($i = 2$) тегишли.

(7) ва (8) тенгламалар ситемалари контактлашаётган жисмларнинг деформациялари даражали эмпирик боғланишлар билан ифодаланганида умумлашган икки валли модул контакт эгри чизиқлари шаклининг математик моделларини аниқлайди. Аниқландики, контактлашаётган жисмларнинг деформациялари реологик моделлар билан берилганида ҳам контакт эгри чизиқлари шаклининг математик моделлари шу каби системалар (фақат k_{ij} ва λ_{ij} коэффициентлари билан фарқланувчи) билан аниқланади. Шу сабабли контакт эгри чизиқлари шакли контактлашаётган жисмлар деформацияларининг берилишига боғлиқ бўлмайди ва уларнинг графиклари ҳар иккала ҳол учун турли омилларда 3-расмдаги каби кўринишда бўлади.



3-расм. Контакт эгри чизиклари шаклига омиллар таъсири

Умумлашган икки валли модул қўйи ва юқори валлари учун ишқаланиш кучланишларининг янги моделлари ишлаб чиқилди:

қўйи вал учун

$$\begin{cases} t_{11} = \operatorname{tg}(\theta_{11} + \gamma - \psi_{11} + \xi_1)n_{11}, & -(\varphi_{11} + \gamma) \leq \theta_{11} + \gamma \leq 0, \\ t_{12} = \operatorname{tg}(\theta_{12} + \gamma - \psi_{12} + \xi_1)n_{12}, & 0 \leq \theta_{12} + \gamma \leq \varphi_{12} + \gamma_2; \end{cases} \quad (9)$$

бу ерда $\xi_1 = \operatorname{arctg} \frac{F_1}{Q_1}$, $\psi_{1j} = \frac{k_{1j} \lambda_{1j} \cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)}{1 + k_{1j} \lambda_{1j} \cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)} (\theta_{1j} + \gamma)$, Q_1 – қўйи валга

қўйилган сиқувчи қурилманинг босим кучи; F_1 – қўйи валдаги реакция кучи (4-шакл);

узатмали юқори вал учун

$$\begin{cases} t_{21} = \operatorname{tg}(\theta_{21} - \gamma - \psi_{21} + \xi_2)n_{21}, & -(\varphi_{21} - \gamma) \leq \theta_{21} - \gamma \leq 0, \\ t_{22} = \operatorname{tg}(\theta_{22} - \gamma - \psi_{22} + \xi_2)n_{22}, & 0 \leq \theta_{22} - \gamma \leq \varphi_{22} - \gamma_2; \end{cases} \quad (10)$$

узатмасиз юқори вал учун

$$\begin{cases} t_{21} = -\operatorname{tg}(\theta_{21} - \gamma - \psi_{21} - \xi_2)n_{21}, & -(\varphi_{21} - \gamma) \leq \theta_{21} - \gamma \leq 0, \\ t_{22} = -\operatorname{tg}(\theta_{22} - \gamma - \psi_{22} - \xi_2)n_{22}, & 0 \leq \theta_{22} - \gamma \leq \varphi_{22} - \gamma_2; \end{cases} \quad (11)$$

бу ерда $\xi_2 = \operatorname{arctg} \frac{F_2}{Q_2}$, $\psi_{2j} = \frac{k_{2j} \lambda_{2j} \cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{1 + k_{2j} \lambda_{2j} \cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)} (\theta_{2j} + \gamma)$,

Q_2 – юқори валга қўйилган сиқувчи курилманинг босим кучи; F_2 – юқори валдаги реакция кучи (4- расм);

(9)-(11) математик моделлар вал контакт эгри чизиги бўйлаб тарқалувчи нормал ва уринма кучланишлар орасидиги боғланишни ҳам сирпаниш соҳалари ва ҳам ёпишиш соҳасида ўрнатади.

Контакт эгри чизиқлари шаклининг ва ишқаланиш кучланишларининг олинган моделларидан фойдаланган ҳолда умумлашган икки валли модулдаги контакт кучланишлари тақсимотини ифодаловчи математик моделлар топилди:

қуйи вал учун

$$n_{1j} = B_{1j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)}{\cos(\theta_{1j} + \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{1j}, \quad 0 \leq \theta_{1j} + \gamma \leq \varphi_{1j} + \gamma_j, \quad (12)$$

$$t_{1j} = B_{1j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)}{\cos(\theta_{1j} + \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{1j} \operatorname{tg}(\theta_{1j} + \gamma - \psi_{1j} + \xi_1), \quad (13)$$

бу ерда $B_{1j} = A_j^* \left(\frac{R_1 \sin(\varphi_{1j} + \varphi_{2j})}{(1 + k_{1j} \lambda_{1j}) \delta_2 \sin(\varphi_{2j} - \gamma_j)} \right)^{m_j^*};$

узатмали юқори вал учун

$$n_{2j} = B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j}, \quad -(\varphi_{2j} - \gamma_j) \leq \theta_{2j} - \gamma \leq 0, \quad (14)$$

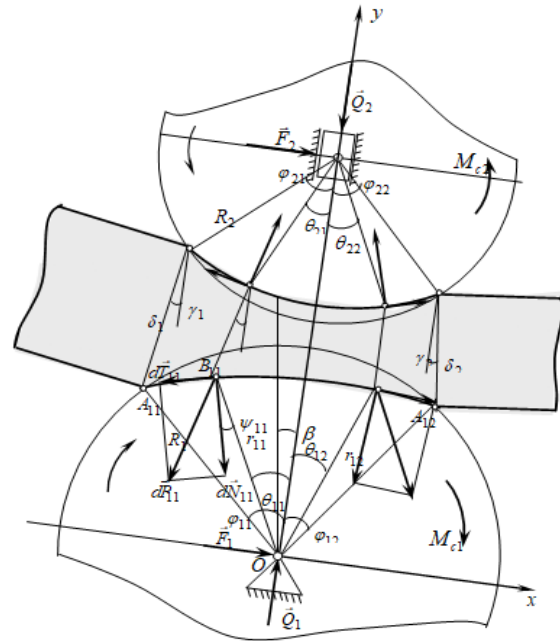
$$t_{2j} = B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j} \operatorname{tg}(\theta_{2j} - \gamma - \psi_{2j} + \xi_2), \quad (15)$$

узатмасиз юқори вал учун

$$n_{2j} = B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j}, \quad -(\varphi_{2j} - \gamma_j) \leq \theta_{2j} - \gamma \leq 0, \quad (16)$$

$$t_{2j} = -B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j} \operatorname{tg}(\theta_{2j} - \gamma - \psi_{2j} - \xi_2), \quad (17)$$

бу ерда $B_{2j} = A_1^* \left(\frac{R_2 \sin(\varphi_{1j} + \varphi_{2j})}{(1 + k_{2j} \lambda_{2j}) \delta_2 \sin(\varphi_{1j} + \gamma_j)} \right)^{m_{j1}^*}.$

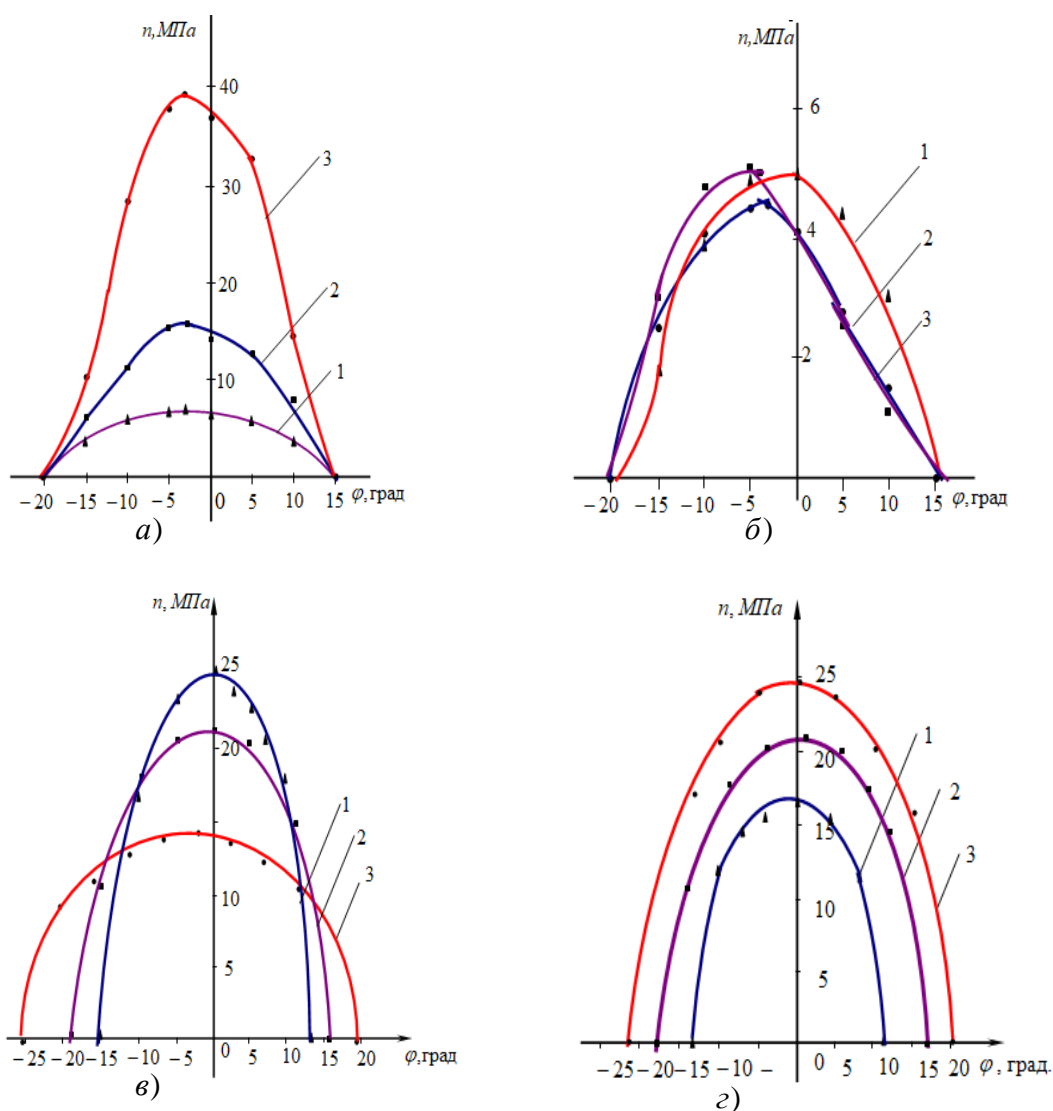


4-расм. Икки валли модулларда кучлар схемаси

Олинган математик моделлар кўрсатадики, икки валли модуллардаги контакт кучланишлари тақсимот қонунлари ишлов берилаётган материалнинг вал сиртига ишқаланиш коэффицентига, контактлашаётган жисмларнинг геометрик, кинематик ва деформациявий параметрларига ҳамда валларга қўйилган кучларга боғлиқ (5-расм ва 6-расм).

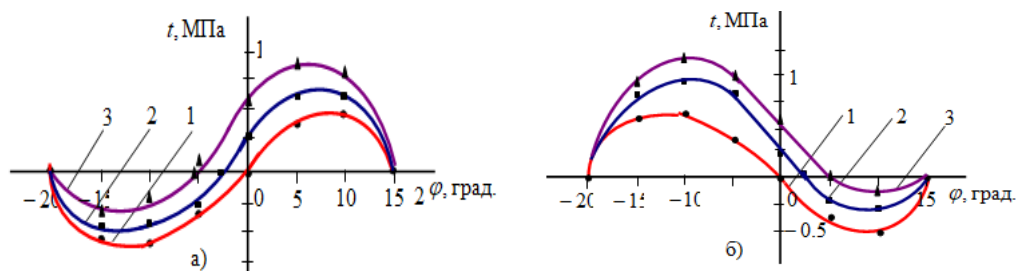
Нормал ва уринма кучланишлар контакт эгри чизиқлари бўйлаб нотекис тақсимланади:

– нормал кучланишлар контакт соҳасининг боши ва охирида нолга тенг бўлади ва марказлар чизиғидан чапда (контакт соҳаси бошига томон) ётувчи нуқтада максимумга эришади. Нормал кучланишлар тақсимотининг максимум нуқтаси ёки ёпишиш соҳасида ёки орқада қолиб сирпаниш соҳасида ётади ва нейтрал нуқта билан устма-уст тушмайди;



5-расм. Нормал кучланишлар эюраларининг боғлиқлиги: а) мустаҳкамлик коэффицентига; б) материалнинг Oy ўққа нисбатан оғиш бурчагига в) валлар радиусига; г) материалнинг қалинлигига.

– уринма кучланишлар нейтрал нуқтада ишорасини ўзгартиради. Бу нуқта узатмали валда контакт эгри чизигининг сиқилиш соҳасида, узатмасиз валда эса тикланиш соҳасида ётади.



6-расм. Уринма кучланишларнинг тақсимот эпюраси:
а) узатмали валда; б) узатмасиз валда

Юқорида келтирилган хулосалар бошқа тадқиқотларда олинган назарий моделларга ва тажрибавий эпюраларга мос келади. Бу олинган математик моделларнинг икки валли модуллардаги контакт кучланишларининг ҳақиқий тақсимот қонунларини етарли даражада ифодалашлигини кўрсатади.

Олинган (6) - (7) тенгламалар системасининг, (10) - (11) тенгламалар системасининг ва (12) - (17) формулаларнинг хусусий кўринишларини ҳамда валлар билан ишлов берилаётган материал контактли ўзаро таъсирининг мос хусусий ҳолларининг таҳлили кўрсатадики, олинган математик моделлар технологик машиналар икки валли модуллардаги ишлов берилаётган материал билан валлар жуфтлигининг барча контактли ўзаро таъсири учун контакт эгри чизиклари шаклини, ишқаланиш кучланишларини ва контакт кучланишлари тақсимотининг эпюраларини ифодалайди.

Контакт эгри чизиклари шаклининг ва контакт кучланишлари тақсимотининг олинган моделларидан фойдаланган ҳолда контактли ўзаро таъсирда валларнинг ушбу параметрларини ҳисоблаш формулалари топилди: контакт эгри чизикларининг ҳамда сирпаниш ва ёпишиш соҳалари узунликларини, ёпишиш соҳасини сирпаниш соҳаларидан ажратувчи бурчаклар катталикларини, энергиявий куч параметрлари катталикларини.

Диссертациянинг “**Хўл материалларни валли сиқишнинг назарий асослари**” деб номланган учинчи боби хўл материалларни валли сиқиш масалаларини ечишга бағишланган.

Бу масалаларни ечишда Н.Е.Новиков томонидан таклиф қилинган

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

филтрация коэффициентли анизотроп материаллар учун

$$\frac{\partial P_n}{\partial n} = -\nu \frac{u_{\theta}}{K_{\theta}}$$

умумлашган Дарси қонунидан фойдаланилган, бу ерда P_n , u_{θ} – n йўналишдаги гидравлик босим ва филтрация тезлиги; θ – кутб бурчаги; ν – суюқликнинг

ёпишқоқлик коэффициенти; K_{\max} – материал сиртига кўндаланг (Оу ўқ бўйича) йўналган максимал филтрация коэффициенти;

K_{\min} – материал сирти бўйлаб (Ох ўқ бўйича) йўналган минимал филтрация коэффициенти.

Кўйилган масалаларни ечиш орқали ушбу математик моделлар топилди:

– куйи ва юқори вал контакт эгри чизиқлари бўйлаб гидравлик босим тақсимотлари:

$$P_{in} = c_{i1}((\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^2 - (\theta_{i1} \pm \gamma)^2) \cdot \left(2 - \frac{K_{i1\max} - K_{i1\min}}{K_{i1\max}} \cdot ((\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^2 + (\theta_{i1} \pm \gamma)^2) \right), \quad (18)$$

$$P_{i2n} = c_{i2}((\varphi_{i4} \pm \gamma_4)^2 - (\theta_{i2} \pm \gamma)^2) \cdot \left(2 - \frac{K_{i2\max} - K_{i2\min}}{K_{i2\max}} \cdot ((\varphi_{i4} \pm \gamma_4)^2 + (\theta_{i2} \pm \gamma)^2) \right), \quad (19)$$

бу ерда

$$c_{i1} = \frac{\nu v_m R_i^2 \cos(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^3}{12K_{i1\min} h_{i1}^0 (1 + k_{i1} \lambda_{i1})(1 + k_{i1} \lambda_{i1} \cos(\varphi_{i1} \pm \gamma_1))},$$

$$c_{i2} = \frac{\nu v_m R_i^2 \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2)(\varphi_{i2} \pm \gamma_2)^3}{12K_{i2\min} h_{i2}^0 (1 + k_{i2} \lambda_{i2})(1 + k_{i2} \lambda_{i2} \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2))};$$

– куйи ва юқори вал контакт эгри чизиқлари бўйлаб суюқлик ўзгариши қонуниятлари:

$$G_{i1} = \alpha_{i1}(3(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^5 - 2(\theta_{i1} \pm \gamma)^5 - 5(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^3(\theta_{i1} \pm \gamma)^2), \quad (20)$$

$$G_{i2} = 3\alpha_{i1}(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^5 + \alpha_{i2}(5(\varphi_{i4} \pm \gamma_4)^3(\theta_{i2} \pm \gamma)^2 - 2(\theta_{i2} \pm \gamma)^5), \quad (21)$$

бу ерда

$$\alpha_{i1} = \frac{\rho v_m B R_i^2 \cos(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)}{30h_{i1}^0 (1 + k_{i1} \lambda_{i1})^2 (1 + k_{i1} \lambda_{i1} \cos(\varphi_{i1} \pm \gamma_1))},$$

$$\alpha_{i2} = \frac{\nu v_m \rho R_i^2 \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2)}{30h_{i2}^0 (1 + k_{i2} \lambda_{i2})^2 (1 + k_{i2} \lambda_{i2} \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2))}.$$

(18) - (21) формулалар бўйича ҳисоблашлар таҳлилидан келиб чиқади:

– сиқиш соҳасида гидравлик босим контактнинг бошланғич нуқтасида нулдан марказлар чизиғида ётувчи нуқтада максимумгача ўсади. Гидравлик босимнинг тикланиш соҳасидаги тақсимот қонуни унинг суюқлик ҳўл материалдан валлар ўрамасига ўтадиган қисмининг давомийлигига боғлиқ бўлади;

– сиқилган суюқликнинг ўзгариш қонунияти ζ_i сонга боғлиқ: $0 < \zeta_i < 0,74$ да жараён охиридаги сиқилган суюқлик сиқилиш соҳаси охиридаги суюқликдан кам, $0,74 \leq \zeta_i < 1$ да ортик, $\zeta_i = 0,74$ да тенг бўлади.

Гидравлик босим тақсимотининг ва сиқилган суюқлик ўзгаришининг олинган моделларидан фойдаланган ҳолда ушбу параметрларни ҳисоблаш формулалари топилди: сиқилаётган материал қолдиқ намлигини ва сиқиш

машиналарининг умумлашган икки валли модуль валларида гидравлик босим катталигини.

Диссертациянинг “**Чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш параметларини оптимизациялаш**” деб номланган тўртинчи боби олинган математик моделлар ҳисоблаш формулалари-нинг амалий татбиқига бағишланган.

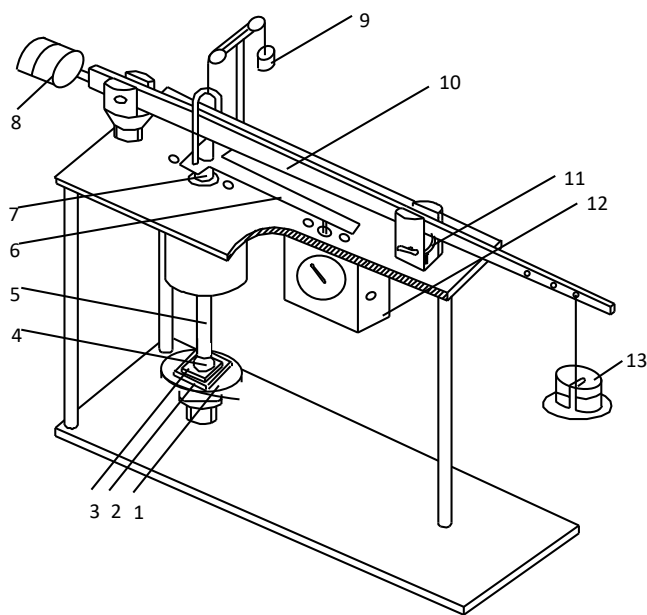
Олинган математик моделлар ва ҳисоблаш формулаларини қўллашга мисол сифатида икки валли модулларда ҳўл материални сиқиш ҳолларидан бири бўлган чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш қаралган.

Олинган математик моделлар ва ҳисоблаш формулалари биринчи навбатда чарм ярим маҳсулотининг хромли ошлашдан кейинги деформациявий ва фильтрациявий хоссаларига боғлиқ бўлади ва улар фақат тажриба йўли билан аниқланади.

Тажриба натижалари махсус ишланган қурилмаларда ўтказилди (7-ва 8-расм).

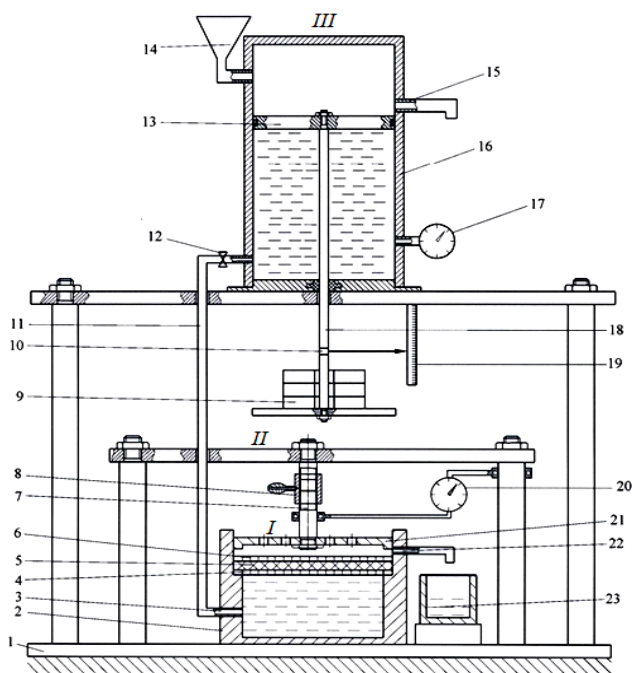
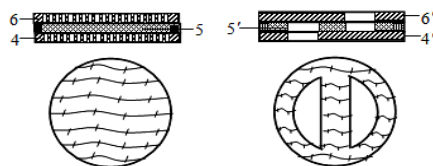
Тодқиқот объекти сифатида қора мол чарм маҳсулоти (чарм) олинди. Чармни сиқишга текшириш методикасига кўра ҳар бир чармдан 60×60 мм² ли намуналар тайёрланди ва гуруҳларга ажратилди.

Тажриба жараёнида намунага 2 дан 10 МПагача куч қўйилди, чарм намлиги дан 1,0 гача (мос равишда 60–75% гача) олинди,



ва

7-расм. Чарм ярим маҳсулотининг деформация хусусиятларини аниқлаш учун қурилма схемаси



расм

ярим

улар

бўлган
0,8

8-расм. Чарм ярим маҳсулотининг фильтрация хусусиятларини аниқлаш учун қурилма схемаси

сиқувчи кучнинг таъсир вақти 1 минутни ташкил қилди.

Олинган тажриба натижалари эмпирик формулалар орқали ифодаланди: сиқилишда

$$\sigma = 25,28 \cdot \left(\frac{\varepsilon - b}{a} \right)^{3,73} \cdot W^{-14,74}; \quad (22)$$

деформацияни тиклашда

$$\sigma = 51,80 \cdot \left(\frac{\varepsilon - b}{a} \right)^{3,55} \cdot W^{-11,88}, \quad (23)$$

бу ерда a и b – чармнинг топографик хусусиятларини ифодаловчи коэффициентлар. Улар жадвалда берилган.

Суяқлик фильтрациясини ўрганиш учун намуналар чарм сиртига перпендикуляр йўналишда юзаси 10 см²ли (35,7 мм. диаметрли) доира шаклида, параллел йўналишда эса 8-расмда кўрсатилган каби тайёрланди.

Тажрибаларда чармнинг нисбий деформацияси 0,314 дан 0,593 гача, цилиндрдаги босим 0,05–2,13 МПани ташкил қилди. Поршень ҳаракати ва гидростатик градиент ҳар 5, 10, 20, 40 ва 60 секундда кузатилди.

Олинган боғланишлар ва графикларни умумлаштириш натижасида чармнинг фильтрация хоссаларини унинг сиртига параллел ва перпендикуляр йўналишларда ифодаловчи эмпирик формулалар олинди:

$$I_y = (a_1 \varepsilon + b_1) v_y, \quad (24)$$

$$I_x = (a_2 \varepsilon + b_2) v_x, \quad (25)$$

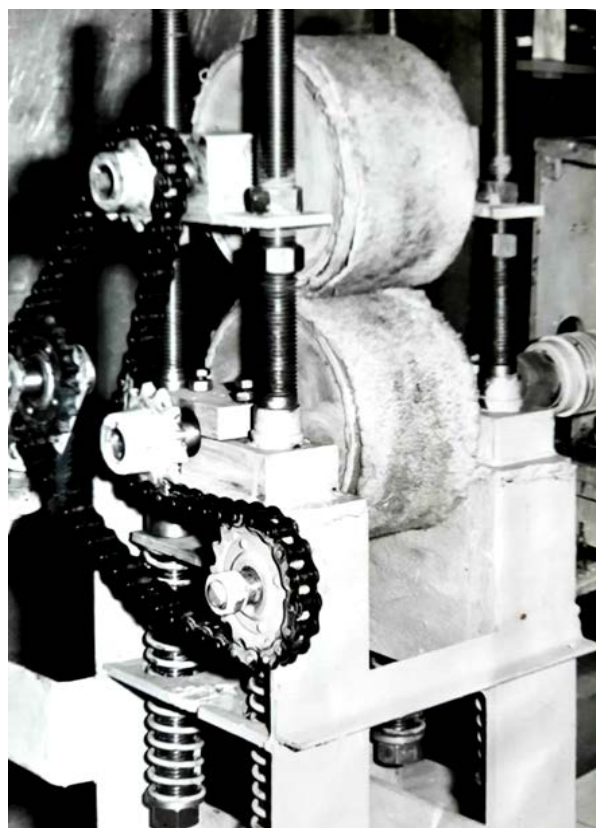
бу ерда ε – чармнинг нисбий деформацияси.

(24) ва (25) формулаларнинг $a_1 = 147 \cdot 10^5$, $b_1 = 8 \cdot 10^4$, $a_2 = 132 \cdot 10^4$, $b_2 = -19 \cdot 10^3$ га тенг коэффициентлари энг кичик квадратлар усули билан топилди.

(22) - (25) формулаларни ҳисобга олган ҳолда чармни валли сиқишнинг назарий модели олинди.

Диссертацияда тажриба тадқиқотлари олинган назарий математик моделларнинг аниқлигини баҳолаш ҳамда чармни валли сиқишни оптимизациялашда фойдаланиш учун чармни валли сиқишнинг технологик ва конструктив параметрлари ўртасида аниқ

Коэффицент	Топографик участка	Сиқилиш	Тикланиш
a	чепрак	1	1
	этак	0,96	1,040
	ёқа	0,94	1,051
b	чепрак	0	0
	этак	0,012	0,011
	ёқа	0,018	0,019



9-расм. Тажриба қурилмаси кўриниши

ифодаланган боғланишларни ўрнатиш мақсадида ўтказилди.

Қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги вазифалар белгиланди:

– чарм сиқиш самарадорлигини сиқишда қувват сарфини ва вал контакт эгри чизиғининг узунлигини ҳисобга олган ҳолда аниқлаш;

– чарм қолдиқ намлигини, сиқиш жараёни қувватини ва вал эгри чизиғи узунлигини куч интенсивлиги, вал радиуси ва вал тезлигининг тажрибавий математик моделларини аниқлаш.

Тажриба тадқиқотлари махсус ишланган қурилмада ўтказилди (9-расм).

Априор информация асосида $W_{оcт}$, N ва L учта омилни ҳисобга олиб, ўрганилди: x_1 – куч интенсивлиги Q , $кН/м$; x_2 – вал радиуси R , $м$; x_3 – вал тезлиги V , $м/с$. Омиллар учун ушбу ўзгариш оралиқлари олинди: куч интенсивлиги – $15 ÷ 65 кН/м$; вал радиуси – $0,058, 0,114, 0,170 м$; вал тезлиги – $0,10 ÷ 0,34 м/с$.

Тажриба тадқиқоти К.Кано матрицали иккинчи тартибли D- оптимал планлаштириш усули билан ўтказилди.

Тажриба натижаларини қайта ишлаш натижасида қуйидагилар олинди:

$$W_{оcт} = 57,57 - 0,0011Q^2 - 100,4V^2 + 0,754QR + 0,568QV - 0,256Q + 25R + 42V, \quad (26)$$

$$N = 14,19 + 1959,4R^2 + 73V^2 + 0,905QV + 154,02RV + 0,096Q + 449,7R + 253,1V. \quad (27)$$

Сиқиш машиналарини лойиҳалашда регрессия боғланишига қараганда соддароқ боғланиш талаб қилинади. Бундан келиб чиқиб, контакт эгри чизиғи узунлиги моделини чармни валли сиқиш асосий параметрларининг даражали функцияси сифатида олиш вазифаси қўйилди.

Қўйилган масалани ечиш учун

$$L = CQ_1^\alpha D_1^\beta V_1^\gamma$$

боғланиш олинди, бу ерда $Q_1 = \frac{Q}{Q_{ср}}$, $R_1 = \frac{R}{R_{ср}}$, $V_1 = \frac{V}{V_{ср}}$.

Тажриба натижаларини қайта ишлаб, топилди:

$$L = 0,032Q^{0,221} D^{0,74} V^{-0,09}. \quad (28)$$

(26) и (27) ифодалар шу каби алмаштирилди:

$$W = 92,58Q^{-0,077} D^{0,046} V^{0,074}, \quad (29)$$

$$N = 189,77Q^{0,171} D^{0,034} V^{1,116}, \quad (30)$$

Чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини

ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилди. Методика асосида параметрларни аниқлаш қуйидаги алгоритм асосида амалга оширилади.

1. Вал ишчи қисми узунлиги B ни чарм энини инобатга олиб аниқланади:

$$B = H + (10 \div 12), \text{ см.} \quad (31)$$

2. Эластик ўрамали (сукноли) вал диаметри D ни компромисс масалани, яъни вал ишчи қисмига минимал эгилишни ва сиқишни ўтказиш учун керак бўладиган энг кичик қувватни таъминловчи вал радиусини аниқлаш масаласини ечиб, аниқланади. Рационал вал радиусини топишда унинг ишчи қисмининг минимал эгилишга эга бўлиш шарти $D \geq 0,1B$ ҳисобга олинади.

3. Вал тезлиги V ни узатувчи механизм тезлигини ва чарм тезлиги V_k ни ҳисобга олиб топилади. Бунда чарм тезлиги

$$V_k = \frac{\Pi}{60aBK} \quad (32)$$

формула билан аниқланади.

4. Ўртача солиштирма босим ушбу формула билан аниқланади:

$$P = 1,37 \cdot 10^{21} W_T^{-10} D^{-0,28} V^{0,83}. \quad (33)$$

5. Куч интенсивлиги ушбу формула билан аниқланади:

$$Q = 0,0126 P^{1,28} D^{0,96} V^{-0,116}. \quad (34)$$

6. Умумий кучни қуйидаги формула билан аниқланади:

$$G = QB. \quad (35)$$

7. Жараён қувватини қуйидаги формула билан аниқланади:

$$N = 189,77 Q^{0,171} D^{0,034} V^{1,116}. \quad (36)$$

8. Валли машина қувватини қуйидаги формула билан аниқланади:

$$N_d = (1,15 \div 1,25) \frac{N}{975 \eta_{\text{оби}} i_{\text{оби}}}, \quad (37)$$

бу ерда $i_{\text{оби}}$ – узатма механизмнинг умумий узатишлари сони; $\eta_{\text{оби}}$ – вал двигателидан ишчи валгача узатмали механизмнинг умумий ФИК.

9. Чармнинг қолдиқ намлиги аниқланади

$$W_p = 92,58 Q^{-0,077} D^{0,046} V^{0,074}. \quad (38)$$

10. Берилган қолдиқ намлик қиймати W_T билан ҳисобланган қолдиқ намлик қиймати W_p ни солиштирилади.

Агар $W_p < W_T$ бўлса, у ҳолда ёки G ни камайтириш ёки D ни ошириш керак. Бунда чарм мустаҳкамлик даражаси ва вал эгилиши ҳисобга олинади.

Агар $W_p > W_T$ бўлса, у ҳолда ёки G ни орттириш ёки D ни камайтириш керак. Бунда чарм мустаҳкамлик даражаси ва вал эгилиши ҳисобга олинади.

Агар W_p ва W_T орасидаги айирма мумкин бўлганидан ошмаган қийматга фарқ қилмаса, у ҳолда параметрлар танлови тўғри бажарилган ҳисобланади.

Параметрларни кўрсатилган алгоритм асосида ҳисоблаш орқали аниқландики, чарм ярим маҳсулотида $W = 58\%$ қолдиқ намликка эришиш учун валли сиқиш машинаси қуйидаги асосий параметрларга эга бўлиши керак:

Параметрлар	Параметрлар қиймати		
Ишчи қисм эни, мм	1500 ÷ 1800	2200 ÷ 2500	3000 ÷ 3200
Валлар тезлиги, м/с	0,16 ÷ 0,22	0,145 ÷ 0,205	0,130 ÷ 0,190
Валлар тезлиги, м/с (транпортерли механизм тезлиги ҳисобга олинганида)	0,190	0,175	0,160
Валлар диаметри (ўрамали), м	0,22	0,27	0,34
Электродвигатель қуввати, кВт	3,84	5,27	6,57
Куч интенсивлиги, кН/м	34,69	36,80	40,60

Ишлаб чиқилган методикада тавсия қилинган параметрларга эга машинанинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари ВОПМ-1800-К машинанинг параметрларига нисбатан анчагина яхшиланади: чарм ярим маҳсулотини сиқиш учун керак бўладиган куч $14 \div 25\%$ га, электродвигатель қуввати $12 \div 48\%$ га, чарм ярим маҳсулоти қолдиқ намлиги $2 \div 4\%$ га камаяди, валлар тезлиги $7,8\%$ га ошади.

Бу кўрсаткичлар чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқаришда қўллашдан олинadиган кутилаётган иқтисодий самарадорликнинг асосий ташкил этувчилари ҳисобланади.

Кутилаётган иқтисодий самарадорлик «OSIYO CHARM FAYZ» МЧЖ маълумотлари асосида бажарилди.

Чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқаришга қўллашдан кутилаётган иқтисодий самарадорлик бир йилда битта машина учун 174744 минг сўмни ташкил қилади.

ХУЛОСА

Икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсирнинг ва ҳўл материалларни валли сиқишнинг назарий асосларини яратиш ва уларни чарм материалларини механик ишлаб чиқариш жараёнлари машина ва курилмаларининг фойдаланиш характеристикаларини ошириш мақсадида қўллаш бўйича бажарилган назарий-тажрибавий тадқиқотлар мажмуи куйидагиларни баён этиш имконини беради:

1. Қўлланилаётган чармни сиқиш машиналари ишлов сифати ва унумдорлиги жиҳатидан бу турдаги машиналарга қўйиладиган талабларга етарли даражада жавоб бермайди, бунинг асосий сабаблари чарм ярим маҳсулоти деформациявий ва фильтрациявий хоссаларининг, контакт эгри чизиқларининг, ишқаланиш кучланишларининг, контакт кучланишлари ва гидравлик босим тақсимотларининг коррект математик моделлари мавжуд эмаслиги ҳисобланади.

2. Икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир характерининг таҳлили асосида икки валли модулларнинг умумлашган схемаси ишлаб чиқилди. У технологик машиналар икки валли модулларидаги ишлов берилаётган материал билан валлар жуфтлигининг барча контактли ўзаро таъсир ҳолатларини ифодалайди, ва шу сабабли икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсир масалалари ечимларини системалаштириш ва умумлаштиришга имкон яратади.

3. Икки валли модуллардаги контактли ўзаро таъсирнинг назарий тадқиқоти асосида контакт эгри чизиқларининг, ишқаланиш кучланишларининг ҳамда нормал ва уринма кучланишларнинг контакт эгри чизиқлари бўйлаб тақсимотларининг математик моделлари ишлаб чиқилди. Улар шу маънода умумий ҳисобланадики, технологик машиналар икки валли модуллардаги ишлов берилаётган материалнинг валлар жуфтлиги билан контактли ўзаро таъсири барча хусусий ҳолларининг моделларини ифодалайди.

4. Ҳўл материалларни валли сиқишнинг гидравлик масалаларини ечиш орқали гидравлик босим тақсимотининг ва сиқиш соҳасида сиқилаётган суюқлик ўзгаришининг математик моделлари олинди. Ҳул материалларни валли сиқишнинг контактли ва гидравлик масалаларининг биргаликда ечилиши контакт кучланишлари ва гидравлик босим тақсимотларининг аввал бажарилган тадқиқотларнинг назарий хулосаларига ва тажрибавий эпюраларига мос келувчи моделларини олиш имкониятини берди.

5. Контакт эгри чизиқларининг, ишқаланиш кучланишларининг, контакт кучланишлари ва гидравлик босим тақсимотларининг олинган математик моделларини қўллаш орқали ҳўл материалларни валли сиқишнинг контакт эгри чизиқлари, сирпаниш ва ёпишиш соҳалари давоийлиги узунликлари, ёпишиш соҳасини сирпаниш соҳаларидан ажратувчи бурчаклар катталиклари, энергиявий куч параметрлари ва ишлов берилаётган материал қолдиқ намлиги катталиклари каби параметрларини ҳисоблаш формулалари аниқланди.

6. Чарм ярим маҳсулотининг валлар жуфтлиги билан контактли ўзаро таъсирининг ва чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш ҳодисаларининг

маъносини очувчи чарм ярим маҳсулотининг хромли ошлашдан кейинги деформациявий ва фильтрациявий хоссаларининг моделлари ишлаб чиқилди. Чарм ярим маҳсулотининг хромли ошлашдан кейинги деформациявий ва фильтрациявий хоссаларининг умумлашган икки валли модулнинг турли схемалари учун қўлланилиши чармга механик ишлов беришнинг янги технологияларини ва уларни амалга оширувчи қурилмаларни яратишга имкон беради.

7. Чарм ярим маҳсулотининг хромли ошлашдан кейинги деформациявий ва фильтрациявий хоссаларини қўллаган ҳолда чармни сиқишнинг икки валли модули учун математик моделлар ва ҳисоблаш формулалари олинди. Бу моделлар ва формулалар чарм саноатида ишлатилаётган валли сиқиш машиналарини, уларнинг параметрларини оптимизациялаш орқали илмий асосли модернизациялаш имконини беради, бу ўз навбатида чарм ярим маҳсулотларининг сиқишдан кейинги «қиртишлаш», «тарашлаш», «юмшатиш» ва «силлиқлаш» жараёнларининг ва натижада тайёр чармнинг сифати ошишига олиб келади.

8. Тажриба йўли билан чарм ярим маҳсулоти қолдиқ намлигининг, сиқиш қувватининг ва контакт эгри чизиклари узунликларининг куч интенсивлиги, валлар тезлиги ва радиусига боғлиқ регрессия ва эмпирик формулари топилди. Олинган боғланишлар асосида қуйидагилар аниқланди:

- куч интенсивлиги ортиши билан чармнинг қолдиқ намлиги камаяди;
- бир хил шароитларда қолдиқ намликнинг вал радиусига функцияси $W_{\text{ост}}(R)$ ни чизикли-ўсувчи деб ҳисоблаш мумкин;

- бир хил ўзгармас параметрларда вал тезлиги ортиши билан чармнинг қолдиқ намлиги ортади ва маълум катталиқка асимптотик яқинлашади (масалан, $Q = 15 \text{ кН/м}$, $R = 0,058 \text{ м}$ да W нинг қиймати 60.8% га яқинлашади);

- солиштирма босим ортиши билан чармнинг қолдиқ намлиги камаяди ва маълум катталиқка асимптотик яқинлашади (масалан, $R = 0,22 \text{ м}$, $v = 0,18 \text{ м/с}$ да W нинг қиймати $W = 57\%$ га яқинлашади).

9. Чармни валли сиқишнинг асосий экстремал масаласини вал радиусини аниқлашнинг компромисс масаласи билан биргаликда ечиш орқали чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш машиналарининг рационал параметрларини ҳисоблаш бўйича методика ишлаб чиқилди. Бу методика бўйича параметрларни ҳисоблашлар солиштирма босимни ҳисобга олган ҳолда амалга оширилганлиги чарм ярим маҳсулотини валли сиқиш параметрларини илмий асосланган ҳолда шакллантириш имконини беради ва фойдаланилаётган валли сиқиш машиналарини такомиллаштиришнинг янги имкониятларини очади.

10. Тайёр чарм сифатини ва уни ишлаб чиқариш самарадорлигини оширувчи валли сиқиш машиналари конструкцияларининг Ўзбекистон Республикаси патенти даражасида бир нечта техник ечимлар тақлиф қилинди. Жумладан, «Хўл толали материаллардан суюқликни сиқиш учун қурилма», (№ IAP 05886), «Валикли универсал машина» (№ FAP 01447) ва бошқалар.

11. Ишлаб чиқилган методикада тавсия қилинган параметрларга эга машинанинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари базавий машинанинг

параметрларига нисбатан анчагина яхшиланади. Чарм ярим маҳсулотини сиқиш учун керак бўладиган куч $14 \div 25\%$ га, электродвигатель қуввати $12 \div 48\%$ га, чарм ярим маҳсулоти қолдиқ намлиги $2 \div 4\%$ га камаяди, валлар тезлиги $7,8\%$ га ошади. Чарм ярим маҳсулотини валли сиқишнинг рационал параметрларини ҳисоблаш бўйича методикани ишлаб чиқаришга қўллашдан кутилаётган иқтисодий самарадорлик бир йилда битта машина учун 174744 минг сўмни ташкил қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.03/30.12.2019.Т.08.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ
ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ**

ХУРРАМОВ ШАВКАТ РАХМАТУЛЛАЕВИЧ

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНТАКТНОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ДВУХВАЛКОВЫХ МОДУЛЯХ И
ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

05.02.03 – Технологические машины. Роботы, мехатроника и робототехнические системы

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора технических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2019.1.DSc/T260.

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте и институте механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-сайте Ученого совета при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности (<http://web.ttyesi.uz>) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный консультант: **Бахадиров Гайрат Атаханович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Шин Илларион Георгиевич**
доктор технических наук, профессор

Алимухаммедов Шавкат Пирмухаммедович
доктор технических наук, профессор

Максудов Равшан Хасанович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Джизакский политехнический институт**

Защита диссертации состоится 24 августа 2022 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.08.01. при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности по адресу: 100100., г. Ташкент, ул. Шохжахон-5, Административное здание Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, 2 этаж, 222-аудитория, тел. (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, факс (+99871) 253-36-17, e-mail: titlp_info@edu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института текстильной и легкой промышленности (зарегистрирована за №139). (Адрес: 100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон -5, тел. (+99871) 253-06-06, (+99871) 253-08-08, факс (+99871)253-36-17.

Автореферат диссертации разослан « 22 » июля 2022 года.
(реестр протокола рассылки № 139 от «22 » июля 2022 года).

И.К. Сабилов
Председатель Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н.

А.З. Маматов
Ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Н.Р.Ханхаджаева
Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире одним из наиболее распространенных материалов при изготовлении обуви, одежды и галантерейных изделий является кожа, обладающая совершенно специфическими свойствами, не имеющих в себе аналогов. В настоящее время объем торговли кожевенной промышленности превышает 80 миллиардов долларов США в год, и ожидается, что он будет расти за счет роста населения и урбанизации стран¹. В производстве изделий из кожи лидируют такие страны, как, Италия (23,39%), Республика Корея (9,60%), США (6,80%), Аргентина (6,11%), Германия (5,72%), Бразилия (4,88%), Великобритания (2,94%), Китай (2,88%)². Одним из операций в значительной степени определяющих качество готовой кожи является валковый отжим кожевенного полуфабриката, который создает влагу, необходимую для проведения последующих операций. В связи с этим имеет важное значение совершенствование и использование в производстве высокоэффективных, энергосберегающих оборудований и технологий валкового отжима, чтобы гарантированно получить заданные характеристики готовой кожи.

В мире ведутся научные исследования по созданию научных основ проектирования и совершенствования валковых машин, являющиеся одним из наиболее экономичных и универсальных видов машин, используемые во многих отраслях промышленности при выполнении различных технологических процессов. При этом, автоматизация и повышения производительности процесса валкового отжима мокрых материалов, моделирование задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов с учетом новых знаний и физических сущностей технологических процессов, обновление процессов механической обработки и оборудований согласно современным требованиям с применением полученных моделей, совершенствовании технико-экономических показателей валковых машин, а также сохранения природных качеств готовой продукции на основе оптимизация полученных моделей имеют важные научно-практические значение.

В нашей Республике принимаются комплексные меры по интенсивному развитию фундаментальных и практических исследований для разработки конструкций новых типов ресурсосберегающих валковых машин и новых технологий для производства конкурентоспособной и высококачественной продукции. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы намечены такие задачи, как «Продолжением промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики и увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте, увеличить объем производства промышленной продукции в 1,4 раза, в том числе, развитием кожевенно-обувной промышленности, увеличение объема

¹ <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/leather-industry>

² <http://www.splaix.ru/k5.html>

производства в 3 раза...»³. При выполнении этих приоритетов, основными

задачами являются моделирование задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов, а также на основе полученных моделей совершенствование процессов механической обработки и создание для их реализации высокопроизводительных и ресурсосберегающих валковых технологических машин, в том числе валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-2552 от 23 февраля 2000 года «О совершенствовании системы управления кожевенно-обувной отраслью экономики республики» и Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-4982 от 8 февраля 2021 года «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию кожевенно-обувной и пушно-меховой отраслей» и другими нормативными правовыми актами в этой области.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и техники Республики Узбекистан II. «Энергетика, энергия и энергосбережение».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации⁴. По научным исследованиям, направленным на решение задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов, ведется научные исследования в ведущих центрах и учебных образовательных учреждениях мира. В том числе, к исследованиям контактных задач в теории прокатки и к решению контактных и гидравлических задач в двухвалковых модулях машин текстильной и легкой промышленности посвящены работы ученых университетов и научных центров таких, как, University of Michigan, University of Minnesota, University of Rochester (США), Cambridge University, Belfast University (Великобритания), University of British Columbia (Канада), Deusto University, Bilbao University (Испания), Politecnica University of Timisoara (Румыния), Trencen University (Словакия), Lublian University (Словения), Pontificia University (Бразилия), University of Wallongong (Австралия), India University of Technology (Индия), Pusan National University (Республика Корея), Isfahan institute of Technolodgy, Shirist institute of Technolodgy

³ <https://www.Lex.uz/> Указ Президента Республики Узбекистан от 28.01. 22 г. № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана 2022-2026 годы»

⁴ Обзор международных научных исследований по теме диссертации: Jour. Drying Technol. 4(2003), Int. Jour. 4(2003), Int. Jour. of Mech. Siences 113(2016), Eng. Technol. 221(2007), Metals 226(2019), IOP conf. Series. Vaterials Sience and Eng. 163(2017), Acta Metallurgici Slovaca 17(2011), Int. Jour. of Ing. Technol. 3(2011), Mechanical Eng. 26(2018), Int. Jour. of Mech. Siences 30(2018), Int. Jour. of Mech. Siences 44(2002), And. in Mech.

Eng. 7(2015), Int. Jour. of Mech. Siences 258(2005), Jour. Of pulp and paper Siense 26(2000), Tappi Jour. 81 (2017), Изв. ВУЗ. «Техн. текст. пром.», Изв. ВУЗ. «Техн. легк. пром.», Изв. ВУЗ. «Машиностроение». Изв. ВУЗ. «Черная металлургия», «Проблемы механики» (Узб) и другие источники.

(Иранская Исламская Республика), Sun-Yat-Sen University (Тайван), Human University, Changsha University, Yanshan University, Xiamen University, Sheyang University, Wuhan University (Китай), Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана, Московский государственный технический университет им. А.Н.Косыгина, Ивановский государственный политехнический университет, Костромской государственный технологический университет (Российская Федерация), Национальная металлургическая академия Украины, Запорожская государственная инженерная академия (Украина), Институт механики и сейсмостойкости сооружений академии наук Республики Узбекистан, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкентский архитектурно-строительный институт (Узбекистан).

В результате исследований в мире задачи контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и задачи валкового отжима мокрых материалов получены ряд научных результатов: определен динамический коэффициент трения, найдена упрощенная модель распределения давления по дуге контакта, найдены выражения нейтральной точки (University of Rochester, Wuhan University, Bilbao University), решены в полярных координатах уравнения Кармана (Pontificia University, Magdeburg University), найдены законы распределения контактных напряжений использованием различных моделей напряжений трения (Belfast University, University, Pusan National University, Politechnica University of Timisoara), исследованы контактные задачи асимметричной прокатки (Cambridge University, Lublian University, University of British Columbia, India University of Technology, Isfahan institute of Technolodgy, Sun-Yat-Sen University, Sheyang University, Yanshan University), проведен теоретический анализ условий свободного и принудительного захватов, предложена модель напряжений трения, учитывающая кинематические условия на распределение контактных напряжений (Национальная металлургическая академия Украины), представлена методика расчета контактных напряжений, основанная на упругопластической модели очага деформации (Череповецкий государственный университет), раскрыты некоторые особенности гидравлического явления при отжиме (Timken Company, University of Michigan, University of British Columbia, Костромской государственный технологический университет, научно-производственное объединение целлюлозно-бумажной промышленности), найдены закономерности распределения напряжений по поверхности контакта валков при различной степени податливости покрытий, разработаны методики проектирования валковых устройств текстильных машин и расчета их рабочих органов (Ивановский государственный политехнический университет, Костромской государственный технологический университет), решены контактные и гидравлические задачи в

двухвалковых модулях машин кожевенной промышленности (Институт механики и сейсмостойкости сооружений академии наук Республики Узбекистан).

В мире по совершенствованию валковых машин и осуществляемые в них процессов механической обработки ведутся ряд научно-исследовательские работы, в том числе по следующим перспективным направлениям: на основе моделирования задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях разработка конструкций новых типов ресурсосберегающих валковых машин и процессов механической обработки, совершенствование параметров реализуемых оборудований и технологий, на основе моделирования контактных и гидравлических задач валкового отжима мокрых материалов разработка высокоэффективных валковых отжимных машин, в том числе валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката, и за счет их внедрения повышения качество продукции.

Степень изученности проблемы. В мире к решению задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов посвящены многочисленные исследования, в том числе научные работы J.J. Munton, S. Alenka, A. Murillo-Morradan, P.P. Gudur, V. Alexa, S.A. Ratiu, M. Salimi, M.A. Tolcha, L.F. Nasimento, Sh. Chen, X. Tan, G. Tzou, R. Pernis, X. Li, J.D. McDonald, E.M. McDonald, R.J. Kerekes, Э.А. Гарбера, А.П. Грудева, Я.Д. Васильева, А.В. Выдрина, Г.К. Кузнецова, Ю.Г. Фомина, А.В. Подьячева, Г.А. Хайлис, В.А. Крючкова, И.И. Водяник, И.Д. Кугушева, Н.Е. Новикова, А.В. Саблин, А.Г. Бурмистрова, М.М. Шукурова, А. Джураева, Т.Ю. Аманова, Г.А. Бахадирова, А. Абдукаримова, Г.Н.Цой и других.

Вместе с тем, наблюдается, что многие математические модели, разработанные в перечисленных работах, имеют недостаточную точность и ограниченную область применения. В связи с этим эти модели не позволяют дать полные объяснения явлениям контактного взаимодействия и фильтрация жидкости процесса валкового отжима мокрых материалов, в том числе кожевенного полуфабриката. А также, не имеются математические модели деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката, являющихся основным фактором в решении задач теории валкового отжима кожи. Поэтому в исследованиях задач контактного взаимодействия валкового отжима кожи не учтены деформационные свойства кожевенного полуфабриката, а также фактически не решены гидравлические задачи валкового отжима кожи, что в свою очередь не позволяет к определению и управлению рациональных параметров технологии и оборудования валкового отжима кожевенного полуфабриката.

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 в рамках фундаментальных

проектов на темах АЗ-ФА-0-17872/ АЗ-ФА-Ф056 «Разработка методов расчета, проектирования новой конструкции джина и исполнительных механизмов кожевенных валичных отжимных, разводных машин» (2012-2014), К-3-017+К-5-002 «Совершенствование и создание высокопроизводительных ресурсосберегающих устройств и механизмов валковых технологических машин с учетом свойств обрабатываемого материала» (2015-2017), БВ-М-Ф4-001 «Исследование задач гидродинамики и машиноведения на основе математического моделирования и разработки новых методов решения» (2017–2020), ФА-Атех-2018-254 «Разработка многооперационной машины для механической обработки кожевенного полуфабриката при расчете энергосиловых параметров валкового отжима кожи» (2018–2020).

Целью исследования является разработка научных основ теорий контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов и их использовании в совершенствовании процессов механической обработки, в частности в технологии и оборудовании процесса валкового отжима кожи.

Задачи исследования:

- разработка обобщенной схемы двухвалковых модулей;
- решение основных задач контактного взаимодействия обобщенного двухвалкового модуля;
- решение основных задач валкового отжима мокрых материалов;
- моделирование процесса валкового отжима кожевенного полуфабриката;
- разработка методик по расчету рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката.
- разработка рекомендаций для повышения технического уровня отжимной машины, обеспечивающего качество готовой кожи.

Объект исследования – двухвалковые модули валковых технологических машин, в том числе валковых кожевенных отжимных машин.

Предмет исследования – теории контактных задач в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов, а также методы расчета параметров валковых отжимных машин.

Методы исследований. В диссертации применены методы теории контактного взаимодействия, механики жидкости и газа, математического моделирования, теории проектирования машин легкой промышленности, математического анализа, математической статистики и планирования эксперимента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана обобщенная схема двухвалковых модулей, включающая всех случаев взаимодействия обрабатываемого материала с парами рабочих валков технологических машин, которая позволяет систематизировать и обобщать решения задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях;

в результате решения задач контактного взаимодействия обобщенного двухвалкового модуля получены математические модели формы кривых

контакта валков и распределения контактных напряжений, которые могут быть использованы при проектировании высокоэффективных и энергосберегающих валковых машин, а также для управления технологическим процессом при их эксплуатации;

разработаны корректные модели напряжений трения для обобщенного двухвалкового модуля, устанавливающие связь между нормальными и касательными напряжениями, как в зонах скольжения, так и в зоне прилипания;

на основе решения гидравлических задач валкового отжима мокрых материалов получены математические модели распределения гидравлических давлений и изменения влажности в процессе отжима, позволяющие рассчитать величины остаточной влажности и установить влияние параметров валковых машин на эффективность отжима мокрых материалов;

получены новые модели деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления, а также аналитические выражения остаточной влажности кожи, мощности отжима и длины кривого контакта валка в зависимости от интенсивности нагрузки, диаметра и скорости валка;

в результате проведенных исследований и решения экстремальных задач, разработана новая методика расчета рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката, учитывающая в качестве характеристики нагрузки удельного давления.

Практический результат исследования состоит:

в определении расчетных формул параметров валков обобщенного двухвалкового модуля и валкового отжима мокрых материалов;

в разработке методики по расчету рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката;

в разработке моделей деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления, позволяющие раскрыть сущность явления контактного взаимодействия кожевенного полуфабриката с парами валков и гидравлического явления валкового отжима кожевенного полуфабриката;

в установлении ряда закономерностей, позволяющих повысить эффективность работы валковых отжимных машин.

Достоверность полученных результатов определяется проведенными исследованиями с применением современных методов теорий контактного взаимодействия и механики жидкости и газа, а также проектирования машин легкой и текстильной промышленности, совпадением результатов, полученных с научными подходами и анализом теоретических данных специалистов ведущих центров мира, их публикацией в ведущих научных изданиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость проведенного исследования заключается в совместном решении контактных и гидравлических задач валкового отжима мокрых материалов, а также в разработке моделей контактных углов, формы и длины кривых контакта, напряжений трения и распределения контактных напряжений валков обобщенного двухвалкового модуля, гидравлических давлений,

удаленной жидкости и остаточной влажности валкового отжима мокрых материалов. Эти модели вносят большой вклад в развитии теорий контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов.

Практическая ценность работы заключается в разработке методики по расчету рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката, а также в получении эмпирических выражений, описывающих деформационные и фильтрационные свойств кожевенного полуфабриката. Разработанная методика позволяет определить и оценить рациональные параметры и режимы работы валковых кожевенных отжимных машин, а эмпирические выражения имеют практические значения в раскрытии сущности явлений валкового отжима кожевенного полуфабриката.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по совершенствованию процессов механической обработки с развитием теории контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов:

внедрены на предприятиях ассоциации «УЗЧАРМСАНОАТ», в том числе ООО «PREMIUM LEATHER», ООО «QARSHI LEATHER», ООО «Nafis-Charm» ООО «OSIYO SHARM FAYZ» (справка № ФБ-7/2650 ассоциации «УЗЧАРМСАНОАТ» от 12.10.2021г.) расчетные формулы параметров двухвалковых модулей и методика по расчету рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката. В результате созданы возможности управления параметрами валковых отжимных кожевенных машин и повышения качество готовой кожи.

математические модели кривых контакта валков, распределения контактных напряжений и деформационных свойств кожевенного полуфабриката внедрены в проекте ФА-Атех-253 на тему: «Анализ и синтез нового перспективного дифференциального передаточного механизма», выполненном в 2018-2020 гг., при обосновании геометрических, кинематических и динамических параметров устанавливаемого в проекте валкового модуля и обрабатываемого материала (Справка по внедрению Академии наук Республики Узбекистан №2/1255-416 от 22 февраля 2022 г.). Внедрение научных результатов позволило определить рациональные параметры зубчато-рычажного дифференциального межвалкового передаточного механизма валковой технологической машины с учетом свойств обрабатываемого материала (кожевенного полуфабриката).

на основе полученных научных результатов получен патент на изобретение Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан («Устройство для удаления влаги из мокрых материалов», № IAP 05886, 2019 г.). В результате создано устройство, позволяющие возможность эффективного и равномерного удаления влагу по всей топографии волокнистого материала.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования апробированы на 9 международных конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 52 научные работы, в том числе, 2 патента, 29 научных статей в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора наук (DSc), в том числе в журналах, входящих в базу Scopus –16.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 191 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, изложены цели и задачи исследования, представлены объект и предмет исследования, приведено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, изложена их научная и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследований в производство, апробации работы, опубликованность результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертационной работы под названием **«Современное состояние исследований по контактному взаимодействию в двухвалковых модулях и валковому отжиму мокрых материалов»** освещено современное состояние исследований по решению задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и валкового отжима мокрых материалов. Обоснована необходимость исследований по этим вопросам и отражены направления совершенствования процессов механической обработки материалов валковыми машинами.

Несмотря на наличие обширного материала по изучению контактных и гидравлических задач в двухвалковых модулях, на сегодняшний день недостаточно разработаны основы теории контактного взаимодействия в двухвалковых модулях отжимных машин. При этом не найдены выражения для контактных углов в существенно асимметричных двухвалковых модулях. Не моделированы формы кривых контакта валков и не разработана корректная модель напряжений трения. Теоретические законы распределения контактных напряжений, полученные с применением некорректных моделей напряжений трения, не соответствуют экспериментальным эпюрам. Теоретические законы изменения гидравлического давления получены с введением не реальных моделей валковых механизмов и отжимаемых материалов. Вследствие этого в недостаточной степени разработаны методики по расчету параметров валкового отжима мокрых материалов. Не имеются математические модели деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката, являющихся основным фактором в решении задач теории валкового отжима кожи. Вследствие этого в исследованиях задач контактного взаимодействия валкового отжима кожи не учтены деформационные свойства кожевенного

полуфабриката, а также фактически не решены гидравлические задачи валкового отжима кожи.

Вторая глава диссертации под названием «Теоретические основы контактного взаимодействия в двухвалковых модулях» посвящена к моделированию задач контактного взаимодействия в двухвалковых модулях.

На основе анализа характера контактного взаимодействия валковой пары с обрабатываемым материалом создана схема обобщенной модели двухвалковых модулей (рис. 1). Из этой схемы любой двухвалковый модуль валковых технологических машин получается изменением ее параметров. Поэтому она позволяет систематизировать решения задачи контактного взаимодействия в двухвалковых модулях.

Поставленные задачи контактного взаимодействия решены для обобщенного двухвалкового модуля, которой получено из обобщенной схемы. В нем валки расположены относительно вертикали с наклоном вправо на угол β , имеют неравные радиусы ($R_1 \neq R_2$) и эластичные покрытия из материалов с различными жесткостями, толщиной ($H_1 \neq H_2$) и коэффициентами трения ($f_1 \neq f_2$), нижний вал неподвижный, верхний – движется по ползуну, обрабатываемый материал имеет равномерную толщину δ_1 , и подан к валкам наклоном вниз под углом γ_1 оси Oy (к линии центров), расстояние между валками h (рис.2).

В результате теоретического исследования геометрических условий в обобщенном двухвалковом модуле найдены выражения углов контакта в начальный момент касания обрабатываемого материала с валками и в установившемся процессе.

В установившемся процессе они имеют вид:
 когда оба валка приводные

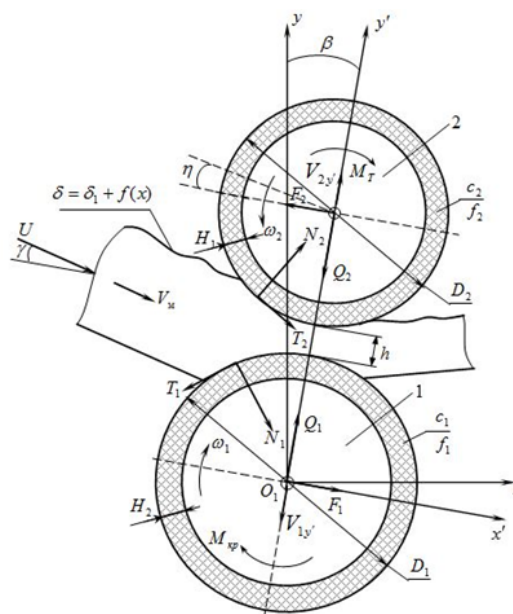


Рис.1. Схема обобщенной модели двухвалкового модуля

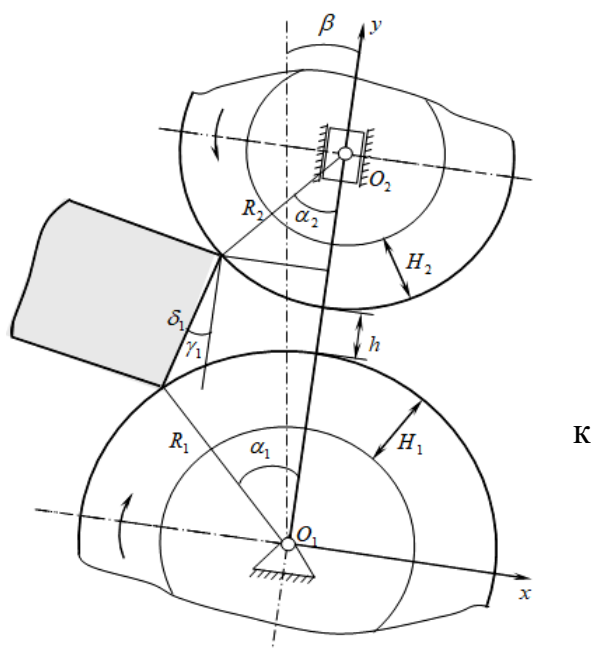


Рис. 2. Обобщенная модель двухвалковых модулей

К

$$\varphi_{11} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_1 - h)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{\delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2} - \sqrt{\frac{2U_{\max} n_{2cp} R_2 \cos^2 \nu_1 \cos \gamma_1}{n_{1cp} BR_1(n_{1cp} R_1 \cos \nu_2 + n_{2cp} R_2 \cos \nu_1)}}, \quad (1)$$

$$\varphi_{21} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_1 - h)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2} - \sqrt{\frac{2U_{\max} n_{1cp} R_2 \cos^2 \nu_2 \cos \gamma_1}{n_{2cp} BR_1(n_{1cp} R_1 \cos \nu_2 + n_{2cp} R_2 \cos \nu_1)}}. \quad (2)$$

$$\varphi_{12} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_2 - h_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \quad \varphi_{22} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_2 - h_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \quad (3)$$

где $\varphi_{11}, \varphi_{21}$ – углы начального контакта (углы захвата), $\varphi_{11}, \varphi_{21}$ – углы выхода; когда один из валков (нижний) приводной

$$\varphi_{11} = \frac{\delta_1 + R_2}{\delta_1 + R_1 + R_2} \sqrt{\frac{2(\delta_1 - h)(R_1 + R_2)}{R_1 R_2}}, \quad \varphi_{21} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_1 - h)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2}. \quad (4)$$

$$\varphi_{12} = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_2 - h_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} + \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}, \quad \varphi_{22} = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_2 - h_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} - \frac{\delta_2\gamma_2}{R_1 + R_2}. \quad (5)$$

Контактные явления в двухвалковых модулях в первую очередь зависят от деформирования (деформационных свойств) контактирующих тел. Накоплено большое количество экспериментальных данных о деформировании контактирующих тел двухвалковых модулей, таких как кожа, ткани, хлопок, бумага, резина, шерсть, техническое сукно. Анализ этих данных показал, что деформирования таких материалов в основном описываются эмпирической зависимостью «напряжение - относительная деформация». Среди них наиболее используемой является зависимость степенного вида.

В диссертации задачи контактного взаимодействия в обобщенном двухвалковом модуле решены в случае, когда деформирование контактирующих тел задано формулами вида

$$\sigma_{ij}^* = A_j^* \varepsilon_{ij}^{*m_j^*} \quad \sigma_{ij} = A_{ij} \varepsilon_{ij}^{m_{ij}},$$

где $\sigma_o^*, \varepsilon_o^*, A_o^*, m_o^*$ – напряжения, относительная деформация, коэффициенты деформирования и упрочнения точек обрабатываемого материала при сжатии ($j=1$) и восстановлении деформации ($j=2$); $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, A_{ij}, m_{ij}$ – напряжения, относительная деформация, коэффициенты деформирования и упрочнения точек эластичного покрытия нижнего валка ($i=1$) и верхнего валка ($i=2$) при сжатии и восстановлении деформации.

Используя закон о равенстве напряжений в каждой точке кривой контакта валков (закон Ньютона), получены математические модели формы

кривых контакта валков обобщенного двухвалкового модуля:

для нижнего валка

$$\begin{cases} r_{11} = \frac{R_1}{1+k_{11}\lambda_{11}} \left(1+k_{11}\lambda_{11} \frac{\cos(\varphi_{11}+\gamma_1)}{\cos(\theta_{11}+\gamma)} \right), & -(\varphi_{11}+\gamma_1) \leq \theta_{11}+\gamma \leq 0, \\ r_{12} = \frac{R_1}{1+k_{12}\lambda_{12}} \left(1+k_{12}\lambda_{12} \frac{\cos(\varphi_{12}+\gamma_2)}{\cos(\theta_{12}+\gamma)} \right), & 0 \leq \theta_{12}+\gamma \leq \varphi_{12}+\gamma_2, \end{cases} \quad (6)$$

где $k_{11} = \frac{m_{11}H_1 \sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}{m_1^* \delta_1 \sin(\varphi_{21} - \gamma_1)}$, $k_{21} = \frac{m_{12}H_1 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{m_2^* \delta_2 \sin(\varphi_{22} - \gamma_2)}$, λ_{11} , λ_{12} – соотношение скоростей относительных деформаций покрытия нижнего валка и обрабатываемого материала при сжатии и восстановлении деформации;
для верхнего валка

$$\begin{cases} r_{21} = \frac{R_2}{1+k_{21}\lambda_{21}} \left(1+k_{21}\lambda_{21} \frac{\cos(\varphi_{21}-\gamma_1)}{\cos(\theta_{21}-\gamma)} \right), & -(\varphi_{21}-\gamma_1) \leq \theta_{21}-\gamma \leq 0, \\ r_{22} = \frac{R_2}{1+k_{22}\lambda_{22}} \left(1+k_{22}\lambda_{22} \frac{\cos(\varphi_{22}-\gamma_2)}{\cos(\theta_{22}-\gamma)} \right), & 0 \leq \theta_{22}-\gamma \leq \varphi_{22}-\gamma_2, \end{cases} \quad (7)$$

где $k_{21} = \frac{m_{21}H_2 \sin(\varphi_{11} + \varphi_{21})}{m_1^* \delta_1 \sin(\varphi_{11} + \gamma_1)}$, $k_{22} = \frac{m_{22}H_2 \sin(\varphi_{12} + \varphi_{22})}{m_2^* \delta_2 \sin(\varphi_{12} + \gamma_2)}$; λ_{21} , λ_{22} – соотношение скоростей относительных деформаций покрытия верхнего валка и обрабатываемого материала при сжатии и восстановлении деформации.

Анализируя условия контактного взаимодействия контактирующих тел в зоне контакта валков, найдены выражения для определения величины соотношения скоростей покрытия i -го валка и обрабатываемого материала при сжатии и восстановлении деформации, в виде

$$\lambda_{ij} = \frac{A_j^* m_j^* (\Delta l_{ij})_{cp} - (A_{ij}(1-m_{ij}) - A_j^*(1-m_j^*)) h_{ij}^0}{A_{ij} m_{ij} (\Delta l_{ij})_{cp} + (A_{ij}(1-m_{ij}) - A_j^*(1-m_j^*)) H_i}, \quad (8)$$

где $(\Delta l_{ij})_{cp} = R_j \cdot \left(1 - \frac{\sin 2(\varphi_{ij} \pm \gamma_j)}{2(\varphi_{ij} \pm \gamma_j)} \right)$, $h_{ij}^0 = \delta_j \frac{\sin(\varphi_{i\pm 1j} \pm \gamma_j)}{\sin(\varphi_{ij} + \varphi_{i\pm 1j})}$, здесь (и в следующих случаях) верхние знаки относятся к нижнему валку ($i=1$), а нижние знаки относятся к верхнему валку ($i=2$).

Системы уравнений (7) и (8) определяют математических моделей формы кривых контакта валков обобщенного двухвалкового модуля, в случае, когда деформирования контактирующих тел описаны эмпирическими степенными зависимостями. Выявлено, что математические модели формы кривых контакта валков определяются такими же системами (отличаются только с коэффициентами k_{ij} и λ_{ij}) и в случае, когда деформация деформирования контактирующих тел описаны реологическими моделями. Таким образом, формы кривых контакта валков не зависят от способов задания деформирования контактирующих тел и их графики для обоих случаях в различных параметрах имеют вид как на рис. 3.

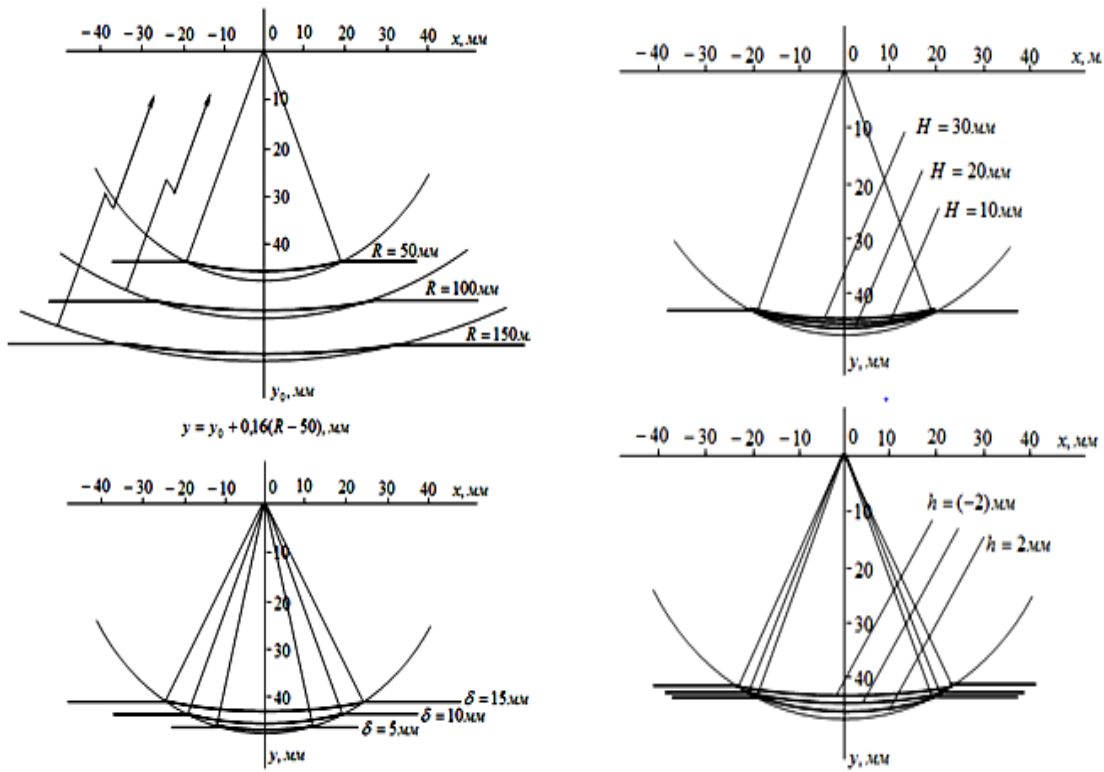


Рис. 3. Характеристики влияния факторов на формы кривой контакта вала

азр
аб
от
ан
ы
но
вы
е
мо
де
ли
на
пр
яж
ен
ий
тр
ен
ия
дл

я нижнего и верхнего валков обобщенного двухвалкового модуля:

для нижнего вала

$$\begin{cases} t_{11} = \operatorname{tg}(\theta_{11} + \gamma - \psi_{11} + \xi_1)n_{11}, & -(\varphi_{11} + \gamma_1) \leq \theta_{11} + \gamma \leq 0, \\ t_{12} = \operatorname{tg}(\theta_{12} + \gamma - \psi_{12} + \xi_1)n_{12}, & 0 \leq \theta_{12} + \gamma \leq \varphi_{12} + \gamma_2; \end{cases} \quad (9)$$

где $\xi_1 = \operatorname{arctg} \frac{F_1}{Q_1}$, $\psi_{1j} = \frac{k_{1j} \lambda_{1j} \cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)}{1 + k_{1j} \lambda_{1j} \cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)} (\theta_{1j} + \gamma)$, Q_1 – нагрузка прижимного устройства нижнего вала; F_1 – сила реакции нижнего вала (рис. 4);

для приводного верхнего вала

$$\begin{cases} t_{21} = \operatorname{tg}(\theta_{21} - \gamma - \psi_{21} + \xi_2)n_{21}, & -(\varphi_{21} - \gamma_1) \leq \theta_{21} - \gamma \leq 0, \\ t_{22} = \operatorname{tg}(\theta_{22} - \gamma - \psi_{22} + \xi_2)n_{22}, & 0 \leq \theta_{22} - \gamma \leq \varphi_{22} - \gamma_2; \end{cases} \quad (10)$$

для свободного верхнего вала

$$\begin{cases} t_{21} = -\operatorname{tg}(\theta_{21} - \gamma - \psi_{21} - \xi_2)n_{21}, & -(\varphi_{21} - \gamma_1) \leq \theta_{21} - \gamma \leq 0, \\ t_{22} = -\operatorname{tg}(\theta_{22} - \gamma - \psi_{22} - \xi_2)n_{22}, & 0 \leq \theta_{22} - \gamma \leq \varphi_{22} - \gamma_2; \end{cases} \quad (11)$$

где $\xi_2 = \operatorname{arctg} \frac{F_2}{Q_2}$, $\psi_{2j} = \frac{k_{2j} \lambda_{2j} \cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{1 + k_{2j} \lambda_{2j} \cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)} (\theta_{2j} + \gamma)$,

Q_2 – нагрузка прижимного устройства верхнего валка; F_2 – сила реакции нижнего валка (рис. 4).

Математические модели (9)-(11) устанавливают связь между нормальными и касательными напряжениями, распределенными по кривой контакта валка, как в зонах скольжения, так и в зоне прилипания.

С использованием полученных моделей формы кривых контакта и напряжений трения валков найдены математические модели, описывающие распределения контактных напряжений обобщенного двухвалкового модуля:

для нижнего валка

$$n_{1j} = B_{1j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)}{\cos(\theta_{1j} + \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{1j}, \quad 0 \leq \theta_{1j} + \gamma \leq \varphi_{1j} + \gamma_j, \quad (12)$$

$$t_{1j} = B_{1j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{1j} + \gamma_j)}{\cos(\theta_{1j} + \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{1j} \operatorname{tg}(\theta_{1j} + \gamma - \psi_{1j} + \xi_1), \quad (13)$$

где $B_{1j} = A_j^* \left(\frac{R_1 \sin(\varphi_{1j} + \varphi_{2j})}{(1 + k_{1j} \lambda_{1j}) \delta_2 \sin(\varphi_{2j} - \gamma_j)} \right)^{m_j^*}$;

для приводного верхнего валка

$$n_{2j} = B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j}, \quad -(\varphi_{2j} - \gamma_j) \leq \theta_{2j} - \gamma \leq 0, \quad (14)$$

$$t_{2j} = B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j} \operatorname{tg}(\theta_{2j} - \gamma - \psi_{2j} + \xi_2), \quad (15)$$

для свободного верхнего валка

$$n_{2j} = B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j}, \quad -(\varphi_{2j} - \gamma_j) \leq \theta_{2j} - \gamma \leq 0, \quad (16)$$

$$t_{2j} = -B_{2j} \left(1 - \frac{\cos(\varphi_{2j} - \gamma_j)}{\cos(\theta_{2j} - \gamma)} \right)^{m_j^*} \cos \psi_{2j} \operatorname{tg}(\theta_{2j} - \gamma - \psi_{2j} - \xi_2), \quad (17)$$

где $B_{2j} = A_1^* \left(\frac{R_2 \sin(\varphi_{1j} + \varphi_{2j})}{(1 + k_{2j} \lambda_{2j}) \delta_2 \sin(\varphi_{1j} + \gamma_j)} \right)^{m_{j1}^*}$.

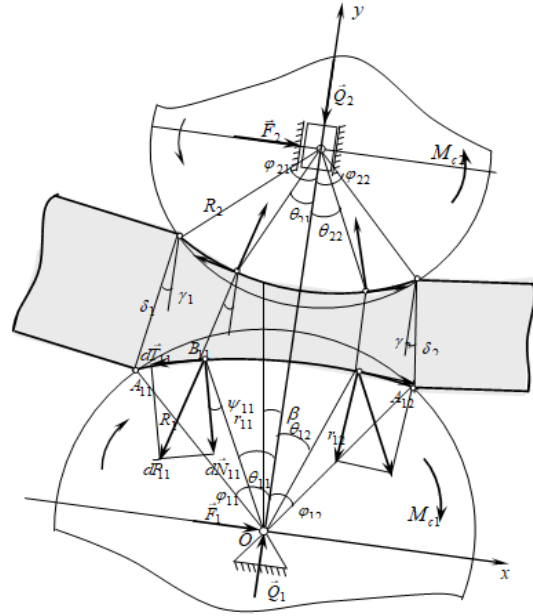


Рис. 4. Схема сил в двухвалковом модуле, когда оба валка приводные

Анализ полученных математических моделей показывает, что закономерности распределения контактных напряжений в двухвалковом модуле зависят от коэффициентов трения обрабатываемого материала о поверхности контакта валков, геометрических, кинематических и деформационных параметров контактирующих тел, а также от сил, действующих на валки (рис. 5 и рис. 6).

Нормальные и касательные контактные напряжения по поверхности контакта валков распределяются неравномерно:

– нормальные контактные напряжения изменяются от нуля в начале и в конце зоны контакта валков до максимума в точке, лежащей влево от линии центров (в сторону начала контакта валков). Точка максимума эпюр нормальных контактных напряжений всегда находится или в зоне прилипания или в зоне отставания и не совпадает с нейтральной точкой.

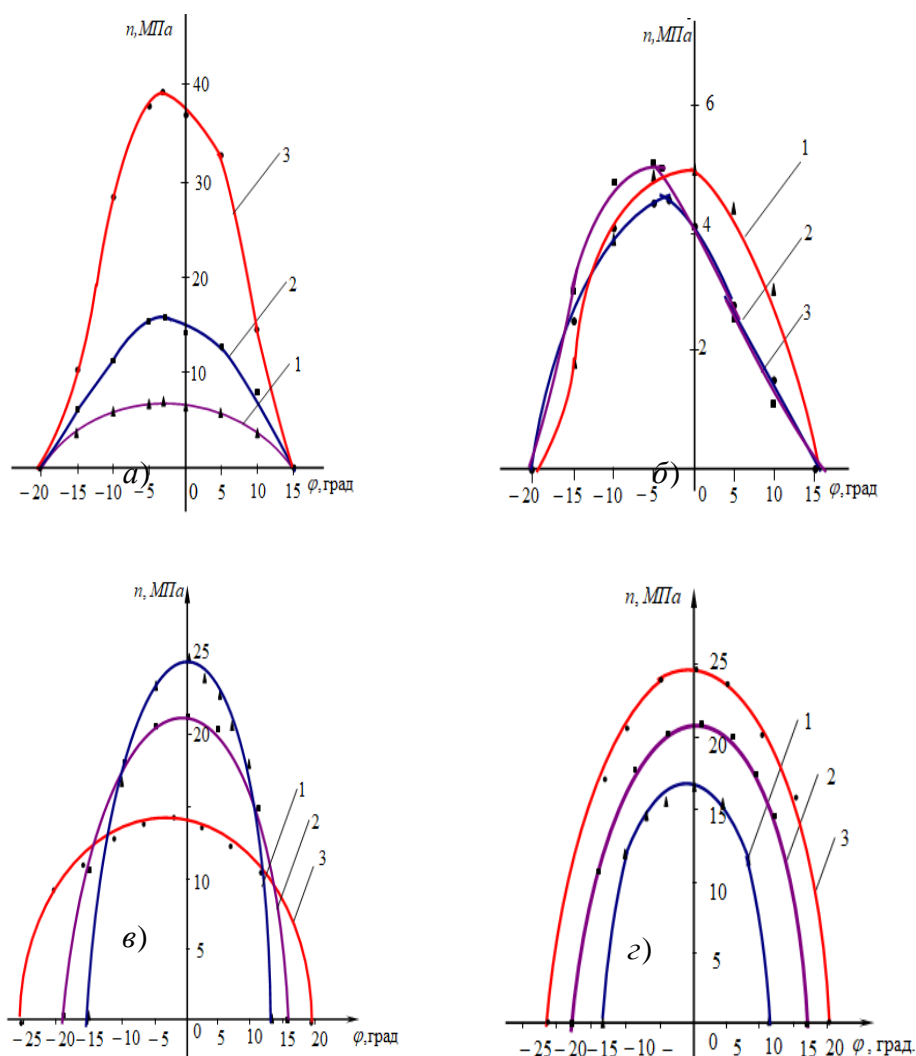


Рис. 5. Эпюры распределения нормальных напряжений в зависимости от:
а) коэффициента упрочнения; б) угла наклона материала относительно
оси Oy ; в) радиуса валка; г) толщины материала.
 1 – $\delta = 5$ мм; 2 – $\delta = 10$ мм; 3 – $\delta = 15$ мм.

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

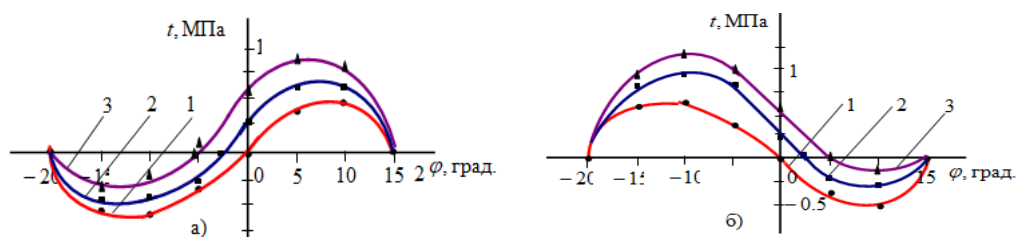


Рис. 6. Эпюры распределения касательных напряжений:
а) в приводном валке; б) в свободном валке

Перечисленные выше выводы согласуются с теоретическими моделями и с экспериментальными эпюрами, полученные в других исследованиях. Это что свидетельствуют о том, что полученные математические модели в достаточной степени отражают действительные законы распределения контактных напряжений в двухвалковых модулях.

Анализ частных видов системы уравнений (6) -(7), системы уравнений (10) -(11) и (12)-(17), а также частных случаев взаимодействия валков с обрабатываемым материалом, показал, что полученные математические модели описывают формы кривых контакта валков, напряжений трения и эпюры распределения контактных напряжений для всех случаев взаимодействия обрабатываемого материала с парами валков в двухвалковых модулях технологических машин.

С применением полученных моделей формы кривых контакта валков и распределения контактных напряжений, получены расчетные формулы таких параметров валков контактного взаимодействия, как: длины кривых контакта, а также зон скольжения и прилипания, величины углов, отделяющих зоны прилипания от зон скольжения, величины энергосиловых параметров.

Третья глава диссертации под названием «**Теоретические основы валкового отжима мокрых материалов**» посвящена к решению задач валкового отжима мокрых материалов.

При решении этих задач, использован, предложенный Н.Е.Новиковым обобщенный закон Дарси к анизотропному материалу

$$\frac{\partial P_n}{\partial n} = -\nu \frac{u_\theta}{K_\theta}$$

с коэффициентом фильтрации

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

где P_n , u_θ – гидравлическое давление и скорость фильтрации в направлении n ; θ – полярный угол; ν – коэффициент вязкости жидкости; K_{\max} – максимальный коэффициент фильтрации по направлению поперек

поверхности материала (по оси Oy); K_{\min} – минимальный коэффициент фильтрации по направлению вдоль нитей основы материала (по оси Ox).

С решением поставленных задач, найдены математические модели:

– распределения гидравлических давлений по кривой контакта нижнего и верхнего валка:

$$P_{1m} = c_{i1}((\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^2 - (\theta_{i1} \pm \gamma)^2) \cdot \left(2 - \frac{K_{i1\max} - K_{i1\min}}{K_{i1\max}} \cdot ((\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^2 + (\theta_{i1} \pm \gamma)^2) \right), \quad (18)$$

$$P_{i2n} = c_{i2}((\varphi_{i4} \pm \gamma_4)^2 - (\theta_{i2} \pm \gamma)^2) \cdot \left(2 - \frac{K_{i2\max} - K_{i2\min}}{K_{i2\max}} \cdot ((\varphi_{i4} \pm \gamma_4)^2 + (\theta_{i2} \pm \gamma)^2) \right), \quad (19)$$

где

$$c_{i1} = \frac{\nu v_m R_i^2 \cos(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^3}{12K_{i1\min} h_{i1}^0 (1 + k_{i1} \lambda_{i1})(1 + k_{i1} \lambda_{i1} \cos(\varphi_{i1} + \gamma_1))},$$

$$c_{i2} = \frac{\nu v_m R_i^2 \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2)(\varphi_{i2} \pm \gamma_2)^3}{12K_{i2\min} h_{i2}^0 (1 + k_{i2} \lambda_{i2})(1 + k_{i2} \lambda_{i2} \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2))};$$

– изменения удаленной жидкости по кривой контакта нижнего и верхнего валка:

$$G_{i1} = \alpha_{i1}(3(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^5 - 2(\theta_{i1} \pm \gamma)^5 - 5(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^3(\theta_{i1} \pm \gamma)^2), \quad (20)$$

$$G_{i2} = 3\alpha_{i1}(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)^5 + \alpha_{i2}(5(\varphi_{i4} \pm \gamma_4)^3(\theta_{i2} \pm \gamma)^2 - 2(\theta_{i2} \pm \gamma)^5), \quad (21)$$

где

$$\alpha_{i1} = \frac{\rho v_m B R_i^2 \cos(\varphi_{i1} \pm \gamma_1)}{30h_{i1}^0 (1 + k_{i1} \lambda_{i1})^2 (1 + k_{i1} \lambda_{i1} \cos(\varphi_{i1} \mp \gamma_1))},$$

$$\alpha_{i2} = \frac{\nu_m \rho R_i^2 \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2)}{30h_{i2}^0 (1 + k_{i2} \lambda_{i2})^2 (1 + k_{i2} \lambda_{i2} \cos(\varphi_{i2} \pm \gamma_2))}.$$

Из анализа расчетных данных по формулам (18)-(21), следует:

– гидравлические давления в зоне сжатия увеличивается с нуля в начальной точке контакта, до максимума в точке, лежащей на линии центров. Закономерности распределения гидравлического давления в зоне восстановления зависят от протяженности ее части, где жидкость переходит из мокрого материала в покрытие валков;

– закономерности изменения удаленной жидкости в зоне восстановления зависят от числа ζ_i : при $0 < \zeta_i < 0,74$, удаленная влажность после отжима будет меньше чем в конце зоны сжатия, при $0,74 \leq \zeta_i < 1$ – больше, а при $\zeta_i = 0,74$ – равной.

С применением полученных моделей распределения гидравлических давлений и изменения удаленной влажности, получены расчетные формулы

таких параметров как: остаточная влажность отжимаемого материала, величины гидравлических давлений валков обобщенного двухвалкового модуля отжимных машин.

Четвертая глава диссертации под названием «**Оптимизация параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката**» посвящена к практическому применению полученных математических моделей и расчетных формул.

В качестве примера применения полученных математических моделей и расчетных формул, рассмотрен один из случаев отжима мокрого материала в двухвалковых модулях – отжим

Полученные математические модели и расчетные формулы в первую очередь зависят от деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления, которые можно определить только экспериментальным путем.

Экспериментальные исследования проводились на специально разработанных установках (рис. 7 и рис. 8).

Объектом исследования служил кожевенный полуфабрикат крупного рогатого скота (кожа). Основываясь на методике испытания кож на сжатие, из каждой кожи подготовили образцы размером $60 \times 60 \text{ мм}^2$ и укомплектовали их в группы.

В процессе опыта приняты: нагрузка на образец от 2 до 10

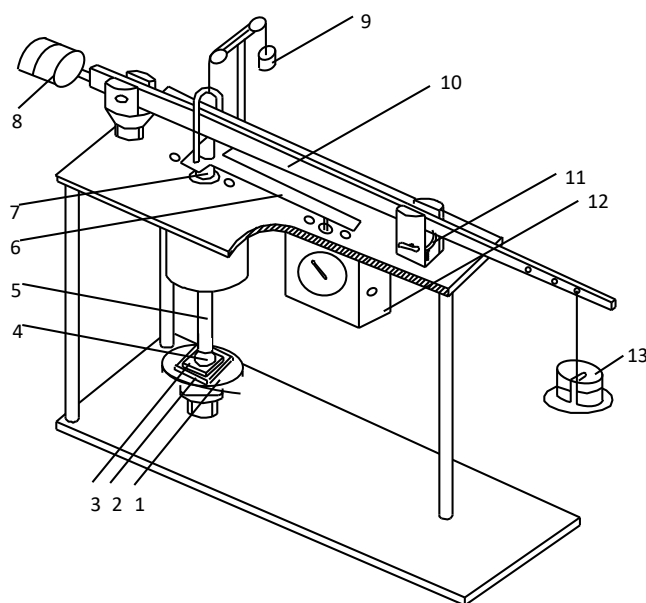


Рис. 7. Схема установки для исследования характера деформации кожевенного полуфабриката

материала в двухвалковых модулях – отжим

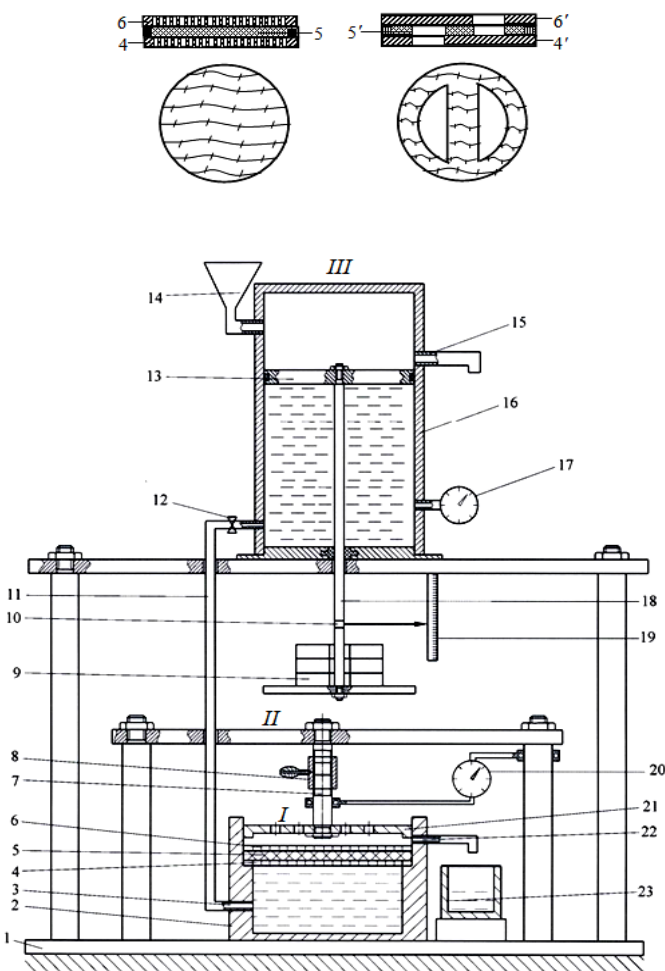


Рис. 8. Схема установки для исследования характера фильтрации кожевенного полуфабриката

МПа; влажность кожи от 0,8 до 1,0 (соответственно, от 60–75%); время воздействия сжимающей на грузки – 1 минута.

Полученные опытные данные аппроксимировали эмпирическими формулами:

при сжатии

$$\sigma = 25,28 \cdot \left(\frac{\varepsilon - b}{a} \right)^{3,73} \cdot W^{-14,74}; \quad (22)$$

при восстановлении деформации

$$\sigma = 51,80 \cdot \left(\frac{\varepsilon - b}{a} \right)^{3,55} \cdot W^{-11,88}, \quad (23)$$

где a и b – коэффициенты, характеризующие топографические особенности кожи, приводятся в таблице.

При изучении фильтрации влаги через коженый полуфабрикат в направлении, перпендикулярном его поверхности, готовили образцы вида круга, размером 10 см^2 (диаметром $35,7 \text{ мм}$), а в параллельном направлении, как на рис. 8.

Относительная деформация кожи в опытах изменялась от 0,314 до 0,593, а давление в цилиндре составляло 0,05–2,13 МПа. Перемещение поршня и гидростатический градиент наблюдали через 5, 10, 20, 40 и 60 секунд.

При обобщении полученных зависимостей и графиков найдены эмпирические формулы, описывающие фильтрационные свойства кожи по направлениям параллельной и перпендикулярной ее поверхности:

$$I_y = (a_1 \varepsilon + b_1) v_y, \quad (24)$$

$$I_x = (a_2 \varepsilon + b_2) v_x, \quad (25)$$

где ε – относительная деформация кожи.

Коэффициенты формулы (24) и (25), 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.

С учетом зависимостей (22) – (25) получены теоретические модели

Коэффициент	Топографический участок	Сжатие	Восстановление
a	чепрак	1	1
	пола	0,96	1,040
	вороток	0,94	1,051
b	чепрак	0	0
	пола	0,012	0,011
	вороток	0,018	0,019

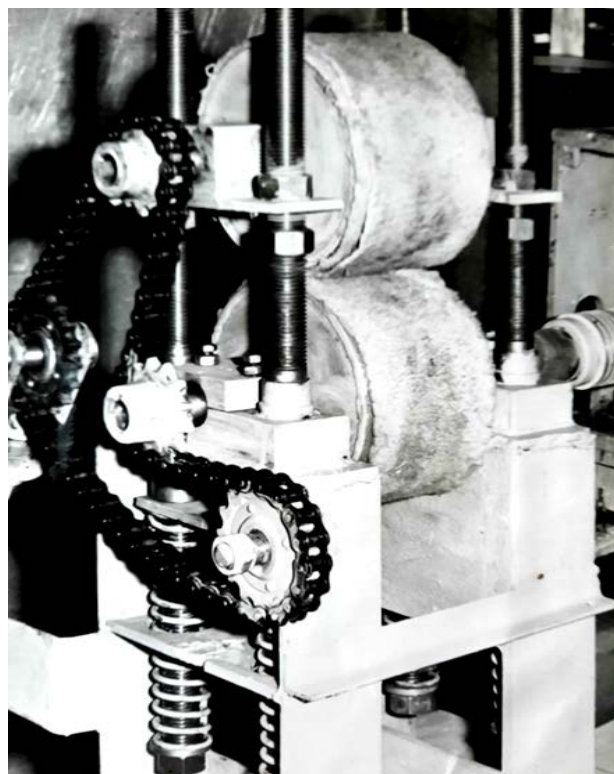


Рис. 9. Вид экспериментальной

валкового отжима кожи.

В диссертации проводились экспериментальные исследования с целью оценки точности полученных теоретических математических моделей и установление явно выраженных зависимостей между технологическими и конструктивными параметрами валкового отжима кожи, с дальнейшим использованием их в оптимизации параметров валкового отжима кожи.

На основе выше изложенного намечены следующие задачи экспериментального исследования:

- экспериментальное изучение эффективности отжима кожи с учетом затрат мощности при отжиме и длину кривой контакта вала;
- определение экспериментальных математических моделей остаточной влажности кожи, мощности процесса отжима и длины кривой контакта вала от интенсивности нагрузки, радиуса вала и скорости вала.

Экспериментальные исследования проводили на специально разработанной установке (рис. 9).

На основе априорной информации $W_{ост}$, N и L изучали с учетом трех факторов: x_1 – интенсивность нагрузки Q , $кН/м$; x_2 – радиус вала R , $м$; x_3 – скорость вала V , $м/с$. Выбраны следующие диапазоны изменения факторов: интенсивность нагрузки – $15 \div 65 кН/м$; радиус вала – $0,058, 0,114, 0,170 м$; скорость вала – $0,10 \div 0,34 м/с$.

Экспериментальное исследование проведено методом D- оптимального планирования второго порядка с матрицей планирования К.Кано.

После математической обработки результатов эксперимента получим

$$W_{ост} = 57,57 - 0,0011Q^2 - 100,4V^2 + 0,754QR + 0,568QV - 0,256Q + 25R + 42V, \quad (26)$$

$$N = 14,19 + 1959,4R^2 + 73V^2 + 0,905QV + 154,02RV + 0,096Q + 449,7R + 253,1V. \quad (27)$$

При проектировании отжимных машин для инженерных расчетов требуются простые зависимости по сравнению с регрессионными. Исходя из этого, поставлена задача, получить модель длины кривой контакта вала, как эмпирической функции основных параметров валкового отжима кожи.

В основу решения поставленной задачи принята зависимость

$$L = CQ_1^\alpha D_1^\beta V_1^\gamma,$$

где $Q_1 = \frac{Q}{Q_{сп}}$, $R_1 = \frac{R}{R_{сп}}$, $V_1 = \frac{V}{V_{сп}}$.

После математической обработки результатов эксперимента получено

$$L = 0,032Q^{0,221} D^{0,74} V^{-0,09}. \quad (28)$$

Аналогично преобразованы выражения (26) и (27)

$$W = 92,58Q^{-0,077} D^{0,046} V^{0,074}, \quad (29)$$

$$N = 189,77Q^{0,171} D^{0,034} V^{1,116}, \quad (30)$$

Разработана методика по расчету рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката. Определение параметров по методики осуществляется по следующему алгоритму.

1. Длину рабочей части валков B определяется в зависимости от ширины кожи H :

$$B = H + (10 \div 12), \text{ см.} \quad (31)$$

2. Диаметр валка с эластичным покрытием (сукном) D определяется с решением компромиссной задачи – задачи определения радиуса валка, обеспечивающего минимальный прогиб его рабочей части и наименьшую мощность, необходимую для проведения отжима. При расчете рационального радиуса валка будем учитывать условия минимального прогиба их рабочей части $D \geq 0,1B$.

3. Скорость валка V определяется с учетом скорости транспортирующего механизма и скорости кожи V_k , которая определяется по формуле

$$V_k = \frac{\Pi}{60aBK}. \quad (32)$$

4. Среднее удельное давление определяется по формуле

$$P = 1,37 \cdot 10^{21} W_T^{-10} D^{-0,28} V^{0,83}. \quad (33)$$

5. Интенсивность нагрузки определяется по формуле

$$Q = 0,0126P^{1,28} D^{0,96} V^{-0,116}. \quad (34)$$

6. Определяется общая нагрузка, приложенную к валкам, по формуле

$$G = QB. \quad (35)$$

7. Определяется мощность процесса по формуле

$$N = 189,77Q^{0,171} D^{0,034} V^{1,116}. \quad (36)$$

8. Мощность двигателя валковой машины определяется по формуле

$$N_d = (1,15 \div 1,25) \frac{N}{975\eta_{\text{общ}} i_{\text{общ}}}, \quad (37)$$

где $i_{\text{общ}}$ – общее передаточное число механизма привода; $\eta_{\text{общ}}$ – общий КПД механизма привода от валка двигателя до рабочего валка.

9. Остаточную влажность кожи определяется по формуле

$$W_p = 92,58Q^{-0,077} D^{0,046} V^{0,074}. \quad (38)$$

10. Сравниваем величины заданной остаточной влажности W_T и рассчитанной остаточной влажности W_p .

Если $W_p < W_T$, то необходимо, либо уменьшить G , либо увеличить D , проверив при этом предел прочности кожи и прогиб валков.

Если $W_p > W_T$, то следует, либо увеличить G , либо уменьшить D , проверив при этом предел прочности кожи и прогиб валков.

Если разность W_p и W_T не отличается на величину, превышающую допускаемую, то считают, что выбор параметров осуществлен правильно.

Выполнив расчеты параметров по указанному алгоритму, выявлено, что для достижения остаточной влажности кожевенного полуфабриката $W = 58\%$, валковая отжимная машина должна иметь следующие основные параметры:

Параметры	Величина параметров		
Ширина рабочего прохода, мм	1500 ÷ 1800	2200 ÷ 2500	3000 ÷ 3200
Скорость валков, м/с	0,16 ÷ 0,22	0,145 ÷ 0,205	0,130 ÷ 0,190
Скорость валков, м/с (с учетом скорости транспортирующего механизма)	0,190	0,175	0,160
Диаметры валков (с покрытием), м	0,22	0,27	0,34
Мощность электродвигателя, кВт (для зубчатой передачи)	3,84	5,27	6,57
Интенсивности нагрузки, кН/м	34,69	36,80	40,60

Технико-экономические показатели машины с параметрами, рекомендуемыми разработанной методикой, по сравнению с показателями

ВОПМ-1800-К намного улучшаются: уменьшается давление необходимое для отжима кожевенного полуфабриката на 14 ÷ 25%, мощность электродвигателя на 12 ÷ 48%, остаточная влажность кожевенного полуфабриката на 2 ÷ 4%, увеличивается скорость валков на 7,8%.

Эти показатели являются составляющими ожидаемой экономической эффективности, получаемой при использовании в производстве методики расчета рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката.

Расчет ожидаемой экономической эффективности выполнен на основании данных ООО «OSIYO CHARM FAYZ».

Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения в производство методики расчета рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката составляет 174744 тыс. сумов в год на одну машину.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совокупность теоретико-экспериментальных исследований по разработке теоретических основ контактного взаимодействия в двухвалковых модулях и отжима мокрых материалов, использовании их в совершенствовании процессов механической обработки кожевенных материалов, с целью повышения эксплуатационных характеристик машин и оборудования позволяет сформулировать следующее:

1. Эксплуатируемые кожевенные отжимные машины не в достаточной степени отвечают требованиям, предъявляемым к машинам такого типа, с точки зрения качества обработки и производительности, основными причинами которого являются отсутствие корректных математических моделей деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката, формы кривых контакта валков, напряжений трения, распределения контактных напряжений и гидравлического давления.

2. На основы анализа характера контактного взаимодействия в двухвалковых модулях создана обобщенная схема двухвалковых модулей. Она описывает всех случаев контактного взаимодействия обрабатываемого материала с парами валков в двухвалковых модулях технологических машин, и поэтому позволяет систематизировать и обобщать решение задачи контактного взаимодействия в двухвалковых модулях.

3. На основе теоретического исследования контактного взаимодействия в двухвалковых модулях разработаны математические модели углов контакта, формы кривых контакта валков, напряжений трения, а также распределения нормальных и касательных напряжений по кривым контакта валков. Они являются общими в том смысле, что описывают всех моделей частных случаев взаимодействия обрабатываемого материала с парами валков двухвалковых модулей технологических машин.

4. Решением гидравлических задач валкового отжима мокрых материалов получены математических моделей распределения гидравлического давления и изменения удаленной влаги в зоне отжима. Совместное решение задачей контактного взаимодействия и гидравлики теории валкового отжима мокрых материалов позволило получить модели распределения контактных напряжений и гидравлического давления, соответствующие теоретическими выводами и экспериментальными эпюрами ранее выполненных исследованиях.

5. С применением полученных математических моделей формы кривых контакта валков, распределения контактных напряжений и гидравлического давления, найдены расчетные формулы таких параметров валкового отжима мокрых материалов, как: длины кривых контакта, зон скольжения и прилипания, величины углов, отделяющих зоны прилипания от зон скольжения, величины энергосиловых параметров и остаточной влажности обрабатываемого материала.

6. Разработаны модели деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления, позволяющие раскрыть сущность явления контактного взаимодействия кожевенного

полуфабриката с парами валков и гидравлического явления валкового отжима кожевенного полуфабриката. Использование деформационных и фильтрационных свойств кожевенного полуфабриката после хромового дубления при различных схемах обобщенного двухвалкового модуля позволяют созданию новых технологических процессов механической обработки кожи и оборудования для их реализации.

7. Получены математические модели и расчетные формулы для двухвалкового модуля отжима кожи с использованием деформационные и фильтрационные свойства кожевенного полуфабриката после хромового дубления. Эти модели и формулы позволяют проводить научно-обоснованную модернизацию валковых отжимных машин, применяемые на кожевенных предприятиях, путем оптимизацию их параметров, что ведет к повышению качества кожевенных полуфабрикатов на последующих после отжима операциях «мездрение», «строгание», «мягчение» и «шлифование» и в конечном итоге готовой кожи.

8. Экспериментальным путем найдены регрессионные и эмпирические модели остаточной влажности кожевенного полуфабриката, мощности отжима и длины кривой контакта валка от интенсивности нагрузки, скорости и радиуса валка. На основе полученных зависимостей выявлено следующее:

–с увеличением интенсивности нагрузки остаточная влажность кожи уменьшается;

–при прочих равных условиях функцию остаточной влажности от радиуса валка $W_{\text{ост}}(R)$ можно считать линейно-возрастающей;

–при прочих постоянных параметрах с увеличением скорости валка остаточная влажность увеличивается и асимптотически приближается к определенной величине (например, при $Q = 15 \text{ кН/м}$, $R = 0,058 \text{ м}$ значение W приближается к 60.8%);

– с ростом удельного давления остаточная влажность кожи уменьшается и асимптотически приближается к определенной величине (например, при значениях $R = 0,22 \text{ м}$ $v = 0,18 \text{ м/с}$ к величине $W = 57\%$).

9. Решением основной экстремальной задачи валкового отжима кожи совместно с компромиссной задачей определения радиуса валка разработана методика по расчету оптимальных параметров валковых машин для отжима кожевенного полуфабриката. Расчеты по этой методике выполнены с учетом удельного давления, что позволяет научно - обоснованно формировать параметры валкового отжима кожевенного полуфабриката, и открывает новые возможности совершенствования имеющихся в эксплуатации валковых отжимных машин.

10. На уровне патентов Республики Узбекистан предложен ряд технических решений конструкций валковых отжимных машин, повышающих качества готовой кожи и эффективности ее производства. В частности, «Устройство для удаления влаги из мокрых волокнистых материалов» (№ IAP 05586), «Универсальная валковая машина» (№ FAP01447) и др.

11. Техничко-экономические показатели машины с параметрами, рекомендуемыми разработанной методикой, по сравнению с показателями базовой машины, намного улучшаются. Уменьшается давление необходимое для отжима кожевенного полуфабриката $14 \div 25\%$, мощность электродвигателя на $12 \div 48\%$, остаточная влажность кожевенного полуфабриката на $2 \div 4\%$, увеличивается скорость валков на $7,8\%$. Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения в производство методики расчета рациональных параметров валкового отжима кожевенного полуфабриката составляет 174744 тыс. сумов в год на одну машину.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc 03/30.12.2019.T.08.01 AWARDING SCIENTIFIC
DEGREES AT TASHKENT INSTITUTE OF TEXTILE AND LIGHT
INDUSTRY**

**TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MECHANICS AND SEISMIC STABILITY OF
STRUCTURES**

KHURRAMOV SHAVKAT RAKHMATULLAEVICH

**THEORETICAL FOUNDATIONS OF CONTACT
INTERACTION IN TWO-ROLL MODULES AND THEIR USE
IN IMPROVING MACHINING PROCESSES**

05.02.03 –Technological machines. Robots, mechatronic and robotics systems

**ABSTRACT OF DOCTORAL
DISSERTATION (DSc) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2022

The theme of doctoral dissertation (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.1.DSc/T260.

The dissertation was completed at the Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering and the Institute of Mechanics and Seismic Resistance of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (summary)) is posted on the website of the Academic Council at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (<http://web.ttyesi.uz>) and on the Information and Educational Portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz)

Scientific adviser: **Bahadirov Gayrat Atakhanovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor,

Official opponents: **Shin Illarion Georgiyevich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Alimukhammedov Shavkat Pirmukhammedovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Maqsudov Ravshan Khasanovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization: **Jizzakh Polytechnical Institute**

The defense of the dissertation will take place on 24 august 2022, at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.08.01 at the Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Address: 100100, Yakkasaray district, str.Shokhjakhon-5, administrative building, 222 audience, tel. (+99871) 253-06-06, 253-08-08, fax: (+99871) 253-36-17, email: titlp_info@edu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center (IRC) of Tashkent Institute of Textile and Light Industry (registration number 139). Address: 100100, Tashkent, Yakkasaray district, str. Shohjahon-5, tel. (+99871)- 253-08-08

Abstract of the dissertation sent out on 22 July 2022 year.
(mailing report № 139 on 22 July 2022 year)

I.K. Sabirov
Chairman of the Scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences

A.Z. Mamatov
Scientific secretary of Scientific council, awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

N.R.Khankhadjayeva
Chairman of the Scientific seminar at the Scientific council by the award of scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

The aim of the study is to improve the equipment and technology for the processes of mechanical treatment of materials by roller machines based on the development of methods for solving the problems of contact interaction in two-roll modules and roller pressing of wet materials.

The object of the study is two-roll modules of roller technological machines, including roller machines for squeezing leather products.

The subject of the study is the theory of contact problems in two-roll modules and roller pressing of wet materials, as well as methods for calculating the parameters of roller squeezing machines.

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

Scientific novelty of the research is as follows:

a generalized scheme of two-roll modules was developed; from this scheme a two-roll module of arbitrary type was obtained by changing its parameters;

the main problems of contact interaction of a generalized two-roll module were solved; at the same time, contact angles, forms of contact curves, friction stresses and distribution of contact stresses of rollers of two-roll modules were modeled;

the main tasks of roller pressing of wet materials were solved; at the same time, distributions of hydraulic pressures, changes in the extracted liquid and residual moisture of the roller pressing of wet materials were modeled;

theoretical and experimental models of the process of roller pressing of semi-finished leather products were developed.

The practical result of the study is:

determining the calculation formulas for the parameters of the rollers of the generalized two-roll module and roller pressing of wet material;

the development of a methodology for calculating the optimal parameters of the roller pressing of a leather semi-finished product;

the development of models of deformation and filtration properties of a leather semi-finished product after chrome tanning, which allows revealing the essence of the phenomenon of contact interaction of a leather semi-finished product with pairs of rolls and the hydraulic phenomenon of roller pressing of a leather semi-finished product;

establishing the patterns that make it possible to increase the efficiency of roller squeezing machines.

Implementation of the research results. Based on the results obtained on the development of the theory of contact interaction in two-roll modules and roller pressing of wet materials and their use in improving machining processes:

calculation formulas for the parameters of two-roll modules and a method for calculating the rational parameters of the roller pressing of a semi-finished leather

product were introduced at the enterprises of the UZCHARMSANOAT association, including PREMIUM LEATHER LLC, QARSHI LEATHER LLC, Nafis-Charm LLC, OSIYO CHARM FAYZ LLC (Certificate No. FB-7/2650 of the UZCHARMSANOAT Association dated 12.10. 2021).

mathematical models of roll contact curves, distribution of contact stresses and deformation properties of a semi-finished leather product were introduced in the FA-Atech project titled: "Analysis and synthesis of a new promising differential transmission mechanism", completed in 2018-2020, while substantiating geometric, kinematic and dynamic parameters installed roller module and processed material (Certificate on the implementation of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan No. 2 / 1255-416 dated February 22, 2022).

Approbation of the research results. The results of this study were reported at 9 international conferences.

Publication of research results. On the topic of the dissertation, 52 scientific papers were published, including 2 patents, 29 scientific articles in publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of the doctoral dissertation (DSc), 16 of them in journals included in the Scopus database.

The structure and volume 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 191 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Патент. Рес. Узб. № IAP05886. Устройство для удаления влаги из мокрых волокнистых материалов. Г.А.Бахадиров, А.Абдукаримов, Ш.Р.Хуррамов, А.М.Набиев, А.А.Умаров – Офис. бюлл. агентство по интелю собст. РУз. , №6(158) – 2019 – С.89
2. Патент. Рес. Узб. № FAP01447. Универсальная валковая машина. А.Абдукаримов, Г.А.Бахадиров, Ш.Р.Хуррамов, А.А.Абдукаримов, С.М.Мадаминов – Офис. бюлл. агентство по интелю собст. РУз. , №6(158) – 2019 – С.89
3. Хуррамов Ш.Р. Расчет остаточной влажности кожи при валковом отжиме // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2003. – №1. С. 23–25. (05.00.00;№20).
4. Хуррамов Ш.Р. Об условиях захвата слоя при неприводном верхним валке валковой пары // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2003. – №2. С. 66–69. (05.00.00;№20).
5. Хуррамов Ш.Р. Анализ условия втягивания материала парой валков. // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2003. – №3. С. 45–48. (05.00.00;№20).
6. Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А. Анализ углов контакта двухвалкового модуля // Узбекский журнал «Проблемы механики» – Ташкент, 2018.№4 – С. 68-72. (05.00.00;№6).
7. Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А. Анализ геометрических условий двухвалкового модуля в установившемся режиме взаимодействия // Доклады Академии наук Республики Узбекистан–Ташкент, 2018.№5 – С. 40-44. (05.00.00;№9).
8. Хуррамов Ш.Р. К теории контактного взаимодействия в двухвалковых модулях // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности – СПб, СПбУТД, 2019.№3 – С. 5-9. (05.00.00;№36).
9. Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А. Углы контакта со свободным верхним валком двухвалкового модуля // Узбекский журнал «Проблемы механики» – Ташкент, 2019.№1 – С. 47-50. (05.00.00;№6).
10. Хуррамов Ш.Р., Холтураев 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).
11. Хуррамов Ш.Р., Холтураев 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).

12. 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).
13. Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А. Особенности кривого контакта в несимметричном двухвалковом модуле // Узбекский журнал «Проблемы механики» – Ташкент, 2019.№4 – С. 32-36. (05.00.00;№6).
14. Хуррамов Ш.Р. Уточнение математических моделей кривых контакта валков // Узбекский журнал «Проблемы механики» – Ташкент, 2020.№3 – С. 40-43. (05.00.00;№6).
15. Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А. Основы теории контактного взаимодействия в двухвалковых модулях // Узбекский журнал «Проблемы механики» – Ташкент, 2021.№3 – С. 52-70. (05.00.00;№6).
16. Khurramov Sh.R. Some questions of the contact interaction theory in two-roll modules // Journal of Physics: Conference Series, MSTU-2020, Omsk, Russia, 1546(2020)012132 doi: 10.1088/1742-6596/1546/1/012132 (Scopus).
17. Khurramov Sh. R., Abdurkarimov 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 doi:10.1088/1557-899X/916/1/012051 (Scopus).
18. Khurramov Sh. R. Simulation of the form of contact curves rolls in two-roll modules // IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science, ICECAE- 2020, Tashkent, 614(2020)012096 doi:10.1088/1755-1315/614/1/012096 (Scopus).
19. Khurramov Sh. R., Khalturaev F. S. Simulation of contact voltages in two-roll modules // IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science, ICECAE - 2020, Tashkent, 614(2020)012097 doi:10.1088/1755-1315/614/1/012097(Scopus).
20. Khurramov Sh. R., Kurbanova F.Z. Distribution of contact voltages in asymmetric two-roll module // IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science, ICECAE-2020, Tashkent, Uzbekistan, 614(2020)012098 doi:10.1088/1755-1315/614/1/012098 (Scopus).
21. Khurramov Sh. R. Modeling of friction stress in twin roll modules //Journal of Physics: Conference Series, ICEMP-2021, Stambul, Turkey, 1789(2021)012004 doi:10.1088/1742-6596/1789/1/012004 (Scopus).
22. Khurramov Sh. R., Abdurkarimov A., Khalturayev F.S., Kurbanova F.Z. Modeling the shape of the Roll Contact Curves in Two- roll modules // Journal of Physics: Conference Series, ICEMP-2021, Stambul, Turkey, 1789(2021)012008 doi:10.1088/1742-6596/1789/1/012008 (Scopus).
23. Khurramov Sh. R., Bahadirov G.A. To the solution problems of contact interaction in a two-roll module" Journal of Physics: Conference Series, ICMSIT-II-2021, Krosnoyarsk, Russia, 1889(2021)042029 doi:10.1088/1742-6596/1889/1/042029 (Scopus).
24. Khurramov Sh. R. On the issues modeling the roll contact curves //Journal of Physics: Conference Series, ICMSIT-II- 2021, Krosnoyarsk, Russia, 1889(2021)042036 doi:10.1088/1742-6596/1889/1/042036 (Scopus).

25. Khurramov Sh. R. To the development of the theory of contact in two-roll modules // Journal of Physics: Conference Series, MSTU-2021, Omsk, Russia, 1901(2021)012115 doi:10.1088/1742-6596/1901/1/012115 (Scopus).

26. Khurramov Sh. R., Bahadirov G.A., Buriev E.S., Abduxalikova D.N. Modeling of the roller pressing of fibrous materials" E3S Web of Conference, CONMECHYDRO-2021, Tashkent, 264(2021)01019 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126401019> (Scopus).

27. Khurramov Sh. R., Khalturayev 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. pp 227-241 Springer, Cham. doi.org/ 10/1007/978-3-030-66081-9 18 First Online 26 March 2021 (Scopus).

28. Хуррамов Ш.Р. Аналитическое описание формы кривых контакта валков в двухвалковом модуле // Известия высших учебных заведений, «Технология текстильной промышленности» – Иванова, 2021. – №4 (394). – С. 153-1583(Scopus).

29. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Курбанова Ф.З. Теоретический анализ условий захвата в асимметричном двухвалковом модуле // Известия высших учебных заведений, «Технология текстильной промышленности» – Иванова, 2021. – №4 (394). – С. 159-163(Scopus).

30. Khurramov Sh. R. Filtration rates in roller pressing of fibrous materials" AIP Conference Proceedings, MIP Injenering -III, Krosnoyarsk, Russia, 2402(2021)030042 <https://doi.org/10.1063/5.0071266> (Scopus).

31. Khurramov Sh. R., Khalturaev F.S., Buriev E.S. Residual moisture concent in semi-finished leather under roller pressing" AIP Conference Proceedings, MIP Injenering -III, Krosnoyarsk, Russia, 2402(2021)030038 <https://doi.org/10.1063/5.0071265> (Scopus).

32. Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А. Математическое моделирование напряжений трения в двухвалковом модуле // Известия высших учебных заведений, «Технология текстильной промышленности» – Иванова, 2022. – №1 (397). – С. 242-247(Scopus).

II бўлим (II часть; II part)

33. Amanov A., Khurramov Sh., Bahadirov G., Abdugarimov A., Amanov T. (2021) "Modeling of strain and filtration properties of a semi-finished leather product" Journal of Leather Science and Engineering. 2021 3:4, <https://doi.org/10.1186/s42825-21-00056-1-1/>

34. Хуррамов Ш.Р., Абдукаримов А. Обобщенная модель двухвалковых модулей // Известия Киргизского государственного технического университета – Бишкек, 2016. №1(37) – С. 109-112.

35. 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.

36. 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.
37. Хуррамов Ш.Р. К вопросам моделирования кривых контакта валков // Динамика систем, механизмов и машин – Омск, ОмГТУ, 2020. – №1, Т8. – С. 110-116.
38. Бахадиров Г.А., Хуррамов Ш.Р., Абдукаримов А., Носиров М.И. Моделирование контактного взаимодействия листового материала при обработке на многооперационной машине // Автоматизация и измерения в машино-приборостроении, Материалы международной научно-техн. конф. «АППР-2018» – Севастополь, 2018. №3 – С. 43-49.
39. 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» – СПб., 2019. Том 9. – С. 78–83.
40. 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» – СПб., 2019. Том 9. – С. 84–87.
41. 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.
42. Хуррамов Ш.Р. Некоторые вопросы теории контактного взаимодействия в двухвалковых модулях // Проблемы машиноведения. Материалы IV международной научно-техн. конференции – Омск, 2020. – С. 143-150.
43. Sh.Hurramov, G.Bahadirov, A.Abdukarimov. Conditions attraction in significant non-symmetrical two-roll module // Book of Abstracts. The 7th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. ModTech. – Iasi, Romania, 2019. – p. 145.
44. Sh.Hurramov, G.Bahadirov, A.Abdukarimov and F.Kurbanova. Mathematical modeling of contact interactions in essential non-symmetrical two-roll module// Book of Abstracts. The 7th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. ModTech. – Iasi, Romania, 2019. – p. 146.
45. 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» – СПб, 2020. Том 6. – С. 64–67.
46. Хуррамов Ш.Р. К моделированию кривых контакта валков // Сборник трудов международной XXXIII конференции «Математические методы в технике и технологиях» – СПб, 2020. Том 6. – С. 60–63.
47. 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» – СПб, 2020. Том 7. – С. 7–10.

48. 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. – Iasi, Romania, 2020. – p. 183.

49. 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. – Iasi, Romania, 2020. – p. 210.

50. G.Bahadirov, Sh.Hurramov, A.Abdukarimov, F.Halturayev and F.Kurbanova. To solving contact tasks in the two-rolling module // Book of Abstracts. The 8th International Conference on Modern Manufacturing Technologies in Industrial Engineering. ModTech. – Iasi, Romania, 2020. – p. 65.

51. Хуррамов Ш.Р., Курбанова Ф.З., Аннаев Н.У. Распределение нормальных напряжений в асимметричном двухвалковом модуле // Сборник трудов международной XXXIV конференции «Математические методы в технике и технологиях» – СПб, 2021. Том 2. – С. 19–22.

52. Хуррамов Ш.Р., Халтураев Ф.С., Аннаев Н.У. Теоретическое определение контактных напряжений в двухвалковых модулях // Сборник трудов международной XXXIV конференции «Математические методы в технике и технологиях» – СПб, 2021. – С. 11–14.

53. Хуррамов Ш.Р. К развитию теории контактного взаимодействия в двухвалковых модулях // Проблемы машиноведения. Материалы V международной научно-техн. конференции – Омск, 2021. – С. 105-112.

Автореферат “Ўзбекистон тўқимачилик журнали” илмий техникавий журнал таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнлари мослиги текширилди (14.06. 2022 й.).