

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017 Т.03.02 РАҚАМЛИ
ИЛМий КЕНГАШ**

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

ФАЙЗИМАТОВ ШУҲРАТ НУМАНОВИЧ

**АЭРОДИНАМИК ҲАРАКАТ ТАЪСИРИДА МАШИНАСОЗЛИК
КОРХОНАЛАРИДАГИ ТЕХНОЛОГИК ЖИҲОЗЛАРНИ
АВТОМАТЛАШТИРИШ КОНЦЕПЦИЯЛАРИ ВА МЕТОДОЛОГИЯСИ**

**05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва
бошқариш**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2017

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

Файзиматов Шухрат Нуманович

Аэродинамик ҳаракат таъсирида машинасозлик корхоналаридаги
технологик жиҳозларни автоматлаштириш концепциялари ва
методологияси 3

Файзиматов Шухрат Нуманович

Концепции и методология автоматизации технологического
оборудования машиностроительного производства на основе
аэродинамического эффекта..... 29

Fayzimatov Shuhrat Numanovich

Conception and methodology of the technological tools at mechanical
engineering ventures on the impact of aerodynamic movement 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 59

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017 Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

ФАЙЗИМАТОВ ШУҲРАТ НУМАНОВИЧ

АЭРОДИНАМИК ҲАРАКАТ ТАЪСИРИДА МАШИНАСОЗЛИК
КОРХОНАЛАРИДАГИ ТЕХНОЛОГИК ЖИҲОЗЛАРНИ
АВТОМАТЛАШТИРИШ КОНЦЕПЦИЯЛАРИ ВА МЕТОДОЛОГИЯСИ

05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва бошқариш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2017

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В 2017.1.DSc/T32 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Фарғона политехника институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.tdtu.uz) ва “ZiyoNet таълим ахборот тармоғида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Мамаджанов Алишер Мамаджанович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Турсунов Бахтиёр Мухамеджанович
техника фанлари доктори, профессор

Исмаилов Мирхалил Агзамович
техника фанлари доктори, профессор

Марахимов Авазбек Рахимович
техника фанлари доктори, профессор

Ётақчи ташкилот:

Андижон машинасозлик институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017 Т.03.02 рақамли илмий кенгашнинг 2017 йил «_____» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2 уй. Тел./факс: (99871)2464600, (99871)2271032, e-mail: tstu_info@edu.uz).

Докторлик диссертацияси билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (____ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси 2 уй. Тел./факс: (99871) 2460341).

Диссертация автореферати 2017 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(201_ йил «_____» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Н.Р. Юсупбеков

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор, академик

Ш.А. Тураев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н., доцент

М.М. Мухитдинов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси
т.ф.д., профессор

КИРИШ (Фан докторлик (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунё амалиётида автоматлаштириш соҳасида энергия ва ресурслардан самарали фойдаланиш, уларни тежайдиган технология ва техника воситаларини яратиш ҳамда уларни ишлаб чиқаришга қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ривожланган давлатларнинг ишлаб чиқариш саноати фаолияти ва уларда технологик жараёнларни назорат қилиш ҳамда бошқаришнинг ўзига хос хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда замонавий илмий-техник тараққиётининг ривожланиши концепцияси саноатнинг барча тармоқларида юқори унумдорликка эга, ишончли, тежамкор технологик жиҳозларни яратишда замонавий технологияларни кенг кўламда қўлланишини таъминлаш долзарб муаммолардан бири бўлиб ҳисобланади. Бу борада ривожланган чет эл мамлакатларида, яъни АҚШ, Германия, Япония, Жанубий Корея, Хитой, Россия ва бошқа давлатларда маълум ютуқларга эришилган бўлиб, уларда ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш, маҳсулотлар сифати ва рақобатбардошлигини таъминлаш учун машинасозлик корхоналарида технологик жараёнларни бошқариш ва автоматлаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда технологик жиҳозларни автоматлаштиришда ноанъанавий усуллардан фойдаланиб янги турдаги жиҳозларни лойиҳалашни фундаментал тадқиқотлари асосида ечилаётган масалалар кўламига боғлаш ва комплекс автоматлаштиришга катта аҳамият берилмоқда. Бу борада, жумладан автоматлиштирилган технологик жиҳозларда маҳсулот сифатини, юқори ишончлилик ва самарадорликни таъминловчи аэродинамик ҳаракати таъсиридаги технологик жиҳозларни автоматлаштириш, уларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш усулларини ишлаб чиқиш, бошқариш жараёнларини техник ва дастурий воситаларини, бошқариш алгоритмлари асосида пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов бериш параметрларини оптималлаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамиз мустақилликка эришганидан буён энергия сарфини камайтириш ва юқори самарадорликка эга бўлган техника ва технологияларни ишлаб чиқариш ҳамда бошқариш тизимларини яратишда технологик жиҳоз ва қурилмаларнинг унумдорлиги ва юқори ишончлилигини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан аэродинамик ҳаракатли автоматлаштирилган технологик жиҳозларни яратишда сезиларли натижаларга эришиб келинмоқда ва уларнинг бошқарув тизимларини такомиллаштириш, энергия тежамкор қурилмалар, техник восита ва технологияларни такомиллаштириш талаб этилмоқда. 2017-2021 йилларида Ўзбекистон Республикасини янадан ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...миллий иқтисодиётни модернизациялаш асосида унинг рақобатдошлигини оширишнинг стратегик йўналишларини янада такомиллаштириш»¹ вазифаси

¹ Ўзбекистон Республикасининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

белгилаб берилган. Мазкур вазифани амалга оширишда аэродинамик ҳаракатли автоматлаштирилган технологик жихозларни ва технологияларни ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш, уларни унумдорлигини, ишончилигини янада ошириш бўйича чора-тадбирлар ишлаб чиқишда диссертация тадқиқотида олинган натижалар маълум даражада хизмат қилади.

Ўзбекистон Республикасининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017-2021 йилларига мўлжалланган бешта устувор йўналишлар бўйича ҳаракатлар стратегияси», 2010 йил 15 декабрдаги ПҚ-1442-сон «2011-2015 йилларда Ўзбекистон Республикаси саноатини ривожлантиришнинг устувор йўналишлари тўғрисида»ги, 2014 йил 4 февралдаги ПҚ-2120-сон «2014-2016 йилларда тайёр маҳсулотлар, бутловчи буюм ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш Дастури тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи².

Аэродинамик ҳаракат таъсирида автоматлаштирилган жихозлар, усуллар технологик жараёнларни яратишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан University of Illinois at Chicago (АҚШ), the Louvain Catholic Institute of Belgium (Белгия), University Cantenbury (Янги Зеландия), Hitachi, Mitsubishi Electric (Япония), Siemens (Германия), Wuhan University (Хитой), Самара Аэрокосмик университети, Москва энергетика институти, Москва давлат техника университети, Қозон университетларида (Россия), Тошкент давлат техника университетида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Аэродинамик эффект натижасида қизитиш, уюрмали трубаларда совуқ ва иссиқ ҳаволарни алоҳида ажратиш қурилмаларини яратиш, уларни такомиллаштиришга оид жаҳонда олиб борилаётган илмий тадқиқотлар натижасида қуйидаги илмий натижалар олинган: уюрмали қувурларда ҳаво оқимини совуқ ва иссиқ ҳаволарга ажратиш қурилмаси яратилган (Воронеж давлат технологик академияси, Россия), рангли кинескоплар ичини майда чиқиндилардан тозалаш қурилмаси яратилган (Львов политехника институти, Украина), учиш аппаратларининг динамик тавсифларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган (Харьков авиация институти, Украина), цилиндрсимон деталларини йиғиш жараёнларини такомиллашган қурилмаси ишлаб чиқилган (“ЭНИИМС”, “ЦНИИТМаш”, Россия), резьбали бирикмаларнинг

² Электронный журнал «Упрочнение и обработка деталей», №5,2016(<http://www.mashin.ru>)

сифатини назорат қилиш воситаси яратилган (Москва давлат техника университети, “СТАНКИН”, Россия).

Дунёда замонавий ишлаб чиқариш корхоналарида аэродинамик ҳаракат таъсирида автоматлашган технологик жиҳозларни яратиш бўйича қуйидаги устувор йўналишларида тақиқотлар олиб борилмоқда: цилиндрсимон деталларнинг ички юзаларига ишлов берадиган энергия тежамкор технологияларини яратиш; текис юзали деталларни технологик жиҳозларга ишончли юклайдиган қурулмаларни яратиш; майда донадор деталларни технологик жиҳозларга узатиш ва уларни тармоқларга бўлиш ускунасини ишлаб чиқиш; парчин миҳларни вертикал тешиқларга ўрнатиш ускунасини яратиш; объектларни автоматлаштирилган бошқаришнинг инструментал воситасини яратиш; экспериментал тадқиқотлар асосида ишлов беришда ишлатиладиган жиҳозларнинг конструкциясини заиф жойларини кучайтириш усулини ишлаб чиқиш.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш ва бошқаришнинг илмий асослари Шаумян Г.А., Волчкевич Л.И., Проников А.С., Дащенко А.И., Юсупбеков Н.Р., Игамбердиев Х.З., Гулямов Ш.М., Мамаджанов А.М., Муминов Н.М., Марахимов А.Р. ва бошқа олимларнинг ишларида келтирилган. Цилиндрсимон деталларга яқунловчи-пардозловчи ишлов беришнинг автоматлаштириш ва бошқаришнинг илмий асослари Балтер М.А., Кудрявцев И.В., Кулаков Ю.М., Киричек А.В., Зоткин В.Е., Одинцов А.Г., Проскуряков Ю.Г., Петросов В.В., Папшев Д.Д., Степанова Т.Ю., Саверин М.М., Торбило В.М., Фельдман Я.С., Шнейдер Ю.Г., Ящерицин П.И. ва бошқаларнинг ишларида келтирилган. Ингичка уюрмали оқимларнинг илмий асослари Абрамович Г.Н., Герц Е.В., Гольдштик М.А., Левчука Д.М., Меркулов А.П., Сутин А.И., Бубнов В.А., Исупов Г.П., Овсянников Б.Ю., Сентяков Б.А., Стегачев Е.В., Кристаль М.Г., Проць Я.И. ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган. Аммо илмий нашрларда юпқа деворли цилиндрсимон деталларнинг ички юзаларига яқунловчи-пардозловчи ишлов бериш масалалари етарли даражада кўриб чиқилмаган.

Ишлаб чиқаришда текис юзали деталларни технологик жиҳозларга узатиш учун ҳар хил қамровчи ускуналардан иборат бўлган автоматик манипуляторлардан фойдаланилади. Аммо ҳозирда мавжуд усуллар ва конструкцияларнинг қамровчи қисмини сўрғичида керакли бўлган сўриш даражасини ҳосил қилишни иложиси йўқлигидан уларни юк кўтариш қобилияти чегараланган. Машинасозлик корхоналарида автоматлаштирилган технологик жиҳозларга майда донадор деталларни транспортировка қилувчи мавжуд итарувчи ва сўрувчи пневмотранспорт қурилмалари керакли пухталиққа эга эмаслар. Бурилиш жойларда деталларни тикилиб қолиши, эзилиши содир бўлиши мумкин. Самолётсозликда тешиқларга парчин миҳни ўрнатувчи мавжуд қурилмалар горизонтал ўқ бўйича жойлашган тешиқларга парчин миҳларни ўрнатишда талаб этилган унумдорликни ва ишончилиқни бера олмаяпти.

Юқорида қайд этилган муаммоларни ечими айланма ҳаво энергиясига асосланган замонавий усуллардан фойдаланишдир. Аэродинамик ҳавонинг технологик кўлами кенглигини инобатга олиб мазкур ишнинг йўналиши технологик жараёнларни автоматлаштиришда аэродинамик ҳаво оқимига асосланган янги усулларни ва қурилмаларни ишлаб чиқиш етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Фарғона политехника институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг ОТ-Ф5-005 «Технологик жараёнларга механик ишлов берувчи рақобатбардош ва юқори самарадорликга эга бўлган илмий усулларга асосланган ўлчов анжомлари, диагностика ва назорат» (2007-2010), ГНТП-20 «Металларни кесиш жараёнини башорат қилиш ва назорат, диагностика асосида машина деталларига механик ишлов беришни бошқарув программаси ва техник анжомлар, усуллар, замонавий маълумот тизимларини яратиш» (2011-2014) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ишлаб чиқариш самарадорлигини оширишда аэродинамик ҳаракатдаги автоматлаштирилган технологик жиҳозларни лойиҳалаш ва яратишнинг илмий-назарий асосларини ривожлантиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

аэродинамик ҳаракат таъсири ёрдамида цилиндрсимон деталларга яқунловчи-пардозловчи ишлов берадиган автоматлаштирилган технологик жиҳозларни лойиҳалаш ва яратишнинг концепциясини ишлаб чиқиш;

деформацияловчи элементга (шар) ҳаво оқимининг ўзаро таъсирини назарий таҳлили асосида яқунловчи-пардозловчи автоматлаштирилган технологик жараённи физик моҳиятини аниқлаш;

аэродинамик ҳаракат таъсирида автоматлаштирилган технологик жиҳозларда ишлов берилаётган юзани шакллантириш жараённинг боришини энг мақбул шароитини аниқлаш, ишлов бериладиган деталнинг физик-механик хоссалари ва чиқиш характеристикалари ўртасидаги боғланишни ўрнатиш;

вертикал ҳамда горизонтал ўқ бўйича тешиқларга парчин миҳ ўрнатувчи, майда дондор буюмларни узатиш ва уларни тармоқлар бўйича тарқатадиган автоматлаштирилган ускуналар конструкциясини илмий-назарий асосларини яратиш.

цилиндрсимон деталларга яқунловчи-пардозловчи ишлов берувчи аэродинамик ҳаракат таъсири ёрдамида ишловчи автоматлаштирилган қурилмаларнинг конструктив параметрларини ҳисоблашни назарий асосларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида цилиндрик деталларга пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов бериш, машинасозлик ишлаб чиқаришида майда донали маҳсулотларни ташиш ва йиғишда автоматлаштириш жараёнлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети аэродинамик ҳаракатдаги оқимидан фойдаланган ҳолда цилиндрсимон деталларга пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов бериш, текис юзали деталларни юклаш, майда донадор деталларни транспортировка жараёнларни автоматлаштириш тизимларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида унумдорлик назарияси, газ динамикаси, уюрмали оқим аэродинамикаси, технологик тизимларни бошқариш усуллари, адаптив бошқарув тизимлари, математик моделлаштириш, автоматик моделлаштириш назарияси ва оптималлаштиришни замонавий усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

аэродинамик ҳаракат таъсири ёрдамида цилиндрсимон деталларга яқунловчи-пардозловчи ишлов берадиган автоматлаштирилган технологик жиҳозларни лойиҳалаш ва яратишнинг концепцияси ишлаб чиқилган;

деформацияловчи элементга (шар) ҳаво оқимининг ўзаро таъсирини назарий таҳлили асосида яқунловчи-пардозловчи автоматлаштирилган технологик жараёни физик моҳияти аниқланган;

аэродинамик ҳаракат таъсирида автоматлаштирилган технологик жиҳозларда ишлов берилаётган юзани шакллантириш жараёнининг боришини энг мақбул шароитини аниқлаш, ишлов бериладиган деталнинг физик-механик хоссалари ва чиқиш характеристикалари ўртасидаги боғланиш ўрнатилган;

вертикал ҳамда горизонтал ўқ бўйича тешиқларга парчин миҳ ўрнатувчи, майда донадор буюмларни узатиш ва уларни тармоқлар бўйича тарқатадиган автоматлаштирилган ускуналар конструкциясини илмий-назарий асослари яратилган;

цилиндрсимон деталларга яқунловчи-пардозловчи ишлов берувчи аэродинамик ҳаракат таъсири ёрдамида ишловчи автоматлаштирилган қурилма яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ҳамда тажриба изланишлар натижаларининг ўзаро мос келиши, олиб борилган кўп илмий изланишларнинг назарий асосларини бажарилиши, цилиндрсимон деталларга яқунловчи ишлов беришнинг концепцияси ва методологиясини қўлланилиши, тадқиқотнинг апробация қилинган усуллари ва алгоритмларини ишлатилиши, назарий ва амалий тадқиқотларда олинган натижалар ва уларнинг ўзаро бир-бирига мослиги билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқотнинг илмий аҳамияти аэродинамик ҳаракат таъсирида машинасозлик корхоналаридаги технологик жиҳозларни автоматлаштириш концепцияси ва методологияси, аэродинамик ҳаракатлар асосида автоматлаштирилган технологик жиҳозларни лойиҳалаш ва яратишнинг илмий-назарий асослари ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти цилиндрсимон деталларнинг ички юзаларига пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов берувчи аэродинамик ҳаракатли автоматик жиҳозлар, майда донадор буюмларни

транспортировка қилиш ва тақсимлаш учун юқори унумдорли автоматлашган технологик ускуналар, текис буюмлар учун вакуум ушлатичлар, вертикал ва горизонтал (бўйлама ва кўндаланг) ўқли тешиқларга парчинлар ўрнатувчи технологик ускуналарни лойиҳалаш ва ҳисоблаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши. Аэродинамик ҳаракат таъсирида машинасозлик корхоналаридаги технологик жиҳозларни автоматлаштириш концепциялари ва методологияси бўйича ишлаб чиқилган натижалар асосида:

аэродинамик ҳодисалар асосида цилиндрсимон деталларга пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов бериш қурилмалари конструкцияси «Farg'onaazot» АЖ ишлаб чиқариш корхонасида жорий қилинган («O'zkiyosanoat» АЖнинг 2017 йил 8 август № 01-4216/П-сонли жорий этилиш маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижаларини қўллаш меҳнат сарфини 15% га камайиш имконини яратган;

аэродинамик пардозловчи-яқунловчи усули усул, алгоритм ва контакт кучланишларини аниқловчи дастурий воситаси Farg'onaazot» АЖ ишлаб чиқариш корхонасида жорий қилинган («O'zkiyosanoat» АЖнинг 2017 йил 8 август № 01-4216/П-сонли жорий этилиш маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижаларини қўллаш жараёнида унумдорликни 4-5 мартага ошириш имконини берган;

гидроцилиндр ва втулкалар учун пардозловчи-мустаҳкамловчи қурилманинг модели яратилган («O'zkiyosanoat» АЖнинг 2017 йил 8 август № 01-4216/П-сонли жорий этилиш маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижаларини қўллаш бошқа турдаги деталларга ишлов бериш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари жами 28 та халқаро ва республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 57 та илмий иш эълон қилинган. Жумладан, 1 монография, 25 та мақола, 28 та маъруза, 1 та патент ҳамда 2 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши: Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 190 бетни ташкил этади, шундан 78 та расм, 9 та жадвал, 111 та номли адабиётлар рўйхати ва 2 та илова.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги асосланган, илмий ишнинг мақсади ва асосий вазифалари келтирилган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларнинг устувор йўналишларига мослиги, мавзунинг илмий янгилиги ва ишончлилиги, илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот

натижаларининг жорий қилинганлиги ҳақида ҳамда диссертация тузилиши бўйича маълумот берилган.

Диссертациянинг «**Технологик жиҳозларни автоматлаштиришнинг ривожлантириш концепцияси ва методологияси**» деб номланган биринчи бобида машинасозлик корхоналаридаги юпқа деворли цилиндрсимон деталларнинг ички юзаларига пардозловчи – мустаҳкамловчи ишлов бериш, деталларни технологик жиҳозлар юклашда ишлатиладиган вакуум ушлагичлар (тутқичлар), горизонтал ўқда жойлашган тешикларга парчинларни ўрнатиш жараёнларини автоматлаштиришда, аэродинамик эффектни қўллашнинг, мавжуд усуллар ва воситалари таҳлил қилинган, илмий тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари асослаб ёритилган.

Цилиндрсимон деталларни ички юзаларига қўйилган талабларнинг ортиши мавжуд ишлов бериш усул ва воситалари ёрдамида бажаришнинг иложиси йўқлиги ва уларни автоматлашиши қийинлиги асосланган. Юпқа деворли цилиндрсимон деталларнинг ички юзасига айланувчи шар билан ишлов бериш усулида ишлов берилаётган юза билан деформацияловчи элемент ўртасида қаттиқ контакт мавжудлиги билан характерланади. Қаттиқ элемент билан юзага ишлов бериш усулининг камчилиги детални катта юзаси бўйлаб деформацияни тарқалиши натижасида детал ўқи қийшайди, детал геометрияси ўзгаради ва ишлов берилаётган юзадаги ғадир-будурлиги нотекис тақсимланади. Юпқа деворли цилиндрсимон деталларни ишлаб чиқариш жараёнларида технологик чиқиш 60% ни ташкил этади. Технологик йўқотмалар ярим тоза йўниб кенгайтиришда 19% ни, деталга якуний ишлов беришда эса 21% ни ташкил этади. Бу йўқотмалар деталлар геометриясини ўзгариши, ишлов берилаётган юзанинг ғадир-будирлигининг нотекис бўлиши билан тушунтирилади. Бундан ташқари, ишлов берилаётган юзанинг материали қовушқоқ пўлат ва қотишмалардан иборат бўлса, ишлов бераётган текислагич (раскатник)нинг юза қатламига детал чиқиндиларини ёпишиб қолиши, ишлов бериш сифатининг пасайишига олиб келади.

Автомобил дискларининг ишлаб чиқариш самарадорлигини белгиловчи муҳим жараёнлардан бири технологик қурилмаларга ясси заготовкаларни юклаш ҳисобланади. Ушбу жараёнлар учун турли типдаги ушлаш қурилмалари билан таъминланган автоматик манипуляторлар ишлатилади. Аммо мавжуд конструкцияларнинг қамраш қисмидаги сўргичда бўшлиқ етарли бўлмаслиги сабабли уларни юк кўтариш қобилиятини чегаралайди.

Пневматик транспорт қурилмалари механик турдаги қурилмаларга нисбатан ишлаб чиқариш самарадорлиги юқори, саноат майдонларини тежаш, ишчилар учун ишлаш шароитини яхшилаш имконини беради. Босим билан сиқиб чиқариш ва сўриш типдаги мавжуд пневматик транспорт қурилмаларининг ишончлилиқ даражаси юқори эмас, айниқса, технологик жиҳозларга узатиб берувчи транспорт трубаларининг эгилиш жойларида маҳсулот тиқилиши ёки букилиб қолиш ҳолатлари мавжуд.

Машинасозликда ва асбобсозликда муаммоли ҳолатлардан яна бири горизонтал ва вертикал ўқларда жойлашган тешикларга парчин миҳларни

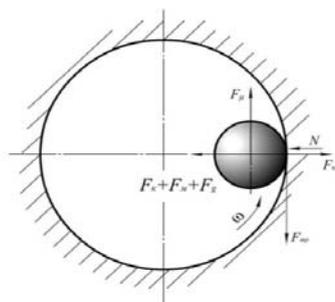
ўрнатиш ва цилиндрсимон деталларни йиғиш жараёнларини автоматлаштириш ҳисобланади. Шундай қилиб, аэродинамик оқим имкониятларини кенг қўллаш айти ишнинг йўналишини танлаш, технологик жараёнларни автоматлаштириш мақсадида аэродинамик таъсирли қурилмалар ва янги услубларни ишлаб чиқиш учун туртки бўлди.

Диссертациянинг «**Автоматлаштирилган технологик жараёнлар ва қурилмаларни яратишнинг методологиясини илмий асосланган ва шакллантирилган услубларини яратиш**» деб номланган иккинчи бобида ҳозирги вақтда аэродинамик ҳаракатдан қурилмаларда содир бўладиган жараёнларни физик ва математик қонуниятлари йўқлиги сабабли кейин олиб бориладиган тадқиқотлар босқичма-босқич олиб борилиши мақсадга мувофиқлиги асосланган.

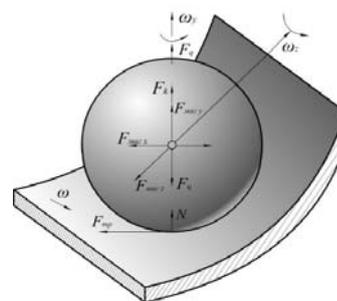
Биринчи босқичда биз танлаб олган ҳисоблаш схемасида аэродинамик ҳаво оқимини ҳаракатланиш қонунияти аниқланган ва унга жойлаштирилган эркин шарни ҳаво оқими билан туташуви кўриб чиқилган (1-расм), қурилманинг мумкин бўлган вариантлари ва автоматлаштирилган технологик жиҳозларни лойиҳалаш мақбул варианты танлаб олинган.

Қурилманинг ишлаш даврида ҳаво оқимини шар билан ўзаро туташуви кўриб чиқилиб уни юза қатламига кучли таъсири ва бошқарув факторларининг шарнинг айланиш частотасига таъсири ҳисобга олинган ҳолда уларни боғлиқлиги аниқланган. Қурилма ичида доимий айланма ҳаво оқими ҳосил қилинганлигини инобатга олиб уюрмали камера ичида жойлаштирилган шарга таъсир этувчи кучларни ҳосил бўлиши ва уларни кучини кўриб чиқамиз.

Ҳисоблаш схемасига (2-расм) асосан шарни айланиб ўтаётган ҳаво оқими икки қисмга: ўқ бўйича \bar{F}_z , цилиндрик трубани ўқи бўйича таъсир этувчи ва айланма \bar{F}_τ цилиндрик трубага уринма ҳолатда таъсир этувчига бўлинади. Ҳар иккаласи ҳам шарга ҳар хил таъсир этади. Ўқ бўйича ҳаракатлантирувчи оқим шарни труба ўқи бўйича, айланма ҳаракатлантирувчи оқим шарни айланиш частотаси бўйича ҳаво оқими тезлигига пропорционал равишда ва ўз ўқи атрофида айлантиради. Шарни айлана бўйича бир хил ҳаракатланишида унга марказдан қочма куч $\bar{F}_{цен}$ ва кориолис кучи $\bar{F}_к$ таъсир этади. Бундан ташқари, уюрмаланган ҳаво оқими радиусини камайиши ҳаво босимини камайишига олиб келади ва шарга нисбатан \bar{F}_q куч айланиш ўқи йўналиши бўйича таъсир этади (1,2-расмлар). Бу кучларни умумийси $\bar{F}_{рез}$ шарни цилиндрсимон труба деворларига маълум куч билан сиқади ва туташув нукталарида реакция кучларини ҳосил қилади.



1-расм. Цилиндрсимон юза билан шарни туташув нуктасидаги кучларни ҳисоблаш схемаси



2-расм. Шарга таъсир этувчи кучларни умумий схемаси

Уюрмаланган ҳаво турбулентли, юқори тезликли ва уч томонлама бўлганлиги учун уларни умумийсини аниқлаш анча мураккаб. Шунинг учун, $\bar{F}_{рез}$ шарни оғирлигидан ортиқ ва доимий муаллақ бўлган бир ҳолат кўриб чиқилади. Оқим томонидан шарга таъсир этиб ортидан олиб кетувчи F_μ , куч икки қисмга: ўқ ва айлана бўйича бўлиниши мумкин. Биз кўраётган ҳолат учун оқимни ўқ бўйича ҳаракатланиши:

$$F_\mu \sin \alpha = P,$$

бу ерда P - шарнинг оғирлик кучи

Умуман олганда, оқим томонидан шарга F_μ , магнус кучи таъсир қилади ва қуйидагича ифодаланади:

$$F_\mu = C_x \cdot \pi \cdot r_\omega^2 \cdot \rho_n \cdot \frac{V_{отн}^2}{2} \quad (1)$$

Цилиндрик труба билан шарнинг ўзаро боғланиши натижасида уларнинг туташув нуктасида реакция N кучи ҳосил бўлиб шар маркази йўналиши бўйича труба юзасига нормал кўринишда таъсир этади ва шар ҳаракатини тесқари томонига йўналтирилган ишқаланиш $F_{тр}$, кучи ҳосил бўлади.

Шарнинг цилиндрик труба билан туташув нуктасига юмалаб ишқаланиш моменти таъсир этади. Перпендикуляр текисликда жойлашган труба ўқига цилиндрик труба билан шарнинг туташувида ҳосил бўлган кучлар схемаси (2-расм) да келтирилган.

$$F_{тр} = N \cdot K_{тр.кач} \quad (2)$$

Цилиндрсимон труба билан шарнинг туташувида аниқланган шарга таъсир этувчи кучларни схематик кўриниши (2-расм) да ифодаланган.

Ҳамма кучларни X ва Y ўқларга проекциялаб олинган таҳлиллар асосида шарни бир текис айланиш ҳолати учун кучлар тенгламасини тузамиз. Умумий ҳолда ўқ координаталаридан куч проекцияси қуйидагича ечилиши мумкин:

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0, & F_{тр} &= F_\mu \\ \sum F_x &= 0, & N &= F_\mu - F_k - F_{маг} - F_q, \\ & & N &= F_{рез} \end{aligned}$$

$$\sum M = 0, \quad F_{\mu} \cdot r_{ш} = N \cdot K_{mp} \quad (3)$$

(3) тенгламага кучлар учун аввал олинган формулаларга кўйиб куйидагиларни оламиз:

$$C_x \cdot \pi \cdot r_{ш}^2 \frac{\rho_n \cdot V_{отм}^2}{2} \cdot r_{ш} = \frac{m \cdot V_{ш}^2}{R_{сп}} \cdot K_{mp} \quad (4)$$

$V_{отм} = V_n - V_{ш}$, билган ҳолда шарни оқимга нисбатан тезлиги

$$V_{ш} = \frac{V_n}{1 + \sqrt{\frac{2mK_{mp.кач}}{C_x \pi \cdot r_{ш}^3 \cdot \rho_n \cdot R_{сп}}}}, \quad (5)$$

Шарни ишлов берилаётган юзага қандай куч билан таъсир этаётганлигини тенглама (5) дан аниқлаш мумкин.

Марказдан қочма куч ёрдамида шарни юза қаламига сиқилишини куйидаги формула ёрдамида аниқлаш мумкин

$$F_{цен} \frac{m_{ш} \cdot V_{ш}^2}{R_{сп}} = \frac{m \cdot V_n^2}{R_{сп}} \left(1 + \sqrt{\frac{2mK_{mp.кач}}{C_x \pi \cdot r_{ш}^3 \cdot \rho_n \cdot R_{сп}}} \right)^{-2} \quad (6)$$

Оқим тезлигини ошиши пропорционал равишда шарни ишлов бериладиган юзадаги ҳаракатини ортишига, у ўз навбатида шарни марказдан қочма куч ёрдамида юза қатламга сиқилишини ошишига олиб келади. Юза қатламида деформацияланиш жараёнини ўтиши ва унга шароит яратиш учун шар билан ишлов берилаётган юзани туташувида ҳосил бўладиган туташув кучланишини аниқлаш талаб этилади.

Масалани соддалаштириш учун куйидаги чекланишларни бажарамиз:

- юзани абсолют силлиқ ва тоза ҳисоблаймиз;
- юзага нисбатан ўқ бўйича ҳаракатланиш инобатга олинмайди.

Биз кўриб чиқаётган ҳолат учун (4) формулани таҳлили шуни кўрсатадики, $r_{ш}$ радиусли шар R радиусли цилиндрни ички юзаси билан туташганда юмалаб ишқаланиш коэффиценти шарик диаметрига, шарик диаметрини ишлов бериладиган детал радиуси нисбатига, туташувчи юзаларни эластиклик модулига, сиқиш ҳамда қатламни юза ғадир-будирлигининг катталигига боғлиқ. Туташув нукта ўлчамларини кичиклиги материалларни оқиш чегараси миқдорини, пластик деформациялаш механизмини жойлашишини бузилишига олиб келади. Турбулентли уюрмали оқим ва юза қатламни бир хилда жипс эмаслиги, шарикни юзага микро уришлари борлиги ва ишлов берилаётган юзада шарни юқори тезлик билан ҳаракатланиши натижасида материалнинг оқувчанлик даражаси пухталанишининг ортиб боришини таъкидлаб ўтилиши лозим.

Юқорида йўл кўйилган кўрсатмаларга асосан идеал ҳолат учун тебранишнинг ишқаланиш коэффиценти:

$$K_{mp} = K \cdot a, \quad (7)$$

бу ерда:

a – туташув майдонини айлана бўйича катталиги;

K – туташув майдонидаги шарларнинг тенг таъсир қилувчи босим кучи ҳолатини ҳисобга олувчи коэффициент ($0 < K < 1$).

Таъсир майдонининг айлана радиуси катталиги:

$$a = 0,9086 \sqrt[3]{\eta \cdot F_{uu} \cdot r_n}, \quad (8)$$

бу ерда:

r_n – туташуш нуқтасидаги шар ва цилиндрнинг келтирилган радиуси,

$r_n = \frac{R \cdot r}{R - r}$ га тенг, F_{uu} – шарни юзага сиқувчи марказдан қочма куч;

η – тегувчи таналарни таранглик доимийси;

$$\eta = \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \quad (9)$$

бу ерда ν_1 , ν_2 , ва E_1 , E_2 – пуансон ва шарнинг таранглик модули коэффициентлари. Ўзаро таъсирланувчи таналарнинг таъсир кучланишини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\sigma = 0,5784 \sqrt[3]{\frac{F_u}{\eta^2 \cdot r_n^2}} \quad (10)$$

ёки

$$F_u = \frac{\sigma^3 \cdot \eta^2 \cdot r_n^2}{(0,5784)^3}$$

(9) ва (10)ларни (8)га қўйиб таъсир майдонини айланма радиусини топамиз.

$$\alpha = 0,9086 \sqrt{\frac{\sigma^3 \cdot \eta^2 \cdot r_n^2}{(0,5784)^3} \cdot \eta \cdot r_n} = 1,571 \cdot \sigma \cdot \eta \cdot r_n, \quad (11)$$

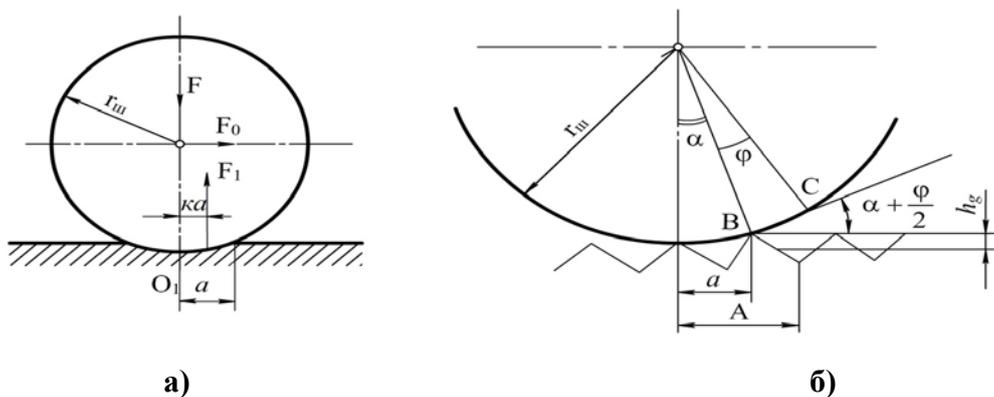
Умумий ҳолда (11) тенглама юқоридаги боғлиқликларни ҳисобга олиб қуйидагича ёзилади:

$$\frac{\sigma^3 \cdot \eta^2 \cdot r_n^2}{(0,5784)^3} = \frac{m \cdot V_n^2}{R \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{2mK_{mp.кач}}{C_x \pi \cdot r_{uu}^3 \cdot \rho_n \cdot R_{сп}}\right)^2}}. \quad (12)$$

(12) га тебраниш ишқаланиш коэффициенти қийматини қўйиб, баъзи ўзгартиришлардан сўнг шарларнинг юза билан ўзаро туташувида юзага келувчи таъсир кучланишларни аниқлашга ёрдам берувчи боғлиқликни оламиз:

$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_{uu}^3}{\eta^2 \cdot r_n^2 \cdot R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{1.234 \sigma \cdot \eta \cdot r_n^2}}\right)^2}. \quad (13)$$

ЭХМ ни қўллаб (13) тенгламани ечиш қуйидаги параметрларда амалга оширилади: пўлат материалли шарнинг радиуси $r=0,5 \div 3,0$ мм, таранглик модули $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, Пуансон коэффициенти $\nu=0,3$ цилиндр билан туташади ($R=10; 15; 20$ мм, $E=0,71 \cdot 10^{11}$ Па, $\nu=0,3$).



3-расм. Шар билан қатламнинг туташуви схемаси.
 а – идеал ҳолат учун; б – дефект қатламни ҳисобга олганда.

Реал шароитларда дефект қатламни мавжудлиги пластик деформацияланиш жараёнидаги кучланишлар катталигига сезиларли таъсир кўрсатади (ғадир-будирлик, оксид пленкалар, ифлосланиш ва ҳ.к.). Бунда микронотекисликлар чўққиси турли даражаларда жойлашади ва уларни пластик деформация зоналарида ҳосил бўлиши барча таъсир доғларида бир вақтда содир бўлмайди. Шарчанинг юза билан ўзаро таъсир ҳолатини, дефект қатламнинг мавжудлигини реал шароитларга яқин бўлишини ҳисобга олиб чиқамиз. 3,б-расмда микронотекислик қабарикларининг шар билан туташуви схемаси келтирилган. Аслида идеал ҳолатга қараганда реал шароитда ифлосланиш ва микротекисликлар мавжудлиги сабабли тебраниш ишқаланиш коэффициенти қиймати нисбатан юқори бўлади. 3,б- расмга мувофиқ тебраниш ишқаланиш коэффициенти :

$$K_{mp} = K \cdot A, \quad (14)$$

бу ерда:

K – таъсир майдонида шарнинг тенг таъсир қилувчи босим кучини ҳисобга олувчи коэффициент;

A – дефект қатламни ҳисобга олувчи майдон катталиги, бизнинг ҳолатда $A = R \cdot \sin(\alpha + \varphi)$ ёки $\alpha + \varphi$ кўринишда.

$$A = R (\alpha + \varphi). \quad (15)$$

ОВС учбурчакдан

$$\varphi = \frac{K}{r},$$

бу ерда

$$K = \frac{h}{\sin\left(\alpha + \frac{\varphi}{2}\right)} = \frac{h}{\alpha + \frac{\varphi}{2}}, \quad (16)$$

бу ерда h – дефект қатлам баладлиги

$$h = h_z + h_m, \text{ га тенг,}$$

бу ерда h_z – ифлосланган қатлам баладлиги; h_m – микронотекисликлар баландлиги.

Ўз навбатида

$$\varphi = \frac{h}{\left(\alpha + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot r_n} \quad (17)$$

бу ерда r_n - келтирилган шар радиуси.

Мурраккаб бўлмаган ўзгартиришлардан сўнг

$$\varphi = \sqrt{\alpha^2 + \frac{2h}{r_n}} - \alpha, \quad (18)$$

(18)ни (15)га қўйиб ва $\alpha = \frac{a}{2}$ га тенглигини билган ҳолда дефект қатламни ҳисобга олиб таъсир майдонини катталигини топамиз:

$$A = \sqrt{a^2 + 2hr} , \quad (19)$$

бу ерда

h – дефект қатлам баландлиги;

a – таъсир майдоннинг айланма катталиги:

(18) ва (19)га қўйиб ифлосланиш ва микронотеккисликларни ҳисобга олган ҳолда тебраниш ишқаланиш коэффициенти куйидагича ёзилади.

$$K_{mp} = K \sqrt{a^2 + 2hr_n} , \quad (20)$$

(20)ни ҳисобга олиб (13) тенгламани реал ҳолат учун куйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_{uu}^3}{\eta^2 r_n^2 R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{1,234 \sigma^2 \eta^2 r_n^2 + h \cdot r_n}}\right)^2} . \quad (21)$$

$h \geq 1,0$ мкм – да куйидагича содалаштириш мумкин:

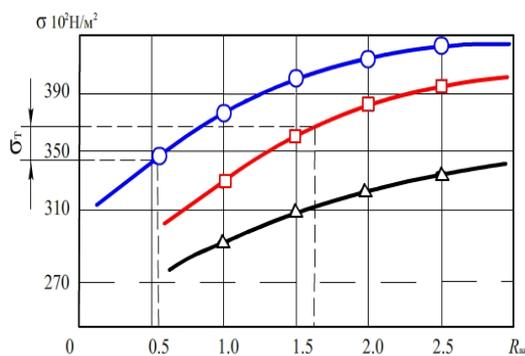
$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_{uu}^3}{\eta^2 r_n^2 R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{h \cdot r_n}}\right)^2} \quad (22)$$

ёки $r < R$ (10 мартадан ортиқ)

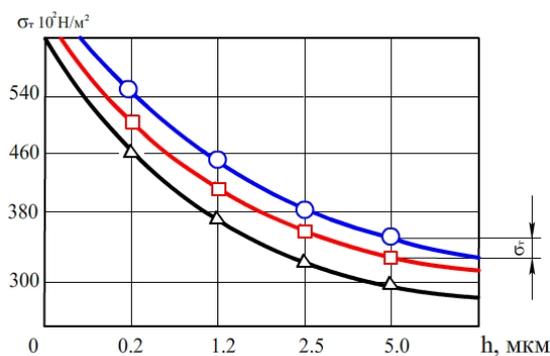
$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_{uu}}{\eta^2 \cdot R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{h \cdot r_n}}\right)^2} .$$

(22) тенгламани ечишда ЭХМни қўллаган ҳолда куйидаги параметрлар ораликларида олиб борилган: h – 0,2 мкм дан 10 мкм; R_{uu} – 0,5 мм дан 3,0 мм. R қийматни 10, 15, 20 мм га тенг деб оламиз.

4-расмда оқим тезлиги $V_n=90$ м/сек, ишлов бериладиган детал радиуси $R=20$ мм бўлганда шар радиусини контакт кучланишга таъсири келтирилган. Шар радиусини $R_m=2,5$ мм. гача ортиши уни деформациялаш таъсирини кўпайишига ва ўз навбатида контакт кучланишини ортишига олиб келади. Дефект қатлам h ни баландлиги кўпайиши контакт кучланишни камайтиради (5-расм).



4-расм. Шар радиусини контакт кучланишга таъсири ($V=90$ м/сек, $R=20$ мм)



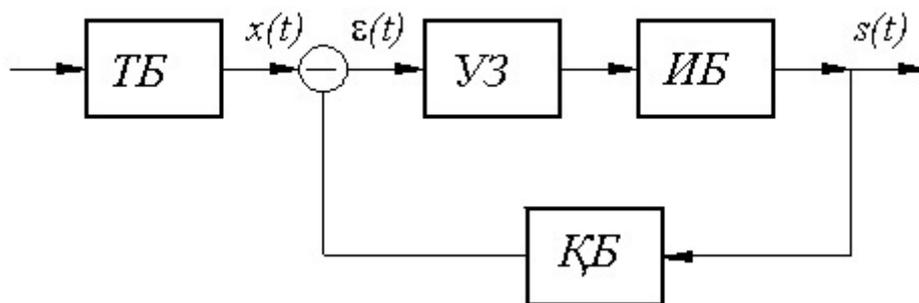
5-расм. Дефект қатламни контакт кучланишга таъсири

Буни изоҳи шундан иборатки, туташувчи жисмларни яқинлашишига ишлов берилётган юза қатламидаги ифлосланиш ва сиқилган ҳаво оқимидаги сув парлари конденсати мавжудлиги микро ғадир-будирликларда пленка ҳосил қилиб туташувчи юзаларни яқинлашишига тўсқинлик қилади. (21) дан кўриниб турибдики, кучланиш қийматига таъсир этувчи асосий параметрлардан бири оқим тезлиги V_n .

5-расмдан кўриниб турибдики, оқим тезлигини ортиши билан контакт кучланишлар кўпаяди. Олинган натижаларга мувофиқдир оқим тезлигини ортиши шарни айланиш частотасини кўпайишига ва марказдан қочма куч таъсирида шарни юзага кўпроқ сиқилишига олиб келади. Контакт кучланишнинг қийматига таъсир этувчи параметрлардан бири ишлов берилётган детал радиусидир. Шар диаметрини $R=2,5$ мм гача ортиши, уни деформацияловчи ҳаракатини ва контакт кучланишларни ортиши олиб келади. Юқорида олинган назарий ва эксперимент натижалари шарни юзага қандай куч билан таъсир этаётганини ва шарни юза билан туташувидаги контакт кучланишни аниқлаши мумкин. Бу ўз навбатида ишлов берилётган детални бошланғич ҳолати ва оқувчанлик даражасига боғлиқлигига асосланиб пардозловчи – мустаҳкамловчи ишлов бериш маромларини танлаш имконини беради.

Технологик жараёнларни созлаш ва технологик жиҳозларни автоматик бошқариш тизимида ҳар хил автоматлаштирилган қурилмалар ишлатилади.

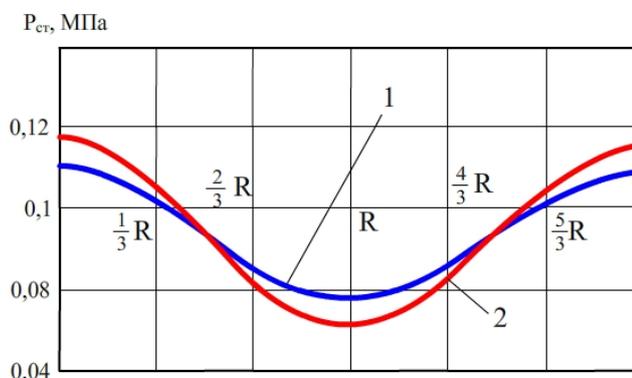
Пардозловчи – мустаҳкамловчи ишлов берувчи автоматлаштирилган технологик жиҳозларни бошқарув тизими механизмлар ва қурилмалардан ташкил топган бўлиб, уларни иши аниқ вақт бўйича бир-бири билан мослаштирилган бўлади. Пардозловчи – мустаҳкамловчи ишлов беришдаги берк занжирли бошқарув тизимини умумий схемаси 6-расмда келтирилган. У ўзини ичига: топшириқ берувчи (ТБ), ўзгарувчи (ўқ), иш бажарувчи (ИБ) ва қайта боғловчи (ҚБ) қурилмаларни олади.



6-расм. Пардозловчи-мустваҳкамловчи ишлов беришдаги берк занжирли бошқарув тизимини умумий схемаси

Цилиндрсимон деталларга пардозловчи-мустваҳкамловчи ишлов беришда топшириқ берувчи қурилма сифатида босим регуляторидан фойдаланилади. уюрмали камерага (ўзгартирувчи қурилма) кираётган ҳаво босими камера ичида айланма ҳаракатда бўлиб шарни айлантириш қувватига эга бўлган бошқарув сигналини беради. Қайта боғловчи алоқани мавжудлиги сигнални тўғрилаб турилишини таъминлайди.

Диссертациянинг «Цилиндрсимон ички юзаларга пардозловчи-мустваҳкамловчи ишлов беришда аэродинамик ҳаракатдаги автоматлаштирилган қурилмаларнинг параметрларини оптималлаштириш» деб номланган учинчи бобида ҳар хил қийматдаги босимда уюрмали камеранинг сопло кесимидаги статик босимни ўлчаш натижалари келтирилган. Кириш босимни ортиши камера деворларидаги статик босимни кўпайишга олиб келади. Уюрмали камера деворларида босимни ортиши оқимни радиал даражаланишини ва у ўз навбатида шарни айланиш майдонида уюрмали оқимни турбулентлигини ортишига олиб келади. Бу ўз навбатида юпқа деворли цилиндрсимон деталларга пардозловчи-мустваҳкамловчи ишлов беришда зарбалаш ҳолати рўй беради. Детал ўкига яқинлашиш сари статик босимни пасайишига ва уни миқдорини манфий (атмосфера босимидан оз) бўлишига олиб келади. Цилиндрсимон детал ўки бўйича манфий статик босимни сопло кесимида нисбатан тақсимланиши 7-расмда келтирилган.



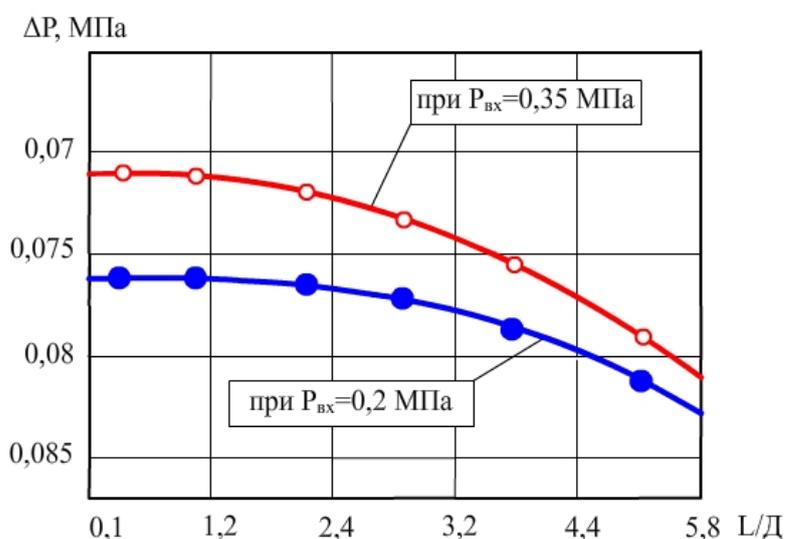
7-расм. Сопло кесимидан уюрмали камерага ҳар хил босим берилганда статик босимни тақсимланиши.

$P_{вх}=0,2$ МПа; 2 - при $P_{вх}=0,3$ МПа

Олинган натижалар шуни кўрсатадики, сопло кесимидан узоқлашиш атмосфера босими билан детал ўқидаги ΔP босим фарқи камайишига олиб келади.

Графикдан кўришиб турибдики, сопло кесимидан узоқлашиш манфий статик босим майдони текисланиб тўғриланишига олиб келади. Манфий статик босим майдонини сопло кесимидан $L/d=5$ масофада сақланиб қолиши жараёни секин ўтишига олиб келади. Шунинг учун детал диаметрини $2/3$ қисмини эгалланган майдонда атмосферадан ҳавони сўриш ҳолати рўй беради. Бу ҳолат ҳаво демпфери ҳосил бўлишига ва унинг натижасида шарларни юқорига ҳаракатланишига салбий таъсир этади.

Бундай ҳолатдан қутилиш учун ишлов берилган детални юқори қисмига ўрнатилган сеткали ушлагични марказий қисмини $2/3$ ишлов берилган детал диаметрига тенг бўлагини беркитиш керак.



8-расм. Сопло кесимидан цилиндрсимон детал ўқи бўйича нисбий статик босимни тақсимланиши.

Шундай қилиб, олиб борилган тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики босимни ўзгариши аэродинамик оқимни қайта тақсимланишига ва ўз навбатида ишлов бериладиган детал узунлигида шарни ҳар хил частотада бўлишига олиб келади. Бундан ташқари, аэродинамик оқимда деформацияловчи шарларни бўлиши оқим ҳаракатини ўзгаришига, ўз навбатида эса шарларни айланиш частотасини ўзгаришига ва ишлов бериладиган детал узунлигида нотекисликлар ҳосил бўлишига олиб келади. Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, детал узунлигини ортиши шарикни айланиш частотасини камайтиради. Буни изоҳи шундан иборатки, ҳосил бўладиган ишқаланиш кучи ва шарикни массаси оқим энергиясини камайтиради.

Пардозловчи – мустаҳкамловчи ишлов беришда юқори унумдорликка эришиш ва детал узунлиги бўйича талаб этилган сифат кўрсаткичини олиш бирданига кўп сонли шариклардан фойдаланилса мақсадга мувофиқ бўлади. Ярим фабрикатларни юзасига сифат бўйича қўйиладиган юқори талаблар ишлов бериш вақтини камайишига олиб келади, аммо олдинги жараёнга

кетадиган сарф-ҳаражатларни ошириб юборади. Мисол учун, диаметри 40 мм, узунлиги $L=200$ мм бўлган деталларни айланувчи шариклар ёрдамида ишлов берилганда ишлов бериш вақти $t=10\div 12$ минутни (думалатлаш меъёри $n=160-200$ айл/мин, $S=0,075$ мм/мин, ўтиш сони - 2) ташкил этади. Бизни ҳолат бўйича, юқориги детал учун ишлов бериш вақти $t=3$ мин. ташкил этади. Бундай таққослаш таклиф этилган усулни афзаллиги, қурилмани оддийлиги ва мосланувчанлигидан ташқари унумдорлиги билан фарқ қилади.

Ишлаб чиқаришни ривожланиши илмий-техника прогресси шароитида янги технологик жараёнларни яратишда тажриба тадқиқотларига бошқача ёндашишни тақозо этади. Технологик жараёнларни автоматлаштириш ва оптиматлаштириш муаммоларини ечими топиш, объектларни бошқариш масалаларини статик ва динамикада кўриш талаб этилади. Улар статик тадқиқотда яхши ечимига эга бўлиб объектни бир тизими ҳисобланади, кириш ва чиқишга эга бўлади. Ишлов бериладиган деталларнинг чиқиш характеристикаларига таъсир этувчи меъёрий параметрларга уюрмали каллакнинг киришидаги сиқилган ҳаво P_{ex} босим, шариклар диаметри $d_{ш}$ ва сони N киради. Технологик жараённи ишлов бериладиган деталнинг нисбий узунлигида ишловдан кейин (R_a) чиқиш ғадир-будирлигини, шарик диаметри ($d_{ш}$), шариклар сони N ва кириш босимига боғлиқлиги кўриб чиқилган. Юқорида олиб борилган тадқиқотлар бизга шарик диаметри ($d_{ш}=1.6\div 3.5$ мм) ва кириш босимини ($P_{ex}=0.2-0,35$ МПа) ўзгартириш натижасида уларни чегарасини аниқлаш имконини беради.

Диссертациянинг «**Технологик жиҳозларни лойиҳалаш ва автоматлаштиришнинг замонавий муаммолари**» деб номланган тўртинчи бобда олиб борилган комплекс назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида технологик жиҳозлар ва деталларни тайёрлашни автоматлаштириш, ишлаб чиқилган муҳандислик методикаси, аэродинамик ҳаракатдаги технологик жиҳозни асосий базавий мақсадли механизмини лойиҳалаш масалалари ечилган. Талаб этилган унумдорликни ва мосланувчанликни таъминлаш мақсадида ва ишлов бериш вақти 2-3 дақиқани ташкил этишини инобатга олиб $P=4$ позицияли параллел компоновкага эга бўлган технологик жиҳозни схемаси танлаб олинган.

Ишлатиб келинаётган ишлов бериш технологиясини (айланувчан шар билан думалатиш) ўрнига аэродинамик ҳаракатдаги технологик жиҳозни тажрибавий ишлаб чиқариш нусхасини татбиқи бир позицияда ишлов бериш вақти камайиши муносабати билан даврий унумдорлик 4 марта ўсиши кузатилади.

Диссертациянинг «**Аэродинамик ҳаракат таъсирида автоматлаштирилган қурилмаларни яратиш ва ҳисоблашнинг назарий асослари**» деб номланган бешинчи бобда аниқланган назарий ва экспериментал натижаларнинг умумий хусусиялари, текис юзали маҳсулотларни юклашда вакуум-қамраш, донадор майда деталларни транспортировкаш ва уларни тақсимлаш, горизонтал ва вертикал ўқ бўйича тешиқларга парчинларни ўрнатиш қурилмаларини лойиҳалаш ва ҳисоблашнинг назарий асослари келтирилган. Уюрмали оқимни сўриш қобиляти турли конструкцияларни

ишлаб чиқиш имконини беради. Қамраш майдонидаги сўриш даражасини катталиги тизимни кўпгина параметрларига боғлиқ, ҳамда уларни юк кўтариш қобилиятини ошириш учун тўғри келадиган математик моделларни ишлаб чиқиш талаб этилади. Ишчи ҳолатда, текис буюмлар қамралган ва сўргичнинг торец юзасига ёпишган, ҳамда таянч юза ҳисобланиб бўшлиқ P_0 ҳосил қиладиган реал ҳолатда абсолют текис юза бўлмайди, шунинг учун сўргич юзаси билан текис детал орасида майда каналлар мавжуд бўлиб улар ҳаво заррачаларини ўтказди. Бу ўз навбатида сўргичда вакуум ҳосил бўлишига салбий таъсир кўрсатади, ҳақиқий юк кўтариш қобилиятини камайтиради. Уюрмали оқимни сўриш қобилияти кўтариш кучини ҳосил қилади ва уни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$F = F_n + F_c = P_{\text{вак}} f_n + \int_{f_c} p df_c \quad (23)$$

$P_{\text{вак}}$ бўшлиқни тақсимланишини айланма канал орқали радиал йўналишда ўзгармас деб қабул қилинса куч F ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$F = \int_0^{2\pi} \int_{r_{e1}}^{r_{c1}} P_{\text{вак}} r dr d\alpha = \pi (r_{c1}^2 - r_{e1}^2) P_{\text{вак}} \quad (24)$$

Деталларни қамраш босқичида буюм юзасида статик босимни тақсимланиши асосида куч майдони ҳосил бўлиб уни таъсирида қамраш ҳосил бўлади. Қамровчи буюмни қамровчи қурилма билан ўқдош ҳолатда жойлашишида кўтариш кучи буюм юзасида бўшлиқ $P_v(r)$ ни тақсимланишини интеграллашган катталиги орқали аниқланади.

$$Q = \frac{Ac(P_n^2 - P_{\text{вак}}^2)}{\ln(R_H)} \quad (25)$$

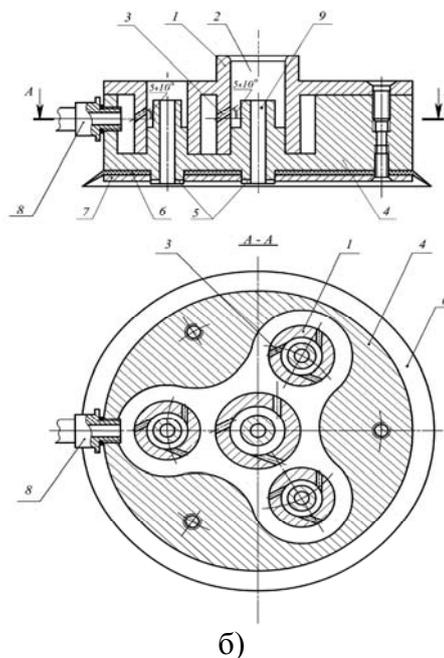
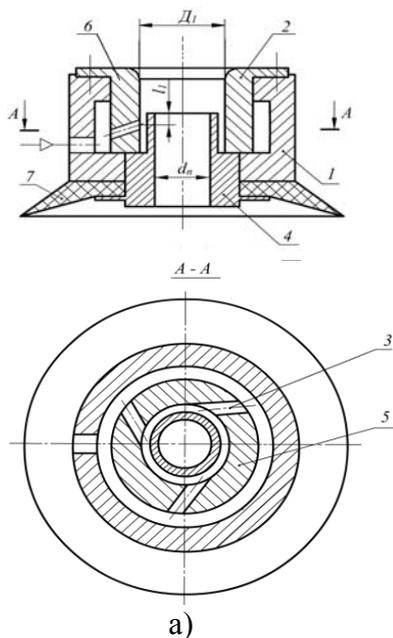
Юкловчи қурилмани лист материални юзасига таъсир этувчи кўтариш кучи F_z ни аниқлаш учун қамровчи қурилманинг таянч юзасидаги бўшлиқни ўзгартириш қонунияти ва оқимни сўрилиш кўринишини билиш зарур.

Ҳисоблар асосига ҳаво босимини детал юзасига боғлиқлиги ва уни ушланётган деталга нисбатан жойлашиши ва халқали каналда сийраклашиши, айланма ҳаво оқимини ясси детал билан боғлиқли назарияси олинган.

Агар детал юзасига йўналган радиал тақсимланишни ўзгармас ва P_0 босимга тенг деб қабул қилсак, кўтариш кучи қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$F_z = \int_0^{2\pi} \int_{r_{0s}}^{r_{0n}} P_0(r) dr d\alpha = \pi (r_{0n}^2 - r_{0s}^2) P_0 \quad (27)$$

Юклаш қурилманинг тезлигини ушлаш жараёнини вақти билан баҳоланади.



1-корпус; 2-уюрмали камера; 3-тангенциал тешиқлар; 4-цилиндрсимон патрубкa; 5-айланадиган тирқич; 6- цилиндрсимон патрубкa; 7-резинали манжета.

1-тана; 2-уюрмали камера; 3-тангенциал тешиқлар ; 4-цилиндрсимон патрубкa; 5-айланадиган тирқич; 6-резинали манжета; 7-таянч; 8-штуцер

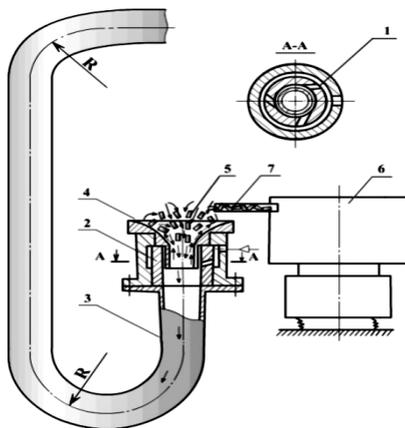
9-расм. Пневмоуюрмали қамровчи қурилмалар

Автоматик манипуляторларни қамровчи қисмини ишончлилиги ва уларни фойдали томонларидан бири айланма ҳаво эффектидан фойдаланиш, унинг марказий қисмида вакуум ҳосил бўлишидир. Бунга асосан пневмоуюрмали қамровчи қурилмаларнинг конструкциялари пневмоуюрмали оқимни функционал имкониятларидан, қамровчи элементни алоҳида хусусиятларидан, заготовкани оғирлиги ва бошқа факторларга боғлиқ.

Пневмоуюрмали қамрағичларни ишлаб чиқаришдаги синови (9-расм, а, б) уларни юқори ишончликда ишлашини кўрсатди. Уларни тайёрлаш оддий, ишлатиш қулай, арзон ва текис юзали заготовкаларни қамраш учун катта имкониятларга эгаллиги билан ажралиб туради. 9 а-расмда кўрсатилган марказдан қамраш қурилмаси диск автомобилларини ишлаб чиқаришда совуқ штамплash линияси таркибига киритилган. Бундан ташқари юқори сўриш қобилятига эга бўлган уюрмали қурилмадан жилвирлаш тошидан чиққан жилвир чангини сўришда, ишчи жойини қириндилардан тозалашда ва бошқа ишларда фойдаланиш мумкин.

Ташиш жараёни мураккаб ва кўплаб таъсир этувчи омиллар билан аниқланади. Бу омилларга материални физик-механик хусусиятлари (йириклиги, грануламетриқ таркиби, заррачалар шакли ва нисбий оғирлиги, намлик, ёпишқоқлик, қаттиқлик, мўртлик, ғовақлик), мослама тури, уни конструктив хусусиятлари, ҳаракатланиш схемаси, ишлаб чиқариш самарадорлиги ва бошқалар киради. Ҳозирги вақтда пневматик транспорт системасини ҳисоблашда эмпирик боғлиқликлар ва формулалар асос бўлиб хизмат қилади. Ҳисоблашнинг умумий назарий методологияси ва лойиҳалаш

тавсияларни йўқлиги сабабли иқтисодий тежамкор мосламаларни яратиш мушкул бўлиб қолмоқда. Ишда майда донадор деталларни ташиш жараёнларини автоматлаштиришда ва уларни етказиб беришда айланма ҳаво оқимлари энергиясини қўллаш самараси кўрсатилган, асосий конструктив ва режим ўлчовларини танлаш борасида амалий маслаҳатлар берилган. Транспорт мосламасида айланма спирал ҳаво оқимини ҳосил қилиш билан маҳсулотни ушлаш, уни ишчи зонага юқори интенсивликда етказиб бериш, фақат сиқилган ҳаво энергияси ёрдамида таъминлаш мумкин. Ташилаётган маҳсулотни барча массасини оқим йўналиши бўйлаб айланиши маҳсулот ташилишини хавсизлигини таъминлайди, мосламалар самарадорлигини кўрсатади (10-расм).



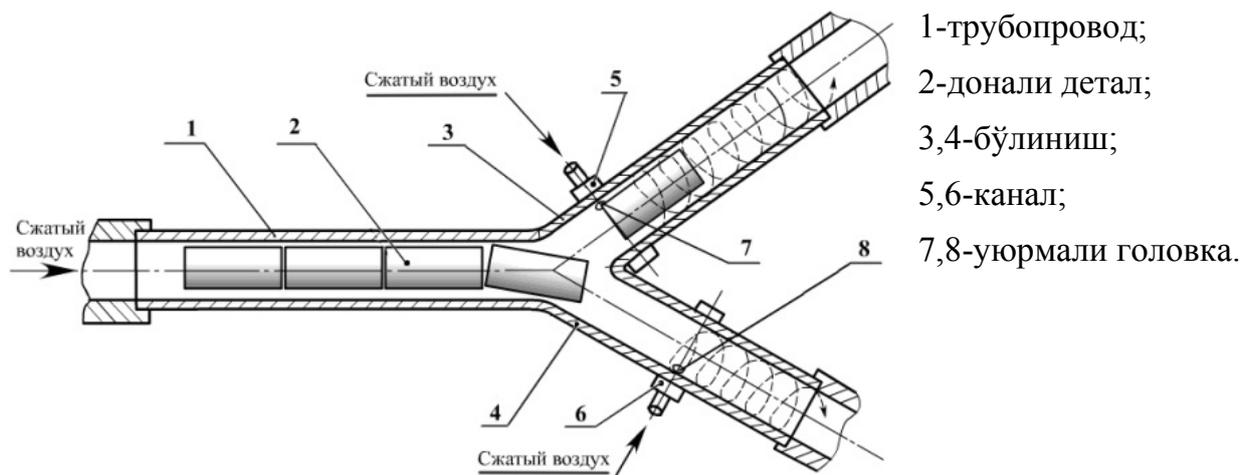
- 1-сопло;
- 2-ҳаво оқими камераси;
- 3-трубопровод;
- 4-патрубка;
- 5-маҳсулот;
- 6-вибробункер;
- 7-лоток.

10-расм. Аэродинамик ташиш-юклаш қурилмасининг схемаси.

Ҳозирги вақтда саноатда ташилаётган маҳсулотларни тақсимлашда турли конструктив функцияли қатор механизмлар қўлланилади (ҳаракатланувчи, механик мосламалар, тўсиқлар, пневматик клапанлар ва ҳоказо).

Цилиндрсимон деталларни узлуксиз равишда сиқилган ҳаво оқими билан транспорт трубопроводга етказилади, ажратиш жойида айланма ҳаракат таъминланади (юқори турбулентли спиралсимон ҳаво оқими марказида пасайган статик босим ҳосил бўлади). Айланма ҳаво оқими ҳисобига деталлар трубопроводга сурилади, бунда сиқилган ҳаво оқими жараён бошида тақсимланаётган трубопроводни бирига босим кўпроқ берилади. Бу ўз навбатида трубопроводни тақсимланиш жойида юқорироқ сўриш кучини ҳосил қилади ва умумий трубопроводдан келаётган биринчи детални ушбу тармоққа тақсимланиш имконини беради. Ишда донали деталларни тақсимлашни айланма ҳаво оқими энергиясига асосланган усули келтирилган (11-расм).

Детал сўриш зонасидан ўтаётганда каллакни сўриш кучини пасайишига сабаб бўлади. Шу пайтда иккинчи трубопроводга ҳосил бўлган сўриш кучи ҳисобига кейинги келаётган детал ўша томонга тақсимланади. Натижада донали маҳсулотлар узлуксиз равишда кетма-кетликда айланма оқим таъсири зоналарига ўтади, бирин кетинлик асосида мустақил равишда тақсимланиши таъминланади.



11-расм. Цилиндрсимон деталларни тақсимлаш усуллари.

Трубопроводга берилаётган сиқилган ҳаво оқимининг кириш босимини ўзгартириш билан маҳсулот доналарини силжиш тезлигини назорат этиш мумкин.

Айни бобда вертикал ва горизонтал ўқли тешиқларга парчинларни ўрнатиш жараёнини ўрганиш ва уларни автоматлаштириш натижалари келтирилган. Бириктирилаётган деталларни нисбатан мослаш, зарурий аниқлик билан териш масалаларини ечиш учун, аввало уларни бирикиш шартини аниқлаш лозим. Деталларни автоматик бирикиши фазода ориентация камчиликлари рухсат этилган бурилишлар ва силжишлар ҳал бўлганда амалга ошади.

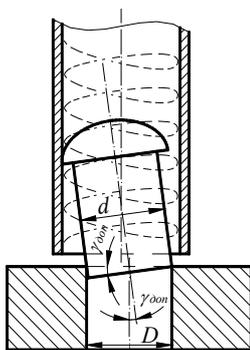
$$\begin{cases} \varepsilon_{\Delta} \leq \delta \\ \alpha_{\Delta} \leq \gamma \end{cases} \quad (28)$$

Йиғиш машинасидаги бажариш механизмлари конструкцияси жипслашган бўлса ўқларни рухсат этилган параллел силжиш катталиги бирикиш орасидаги тирқиш катталигига боғлиқ. Бирикиш орасидаги тирқиш қанча катта бўлса рухсат этилган параллел силжиш катталиги шунча кичик бўлади.

$$\delta = \frac{D-d}{2} + s_1 + s_2, \quad (29)$$

Ўрнатилаётган юза ўқларини рухсат этилган эгилиш бурчаги бирикишни бошланғич вақтида қуйидагича аниқланади (12-расм).

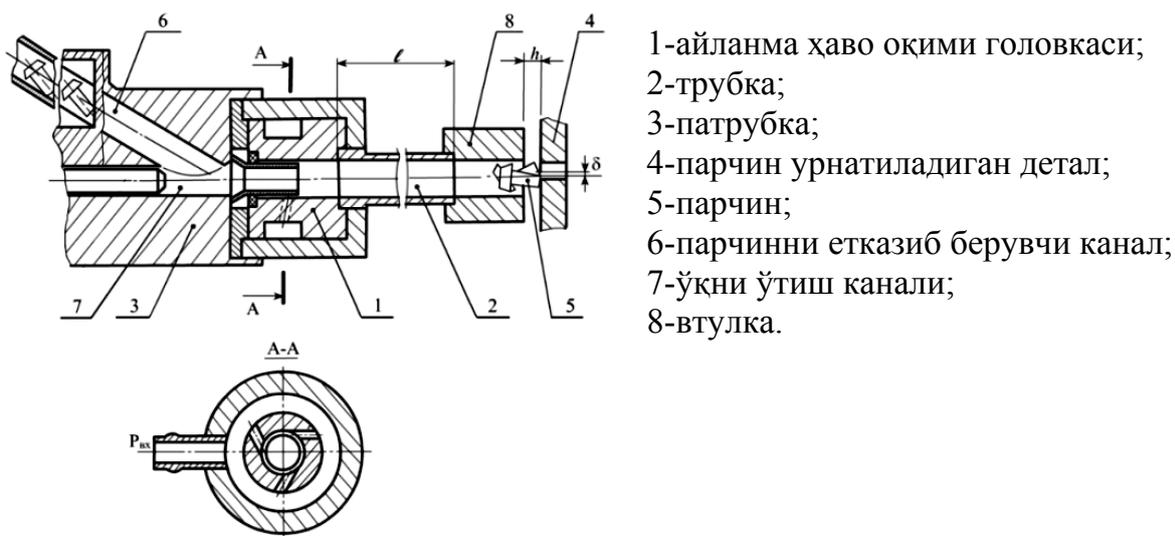
$$\gamma_{дон} = \arccos \frac{d}{D} \quad (30)$$



12-расм. Юза ўқларини рухсат этилган эгилиш бурчаги

Парчин-тешик кўринишидаги деталларни бирикишида тиқилиб қолиш ҳолатлари ўрганилганда йиғилаётган бирикма деталларини рухсат этилган нукта чегарасидан четга чиқиб кетса бирикма содир бўлмайди, тиқилиш ҳолати содир бўлади. Бу ҳолат юз бериши мумкин, қачонки

$$\frac{1}{d} \geq \mu + \left(\frac{D-d}{D} \right) \left(\frac{1+\mu^2}{\mu} \right) \quad (31)$$



- 1-айланма ҳаво оқими головки;
- 2-трубка;
- 3-патрубк;
- 4-парчин урнатиладиган детал;
- 5-парчин;
- 6-парчинни етказиб берувчи канал;
- 7-ўқни ўтиш канали;
- 8-втулка.

13-расм. Деталларни тешикларга жойлаш мосламаси

Сўриш натижасида парчин таъминлашдан керакли ҳолатда канал бўйлаб айланмасимон траектория билан ҳаракатланади ва уюрмалий каллак томон сўрилади. Парчин ва детал таъсирланиши вақтида ишқаланиш кучи пайдо бўлади, парчинни тешикни топишига имкон беради. Парчин детал тешигига нисбатан айланма ва тебранма ҳаракатларни амалга оширади. Ўқ кучини мавжудлиги парчинни тешик томон йўналишини таъминлайди ва у ориентация натижасида тешикка тушади.

Ишда аэродинамик таъсирли қурилмаларнинг технологик ва конструктив ўлчовларини танлашда амалий тавсиялар берилган ва уларни қўллашни самарали соҳалари кўрсатилган.

ХУЛОСА

Диссертацияда олинган илмий натижалар асосида куйидаги асосий хулосаларга эришилди.

1. Машинасозлик ишлаб чиқаришда автоматлаштирилган технологик жиҳозларнинг аэродинамик ҳаракат асосида лойиҳалашнинг концепция ва методологияси ишлаб чиқилган.

2. Цилиндрсимон деталларга пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов бериш, текис маҳсулотларни юклаш, вертикал ва горизонтал ўқли тешиқларга парчин миҳларни ўрнатиш учун янги аэродинамик ҳаракат асосида ишловчи автоматлаштирилган ускуналар лойиҳаланди.

3. Юпқа деворли цилиндрсимон деталларга тигли, пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов беришнинг мавжуд усул ва воситалари ёрдамида ишлов берилаётганган юзанинг зарурий ғадир-будирлигини ($Ra=0,16-0,08$ мкм) таъминлашнинг иложиси йўқлиги учун ишлов беришнинг ноанъанавий усуллари ишлаб чиқиш зарурияти пайдо бўлганлиги кўрсатилган.

4. Автоматлаштирилган технологик жараёнлар ва қурилмаларни яратишнинг методологиясини илмий асосланган ва шакллантирилган услублари ишлаб чиқилган.

5. Аэродинамик оқимни бир хил эмаслигини ва микротекисликларни мавжудлигини ҳисобга олган ҳолда шарни ишлов бериладиган юзага қатор зарбалар берилиши жараёнида ҳосил бўладиган туташув кучланишини ҳосил бўлиш назарияси ишлаб чиқилган ва технологик факторларнинг мақбул параметрларини танлаш имконияти яратилган.

6. Натижавий таркибий куч шарнинг оғирлик кучидан устун ва мустаҳкам мувозанат пайдо бўлиши ҳолатида қурилманинг белгиланган кўрсаткичларида эркин шар билан аэродинамик оқимларни ўзаро таъсир этиш механизми назарий тавсифланган.

7. Автоматик манипуляторларнинг қамраш механизмларини самарадорлиги ва ишончлилигини ошириш мақсадида вакуум ҳосил қиладиган айланувчан ҳаво оқимидан фойдаланиш тавсия этилган.

8. Технологик жиҳозларга узатиб берувчи транспорт трубаларининг эгилиш жойларида маҳсулот тикилиши ёки букилиб қолиш ҳолатларини олдини олиш учун аэродинамик эффект асосидаги автоматлаштирилган технологик қурилмалардан фойдаланиш зарурияти борлиги асосланган.

9. Пакетларнинг горизонтал жойлашган тирқишларига парчинни ўрнатиш технологик жараёнини лойиҳалаш тамойиллари аэродинамик эффектнинг ягона назариясига асосланган. Цилиндрсимон деталларнинг ички юзаларига пардозловчи-мустаҳкамловчи ишлов берувчи аэродинамик ҳаракатли автоматик жиҳозлар, майда дондор буюмларни транспортировка қилиш ва тақсимлаш учун юқори унумдорли автоматлашган технологик ускуналар, текис буюмлар учун вакуум ушлатиқлар, вертикал ва горизонтал ўқли тешиқларга парчинлар конструкцияларини лойиҳалаш ва ҳисоблаш билан изоҳланади.

10. Технологик операциялар орасида маҳсулотни ташишда, юклашда автоматлаштирилган аэродинамик ҳаракат асосида ишловчи қурилмалардан транспортировка ва юклаш мақсадида фойдаланишга илмий асосланган тавсиялар берилган, контактсиз ва урилмасдан тартибли амалга ошириш усуллари келтирилган.

11. Олиб борилган илмий изланишлар натижасидан олинган маълумотларни ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш билан боғлиқ масалаларини ечишда, якуний ишлов беришда, транспортировка қилишда, юклашда, йиғиш каби жараёнларда қўллаш нафақат машинасозликда, балки саноатнинг бошқа соҳаларида ҳам фойдаланилиши мумкин.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.27.06.2017 Т.03.02 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФАЙЗИМАТОВ ШУХРАТ НУМАНОВИЧ

**КОНЦЕПЦИИ И МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ
АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА**

**05.01.08 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами**

**АВТОРЕФЕРАТ
ДОКТОРСКОЙ (DSc) ДИССЕРТАЦИИ
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2017

Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан В 2017.1. DSc/Т32.

Докторская диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте.

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

Научный консультант:

Мамаджанов Алишер Мамаджанович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Турсунов Бахтиёр Мухамеджанович
доктор технических наук, профессор

Исмаилов Мирхалил Агзамович
доктор технических наук, профессор

Марахимов Авазбек Рахимович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «__» _____ 2017 г. в ___ часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017 Т.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете и Институте автоматизации по адресу: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер 8). Адрес: 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2017 года.
(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2017 г.).

Н.Р. Юсупбеков
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней
д.т.н. профессор, академик

Ш.А.Тураев
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, к.т.н., доцент

М.М.Мухитдинов
Председатель научного семинара при
научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время в мировой практике проводятся исследования по оптимизации использования энергоресурсов, разработки энергосберегающей техники и технологии и их внедрении в производство. Учитывая особенности контроля и управления технологическими процессами производства в развитых странах мира, концепция развития научно-технического прогресса является одной из актуальной проблемой при разработке высокопроизводительных надежных, энергосберегающих, технологических оборудования во всех отраслях промышленности. В этой связи, развитых странах мира, таких как США, Германия, Япония, Южная Корея, Китай, Россия и других достигнуты определённые достижения по повышению производительности, качество продукции и обеспечение их конкурентоспособности, снижение себестоимости изготовления изделий.

В мире большое значение уделяется решению сложной научно-технической проблемы обеспечения требуемого уровня достоверности и надёжности информации, разработке и реализации методов их обеспечения, что предопределяет потребность предприятий в технологическом оборудовании, основывающихся на современных методах управления. В автоматизации комплексных задач при проектировании нового типа оборудования особое место занимает фундаментальные исследования и нетрадиционные методы проектирования. В том числе, важными задачами считаются проектирование, расчет и разработка методов автоматизации технологического оборудования аэродинамического действия, обеспечивающие повышение производительности и высокую надёжность, качество продукции, оптимизация параметров отделочно-упрочняющей обработке с помощью управляющих, технических и программных средств. При обретении независимости в Республике особое внимание уделяется постоянному повышению требований к снижению использованной энергии и внедрению высокоэффективной техники и технологии в производство, повышению их надёжности и производительности. Достигнуты ощутимые результаты при создании высокоэффективных систем управления, повышению надёжности технологического оборудования и устройств. Поэтому повышение их эффективности в настоящее время является одной из приоритетных задач производства. В стратегию действий развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы поставлены задачи, «... по модернизации национальной экономики на основе повышения её конкурентоспособности¹». Результаты полученные в диссертационной работе в определенной степени служит для разработки мероприятия по внедрению в производство высокопроизводительных, надежных автоматизированных технологических процессов и оборудование аэродинамического действия.

¹ Указа Президента Республики Узбекистан « О стратегии действий по дальнейшему Развитию Республики Узбекистан» ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач предусмотренную в Указе Президента Республики Узбекистан « О стратегии действия по дальнейшему Развитию Республики Узбекистан» ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года, Постановлений Президента Республики Узбекистана №ПП-1442 от 15 декабря 2010 года « О приоритетах развития промышленности Республики Узбекистан в 2011-2015 годах», а также №ПП-2120 от 04 февраля 2014 года «О программе локализации производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на 2014-2016 годы» и принятых других проваво-нормативных документах.

Соответствия исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии в Республике на IV - «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий»

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации².

Исследованиям автоматизации технологических процессов с применением аэродинамического эффекта активно занимаются в University of Illinois at Chicago (USA), the Louvain Catholic Institute of (Belgium), в University Cantenbury (New Zealand), Hitachi, Matsubishu Electric (Japan), Siemens (Germany), Wuhan University (China), в Самарском Аэрокосмическом университете, в Московском энергетическом институте, в Московском государственном техническом университете, в Казанском университете (Россия), в Ташкентском государственном техническом университете (Узбекистан).

Аэродинамический эффект используется в исследованиях посвященных разделению воздуха на теплую и холодную в вихревых трубах, проводимых в Воронежской государственной технологической академии (Россия), очистка внутренней части кинескопа от инородных частиц в Львовском политехническом институте (Украина), при изучении динамики летательных аппаратов в Харьковском авиационном институте (Украина), при разработке устройств сборки цилиндрических деталей в «ЭНИМС», «ЦНИИТМаш» (Россия), разработка устройств контроля резьбовых соединений в Московском государственном техническом университете «СТАНКИН» (Россия).

В результате мировых исследований по совершенствованию и достижений полученных по использованию аэродинамического эффекта считается целесообразным проведение исследований по автоматизации технологического оборудования обработке внутренних поверхностей цилиндрических деталей, разработка устройств загрузки плоских изделий технологическому оборудованию, транспортирования мелких штучных изделий и разветвления их по ответвлениям, разработки установки для подачи заклепок в отверстие с вертикальной осью, разработка

² Электронный журнал «Упрочнение и обработка деталей», №5,2016(<http://www.mashin.ru>)

инструментальной оснастки в автоматизированной системе, разработка методов усиления быстроизнашивающихся конструкции установки .

Степень изученности проблемы. Научные основы автоматизации и управления технологическими процессами и производствами разработаны и изложены в трудах Г.А. Шаумяна, Л.И. Волчкевича, А.С. Проникова, А.И. Дашенко, Н.Р. Юсупбекова, Х.З. Игамбердиева, Ш.М. Гулямова, А.М. Мамаджанова, Н.М. Муминова, А.Р. Марахимова и других ученых.

Автоматизация отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей разработаны и изложены в трудах М.А.Балтера, И.В.Кудрявцева, Ю.М.Кулакова, А.В.Кзгиричека, В.Е.Зоткина, А.Г.Одинцова, Ю.Г.Проскуракова, В.В.Петросова, Д.Д.Папшева, Т.Ю.Степановой, М.М.Саверина, В.М.Торбило, Я.С.Фельдмана, Ю.Г.Шнейдера, П. И.Ящерицина и других ученых.

Разработке научных основ течения струйных вихревых потоков посвящены труды Г.Н.Абрамовича, Е.В.Герца, М.А.Гольдштика, Д.М.Левчука, А.П.Меркулова, А.И.Сутина, В.А.Бубнова, Г.П.Исупова, Б.Ю.Овсянникова, Б.А.Сентякова, Е.В.Стегачева, М.Г.Кристалль, Я.И.Проць и др.

Однако в научных публикациях в недостаточной мере рассмотрены вопросы отделочно-упрочняющей обработки внутренних поверхностей тонкостенных цилиндрических деталей. Несмотря на то что, в машиностроительных предприятиях для подачи плоских изделий и их загрузка в технологическое оборудование широко применяются автоматические манипуляторы, снабженные захватными устройствами различных типов. Однако существующие методы и конструкции имеют ограничения грузоподъемности из-за недостаточной степени разрежения в захватной области присоски.

Известные пневматические транспортные устройства для транспортировки мелких штучных изделий напорного (нагнетательного) и эжекторного (всасывающего) типа имеют недостаточную надежность особенно в местах поворота транспортных трубопроводов.

В самолетостроение установка заклепки в отверстие горизонтально расположенное отверстие пакета не всегда обеспечивает требуемой надежности и производительности сборки.

Решения вышеперечисленных проблем возможно с применением прогрессивных методов на основе энергии закрученных воздушных потоков. Широкий диапазон технологических возможностей аэродинамических потоков с учетом всех их достоинств определило направление данной работы, связанное с разработкой новых методов и устройств аэродинамического действия для автоматизации технологических процессов.

Связь проведенных исследований с планами научно-исследовательских работ высших образовательных и учреждений, где выполнена диссертация. Направление диссертационной работы связана с планом научно-исследовательской работы в области автоматизации и управление технологическими процессами и производствами, проводимой в Ферганском политехническом институте ОТ-Ф5-005 «Разработка

высокопроизводительных и конкурентоспособных технологических процессов механической обработки на основе создания наукоёмких методов и средств измерений, диагностики и контроля» (2007-2010) и ГНТП-20 «Разработка современных информационных систем, методов, технических средств и программных продуктов управления механической обработки деталей машин на основе диагностики, контроля и прогнозирования процесса резания металлов» (2011-2014)

Целью исследования является развитие научных основ создания и проектирования автоматизированного оборудования аэродинамического действия для повышения эффективности производства.

Задачи исследования:

обосновать и разработать научно-теоретические основы проектирования автоматизированного технологического оборудования аэродинамического действия для отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей,

исследовать физическую сущность технологического процесса автоматизированной отделочно-упрочняющей обработки с теоретическим анализом взаимодействия потоков с деформирующим элементом (шаром);

установить взаимосвязь выходных характеристик с конструктивными параметрами и физико-механическими свойствами обрабатываемой детали, определить наиболее благоприятное условие протекания процесса;

разработать математическую модель силового воздействия шара на обрабатываемую поверхность в закрученном воздушном потоке, основные зависимости для расчета кинематики движения шара в цилиндрических трубах;

обосновать и разработать автоматизированные устройства, осуществляющие загрузки плоских изделий, транспортировки мелких штучных изделий, установки заклепок в отверстие с вертикальной и горизонтальной осью.

Объектом исследования является автоматизация процессов отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей, сборка и транспортировка мелких штучных изделий машиностроительного производства.

Предмет исследования является возможность применения аэродинамического потока для автоматизации отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей, загрузки плоских изделий, транспортировки штучных изделий, установки заклёпок в горизонтальные и вертикальные отверстия.

Методы исследования. В диссертационной работе использовались основные положения теории производительности, методы экспериментального исследования и эксплуатационной надежности автоматических машин и линии, теория газовой динамики, аэродинамика закрученной струи, методы определения точности, методы управления технологическими системами, алгоритмы синтеза адаптивных систем управления, теория контроля линейных размеров, моделирование обтекания тел потоком сплошной среды.

Для проверки полученных теоретических предпосылок проведены экспериментальные исследования на специально разработанных установках с использованием современной измерительно-регистрающей аппаратуры. Результаты экспериментальных данных получены методами планирование эксперимента, обработаны с использованием теории автоматического моделирования и методов оптимизации

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обоснована и разработана научно-теоретические основы проектирования автоматизированного технологического оборудования аэродинамического действия для отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей;

исследована физическая сущность технологического процесса автоматизированной отделочно-упрочняющей обработки с теоретическим анализом взаимодействия потоков с деформирующим элементом (шаром);

установлена взаимосвязь выходных характеристик с конструктивными параметрами и физико-механическими свойствами обрабатываемой детали, определены наиболее благоприятные условия протекания процесса;

разработана математическая модель силового воздействия шара на обрабатываемую поверхность в закрученном воздушном потоке и основные зависимости для расчета кинематики движения шара в цилиндрических трубах;

разработаны автоматизированные устройства, осуществляющие загрузку плоских изделий, транспортировку мелких штучных изделий, установку заклепок в отверстие с вертикальной и горизонтальной осью.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается согласованностью итогов теоретических и экспериментальных исследований выполненных с использованием современных методов и средств. Надежность научных положений, выводов и рекомендаций основываются на данных полученных на предприятиях, подтвержденных протоколами опытно-промышленных испытаний и актами внедрения в производство, а также разработки концепции и методологии автоматизации отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей .

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке концепции и методологии автоматизированного технологического оборудования машиностроительного производства на основе аэродинамического эффекта, разработаны научно-теоретические основы проектирования автоматизированного технологического оборудования аэродинамического действия для отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей,

Практическая значимость работы заключается в том, что основные результаты работы могут быть использованы: для расчета и проектирования базовой конструкции автоматизированного технологического оборудования аэродинамического действия отделочно-упрочняющей обработки внутренних

поверхностей цилиндрических деталей; для проектирования высокопроизводительных беспроводных автоматизированных технологических комплексов, для транспортировки мелких штучных изделий и распределение их по ответвлениям; вакуумных захватов для плоских изделий, установки заклепок в отверстие с вертикальной и горизонтальной осью.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов работы концепции и методологии автоматизации машиностроительного производства аэродинамического эффекта:

разработаны и внедрены в производство АО «Farg'onaazot» - конструкция устройства отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей на основе аэродинамических явлений (Справка АО «O'zkiyosanoat» за № 01-4216П от 08.08.2017 г). Внедрение результатов научно-исследовательских работ позволило уменьшить трудовые затраты на 15 %;

разработаны метод, алгоритм и программные средства, определяющие контактные напряжения, которые внедрены в производство АО «Farg'onaazot» для обработки других видов материалов (Справка АО «O'zkiyosanoat» за № 01-4216П от 08.08.2017 г). Внедрение результатов научно-исследовательских работ позволило повысить производительность в 4-5 раз;

разработано устройство для отделочно-упрочняющей обработки гидроцилиндров и втулок, которые внедрены в производство АО «Farg'onaazot» (Справка АО «O'zkiyosanoat» за № 01-4216П от 08.08.2017 г). Внедрение результатов научно-исследовательских работ позволило обрабатывать другие виды материалов.

Апробация результатов исследования.

Результаты данного исследования обсуждались на 28 международных и республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 57 печатных работ, в том числе 1 монография, 25 журнальных статей, 28 материалов докладов на научно-технических конференциях, 1 патент и 2 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из пяти глав, выводов, перечня условных обозначений и приложений. Материалы диссертации изложен на 190 страницах, содержит 78 рисунка, 9 таблиц, список литературы из 111 наименований и 2 приложения.

В приложениях приведены программы и алгоритмы расчета.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введение обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным

направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, теоритическая и практическая значимость, представлены результаты внедрения полученных в результате диссертационной работы.

В первой главе диссертации **«Концепции и методология развития автоматизации технологического оборудования»** проанализированы область применения традиционных методов и средств отделочно-упрочняющей обработки внутренних поверхностей тонкостенных цилиндрических деталей, вакуумных захватов для манипулирования плоских изделий, автоматизация процессов установки заклепок в отверстия с горизонтальной осью, применение аэродинамического эффекта в технологических процессах, обоснованы цель и задачи исследований.

Существующие методы и устройства обработки внутренних поверхностей цилиндрических деталей не обеспечивают возросших требований производства и трудно поддаются автоматизации. Получение рабочей поверхности на тонкостенных цилиндрических деталях, методом раскатки с вращающимся шариком, характеризующиеся жестким контактом рабочего деформирующего элемента с обрабатываемой поверхностью. Недостатком жестких раскаток является достаточно большие деформации, распространяющиеся по всему сечению детали, которые приводят иногда к искривлению оси и изменению геометрии детали, неравномерной шероховатости обработанной поверхности. Технологический выход годных на операциях изготовления тонкостенных цилиндрических деталей составляет 60 %. При этом из технологических потерь на долю полусточковой расточки приходится около 19 %, а для доводки детали раскатником вращающимся шариком 21 %. Эти потери обусловлены шаржированием поверхности, изменением геометрии детали и неравномерной шероховатостью обработанной поверхности. Кроме того, практика показывает, что применение существующей технологии для вязких сталей и сплавов приводит к налипанию обрабатываемого материала на рабочую поверхность раскатника, что снижает качество обработки.

Одной из важнейших операций в значительной мере определяющей производительность в производстве дисков автомобиля является загрузка плоских заготовок в технологическое оборудование. Для данной операции используются автоматические манипуляторы, снабженные захватными устройствами различных типов. Однако существующие конструкции имеют ограничения грузоподъемности из-за недостаточной степени разрежения в захватной области присоски.

Пневматические транспортные устройства позволяют обеспечить более высокую производительность по сравнению с устройствами механического типа, экономить производственные площади, обеспечить лучшие условия труда рабочих. Известные пневматические транспортные устройства деталей напорного (нагнетательного) и эжекторного (всасывающего) типа имеют недостаточную надежность работы, особенно в местах поворота транспортных трубопроводов, ведущих к автоматизированному

оборудованию. Изделия заклиниваются в местах поворота, подвергаются смятию и т.д.

Одним из проблемных вопросов в машиностроении и приборостроении является автоматизация процессов сборки цилиндрических изделий и установки заклепок в отверстие с вертикальной и горизонтальной осью. Таким образом, широкий диапазон возможностей аэродинамических потоков и определило направление данной работы, связанное с разработкой новых методов и устройств аэродинамического действия для автоматизации технологических процессов.

Во второй главе диссертации **«Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных технологических процессов и устройств»** обосновано, что ввиду отсутствия до настоящего времени физических и математических закономерностей процессов, происходящих в устройствах аэродинамического действия, дальнейшее исследование проводилось поэтапно.

На первом этапе исследования определены закономерности протекания аэродинамических потоков в выбранной нами расчетной схеме и рассмотрены взаимодействия потока со свободно помещенным в него шаром (рис.1), возможные варианты устройств и выбраны среди них базовый для проектирования, автоматизированного технологического оборудования. Для получения конкретной зависимости, учитывающей влияние управляемых факторов на частоту вращения шара и силового воздействия его на поверхность, рассмотрим взаимодействие шара с потоком в процессе функционирования устройства. Учитывая, что внутри устройства создан стабильный вращающийся поток, рассмотрим подробнее причины возникновения и величины силы действующий на шар, помещенный в вихревой полости камеры.

Согласно (рис.2) схема сил приложенных к шару, поток газов, обтекающий шар, может быть разложен на две составляющие: осевую \overline{F}_z , действующую вдоль оси цилиндрической трубы и окружную \overline{F}_τ действующую касательно к цилиндрической трубе. Каждая из них по-разному действует на шар. Осевая составляющая перемещает шар вдоль оси трубы, окружная вызывает вращение шара с частотой, пропорциональной скорости потока и вращение вокруг собственной оси.

При равномерном вращении шара по окружности на него действует составляющая от центробежной силы $\overline{F}_{цен}$ и кориолисовой силы \overline{F}_κ . Кроме того, во вращающемся потоке с уменьшением радиуса давление воздуха падает, и на шар будет действовать сила \overline{F}_q по направлению к оси вращения (рис.1,2).

Результирующая сила этих составляющих $\overline{F}_{рез}$ прижимает шар с определенным усилием к стенкам цилиндрической трубы и вызывает появление силы реакции в точках контакта.

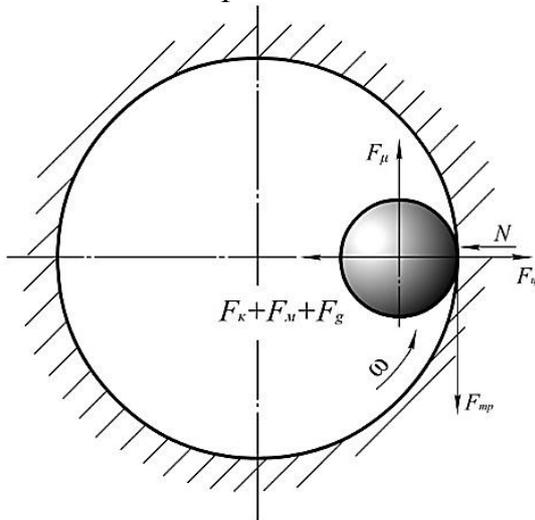


Рис.1. Расчетная схема сил в точках контакта шара с цилиндрической поверхностью

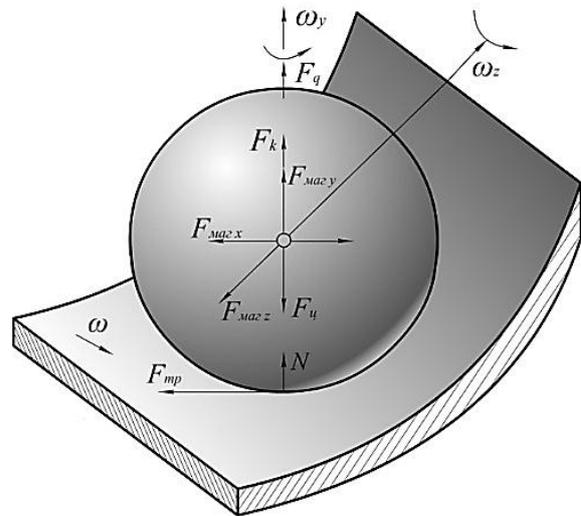


Рис.2. Схема сил, приложенных к шару

Задача определения результирующей составляющей силы, действующей на шар сложна тем, что поток является трехмерным, высокоскоростным и турбулентным.

Поэтому, рассматривался случай, когда сила $\overline{F}_{рез}$ превосходит силу веса шара и возникает ситуация устойчивого равновесия.

Увлекающая сила F_μ , действующая на шар со стороны потока, может быть разложена на две составляющие: осевую и окружную.

Для рассматриваемого случая с учетом допущений осевая составляющая потока $F_\mu \cdot \sin \alpha = P$, где P – сила веса шара.

В общем случае, со стороны потока на шар будет действовать сила магнуса F_μ , которая равна:

$$F_\mu = C_x \cdot \pi \cdot r_\omega^2 \frac{\rho_n \cdot V_{отн}^2}{2} \quad (1)$$

В результате взаимодействия шара с цилиндрической трубой в точках их контакта появится сила реакции N , действующая по нормали к поверхности трубы в направлении к центру шара, и сила трения $F_{тр}$, направленная в сторону, противоположную движению шара. В точках контакта шара с цилиндрической трубой будут действовать также моменты трения качения. На рис.2 показана схема сил в точках контакта шара с цилиндрической трубой в плоскости перпендикулярной оси трубы.

$$F_{тр} = N \cdot K_{тр.кач} \quad (2)$$

Выявленные нами силы, действующие на шар, схематично изобразим в момент контакта шара с цилиндрической трубой (рис.2).

На основе анализа полученных зависимостей составим уравнение сил на шаре для случая равномерного вращения, спроецировав все силы на оси X и Y.

В общем случае, уравнения проекции сил на оси координат могут быть записаны в виде:

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0, & \quad F_{mp} = F_\mu \\ \sum F_x = 0, & \quad N = F_u - F_k - F_{mag} - F_q, \\ & \quad N = F_{рез} \\ \sum M = 0, & \quad F_\mu \cdot r_{ш} = N \cdot K_{mp} \end{aligned} \quad (3)$$

Подставляя в уравнение (3) ранее полученные формулы для сил, получим:

$$C_x \cdot \pi \cdot r_{ш}^2 \frac{\rho_n \cdot V_{отн}^2}{2} \cdot r_{ш} = \frac{m \cdot V_{ш}^2}{R_{ер}} \cdot K_{mp} \quad (4)$$

Зная, что $V_{отн} = V_n - V_{ш}$, определим скорость шара относительно потока:

$$V_{ш} = \frac{V_n}{1 + \sqrt{\frac{2mK_{mp, кач}}{C_x \pi \cdot r_{ш}^3 \cdot \rho_n \cdot R_{ер}}}}, \quad (5)$$

Полученное выражение (5) позволяет найти, с каким усилием шар воздействует на обрабатываемую поверхность.

Центробежную силу поджатия шарика к поверхности можно определить по формуле

$$F_{цен} \frac{m_{ш} \cdot V_{ш}^2}{R_{ер}} = \frac{m \cdot V_n^2}{R_{ер}} \left(1 + \sqrt{\frac{2mK_{mp, кач}}{C_x \pi \cdot r_{ш}^3 \cdot \rho_n \cdot R_{ер}}} \right)^{-2} \quad (6)$$

С увеличением скорости потока пропорционально растет скорость перемещения шарика вдоль обрабатываемой поверхности, которая, в свою очередь, приводит к возрастанию центробежной силы поджатия шарика к поверхности. Для обеспечения условий, при которых произойдет процесс деформирования поверхностного слоя, необходимо определить контактные напряжения, возникающие в процессе контакта шарика с обрабатываемой поверхностью.

При этом для упрощения задачи сделаем следующие допущения:

- поверхности считаем абсолютно гладкими и незагрязненными;
- пренебрегаем осевым перемещением относительно поверхности.

Анализ формулы (4) показывает, что для рассматриваемого случая, когда шар радиусом $r_{ш}$ соприкасается с цилиндрической полостью радиуса R , коэффициент трения качения зависит от диаметра шарика, отношения

диаметра шарика к радиусу обрабатываемой детали, от модуля упругости контактируемых тел, от усилия, а также от величины микронеровностей поверхностного слоя.

При малых размерах пятен контакта, граница области течения материала столь мала, что нарушается дислокационный механизм пластических деформаций. В результате повышается предел текучести материала и, как следствие, контактные напряжения в месте контакта. Кроме того, высокая скорость перемещения шарика по поверхности обуславливает мгновенный контакт шарика с поверхностью и не позволяет развиваться процессу текучести. Возникают перенапряжения поверхностного слоя.

Следует отметить, что предел текучести материала в процессе обработки увеличивается вследствие наклепа, что вызвано высокой скоростью перемещения шарика вдоль обрабатываемой поверхности и наличием микроударов шарика о поверхность, возникающие вследствие неоднородности поверхностного слоя и турбулентности вихревого потока.

Согласно, указанным выше допущениям, коэффициент трения качения (рис.3 а) для идеального случая равен

$$K_{mp} = K \cdot a, \quad (7)$$

где a – величина круговой площадки контакта;

K - коэффициент, учитывающий положение равнодействующей силы давления шара на площадке контакта ($0 < K < 1$).

Величина радиуса круговой площадки контакта согласно определяется:

$$a = 0,9086 \sqrt[3]{\eta \cdot F_{uz} \cdot r_n}, \quad (8)$$

где r_n – приведенный радиус шарика и цилиндра в точке касания, равный

$r_n = \frac{R \cdot r}{R - r} \cdot F_{uz}$ – центробежная сила поджатия шарика к поверхности; η -

упругая постоянная соприкасающихся тел, равная

$$\eta = \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2}. \quad (9)$$

Здесь ν_1, ν_2 , и E_1, E_2 – соответственно коэффициенты Пуассона и модули упругости шара и цилиндра.

Значение контактных напряжений между соприкасающимися телами согласно можно записать в виде:

$$\sigma = 0,5784 \sqrt[3]{\frac{F_{uz}}{\eta^2 \cdot r_n^2}}, \quad (10)$$

или

$$F_{uz} = \frac{\sigma^3 \cdot \eta^2 \cdot r_n^2}{(0,5784)^3}$$

Подставляя (9) и (10), в (8) находим радиус круговой площадки контакта

$$\alpha = 0,9086 \sqrt{\frac{\sigma^3 \cdot \eta^2 \cdot r_i^2}{(0,5784)^3}} \cdot \eta \cdot r_i = 1,571 \cdot \sigma \cdot \eta \cdot r_i, \quad (11)$$

В общем случае уравнение (11), с учетом полученных выше зависимостей, можно записать в следующем виде:

$$\frac{\sigma^3 \cdot \eta^2 \cdot r_n^2}{(0,5784)^3} = \frac{m \cdot V_n^2}{R \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{2mK_{\text{тр. кач}}}{C_x \pi \cdot r_u^3 \cdot \rho_n \cdot R_{\text{сп}}}\right)^2}}. \quad (12)$$

Подставляя значение коэффициента трения качения в (12), после несложных преобразований, получим зависимость, позволяющую определить контактные напряжения, возникающие при взаимодействии шарика с поверхностью:

$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_u^3}{\eta^2 \cdot r_n^2 \cdot R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{1.234 \sigma \cdot \eta \cdot r_n^2}}\right)^2}. \quad (13)$$

Решение уравнения (13) с применением ЭВМ проводился при следующих параметрах: радиус стального шарика $r=0,5 \div 3,0$ мм, с модулем упругости $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициентом Пуассона $\nu=0,3$ контактирует с цилиндром $R=10; 15; 20$ мм, $E=0,71 \cdot 10^{11}$ Па, $\nu=0,3$.

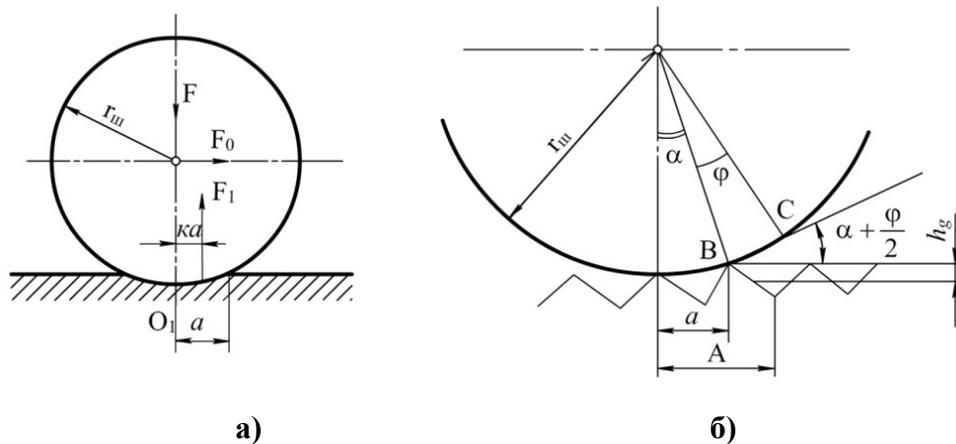


Рис. 3. Схема образования контакта выступов дефектного слоя с шаром.

а – для идеального случая; б – с учетом дефектного слоя.

На величину контактных напряжений при пластическом деформировании в реальных условиях существенно влияет наличие дефектного слоя (шероховатость, загрязнение пленки окислов и т.д.). При этом вершины микронеровностей располагаются на разных уровнях, и зарождение зон пластических деформаций происходит не одновременно во всех пятнах контакта.

Рассмотрим случай взаимодействия шарика с поверхностью с учетом наличия дефектного слоя, более близкий к реальным условиям.

На рис.3 б представлена схема образования контакта выступов микронеровностей с шаром. Реально из-за наличия загрязнений и микронеровностей значение коэффициента трения качения будет намного выше, чем в идеальном случае.

Согласно рис.3 б коэффициент трения качения равен:

$$K_{mp} = K \cdot A \quad (14)$$

где

K – коэффициент, учитывающий положение равнодействующей силы давления шара на площадке контакта;

A – величина площадки контакта с учетом дефектного слоя, равная в нашем случае $A = R \cdot \sin(\alpha + \varphi)$ или ввиду малости $\alpha + \varphi$.

$$A = R(\alpha + \varphi). \quad (15)$$

Из треугольника ОВС находим

$$\varphi = \frac{K}{r},$$

где

$$K = \frac{h}{\sin\left(\alpha + \frac{\varphi}{2}\right)} = \frac{h}{\alpha + \frac{\varphi}{2}}, \quad (16)$$

здесь h – высота дефектного слоя, равная

$$h = h_z + h_m,$$

где h_z – высота загрязненного слоя; h_m – высота микронеровностей.

В свою очередь

$$\varphi = \frac{h}{\left(\alpha + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot r_n} \quad (17)$$

где r_n – приведенный радиус шара.

После несложных преобразований получим

$$\varphi = \sqrt{\alpha^2 + \frac{2h}{r_n}} - \alpha, \quad (18)$$

Подставляя (18) в (15) и зная что $\alpha = \frac{a}{2}$, находим величину площадки контакта с учетом дефектного слоя:

$$A = \sqrt{a^2 + 2hr}, \quad (19)$$

где

h – высота дефектного слоя;

a – величина круговой площадки контакта.

Подставляя (18) в (19), получим значение коэффициента трения качения с учетом загрязнений и микронеровностей

$$K_{mp} = K \sqrt{a^2 + 2hr_n}, \quad (20)$$

С учетом (19) уравнение (21) для реального случая можно записать в виде:

$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_{iu}^3}{\eta^2 r_n^2 R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{1,234 \sigma^2 \eta^2 r_n^2 + h \cdot r_n}}\right)^2}. \quad (21)$$

При $h \geq 1,0$ мкм это выражение можно упростить:

$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_{iu}^3}{\eta^2 r_n^2 R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{h \cdot r_n}}\right)^2}$$

Или при $r < R$ (более, чем 10 раз)

$$\sigma^3 = \frac{6318 \cdot V_n^2 \cdot r_{iu}}{\eta^2 \cdot R \cdot \left(1 + \sqrt{58190 \frac{K}{R} \sqrt{h \cdot r_n}}\right)^2}. \quad (22)$$

Решение уравнения (22) с применением ЭВМ проведены при следующих пределах параметров: h – от 0,2 мкм до 10 мкм; R_{iu} – от 0,5 мм до 3,0 мм. Значения R принимались равными 10, 15, 20 мм.

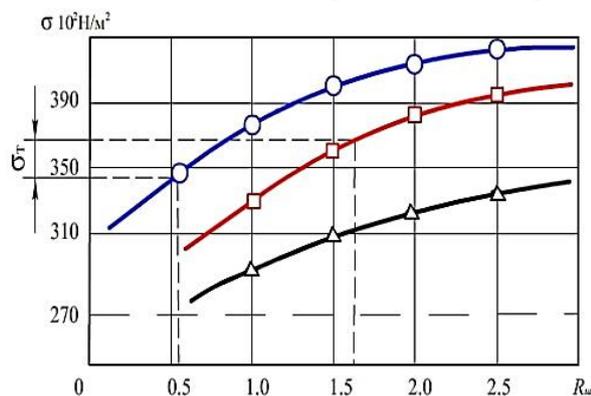


Рис.4. Влияние радиуса шара на контактное напряжение при $V_n=90$ м/сек, $R=20$ мм.
 ○ - при $h=2,5$ мкм; □ - при $h=5,0$ мкм;
 △ - при $h=10$ мкм

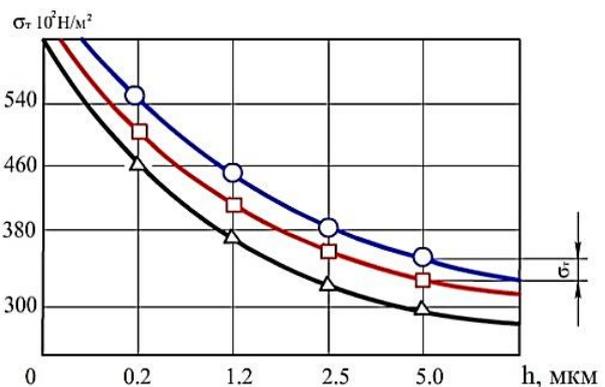


Рис.5. Влияние дефектного слоя на контактное напряжение при $r_{iu} = 1,0$ мм.
 ○ - при $V_n=100$ м/сек; □ - при $V_n=90$ м/сек; △ - при $V_n=80$ м/сек.

Влияние радиуса шара на контактные напряжения при скорости потока $V_n=90$ м/сек, радиуса обрабатываемой детали $R=20$ мм и p приведены на рис.4. При увеличении радиуса шара до $R_{ш}=2,5$ мм его деформирующее действие возрастает и, как следствие, увеличиваются контактные напряжения. С увеличением же высоты дефектного слоя h контактные напряжения уменьшаются (рис.5). Это объясняется тем, что наличие загрязнений на поверхности обрабатываемой детали, а также конденсации паров воды сжатого воздуха создают на выступах микронеровностей пленочный слой, который препятствует сближению контактируемых тел. Как следует из выражения (21) основным параметром, влияющим на величину контактного напряжения, является скорость потока V_n . Это дает возможность выбрать режимные параметры отделочно-упрочняющей обработки в

зависимости от предела текучести материала и исходного состояния поверхностного слоя обрабатываемой детали.

Для автоматического управления технологическим оборудованием и регулирования хода технологического процесса применяют различные автоматизирующие устройства.

Система автоматического управления технологическим оборудованием отделочно-упрочняющей обработки состоит из механизмов и устройств, обеспечивающих точное и согласованное во времени взаимодействие их работы. Обобщенная схема замкнутых систем управления отделочно-упрочняющей обработки представлена на рис.6. Она включает устройства: задающее (ЗУ), преобразующие (Пр), исполнительное (ИУ) и обратной связи(УОС).

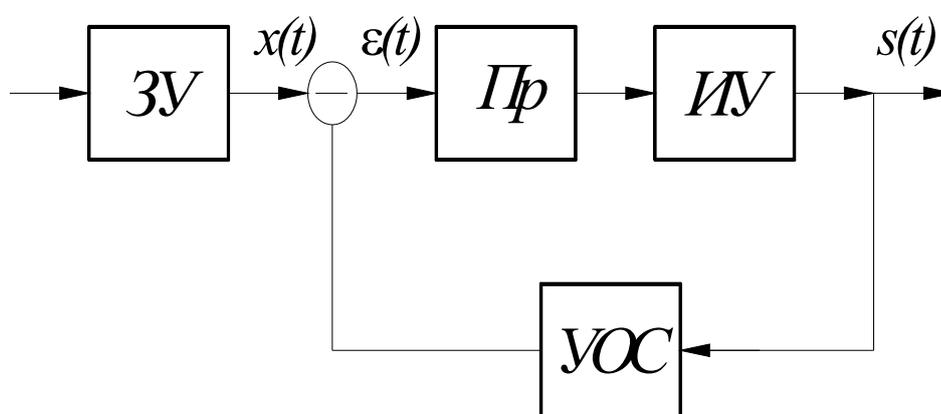


Рис.6. Обобщенная схема замкнутой системы управления отделочно-упрочняющей обработкой

В качестве задающего устройства для отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей используется регулятор давления. Входное давление, поступающее в вихревую камеру (преобразующее устройство) начинает вращаться внутри камеры и передает сигнал управления мощностью, достаточной для перемещения шариков. Наличие обратной связи позволяет корректировать исполнение сигнала.

В третьей главе диссертации «**Оптимизация параметров автоматических устройств аэродинамического действия для отделочно-упрочняющей обработки внутренних цилиндрических поверхностей**» представлены результаты измерения распределения статического давления в сопловом сечении вихревой камеры при различных значениях входного давления. С увеличением входного давления статическое давление у стенок камеры повышается. Повышенное давление на стенках вихревой камеры приводит к увеличению радиального градиента потока, который, в свою очередь, увеличивает турбулентность вихревого потока в зоне вращения шара. Это явление затрудняет проведение отделочно-упрочняющей обработки тонкостенных цилиндрических деталей ввиду увеличения ударных явлений в процессе обработки. По мере приближения к оси детали

статическое давление уменьшается и становится отрицательным (ниже атмосферного). Распределение отрицательного статического давления (разрежение) по оси цилиндрической детали при различных значениях относительного расстояния от соплового сечения приведены на рис.7.

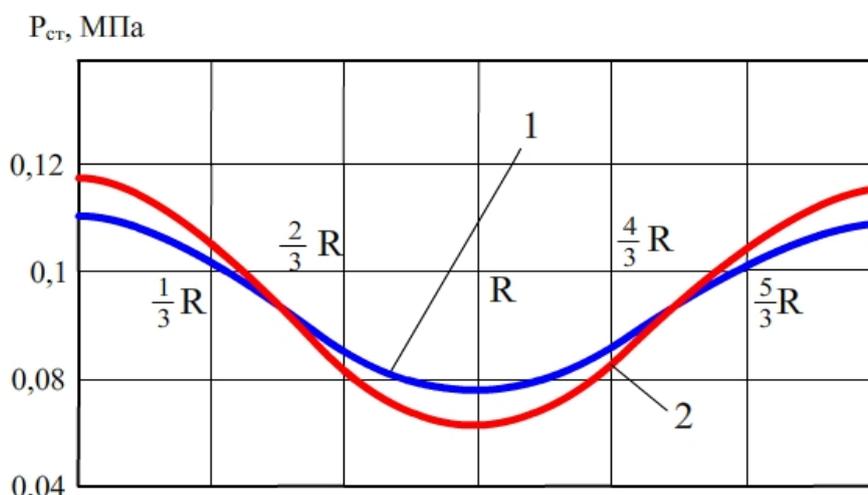


Рис.7. Распределение статического давления в сопловом сечении вихревой камеры при различных значениях входного давления
1 - при $P_{вх}=0,2$ МПа; 2 - при $P_{вх}=0,3$ МПа

Полученные результаты показывают, что по мере удаления от соплового сечения разность между атмосферным давлением и давлением на оси детали ΔP уменьшается. Как видно из графиков по мере удаления от соплового сечения поле отрицательного статического давления стремится к выравниванию. Однако этот процесс протекает сравнительно медленно на относительном расстоянии от соплового сечения, $L/D = 5$ и зона отрицательного статического давления сохраняется. Поэтому в этой зоне, занимающей $2/3$ части диаметра детали, будет иметь место подсос воздуха из атмосферы. Это явление оказывает отрицательное влияние на перемещение шариков вверх за счет образования воздушного демпфера. Для его устранения в процессе обработки необходимо закрывать центральную часть сеточной перегородки на $2/3$ диаметра обрабатываемой детали. Таким образом, проведенные эксперименты показали, что изменение давления приводит к перераспределению аэродинамических потоков, которое в свою очередь должно вызывать различную частоту вращения шариков по длине обрабатываемой детали. Кроме того, наличие в аэродинамическом потоке деформирующих шариков приведет к перестройке движения потока, следовательно, к изменению частоты вращения шариков. В результате следует ожидать неравномерность обработки по длине обрабатываемой детали.

Как показали исследования, с увеличением длины детали частота вращения шарика падает. Это объясняется тем, что масса шарика, сила трения, возникающая при контакте шарика с обрабатываемой поверхностью, уменьшают энергию потока.

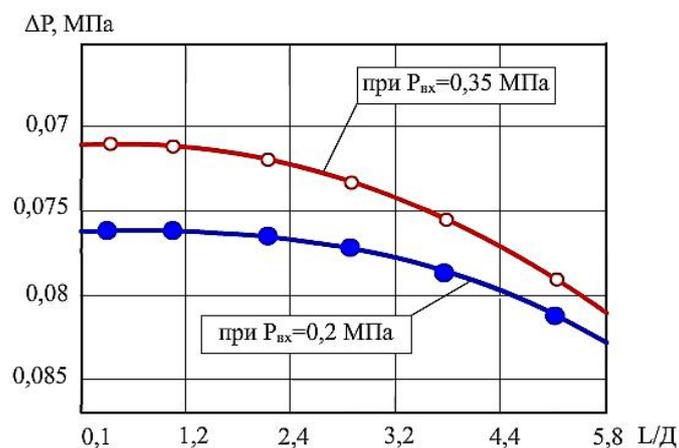


Рис.8. Распределение отрицательного статического давления по оси цилиндрической детали при относительном расстоянии от соплового сечения

Получение требуемого качества по всей длине детали и достижение высокой производительности отделочно-упрочняющей обработки возможно лишь при одновременном использовании большого количества шариков. Чрезмерное повышение требований к качеству поверхности полуфабрикатов хотя и приводит к сокращению времени обработки, но намного увеличит затраты на предшествующие операции (рис.8). Например, для раскатывания с вращающимся шариком обрабатываемой детали диаметром $D_n=40$ мм, длиной $L=200$ мм время обработки составляет $t_p=10\div 12$ минут (режимы раскатывания: $n=160\div 200$ об/мин; $S=0,075$ мм/мин, количество двойных проходов - 2). В нашем же случае, для указанной выше детали, длительность обработки составляет лишь $t_p=3$ мин. Такое сравнение явно показывает достоинства прилагаемого метода не только в отношении мобильности и простоты устройства, как ранее отмечено, но и по производительности.

В условиях научно-технического прогресса происходит пересмотр взглядов на экспериментальные исследования при разработке новых технологических процессов. Решение проблемы автоматизации и оптимизации технологических процессов потребовало рассмотрения задачи управления объектами, как в статике, так и динамике. Они достаточно хорошо решаются при экспериментально-статическом подходе, когда объект рассматривался как некоторая система, имеющая определенные входы и выходы. Основными режимными параметрами, влияющими на выходные характеристики обрабатываемой детали, является давление сжатого воздуха на входе в вихревую головку $P_{вх}$, диаметр $d_{ш}$ и количество N шариков.

Рассмотрим технологический процесс, в котором выход шероховатости (R_a) после обработки на относительной длине обрабатываемой детали зависит от диаметра $d_{ш}$, количество шарика N и входного давления $P_{вх}$. Проведенные предварительные экспериментальные исследования позволили выбрать диапазоны варьирования диаметра шариков ($d_{ш}=1,6 - 3,5$ мм) и входного давления ($P_{вх}=0,2 - 0,35$ МПа).

В четвертой главе диссертации «Современные проблемы проектирования технологического оборудования и их автоматизация» на

основе комплекса проведенных теоретических и экспериментальных исследований решены задачи проектирования технологического оборудования и автоматизация изготовления деталей, разработана инженерная методика, согласно которой спроектировали основной базовый целевой механизм технологического оборудования аэродинамического действия.

С целью обеспечения требуемой производительности и мобильности и учитывая, что длительность обработки составляет в пределах 2-3 минуты, была принята схема компоновки технологического оборудования параллельного действия с числом позиции $P=4$.

Проведенные испытания опытно–промышленного образца технологического оборудования аэродинамического действия внедренного взамен существующей технологии обработки (раскатывание с вращающимся шариком) показало повышение цикловой производительности одной позиции в 4 раза за счет уменьшения времени обработки;

В пятой главе диссертации **«Теоретические основы расчета и разработка автоматизированных устройств аэродинамического действия»** получены теоретические и экспериментальные результаты которые имеют общий характер и стали основой при разработке автоматизированных технологических устройств, таких как вакуум – захвата для загрузки плоских изделий, транспортирования мелких штучных изделий и распределения их по ответвлениям, установки заклепок в отверстие с горизонтальной и вертикальной осью. Эжектирующая способность вихревого потока позволило разработать ряд конструкции захватных устройств. Степени разрежения в захватной области зависят от множества параметров системы и для изыскания возможности их повышения грузоподъемности и быстродействия требуется разработка соответствующих математических моделей.

В рабочем состоянии, когда плоское изделие захвачено и прилегает к торцевой поверхности присоски, являющейся опорной поверхностью создается разрежение $P_{\text{вак}}$. Как известно, реальная поверхность не бывает абсолютно гладкой, поэтому между поверхностями присоски и плоской детали образуются мельчайшие каналы, пропускающие микро потоки сжатого воздуха. Это в свою очередь снижает эжектирующие способности присоски и фактическую грузоподъемности.

Эжектирующая способность вихревого потока создает подъемную силу, которую можно определить:

$$F = F_n + F_c = P_{\text{вак}} f_n + \int_{f_c} p df_c, \quad (23)$$

Если принять распределение разрежения $P_{\text{вак}}$ в радиальном направлении по кольцевому каналу постоянным, то сила F

$$F = \int_0^{2\pi} \int_{r_{e1}}^{r_{c1}} P_{\text{вак}} r dr d\alpha = \pi (r_{c1}^2 - r_{e1}^2) P_{\text{вак}} \quad (24)$$

При симметричном расположении поверхностей стыка, значение минимально необходимого объемного расхода Q^{min} , для поддержания $P_{вак}$, обеспечивающего заданную грузоподъемность ЗУ после захватывания изделие, можно получить по выражению:

$$Q = \frac{Ac(P_n^2 - P_{вак}^2)}{\ln(R_H)} \quad (25)$$

На этапе, непосредственного захватывания, под действием распределенного статического давления (разрежения) на поверхности изделие, возникает силовое поле, в результате действия которого происходит захватывание. При соосном расположении захватываемого предмета подъемная сила захватного устройства определяется интегрированием распределения величины разрежения $P_g(r)$ по поверхности изделия:

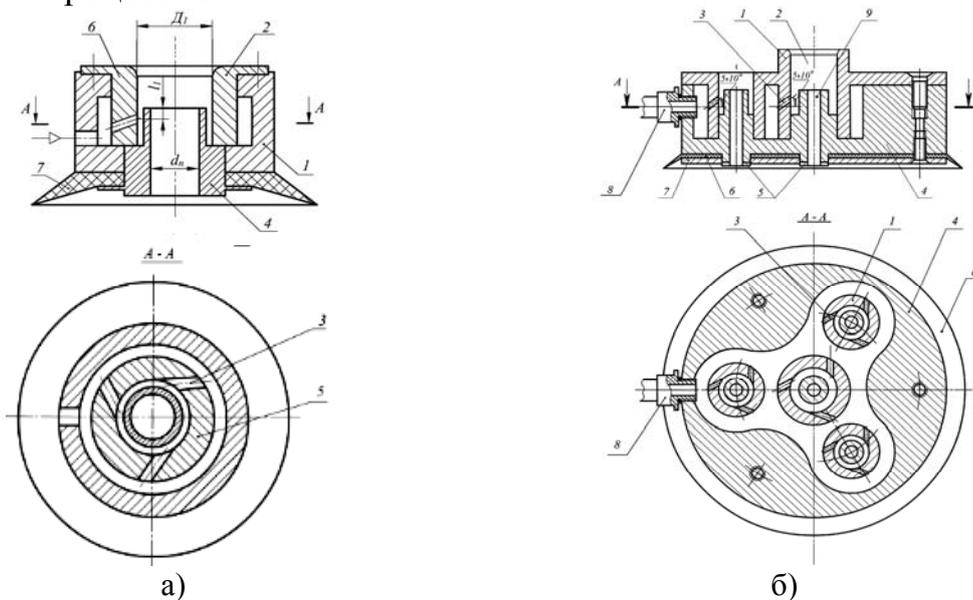
$$F_z = \int_0^{2\pi} \int_{r_{об}}^{r_{он}} P_g(r) dr d\alpha \quad (26)$$

Для определения подъемной силы F_z , действующей на поверхность листового материала со стороны загрузочного устройства, достаточно и необходимо знать форму засасывающего потока и зависимость закона изменения разрежения до опорной поверхности захватного устройства.

Если распределение разрежения в радиальном направлении на поверхности изделия принять постоянным и равным давлению P_g , то подъемная сила оценивается следующим образом:

$$F_z = \int_0^{2\pi} \int_{r_{об}}^{r_{он}} P_g(r) dr d\alpha = \pi(r_{он}^2 - r_{об}^2)P_B \quad (27)$$

Быстродействие работы захватного устройства оценивается временем протекания процесса захватывания.



1-корпус; 2-вихревая камера; 3-сопла;
4-цилиндрический патрубок;
5-кольцевой зазор; 6- цилиндрический
патрубок; 7-резиновая манжета.

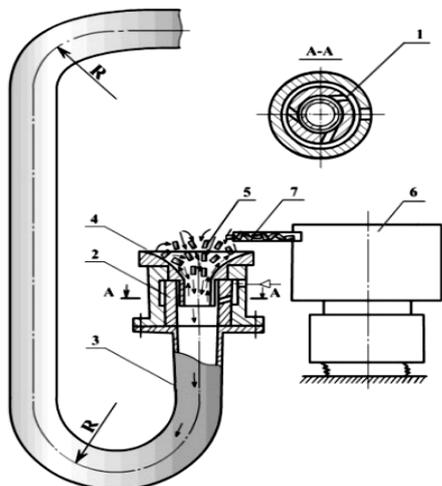
1-корпус; 2-вихревая камера; 3-сопла;
4-цилиндрический патрубок;
5-кольцевой зазор; 6-резиновая
манжета; 7-упор; 8-штуцер.

Рис.9. Пневмовихревые захватные устройства

Одним из путей повышения эффективности и надежности захватных органов автоматических манипуляторов является применение эффекта закрученного воздушного потока, создающего в приосевой области зону пониженного давления (вакуум). На этой основе разработан ряд конструкций пневмовихревых захватов с учетом функциональных возможностей пневмовихревого потока, характерных особенностей элементов захвата, веса заготовки и ряд других факторов. Промышленные испытания пневмовихревых захватов (рис.9. а, б) показали высокую надежность его работы. Они просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, экономичны и обладают широким диапазоном захватываемых плоских заготовок. Конструкция (рис.9, а) с центральным захватом, внедрен в производство в состав линии холодной штамповки диска автомобиля. Кроме того, благодаря высокой вакуумирующей способности разработанного вихревого устройства можно применить и для отсоса наждачной пыли от шлифовального круга, очистки рабочих зон от стружки и т.д.

Процесс транспортирования весьма сложен и определяется многообразием действующих факторов. К этим факторам можно отнести физико-механические свойства материалов (гранулометрический состав по крупности, удельный вес частиц и их форма, влажность, липкость, твердость, хрупкость, пористость, абразивность), тип установки и ее конструктивные особенности, схема движения, производительность и др. В настоящее время эмпирические зависимости и формулы служат основой для расчета систем пневматического транспорта. Создание наиболее экономичных установок при отсутствии достаточных общей теории методики расчета и проектных рекомендаций остается затруднительным.

В работе показано эффективность применения энергии закрученных воздушных потоков для автоматизации процессов транспортирования мелких штучных изделий и распределения их по ответвлениям, даны практические рекомендации по выбору основных конструктивных и режимных параметров. Создавая в транспортном устройстве вращающийся спиральный воздушный поток, можно обеспечить захват изделий и высокоинтенсивную подачу их в рабочую зону только посредством энергии сжатого воздуха.



- 1-сопло; 2-вихревая камера;
- 3-трубопровод; 4-патрубка;
- 5-изделие; 6-вибробункер;
- 7-лоток.

Рис.10. Транспортно-загрузочное устройство аэродинамического действия

Вращение всей массы транспортируемых изделий по винтовому направлению потока обеспечивает повышенную надежность транспортирования изделий и, следовательно, высокую производительность таких устройств (рис.10). В настоящее время в промышленности для распределения транспортируемых изделий по ответвлениям применяют целый ряд механизмов различного конструктивного исполнения (подвижные механические приспособления, заслонки, отсекатели, пневматические клапаны и т.д.). Оптимальное распределение по ответвлениям цилиндрических штучных изделий, рассматриваемое ниже, сформулирован относительно к типу параллельно работающих станков, т.е. в общем случае поток изделие может распределяться между несколькими различными процессами, дающими одинаковую продукцию (рис. 11).

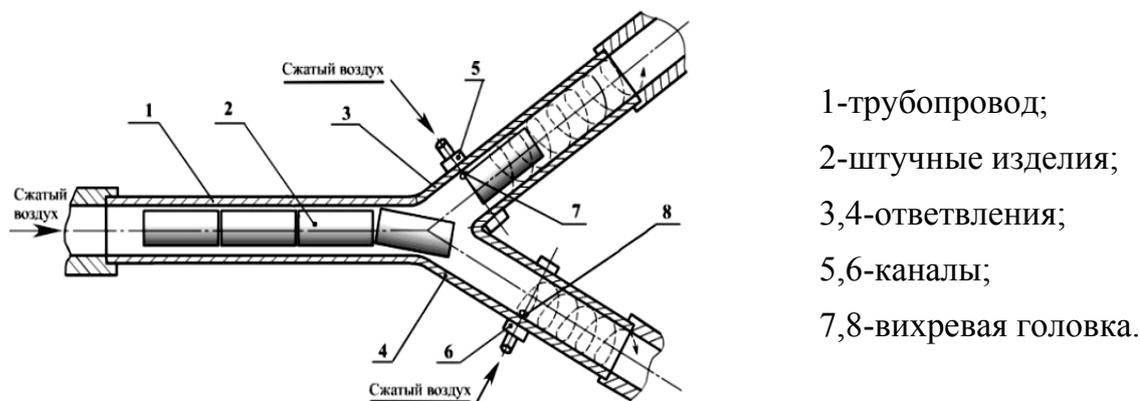


Рис.11. Способ разделения потока цилиндрических изделий.

В работе предложен способ и устройств по ответвлениям распределения штучных изделий, основанный на использовании энергии пневмовихревого потока (рис.11).

Штучные изделия непрерывным потоком подают струей сжатого воздуха к месту разделения транспортного трубопровода на ответвления, куда по каналам подают струи сжатого воздуха, сообщая им в ответвлениях вихревое движение (высокотурбулентное спиралевидное течение воздуха с образованием в центральной зоне струи области пониженного статического давления). Изделия за счет эжекционного эффекта вихревой струи всасываются в ответвления, где им сообщается винтовое прецессирующее движение в направлении их транспортирования. При этом, в начальный момент, струю сжатого воздуха в одно из ответвлений, например, в ответвление 3 подают под большим давлением, создавая в нем большую степень разрежения, куда и будет эжектироваться первое изделие потока. Изделия поочередно проходят зону действия вихревых струй, последовательно закрывают и открывают зону сопел в ответвлениях. В результате осуществляется самоуправляемое разделение непрерывного потока штучных изделий. Изменяя входное давление струй сжатого воздуха, подаваемых в трубопровод и его ответвления, можно регулировать скорость

перемещения изделий, а, следовательно, и пропускную способность пневмотранспортной системы в целом. Причем, сообщение изделиям винтового прецессирующего движения значительно уменьшит их трение о стенки трубопровода и сцепляемость друг с другом.

В данной главе приведены также результаты исследований процессов сборки цилиндрических изделия и установки заклепок в отверстие с вертикальной и горизонтальной осью и их автоматизация.

Для решения задач относительного ориентирования соединяемых деталей на позиции сборки с требуемой точностью необходимо, прежде всего, определить условия их соединения. Автоматическое соединение деталей будет возможно лишь в том случае, если суммарные погрешности относительной ориентации в пространстве соединяемых деталей будут меньше допустимых их смещений и поворотов

$$\begin{cases} \varepsilon_{\Delta} \leq \delta \\ \alpha_{\Delta} \leq \gamma \end{cases} \quad (28)$$

При жесткой конструкции исполнительных механизмов сборочной машины и при жестком базировании деталей допустимая величина параллельного смещения осей зависит только от величины зазора в соединении. Чем меньше зазор в соединении, тем меньше допустимая величина параллельного смещения.

При нежестком базировании, допустимая величина погрешности будет

$$\delta = \frac{D - d}{2} + s_1 + s_2, \quad (29)$$

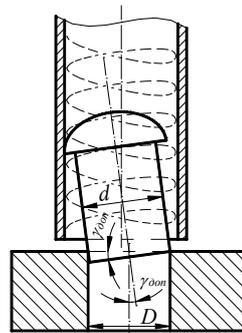


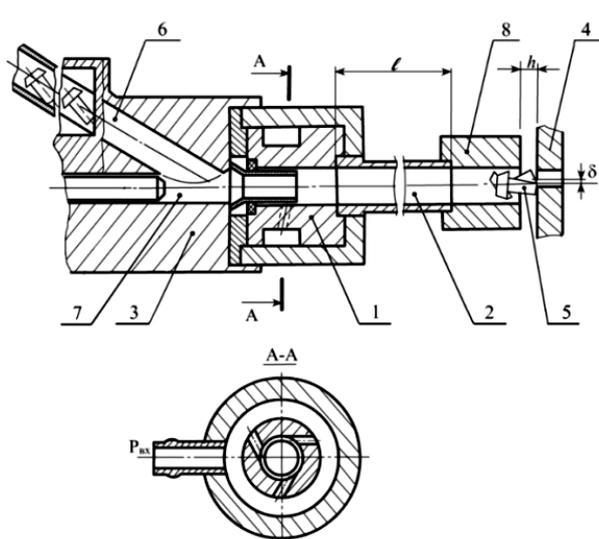
Рис. 12. Допустимый угол перекоса осей посадочных поверхностей

Допустимый угол перекоса осей посадочных поверхностей, не имеющих фасок, в начальный момент соединения (рис.12) определяют по формуле

$$\gamma_{don} = \arccos \frac{d}{D} \quad (30)$$

Исследованию заклинивания при соединении деталей типа заклепка-отверстие установлено, что заклинивание может произойти, если любая из точек контакта находится вне точки контакта. Это может произойти, если

$$\frac{1}{d} \geq \mu + \left(\frac{D-d}{D} \right) \left(\frac{1+\mu^2}{\mu} \right) \quad (31)$$



- 1-пневмовихревая головка;
- 2-трубка;
- 3-патрубка;
- 4-базовая деталь;
- 5-заклепка;
- 6-канал для подачи заклепок;
- 7-канал для прохождения стержня клепального пуансона;
- 8-втулка.

Рис.13. Устройства аэродинамического действия для установки элементов в отверстия.

Ориентируемая заклепка, поступающая из питателя за счет эжекционного эффекта вихревой струи, всасываются в зону сопел пневмовихревой головки. Здесь ей сообщается осевое, вращательное и поисковое движение с необходимым усилием и крутящим моментом в направлении базовой детали (рис.13). По каналу и установочному патрубку заклепка движется по траектории, близкой к окружности. В момент контакта торца заклепки и базовой детали появляется сила трения, способствующая повышению поискового движения заклепки. В совокупности заклепка совершает вращательное и колебательное движения относительно отверстия базовой детали. Наличие осевой силы потока создает подпор заклепки к пакету базовой детали. Выполняется процесс ориентации и западания заклепки в отверстие.

В работы даны практические рекомендации по выбору конструктивных и технологических параметров устройств аэродинамического действия и определены эффективные области их применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные положения и результаты, полученные в рамках диссертационной работы, сводятся к следующим основным выводам:

1. Обоснована и разработана концепция и методология автоматизации технологического оборудования машиностроительного производства на основе аэродинамического эффекта.

2. Разработаны научные основы расчета и проектирования автоматизированного технологического оборудования аэродинамического действия отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей, новые конструкции автоматизированных устройств, осуществляющие

загрузки плоских изделий, транспортировки мелких штучных изделий, установки заклепок в отверстие с вертикальной и горизонтальной осью.

3. Установлено, что существующие в настоящее время методы и средства лезвийной, отделочно-упрочняющей обработки тонкостенных цилиндрических деталей, не позволяют получить на обработанной поверхности шероховатость ($R_a=0,16-0,08$ мкм), что требует разработки новых методов обработки.

4. Разработана методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных технологических процессов и устройств.

5. Описана теория процесса контактных напряжений возникающих от серии ударов шара об обрабатываемую поверхность, учитывающие неоднородность аэродинамических потоков и наличия микронеровностей, что позволено рекомендовать оптимальные параметры технологических факторов.

6. Теоретически описано взаимодействия аэродинамических потоков со свободным шаром при заданных параметрах устройства, когда результирующая сила ($F_{рез}$) превосходит силу веса шара и возникает ситуация устойчивого равновесия.

7. Показано, что для повышения эффективности и надежности захватных органов автоматических манипуляторов возможно применение эффекта закрученного воздушного потока, создающего зону пониженного давления (вакуум).

8. Обосновано, что транспортные трубопроводы из-за заклинивания изделий в местах поворота и склонностью их подвергаться смятию приводит к необходимости использования автоматизированного технологического оборудования на основе аэродинамического эффекта.

9. На единой теоретической основе аэродинамического эффекта обоснованы принципы разработки автоматизированных технологических устройств установки и сборки заклепок в горизонтально расположенное отверстие пакета, транспортирования мелких штучных изделий и распределения их по ответвлениям, разработано беспроводное устройство для автоматизации процессов установки заклепки в горизонтальное отверстие пакета с помощью аэродинамического потока.

10. Разработаны научно обоснованные рекомендации по применению и проектированию автоматизированных транспортно-загрузочных устройств аэродинамического действия для межоперационного перемещения изделий, обеспечивающих транспортирование их в бесконтактном и безударном режиме.

11. Результаты и рекомендации, полученные на основе проведенных исследований, могут быть использованы при решении разнообразных задач автоматизации производственных процессов, финишной обработки, транспортирования, загрузки, сборки, как в машиностроении, так и на предприятиях других отраслей производства.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.27.06.2017.T.03.02 ON THE ADMISSION OF
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY**

FERGANA POLYTECHNICAL INSTITUTE

FAYZIMATOV SHUXRAT NUMANOVICH

**CONCEPTION AND METHODOLOGY OF THE TECHNOLOGICAL
TOOLS AT MECHANICAL ENGINEERING VENTURES ON THE
IMPACT OF AERODYNAMIC MOVEMENT**

**05.01.08 – «Automation and control
Technological processes and manufactures»**

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

Tashkent – 2017

The topic of doctoral dissertation has been registered by Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan by number B 2017.1.DSc/T32

Doctoral dissertation is carried out at Fergana Polytechnic Institute.

Abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English) is placed on the web-page to address www.tdtu.uz and Information-educational portal "ZiyoNet" to the address www.ziyo.net

Scientific consultant: **Mamadjanov Alisher Mamadjanovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Tursunov Baxtiyor Muxamedjanovich**
doctor of technical sciences, professor

Ismailov Mirhalil Agzamovich
doctor of technical sciences, professor

Marahimov Avazbek Raximovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Andijan mashine-building institute**

Defence of dissertation will take place in " __ " _____ 2017 at __ pm at meeting of the Scientific council DSc.27.06.2017 T.03.02 at the Tashkent State Technical University. (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Doctoral dissertation is could be reviewed at the Information-resource center (IRC) of Tashkent state technical university (registration number 6). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel .: (99871) 246-03-41.

sent out on « ____ » _____ 2017 year
(mailing report № ____ on « ____ » _____ 2017 year)

N.R. Yusupbekov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Sh.A.Turaev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
Ph.D., associate professor

M.M.Muxitdinov
Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific Council
On awarding academic degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

The aim of the research work is the development of scientific foundations for the development and controlling of automated technological equipment on aerodynamic action for increasing production efficiency.

The tasks of the research work:

proving the scientific and theoretical basis for the design of technological equipment on aerodynamic action;

investigating the physical substance of the technological process of finishing-hardening processing of the aerodynamic action with the analysis of the interaction of flows with a deforming element (ball);

establishing a relationship between the output characteristics and the design parameters and physical-mechanical properties of the machined part, determine the most favorable condition for the process;

developing and design technological equipment on aerodynamic action for finishing-strengthening processing of thin-walled cylindrical parts;

developing scientific methods for calculating the design parameters of non-drive automatic devices for the aerodynamic action of finishing and strengthening processing of cylindrical parts, pumping aggressive media, loading flat products, transporting small piece products and branching them along branches, installing rivets into a hole with a vertical and horizontal axis;

implementation of the developed devices in production, justifying the area of their rational use.

The object of the research work is mechanical and chemical engineering, development, control of automated technological devices and research of their functioning, increase of productivity and reliability.

Scientific novelty of the research work Calculation and design of automated technological equipment for the aerodynamic action of finishing and hardening processing of cylindrical parts and developing of fundamentally new devices for loading flat products, transferring aggressive media, transporting small piece products and installing rivets into a hole with a vertical and horizontal axis..

The outline of the thesis For the first time: - the regularities of the motion of swirling air flows in hollow cylindrical pipes are theoretically investigated with a ball interacting which placed freely in it; - a physical model of the ball's impact in a swirling air flow on the surface of the pipe is developed and the main dependences for calculating the kinematics of ball motion in cylindrical pipes are obtained; - scientific methods of calculation and selection of constructive and pneumatic parameters of non-drive automatic devices on aerodynamic action for finishing and hardening of internal surfaces of cylindrical parts, pumping aggressive media; loading flat products, transporting small pieces and distributing them along branches, installing and assembling rivets into a hole with a vertical and horizontal axis; - the ball velocity in relation to the vortex flow is obtained theoretically; - the dependence of the influence of the flow velocity on the centrifugal force of the ball clamping is determined theoretically; - Contact stresses are calculated, which arise when the ball interacts with the surface for the real case

and taking into account the defective layer; - a mathematical model of the interaction of the deforming sphere with the surface is treated; - a design technique for devices on aerodynamic action for finishing and hardening of the inner surfaces of cylindrical parts is developed.

The structure and the volume of the thesis This dissertation consists of 5 chapters, conclusion, lists of literature and appendix. The volume of this dissertation makes up 190 pages, contains 78 figures, 9 tables, bibliography of 111 titles and 2 appendixes, containing calculation algorithms.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Файзиматов Ш.Н. Пневмовихревой эффект в автоматизации технологических процессов. (Монография). Фергана, 2009. 162 с.
2. Файзиматов Ш.Н. Автоматизация финишной обработки тонкостенных цилиндрических деталей // Научно-технический журнал ФерПИ / - Фергана, 1998. №2. –С. 111-112. (05.00.00; №20)
3. Файзиматов Ш.Н. Исследование взаимодействия пневмовихревых потоков со свободным шаром при заданных параметрах устройства // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2000. №3. –С. 18-23. (05.00.00; №20)
4. Файзиматов Ш.Н., Абдуллаева С. Исследование взаимодействия деформирующего шарика с обрабатываемой поверхностью // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2004. №3. –С. 16-19. (05.00.00; №20)
5. Файзиматов Ш.Н.Вакуум-насос аэродинамического действия для автоматизации перекачки агрессивных сред. // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2010. №2. –С. 14-17. (05.00.00; №20)
6. Файзиматов Ш.Н. Автоматизация процессов транспортирования мелких штучных изделий. // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2010. №3. –С. 8-12. (05.00.00; №20)
7. Файзиматов Ш.Н. Уюрмаланган хаво оқимлари эффекти асосида цилиндрсимон деталларга ишлов бериш // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2011. №1. –С. 17-20. (05.00.00; №20)
8. Файзиматов Ш.Н., Мўйдинова Р.Б.Шиша идиш ишлаб чиқаришда ишлатиладиган қолипларнинг юза қатлами мустақамлигини ошириш усуллари// Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2011. №1. –С. 58-59. (05.00.00 №20)
9. Файзиматов Ш.Н. Исследование кинематики и динамики движения шарика при заданных параметрах устройства аэродинамического действия // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2011. №2. –С. 12-17. (05.00.00; №20)
10. Файзиматов Ш.Н. Автоматизация процессов ориентации и установки заклепок в отверстие с горизонтальной и вертикальной осью // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2011. №4. –С. 38-42. (05.00.00; №20)
11. Файзиматов Ш.Н.Оптимизация режимных параметров отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2012. №1. –С. 24-26. (05.00.00; №20)

12. Файзиматов Ш.Н., Гулямова Н.У. Математическое моделирование и оптимизация процесса транспортирования и подсушки сыпучих грузов в агропромышленном комплексе с использованием аэродинамического эффекта // Научно-технический журнал / ФерПИ. - Фергана, 2012. №2. –С. 45-50. (05.00.00; №20)
13. Файзиматов Ш.Н. Методы контроля достоверности распределения статического давления по длине деталей // Научно-технический журнал - Химическая технология. Контроль и управление / ТашГТУ. – Ташкент, 2012. №3. –С. 49-51. (05.00.00; №12).
14. Файзиматов Ш.Н. Повышение эффективности и надежности автоматизированных устройств аэродинамического действия на этапах их разработки // Научно-технический журнал - Химическая технология. Контроль и управление / ТашГТУ. – Ташкент, 2012. №5. –С. 84-87. (05.00.00 №12)
15. Fayzimatov SH.N. Research Methodology and Applications of Automatic Devices with the Usage of Aerodynamic Effects // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 3, Issue 4, April, 2016. (05.00.00 №8)
16. Fayzimatov SH.N. Theoretical issues in calculation of the impact Of a ball on a cylindrical surface // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 4, Issue 2, February, 2017. (05.00.00; №8)

II бўлим (II часть; II part)

17. Патент РУз № FAP 20100032. Устройство разделения потока штучных изделий / Файзиматов Ш.Н. // Полезная модель-2011
18. Файзиматов Ш.Н. Программа расчета контактных напряжений при воздействии шара на поверхность обрабатываемой детали // Государственное Патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 03676. 06.04.2016 г.
19. Файзиматов Ш.Н. Программа для расчета центробежной силы // Государственное Патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 03677.20.04.2016 г.
20. Файзиматов Ш.Н. Исследование процесса отделочно-упрочняющей обработки цилиндрических деталей // Сборник материалов V международной научно-практической конференции / - Новосибирск, 2010, - С. 288-293.
21. Файзиматов Ш.Н. Применение энергии закрученных воздушных потоков при отделочно-упрочняющей обработке цилиндрических деталей // Научно-методический журнал / Вестник естественных и технических наук, Москва, 2010. №2. –С. 7-10.
22. Файзиматов Ш.Н. Исследование влияния режимных параметров на качество обрабатываемой детали // Научно-методический журнал / Научная перспектива / -Уфа, 2010, № 11. 146-150 стр.

23. Fayzimatov SH.N. Increasing of efficiency of capture installation on automatic manipulator // Актуальные проблемы современной науки / - Москва, 2011, №1. –С. 192-194.
24. Fayzimatov SH.N. Experimental determination of the operating parameters for finishing – strengthening treatment of cylindrical surfaces // Научная перспектива / - Уфа, 2011, № 1. –С. 64-66.
25. Fayzimatov SH.N. Theoretical Basis of Automatic Device Designing with the usage of Aerodynamic Effect // Journal of Engineering and Technology / ISSN 1338-2330, Чехия, 2011. –С. 19-26.
26. Файзиматов Ш.Н. Theoretical basis automatic device designing with the usage of aerodynamic effect // Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation Volume – II / -Tashkent, 2012.
27. Файзиматов Ш.Н. Автоматизация и управления технологическим процессом транспортировки мелких штучных изделий в производстве // Научно-методический журнал - Аспирант и соискатель / - Москва, 2012, №5. –С. 74-78.
28. Файзиматов Ш.Н. Автоматизация технологического оборудования машиностроительного производства на основе аэродинамического эффекта // Сборник материалов международной научно-технической конференции / I-ТОМ. -Андижан, 2014.
29. Файзиматов Ш.Н. To create an intensive method of teaching practical english to the specialists in the production // Materials of International scientific-practical seminar “Innovative cooperation between science, education and production a plarform for modernization”/ -Ferghana, 2014.
30. Файзиматов Ш.Н. Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных технологических процессов и производств // Materials of the III International Conference "Optical and photoelectrical phenomena in semiconductive micro- and nanostructures"/ - Ferghana, 2014.
31. Файзиматов Ш.Н. Current state and development prospects of methods to increase the strength and durability of the cylindrical thin-walled elements // International journal for science, technics and innovations for the industry machines technologies materials. Year IX / Issue 5, 2015. ISSN 1313-0226 Bulgaria, 2015.
32. Файзиматов Ш.Н. Маткаримов Б.Б. Автоматизация назначения режимов обработки и интегрирование конструктивных параметров комбинированного импульсно-ударно центробежного раскатника с системой Компас 3D. // Научно-методический журнал – Academy / Москва, 2016. № 7. (10), 2016.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди

Бичими 60x84¹/₁₆. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3,75. Адади 100. Буюртма № 34.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.