

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМӢЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМӢЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ХУСАНОВ ЮНУСАЛИ ЮЛДАШАЛИЕВИЧ**

**ПОЛИМЕР КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАРДАГИ  
НОТЕХНОЛОГИК ТЕШИКЛАРНИ ПАРМАЛАШ  
ЖАРАЁНЛАРИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.02.05 – Механик ва физик-техник ишлов бериш технологиялари  
ва жараёнлари. Станоклар ва асбоб-ускуналар**

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

**Тошкент – 2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
техническим наукам**  
**Content of the abstract of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on  
technical sciences**

**Хусанов Юнусали Юлдашалиевич**

Полимер композицион материаллардаги нотехнологик тешиқларни  
пармалаш жараёнларининг самарадорлигини ошириш.....3

**Хусанов Юнусали Юлдашалиевич**

Повышения эффективности процесса сверления не технологических  
отверстий в полимерных композиционных материалах .....24

**Khusano Yunusali Yuldashaliyevich**

Improving the efficiency of the process of drilling non-technological holes in  
polymer composite materials.....46

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....48

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.03/12.2019.T.03.04 РАҚАМЛИ БИР МАРТАЛИК ИЛМий КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**ХУСАНОВ ЮНУСАЛИ ЮЛДАШАЛИЕВИЧ**

**ПОЛИМЕР КОМПОЗИЦИОН МАТЕРИАЛЛАРДАГИ**  
**НОТЕХНОЛОГИК ТЕШИКЛАРНИ ПАРМАЛАШ**  
**ЖАРАЁНЛАРИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.02.05 – Механик ва физик-техник ишлов бериш технологиялари**  
**ва жараёнлари. Станоклар ва асбоб-ускуналар**

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

**Тошкент – 2020**

**Фалсафа доктори (Doctor of philosophy) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида \_\_\_\_\_ рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертацияси Фарғона политехника институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:** **Файзиматов Шухрат Нуманович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:** **Умаров Толиб Умарович**  
техника фанлари доктори, профессор  
**Мардонов Бахтиёр Тешаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:** **Андижон машинасозлик институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/12.2019.T.03.04. рақамли илмий кенгашнинг 20\_\_ йил «\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, \_\_\_\_ хона. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: [tstu\\_info@tdtu.uz](mailto:tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_\_\_ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2. Тел./факс: (99871) 227-03-41.

Диссертация автореферати 20\_\_ йил «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ тарқатилди.  
(20\_\_ йил «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси)

**К.А. Каримов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгашнинг раиси, т.ф.д., профессор

**Н.Д. Тураходжаев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгашнинг илмий котиби, т.ф.д., профессор

**Д.Е.Алиқулов**

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

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда машинасозлик ва автомобилсозлик маҳсулоти сифати ва хизмат муддатини оширишда деталлар геометрик параметрларининг аниқлик кўрсаткичларини таъминлашга алоҳида берилади. Полимер композит материаллардан (ПКМ) тайёрланган деталларнинг сифатини белгиловчи мезонлардан бири бўлган аниқлик ва сифат кўрсаткичларини таъминлашда алоҳида ўрин эгаллайдиган механик ишлов бериш усулларини ишлаб чиқиш ва тадқиқот қилиш муҳим вазифалардан саналади. Дунёнинг ривожланган мамлакатлари, жумладан Россия Федерацияси, АҚШ, Англия, Германия, Япония, Италия ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида полимер композит материаллардан тайёрланган деталларга механик ишлов бериш усулларини такомиллаштириш ва янгиларини яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Жаҳон миқёсида ПКМ тайёрланган деталларга механик ишлов беришни амалга ошириш имконини берадиган усулларни яратиш бўйича кенг миқёсли илмий тадқиқотлар ўтказиш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳон амалиётида машинасозлик соҳасида ПКМ деталларининг аниқлик кўрсаткичларини таъминлашда пармалаш усуллари кенг кўламда қўлланилмоқда. Пармалаш усулларни яратиш, уларни лойиҳалаш ва ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш учун кенг кўламли тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бундай усулларни РДБ дастгоҳларда қўллашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Асосий қийинчиликлар ПКМ нинг механик ишлов берилган сиртининг сифат параметрларини аниқлаш имконини бера оладиган ишлов бериш усулларини тайинлаш услубияти йўқлиги ҳисобланади.

Республикамызда ишлаб чиқаришда қўлландиган жиҳозларни такомиллаштириш, машина деталларининг аниқлигини таъминлаш асосида машина деталларининг сифат кўрсаткичларини яхшилаш, уларнинг хизмат муддатларини узайтириш бўйича чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017 - 2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан янгилаш, ...энг аввало, бутловчи буюмлар импортининг ўрнини босиш...»<sup>1</sup> вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан машина деталларини ишлаб чиқишда модернизацияланган жиҳозлар, асбоб-ускуналарни қўллаш, кесиш усулида олинаётган деталларнинг ўлчам аниқлигини таъминлаш, деталларнинг хизмат муддатини ошириш технологияларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698-сон «2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон

Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони

лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари 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 мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муамонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё олимлари томонидан полимер композит материалларига ишлов беришнинг аниқлигини ошириш мақсадида қурилмаларни такомиллаштириш ва янги ноаъанвий конструкция ва усулларни ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда. Лекин ПКМ деталлардаги нотехнологик тешиқларга механик ишлов беришда юза сифатини таъминлашда ҳосил бўладиган қириндиларни технологик жараён муҳитидан чиқариб ташлаш муаммо бўлиб келмоқда.

Жаҳоннинг етакчи илмий-тадқиқот марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан: Mechanical Engineering research Institute (Англия), Institute for Machine Tools (Германия), Centre for Advanced Materials Processing and Manufacturing (Австралия), Mitsubishi Materials Corporation Advanced Materials and Tools Company (Япония), Department of Mechanical Drive, School of Mechanical Engineering, Dalian Jiaotong University (Хитой), Centre for Development of Advanced Computing (Хиндистон), Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университети, Тула давлат Университети (Россия), Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон) томонидан кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Mechanical Engineering research Institute (Англия) олимлари A.L Arraiza ва N.Altinkok ҳар хил турдаги пармалар билан ишлов бериб тешиқлар сифатини ошириш технологиясини ишлаб чиқишган, натижада спирал пармада ишлов бериш кесувчи асбоб турғунлигини 3-4 баравар ошишига эришишган. Institute for Machine Tools (Германия) олимлари A.M. Abrao ва A.T.Marques 4 мм қалинликдаги детални стандарт спирал парма ва бошқа турдаги пармалар билан пармалашда ўқ бўйича кесиш кучини тақсимлашга эришишган, натижада стандарт спирал пармадаги кучнинг камайишига аэришишган. Mitsubishi Materials Corporation Advanced Materials and Tools Company (Япония) олимлари Akira Kobayashi ва U.A.Khashaba турли хилдаги полимер композит материалларга пармалаш жараёнларини устида тадқиқотлар қилишган ва мақбул кесиш маромларини тавсия қилиб ишлов бериш унумдорлигини 10-15% оширишга эришишган. Centre for Advanced Materials Processing and Manufacturing (Австралия) олими E.A.Okutan полимерлар деталларни диаметрлари 4 мм дан 10 мм гача бўлган пармаларни

тадқиқ қилиб, буровчи момент ва ўқ бўйича кучини камайтириш учун кичик асбобнинг параметрларини асослаб беришган.

МДХ давлатлари олимлари механик ишлов бериш, ПКМ пармалаш унумдорлигини ва тешиқларни сифатини оширишнинг илмий асослари бўйича Степанов А.А., Алиқулов Д.Е., Якубов Ф.Я., Умаров Т.У., Умаров Э.О., Файзиматов Б.Н., Мамаджанов А.М., Файзиматов Ш.Н., Махмудов Қ.Ғ., Мирзаев А.А. ва бошқа олимларнинг ишларида келтирилган. Улар пармалаш жараёнидаги кучларнинг тақсимланиш эпюраларини, деталдаги зўриқиш кучларининг тақсимланиш графигини ва таъсир этаётган кучларнинг деталнинг қизиш даражасига боғлиқлик даражасини аниқлаш усулларини ишлаб чиқишган.

Сўнги йилларда ПКМ тайёрланган деталларни пармалашга бағишланган илмий изланишлар кўплаб олиб борилишига қарамай, ПКМ пармалашда самарадорликни таъминлайдиган оптимал технология ишлаб чиқилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот муассасининг 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:** ПКМ тайёрланган деталлардаги нотехнологик тешиқларни пармалаш унумдорлигини ва тешиқларни сифатини оширишдан иборат.

#### **Тадқиқот вазифалари.**

Полимер композит материалларни пармалаш самарадорлигини ошириш учун қуйидаги вазифаларни белгиланган:

-полимер композит материаллардан тайёрланган деталлардаги нотехнологик тешиқларни пармалаш жараёнини самарадорлигини ва сифатини таъминлайдиган янги усулларни яратиш;

-полимер материалларни пармалаш жараёнининг самарадорлигини ва тешиқларни сифатини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш ва мақбул шароитни аниқлаш учун экспериментал тадқиқот ишларини олиб бориш;

- майдаланган қириндиларни пармалаш ҳудудидан олиб ташлашни таъминловчи технологик мосламаларни ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти сифатида** полимер композит материалларни пармалаш жараёни ва технологияси о.

**Тадқиқот предмети:** Полимер композит материалларни пармалаш самарадорлигига тешиқларни аниқлиги ва сифатига таъсир этувчи омиллар.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида машинасозлик технологиясининг илмий асослари, кесувчи асбобларни лойиҳалаш назарияси, қиринди ҳосил бўлиш назарияси, эҳтимоллик назарияси ва математик статистикасидан фойдаланилган. Экспериментал маълумотларнинг статистик ишланмаси Mathcad дастури ёрдамида амалга оширилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги:**

-композит материалларидан тайёрланган деталларни нотехнологик тешикларига ишлов беришнинг янги усули яратилди;

-полимер материалларни пармалаш жараёнинг самарадорлигини ва сифатини ошириш бўйича аниқ тавсиялар ишлаб чиқилди;

-полимер композит материалларида тешикларни пармалашда суриш ҳаракатининг даврий тўхташ, ҳамда қириндини чиқариб ташлаш натижасида ишлов берилган тешикларнинг сифат кўрсаткичларини яхшилашга имконият яратилди;

-рақамли дастур билан бошқариладиган дастгоҳлар учун олдиндан белгиланган узунликдаги қириндиларни ҳосил қилиш ва пармани кириб-чиқишини тартибга солиш усулининг дастурий маҳсулотлари яратилди.

-майдаланган қириндиларни пармалаш ҳудудидан олиб ташлаш учун аэродинамик ускунасини ишлаб чиқилди;

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан ташкил топади:

композит материалларидан тайёрланган деталларни нотехнологик тешикларига ишлов беришнинг янги усули яратилди;

майдаланган қириндиларни пармалаш ҳудудидан олиб ташлаш учун аэродинамик ускунасини яратилди ва тайёрланди;

рақамли дастур билан бошқариладиган дастгоҳлар учун олдиндан белгиланган узунликдаги қириндиларни ҳосил қилиш усулининг дастурий маҳсулотлари яратилди;

пармани кесиш жараёнидан кириб-чиқишини тартибга солиш усули яратилди;

полимер композит материалларда дастур билан бошқариладиган дастгоҳларда мақбул пармалаш маромларини белгилаш ва тавсияларни асослаб бериш бўйича тавсиялар яратилди ва тадбиқ қилинди;

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқотнинг назарий ҳамда тажриба изланишлари натижаларининг ўзаро мос келиши, олиб борилган илмий изланишларнинг назарий асосланиши, полимер композит материалларни пармалаш усулларнинг қўлланилиши, тадқиқотлар апробация қилинганлиги, алгоритмларини ишлатилиши ва ўзаро бир-бирига мослиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти нотехнологик тешикларни янги усулларида фойдаланиш асосида пармалаш унумдорлигини ва сифатини ошириш бўйича тавсиялар билан белгиланади. Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти. Полимер композит материаллардан деталларни

тайёрлашда ортикча сарф-харажатларни камайтириш учун янги пармалаш технологияларнинг яратиш билан характерланади

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Машинасозлик корхоналарида ПКМ пармалаш бўйича олинган натижалар асосида:

Илмий-тадқиқот натижаларини қўллаш меҳнат сарфини 40% га камайиш имконини яратган.

Рақамли дастур билан бошқариладиган дастгоҳлар учун олдиндан белгиланган узунликдаги қириндиларни чиқариш ва пармани кириб чиқишини тартибга солувчи ишлов бериш технологияси “Навоий кон-металлургия комбинати” давлат корхонасида, жумладан “Навоий машинасозлик заводи” ишлаб чиқариш бирлашмасида ресурс тежамкорликни таъминлаш учун жорий этилган. (“Навоий кон-металлургия комбинати” давлат корхонасининг 2019 йил 29 октябр №02-06-04/13773 сон маълумотномаси)

**Тадқиқотнинг натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 46 та илмиқ-амалий анжуманларда, жумладан 12 та халқаро илмий-амалий анжуманларда ва 34 та республика илмий-амалий анжуманида апробациядан ўтган.

**Тадқиқотнинг натижаларининг эълон қилинганлиги**

Диссертация мавзуси бўйича 46 та илмий иш чоп этилган, жумладан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларни чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 мақола, шулардан 9 та республика, 1 та хорижий журналларда нашр этилган. 2 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш муалифлик гувоҳномаси олинган.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, тадқиқотнинг объекти ва предмети баён қилинган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йуналишларига мувофиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши тўғрисида маълумотлар тақдим этилган.

Диссертациянинг **“Муаммо ҳолати, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари”** деб номланган биринчи бобида тадқиқот масалаларининг замонавий ҳолати ва таҳлили асосида тадқиқотлар муаммоси шакллантирилган (1-расм).

Полимер композит материаллардан (ПКМ) самолётсозлик, кемасозлик, ракета ва космик саноат, автомобилсозлик, ишлаб чиқариш бўйича юқори технологияли соҳалар спорт анжомлари, энергия, электроника, тиббиёт ва

бошқа соҳаларда фойдаланилади. ПКМ ларнинг ўзига хос мустаҳкамлиги, эгилувчанлиги, қаттиқлиги, каррозияга чидамлиги ва бошқа мустаҳкамлиги билан баъзи пўлат материаллардан юқори туради.

Полимер композит материаллардан тайёрланган деталларнинг технологик ноқулай юзаларини тешишдаги қириндининг пармага ёпишиб қолиши ва қириндини олиб чиқариш асосий муаммолардан биридир.

Пармалашда ўзгарувчан маъромлардан фойдаланиш, РДБ дастгоҳларида тешиш самарадорлигини оширишнинг истиқболли усулларида бири ҳисобланади. Ишлов бериладиган детал материалининг нотехнологиклиги юзада кесувчи асбобнинг кесиб кириши ва чиқиши технологик жараёнга ва кесиш маъромини танлашга таъсири катта. Шунинг учун деталнинг нотехнологик юзасига парма билан механик ишлов беришда деталнинг материалига катта аҳамиятли фактор сифатида қарашимиз керак.



1-расм. Тадқиқот ва унинг мазмуни

ПКМ тайёрланган нотехнологик деталларда кесувчи асбобни (парма) ноқулай юзаларига кириши ва чиқиши жараёни кесиш маъромини танлашга таъсири катта бўлади. Олиб борилган илмий тадқиқотлар шуни кўрсатадики, уларни тузилишига қараб оддий, қийин ва жуда қийин гуруҳларга бўлиш мумкин.

- 1) Оддий технологик ноқулай юзалар гуруҳига қия юзалар.
- 2) Қийин технологик ноқулай юзалар гуруҳига ботиқ ва кавариқ сферик юзалар.
- 3) Жуда қийин технологик ноқулай юзалар гуруҳига оддий ва қийин гуруҳдаги юзалардан жамланган мураккаб юзалар.

Деталларнинг кесувчи асбоб кесиб кирадиган ва чиқадиган технологик ноқулай юзаларини таснифлашнинг иккинчи аломати бу

ишлов бериладиган деталнинг материали туридир.

Ишлов бериладиган детал материалнинг нотехнологик юзасига кесувчи асбобни кесиш кириши ва чиқиши ҳамда қириндни майдалаб чиқариб ташлаш кесиш маъромини танлашда муҳим аҳамиятга эга.

Диссертациянинг **“Полимер композит материаллардан тайёрланган деталлардаги нотехнологик тешикларни пармалаш жараёнини назарий асосида моделлаштириш ва экспериментал тадқиқот усуллари”** деб номланган иккинчи бобида назарий тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Биз технологик бўлмаган тешикларни пармалашни самарадор усулини таклиф қиламиз, унга кўра пармалашда детал тешигига парманинг кириш ва чиқишини ҳамда суриш ҳаракатини бошқаришдир.

Таклиф этилаётган усул қуйидаги кетма-кетликда амалга оширилади. Парма айланади ва ўқ бўйлаб силжийди, пармалаш пайтида пармани киритиш ва чиқиш пайтида парманинг суриш миқдори ўзгаради. ПКМ пармалаш бўйича тавсияларга мувофиқ суриш миқдори ва чиқиб кетиш тезлиги автоматик равишда дастур бўйича яна ўрнатилади.

Назарий ва экспериментал тадқиқотларимизга асосланиб, пармалаш жараёнининг сифати, аниқлиги ва пармалаш унумдорлигини оширишни таъминлайдиган ПКМ-лардаги тешикларни пармалашда мақбул кесиш шартларини танлаш усули ва методологиясини ишлаб чиқилди. Пармалаш пайтида чиқадиган ва босилган қириндиларни пармага ёпишиб қолишини олдини олиш учун биз вақти-вақти билан парманинг суриш миқдорини тўхтатишни тавсия этамиз, бу еса қириндиларни майда бўлақларга бўлинишига олиб келади, асбоб ва тешик орасидаги тушадиган қириндиларнинг ёпишиб қолишига йўл қўймайди ҳамда парманинг синишини олдини олади.

Полимер композит материалларини пармалашда парманинг суриш ҳаракатларини вақти-вақти билан тўхтатилиши, парманинг камида битта айланишинидан иборат бўлиб, бу ишлов бериш жараёнининг динамик хусусиятларини барқарорлаштириди ва қириндини майдалаш орқали ишлов бериладиган тешикларнинг сифатини яхшилаш имконини беради. Қириндилар парманинг спирал новлари бўйлаб майдаланиб чиқиши қириндининг тешикда тўпланиб қолишини бартараф этади.

Олиб борилган тадқиқотларнинг таҳлили шуни кўрсатдики, кесиш жойларидан қириндини чиқариб ташлаш вазифасини ҳал қилиш учун мумкин бўлган усул - айланма оқимларнинг энергиясидан фойдаланиш ҳисобланади.

Уюрмали мослама вертикал ҳолатда детал устига ўрнатилади. Полимер детал пармаланганда қиринди уюрмали ҳаво оқими таъсирида парманинг винтсимон ариқчаси орқали ташқарига чиқиб кетади. Бу фақат сиқилган ҳаво энергиясидан фойдаланган ҳолда амалга оширилади. (5-расм).

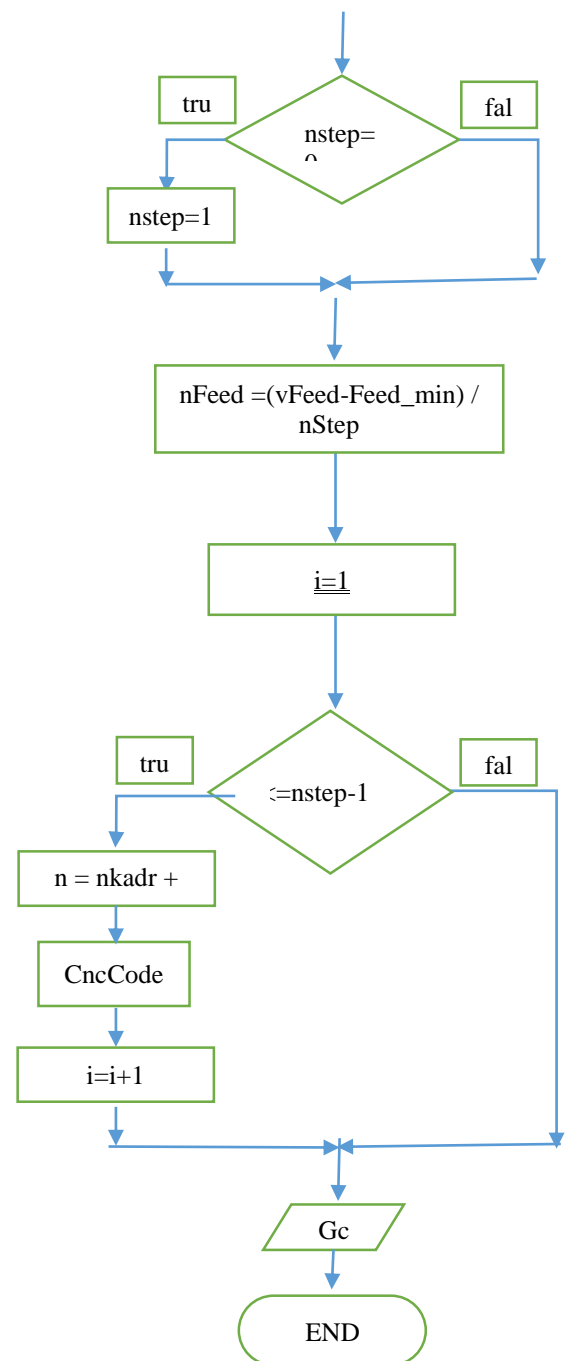
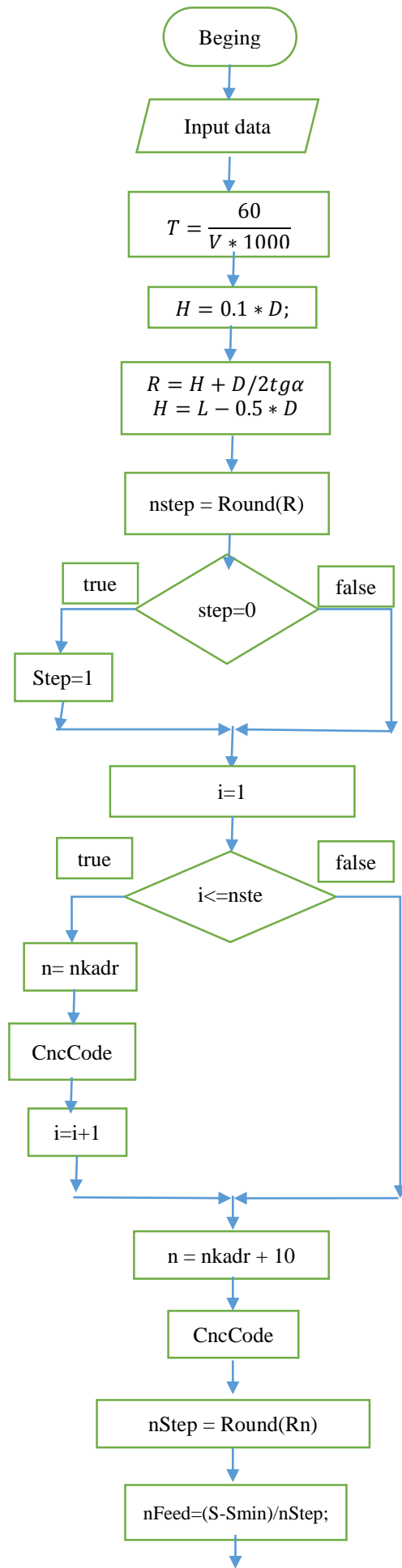
Ушбу қурилманинг ишлаш принципи қуйидагича: сиқилган ҳаво тангенциал тешикча орқали цилиндрсимон трубага кириб айланма ва ўқ бўйлаб ҳаракатга эга бўлади. Уюрмали ҳаво оқимида парманинг винтсимон ариқчасига мутаносиб тарзда ажралиб чиқадиган қириндини ўқ бўйлаб

ҳаракатлантирувчи кўч ҳосил бўлади.

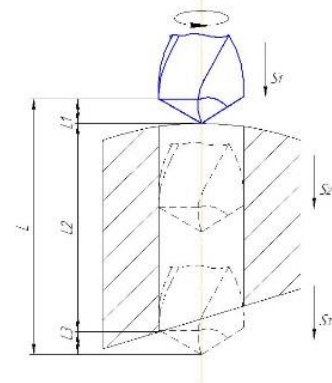
Маълумки ичи бўш цилиндрда ҳаракатланадиган стационар айланиш оқими фазонинг ҳар бир нуқтасида қуйидаги параметрлар бўйича аниқланиши мумкин: босим, тезлик (айлана  $\bar{V}_\tau$ , ўқ  $\bar{V}_z$ , радиал  $\bar{V}_r$ ) ва оқим зичлиги

Бир қатор соддалаштирилган тахминлар қиламиз:

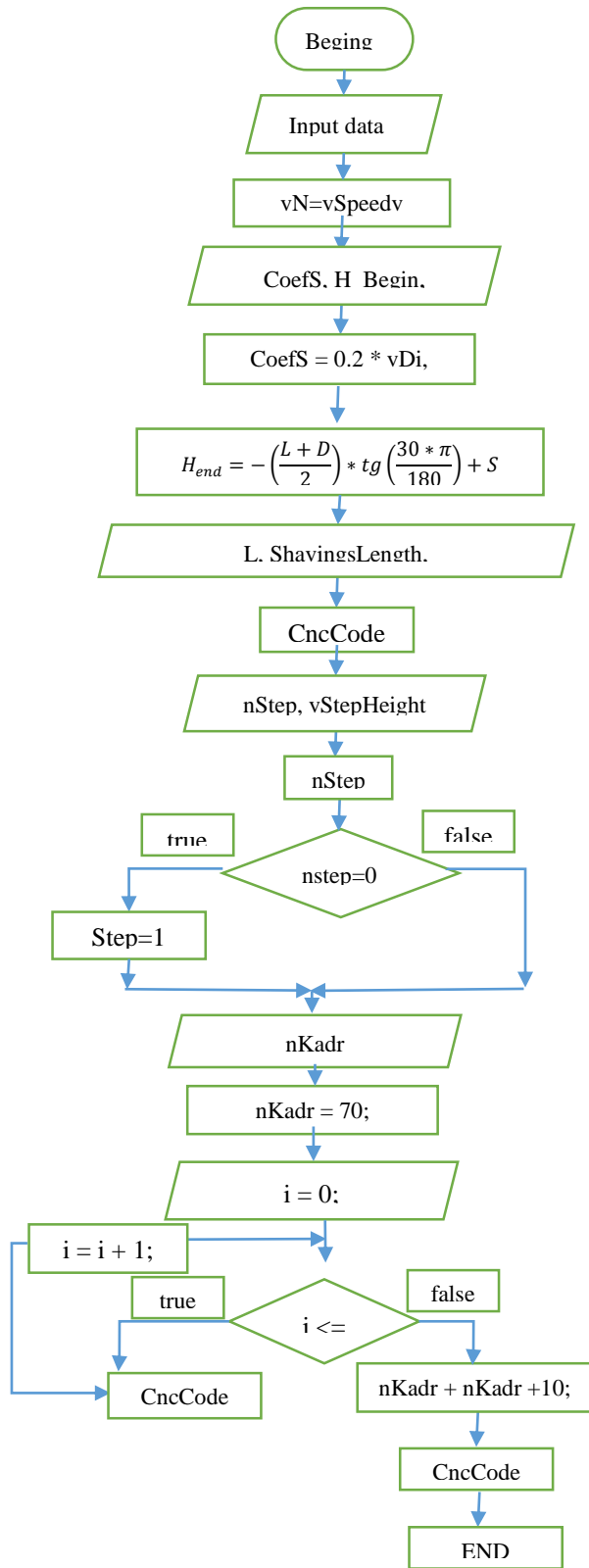
- а) уюрмали қувурдаги оқим тезлигининг  $\bar{V}_\tau$  тақсимланиши эркин уюрма қонуни билан тавсифланади;
- в) газнинг турғун ҳолати изотропик қабул қилинади;



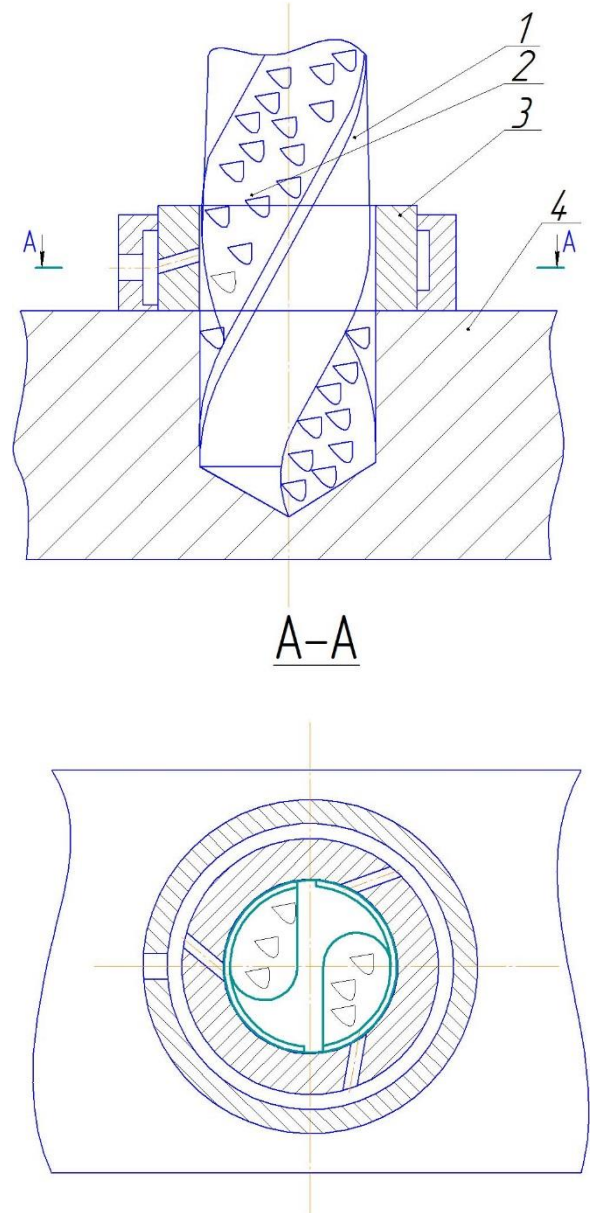
2-расм. Ўзгарувчан суриш жараёнида технологик бўлмаган тешикларни пармалаш усулини блок схемаси



3-расм. Ўзгарувчан суриш билан технологик бўлмаган тешикларни пармалаш усули.



4-расм. Нотехнологик тешикларни пармалашда олдиндан белгиланган узунликдаги қириндини олиш блок схемаси



5-расм. Аэродинамик қурилмада қириндини чиқариб ташлаш схемаси  
1-парма, 2-қиринди, 3- уюрмали қурилма, 4-деталь (ПКМ)

Амалга оширилган тахминларга  $\bar{V}_r$  мувофиқ айланма оқим тезлиги  $\bar{V}_r$  диапазонида доимий кўрсатилган.

$$R - r = r_{uu}$$

Кўриб чиқиладиган диапазонда сопел тешикларидан ҳаво чиқишининг асосий тезлиги аниқланади, қачонки  $R_{\omega} \leq r < r_{ш}$ , бўлса.

$$V_{\tau} = V_c.$$

Тахминларни ҳисобга олган ҳолда бошланғич тенгламалар тизими қуйидаги бўлади:

Навье-Стокса ҳаракат тенгламаси

$$V_{\tau} \frac{\partial V_{\tau}}{\partial r} - \frac{V_{\tau}^2}{r} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} \quad (1)$$

Аксинча ўқ бўйича ҳаракат тезлигини эътиборсиз қолдириб, бу фақат энергия алмашинуви жараёнини такомиллаштиришга таъсир қилади ва уюрмани ажратиш зонасида у нолга тенг эканлигини ва қириндини оқим билан ўзаро таъсири фақат (1) ҳаракат тенгламаларидан эркин айланиш ҳудудида содир бўлишини ҳисобга олсак

$$\frac{V_{\tau}^2}{r} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP}{dr} = 0 \quad (2)$$

ва ифодани эркин айланишда статик босимнинг тарқалишини аниқлашимиз мумкин (2).

$$P = P_1 \left[ 1 - \frac{K-1}{2} M^2 \left( \frac{1}{r^2} - 1 \right) \right]^{\frac{K}{K-1}} \quad (3)$$

бу ерда,  $M$  – эркин айланишқиймати,  $M = \frac{V_{\tau}}{a}$

$P_1$  – сапλο қисмидаги бўш уярма атрофидаги статик босим  $P_1 = (0,55 \div 0,60) P_c$ ;

$R$  – кўриб чиқиладиган оқим радиуси;

$K$  – адиабат коэффициенти (ҳаво учун  $K=1,2$ );

$a = \sqrt{q \cdot K \cdot R \cdot T_r}$  – маҳалий оқим тезлигига тенг критик оқим тезлиги;

$V_c$  – сопел тешикдаги ҳаво тезлиги;

$q$  – доимий газ;  $T_r$  – ичидаги ҳаво ҳарорати  $R$  -  $r$ .

Агар танланган кесимдаги статик босимнинг қиймати маълум бўлса, газ ва адиабат оқимнинг тенгламасини ҳисобга олган ҳолда тегишли оқим зичлиги топилади ва қуйидагича ифодаланади:

$$\rho = \frac{P_1}{q \cdot R_r \cdot T} \left[ 1 - \frac{K-1}{2} \cdot \frac{V_{\tau}}{\sqrt{q \cdot K \cdot R \cdot T_r}} \left( \frac{1}{r^2} - 1 \right) \right]^{\frac{K}{K-1}} \quad (4)$$

Қилинган тахминларга мувофиқ айланма тезлик  $R - r$ . Оралиғида доимий сифатида берилган. Танланган ҳисоблар схемасидан сопеллар сони учтага тенг, шунинг учун кўриб чиқилган  $R - r$  диапазонидаги  $v$  тезлик

асосан сопел тешиклардан ҳаво чиқиши тезлиги билан белгиланади.

Сопел тешикдаги ҳаво тезлиги:

$$V_c = \sqrt{\frac{K}{K-1} \cdot q \cdot R_r \cdot T_{\text{вх}} \left[ 1 - \left( \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вх}}} \right)^{\frac{K}{K-1}} \right]} \quad (5)$$

бу ерда:  $P_{\text{чик}}$  – қувурдан чиқишдаги босим;

$P_{\text{вх}}$  – уюрмали қувурга киришдаги босим.

Тахминларга кўра кўриб чиқиладиган диапазондаги айланма тезлик куйидагича ифодаланиш мумкин;

$$V_\tau = \frac{V_c \cdot R}{r} \quad (6)$$

$R$ -г ифодани доимий қабул қилинса, у ҳолда:

$$V_\tau = \frac{\sqrt{\frac{K-1}{K} q R_r T_{\text{вх}} \left[ 1 - \left( \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вх}}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]} R}{r} \quad (7)$$

Олинган таҳлил шуни кўрсатадики, маълум бир айланма оқимни топиш учун нафақат пневматик оқим параметрларини, балки қурилманинг лойиҳа параметрларини ҳам ўрнатиш керак.

Ушбу усуллар бир-биридан фарқ қилувчи ва аҳамиятли бўлиб, дастлаб ПКМ тешикларини пармалашда қўлланилади ва янги техник натижа олиш имконини беради.

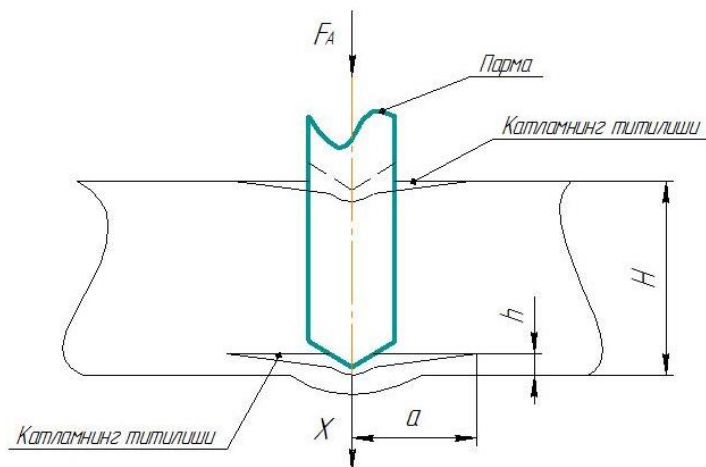
Диссертациянинг **“Мақбул пармалаш параметрларини иқтисодий самарадорлигини таъминлайдиган ишлов бериш жараёнини лойиҳалаш ва ҳисоблаш”** деб номланган учинчи бобда пармалаш жараёнларининг самарадорлигини ошириш усуллари келтирилган.

Парма  $dX$  йўналиши бўйича ҳаракатланаётганда  $F_A$  ўқ бўйича кесиш кучи ишининг натижасида ҳосил бўлган қатламнинг титилишини шаклланиши схематик равишда кўрсатилган (6-расм). Ушбу жараённинг физик модели энергия баланси тенгламаси билан тавсифланади (8):

$$K_{ICdA} = F_A dX - dU, \quad (8)$$

бу ерда  $K_{IC}$  - бу бирлик майдонига ёриқлар тарқалишининг муҳим энергияси;  $F_A$  – ўқ бўйича кесиш кучи;  $dX$  - ёриқ майдони;  $dU$  - чексиз минимал кучланиш энергияси.

Қатламга ажралишини шаклланишини математик таҳлили муаллифга қатламга ажралишни шаклланиши учун етарли бўлган ва "Ҳоченг-Дҳаран модели" деб номланган минимал ўқ бўйича кесиш кучини ҳисоблаш учун куйидаги формулани олиш имконини берди



6-расм. Қатламларни шакллантириш схемаси

Математик статистика фақат кузатувларни қайта ишлаш билан чекланмайди. Мураккаб техник тизимларни ўрганиш учун экспериментал лойиҳалаш усуллари максимал самарага эга. Тадқиқот ишини режалаштиришни асосий вазифаси тизимда минимал миқдордаги экспериментлар ўтказиш билан максимал маълумотларни олишдир. Экспериментал лойиҳалашнинг моҳияти бизга ўрганилаётган жараёнга таъсир этувчи барча омилларни бир вақтнинг ўзида ўзгартириш имконини беради.

Полимер композит материалларида тешикларни пармалаш жараёнини ўрганиш учун экспериментни режалаштиришнинг математик усуллари қўлланилган. Парманинг тез ейилиши, деталнинг сифатини бузилишига олиб келиши мумкин. Кесиш асбобининг ейилишини олдини олиш учун асосий кўрсаткичларга таъсир қилмайдиган чоралар кўриш керак. Бунинг учун эксперимент бажаришда асбобнинг ҳолати доимо ўзгармас деб қабул қилинди.

Қурилманинг лойиҳалаштиришни биринчи босқичида ўрганилаётган омилларнинг ўзгарувчанлик даражасини танлашни ўз ичига олади. Факторларнинг ўзгарувчанлик даражаси асбоб-ускуналарнинг технологик имкониятларига ва қўйилган вазифаларга боғлиқ. Даражалар сони вазифани сезиларли даражада мураккаблаштирмасдан тизимнинг тўлиқ тавсифига ҳисса қўшиши керак. Икки ва уч даражали режалар кўп тарқалган.

Уч даражали экспериментал лойиҳалаш ҳар бир омилнинг ҳаракатларини тўлиқ тавсифлайди, нафақат чизиқли, балки квадрат эффектларни ҳам очиб беради, бу эса олинган моделларнинг аниқлигини сезиларли даражада яхшилайдди.

Регрессия коэффицентларини қидириш учун оддий формулаларни олиш, ўрганилаётган жавобга ҳар бир таъсирнинг улуши ва белгисини аниқлаш ва режадаги омилларнинг нормаллаштирилган шаклидан фойдаланиш зарур. Ўзгарувчиларнинг табиий қийматларидан нормаллаштиришга ўтиш трансформацион формулалар билан амалга оширилади:

$$x_{i\text{норм}} = \frac{x_i - x_{ji}}{\Delta x_i} \quad (9)$$

бу ерда  $x_i$  - фактор даражасининг хаддан ташқари табиий қиймати;  $x_{ji}$  - и-чи ўзгарувчининг асосий даражаси;  $\Delta x_i$  - ўзгаришнинг интервали.

Ушбу ишда биз учта асосий омил (3-1) иккита асосий омил ва битта блок коэффициентдан фойдаланган ҳолда, тажрибалар сони  $N = 10$  га тенг, такрорий сони  $N = 3$  бўлган. Бундай режадан фойдаланиш барча 3 омил учун чизикли ва квадратик эффектларни, шунингдек асосий омилларнинг ўзаро таъсирини очиб беради. Экспериментал шароитлар натижаларни тизимли хилма-хиллик туфайли бузиб кўрсатмаслик учун экспериментлар тартиби тасодифий танлов асосида яратилган

Кесиш жараёнларини ўрганишда кўп боғлиқликлар анъанавий равишда кўч тенгламалари билан ифодаланади.

$$y = C v^{\alpha} S^{\beta} t^{\gamma} \quad , \quad T = \frac{C_m}{v^{\frac{1}{m}} S^{\gamma} v t^{\alpha} v} \quad (10)$$

бу ерда  $v$  - кесиш тезлиги;  $s$  – суриш миқдори;  $t$  - кесишнинг чуқурлиги;  $C, \alpha, \beta, \gamma$ - доимий қийматлар.

Логарифм орқали ушбу тенгламани қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\ln Y = \ln C + \alpha \ln v + \beta \ln S + \gamma \ln t \quad (11)$$

Экспериментнинг ўзгарувчан технологик параметрлари кесиш тезлиги ва суриш ҳисобланади, қўшимча параметр (блок коэффициент) тўпланган чиқиб кетиш узунлигида ифодаланган “кесиш асбобининг ҳолати” дир. 2-жадвалда кўрсатилган экспериментал лойиҳалаш омилларининг табиий ва нормаллаштирилган даражаси кўрсатилган.

### 1-жадвал

Омиллар даражасининг режаси

Бош омил даражаси	Блокланган омил даражаси	Факторы		
		Тешиқлар сони (блоккли омил) $N (X_3)$	Суриш миқдори, $s$ мм/айл, $(X_2)$	Кесиш тезлиги мм/дақ, $(X_1)$
1	1	1-10	0,06	13.5
0	2	11-20	0,04	9,8
-1	3	21-30	0,03	4.9

Уч блокнинг ҳар бири учун тўпланган чиқиб кетиш узунлигининг табиий қийматини ҳисоблаш экспериментларни бажариш режасида асосан кетма-кетлик, қуйида келтирилган формулага асосан, пармалаш тезлиги ва ишлов берилган ПКМ материалнинг қалинлигини ҳисобга олган ҳолда амалга оширилди (1-жадвал).

$$l_k = \sum_{i=1}^k \frac{\pi d h}{s_i} \quad (12)$$

бу ерда  $d$  - асбобнинг диаметри,  $h$  - материалнинг қалинлиги,  $s_i$  -  $i$ -чи экспериментдаги суриш,  $k$  - тўпланган кесиш узунлигини аниқлаш учун зарур бўлган тажриба рақами.

Нормаллаштирилган шаклда  $R_a$  параметри учун регрессия модели қуйидагича:

$$R_{a_{ПКМ}} = 3,22 - 0,32X_1 \quad (13)$$

$R_a$  ПКМ учун аниқлаш коэффициентлари 0,32 ни ташкил қилади.

Кесиш тезлигининг ошиши билан ғадир-будирлик пасаяди, чунки кесишнинг янада динамик жараёни ПКМ толаларини тоза кесишга ёрдам беради.  $R_z$  нинг иккинчи қаттиқлик параметри учун нормаллаштирилган шаклдаги регрессия моделлари куйидаги шаклга эга:

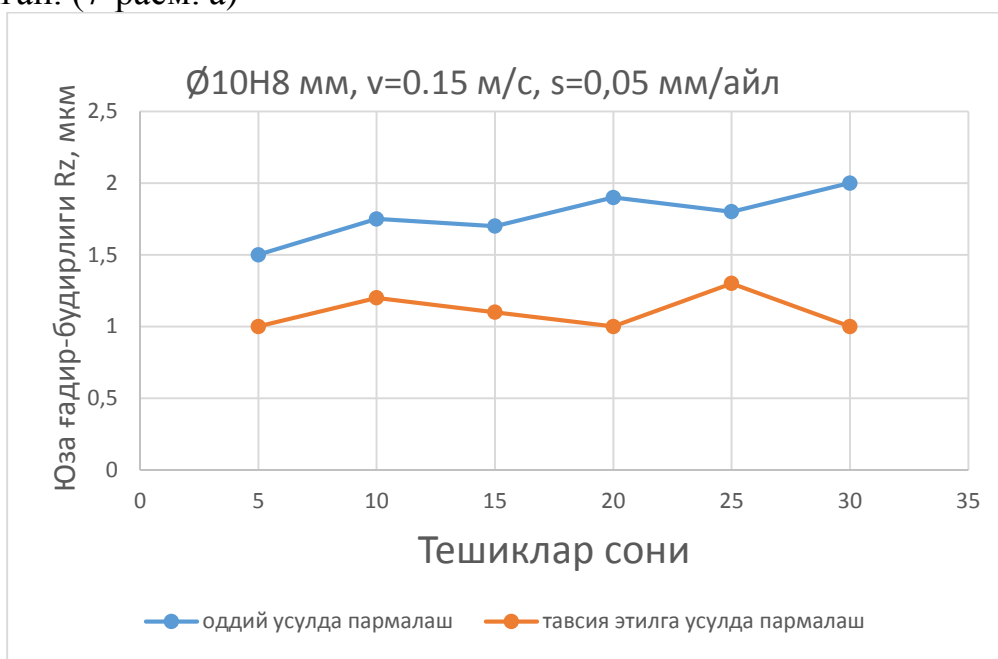
$$R_{z_{ПКМ}} = 31,86 - 3,18X_2 - 4,03X_1 + 4,79X_2^2 \quad (14)$$

$R_z$  ПКМ учун аниқлаш коэффициентлари 0,69 ни ташкил қилади. ПКМ модели учун энг кичик коэффициент қиймати кузатилмоқда, бу ПКМ кесиш механизми металлни кесиш механизмига қараганда камроқ тахмин қилинаётганлигини кўрсатади. Бу композицион материалнинг таркибий хусусиятлари ва унинг хусусиятларининг анизотропияси билан боғлиқ.

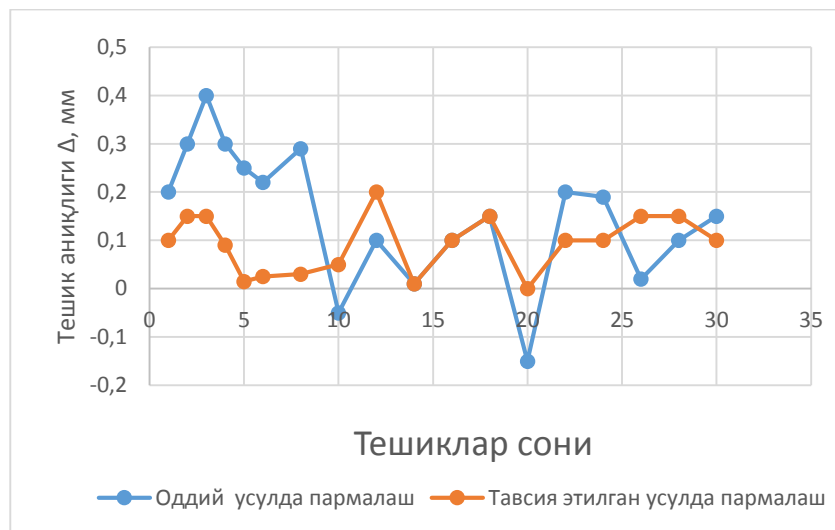
$R_z$  параметрига тезликнинг статистик аҳамиятли таъсири топилмади. ПКМ қатламидаги  $R_z$  параметри учун қизиқ бир боғлиқлик аниқланди. Бу ерда  $R_a$  параметридан фарқли ўлароқ, оқим эффекти нафақат чизиқли, балки квадратик ҳам пайдо бўлди.  $R_a$  параметрида ҳам тезликнинг таъсири минус белгига эга. Шундай қилиб, ПКМ қатламидаги  $R_z$  параметри юқори кесиш тезлигида минимал қийматларни олади  $v=13.5$  м/дақ ва ўртача узатиш тезлиги  $s=0.04$  мм/айл, максимал қийматлар паст кесиш тезлигида  $v=4.9$  м/дақ,  $s=0.03$  мм/айл ва юқори суриш  $s=0.06$  мм/айл.

Юқорида биз юза ғадир-будирлигига таъсир этувчи асосий омилларни кўриб чиқдик. Уни камайтиришни технологик усуллари шу омилларга боғлиқ бўлади.

Профилметр ёрдамида  $R_z$  тешикнинг ғадир-будирлиги параметрини ўлчанди. Чизмада ишлов берилган тешикларнинг ғадир-будирлиги акс эттирилган. (7-расм. а)



а)



б)

7-расм. Юзаларнинг тозалигини таққосланиш графиги. а- $R_z$  бўйича, б- тешик аниқлиги бўйича

Бундан кўришиб турибдики тавсия этилган пармалаш усули билан ишлов берилган тешикларнинг юза тозалиги оддий пармалашга қараганда яхшироқ натижани кўрсатди.

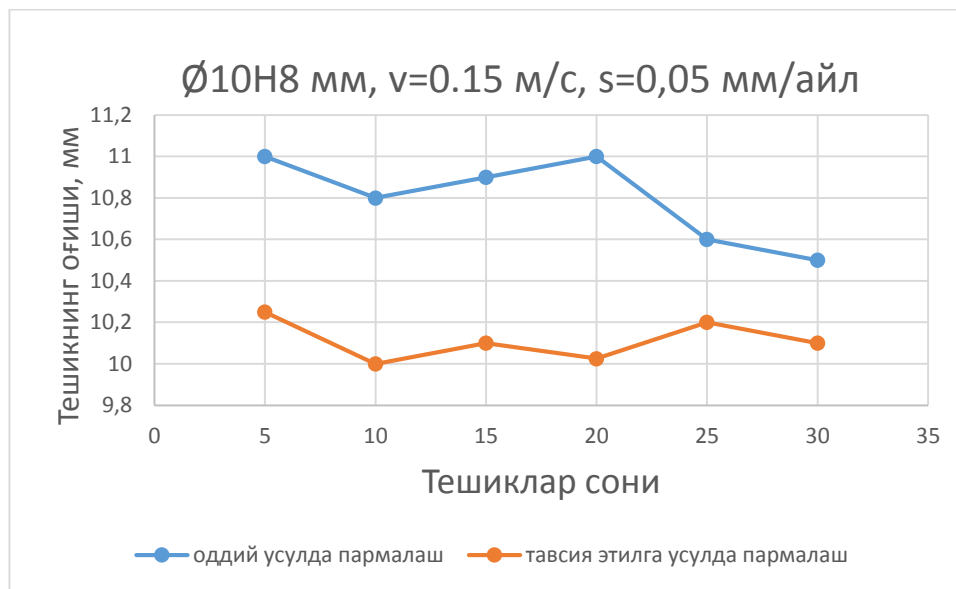
Қуйидаги графикда ишлов бериш усули тешикнинг аниқлигига таъсири келтирилган. Графикдан кўришиб турибдики тешикнинг аниқлиги оддий усулга қараганда тавсия қилинган усул юқорида самара берганини билишимиз мумкин (7-расм. б).

Ҳозирги вақтда, технологик бўлмаган тешикларни пармалаш жараёнини амалга ошириш учун махсус қурилмалар ишлаб чиқариш, йўналтирувчи втулкалардан фойдаланиш, кўшимча операция ўтказишга тўғри келади, бу албатта маҳсулот нархини сезиларли даражада оширади.

Синов натижаларига кўра, қириндиларни кесиш зонасидан яхшироқ майдалаш, олиб чиқиш ва ёпишиш даражасининг камайтириш учун пармалаш усулини қўллаш мақсадга мувофиқ, чунки мавжуд усул билан пармалашда юза тозалиги  $Rz$  1,05-1,3 мкм га нисбатан 0,3-0,6 мкм гача камайтириш имконини беради. Юза ғадир-будирлиги  $Ra$  7-8,5 микрондан  $Ra$  5,5-6,2 микронгача камайд.

Шундай қилиб, парманинг суриш ҳаракатини даврий тўхтатиш билан ишлов беришда кўрсатилган камчиликлар мавжуд эмас, бу парманинг ишончилигини ошириш ва ишлов бериладиган тешикларнинг сифатига эришишни таъминлайди.

Синовлар белгиланган кесиш маромларида тешикларни кетма-кет пармалашдан иборат эди. Тешикнинг диаметри битта марказий қисмда ўлчанди. График тешикларнинг диаметрлари парманинг диаметридан оғишини кўрсатади (8-расм).



8-расм Тешикнинг диаметрларини парма диаметридан оғиш графиги

Амалий тажриба синовлари натижаларига кўра, таклиф этилаётган усулда 30 та тешикка ишлов берилганда, тешиклар диаметрларининг нуқсонлар даражаси 0,27% дан паст бўлишини таъминлайди. Тешикларнинг диаметрларидаги ўзгарувчанлик диапазони 26 мкм, максимал рухсат этилган қиймати 30 мкм, бу 9-даражали аниқлик синфидаги тешикларни олиш имконини берди. 30 та тешикнинг таклиф қилинган усулда ишлов берилганда диаметрининг ўзгарувчанлиги 32 мкм бўлган, 10-даражали аниқлик синфидаги тешикларни олиш имконини берди.

Турли хил усулларнинг ишлаши учун ўртача қийматларни таққослаш орқали (10, 20, 30 тешиклар) биз ғадир-будирлигини белгиланган бардошлик даражасига мувофиқлигини баҳолаймиз. 30 тешикни пармалашдан сўнг юза аниқлиги Ra 1.31 мкм дан ошмайди, ўртача қиймат Ra 0.63-0.71 мкм. ПКМда ўртача ғадир-будирлиги Ra 3.64 мкм 30 та ишлов бериладиган тешиклар орасида максимал қиймати Ra 4.98 мкм ташкил этади.

Таклиф қилинадиган пармалаш усули ПКМда энг яхши юза ғадир-будирлигини олиш имконини беради. Таклиф қилинган усулнинг муваффақиятли синовлари уларни ишлаб чиқаришга жорий этиш имконини берди

Олиб борилган изланишларга мувофиқ тавсия қилинаётган усулда пармалашда қириндиларни майдалаб чиқариш имконини беради (9-расм).



а)

б)

9-расм. Қиринди ҳосил бўлиш жараёни  
а-амалдаги усулда пармалашда, б-тавсия қилинган усулда пармалашда

ПКМ пармалашнинг ўзига хос хусусияти қириндиларни тешик юзасига ва пармага зарар етказмасдан кесиш ҳудудидан чиқариб олишдир. Қириндининг ҳосил бўлиши тешик сифатига ва парманинг турғунлик даврига катта таъсир қилади.

Тавсия қилинган усулда ПКМни пармалаш унумдорлиги оддий усулда пармалашга қараганда юқори натижага эришилди.

Ишқаланиш кучларини камайтириш учун тавсия қилинган усуллардан бири қириндини майдалаб чиқариш усули ҳисобланиб у энг яхши самара беради.

Юзанинг титилишига ишлов бериш режимларидан суриш миқдори кесиш тезлигидан кўпроқ таъсир қилади. Суриш миқдорининг кўпайиши ўқ бўйича кесиш кучининг ортишига олиб келади, унинг таъсири остида композитнинг кесилмаган қатламлари пайдо бўлади.

Шу билан бирга ҳаддан ташқари суриш қийматлари кесиш зонасида иссиқлик ҳосил бўлишига олиб келади. Шунинг учун, ишлов беришнинг тавсия қилинган усулидан фойдаланишга тўғри келади.

Тешик атрофидаги максимал шикастланган майдоннинг диаметрини аниқлаш учун электрон сканерлаш микроскопи ишлатилган. Титилишнинг қиймати (14) ифодаси билан ҳисобланди:

$$F_d = \frac{D_{max}}{D}, \quad (15)$$

Бу ерда  $F_d$  - титилиш қиймати,  $D_{max}$  - тешик атрофидаги максимал шикастланган диаметри,  $D$  - номинал тешик диаметри (10-расм).

Тешик атрофи титилишини  $D_{RAT}$  ўлчами (15) билан  $D_{MAR}$  тешиги атрофидаги максимал шикастланган майдоннинг  $A_{AVG}$  тешикнинг номинал майдонига нисбати сифатида аниқланган иш тавсия қилинади:

$$D_{RAT} = \frac{D_{MAR}}{A_{AVG}}, \quad (16)$$

Деликация майдони тешикнинг номинал майдонига фоиз сифатида (17) ифодаси билан аниқланиши ҳам мумкин.

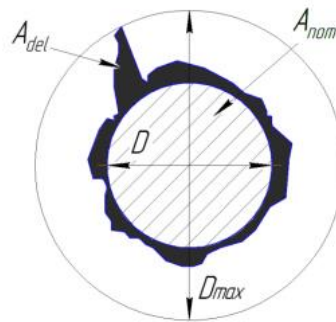
$$DF = \frac{A_{del} - A_{nom}}{A_{nom}} \times 100\% \quad (17)$$

бу ерда  $DF$  - титилишнинг фоизи,  $A_{del}$  - тешик атрофидаги шикастланган майдони,  $A_{nom}$  - тешикнинг номинал майдони.

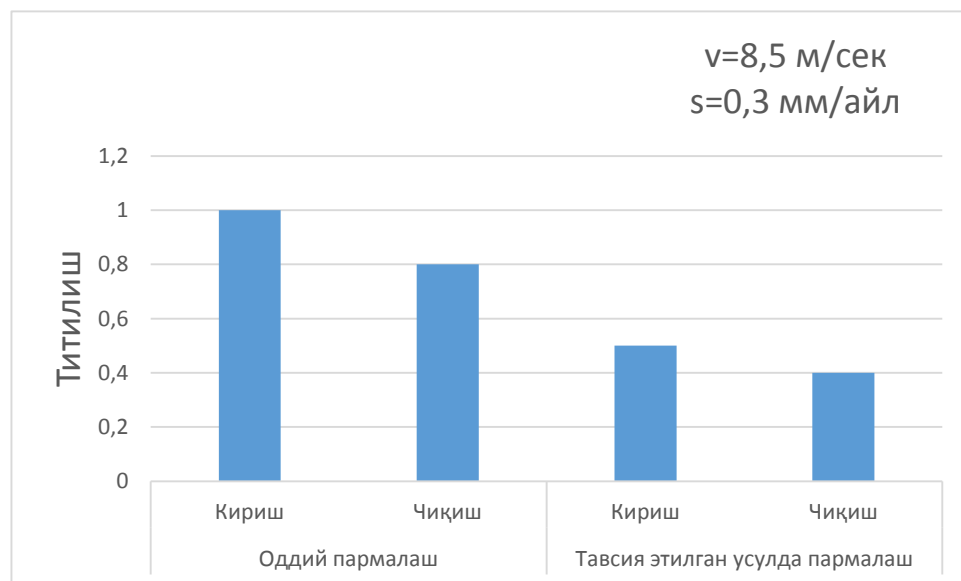
Қўлланиладиган формулада (16) тешик атрофидаги максимал шикастланган диаметри ва ушбу майдоннинг ҳисобига олинади:

$$F_{da} = \alpha \frac{D_{max}}{D} + \beta \frac{A_{max}}{A} \quad (17)$$

бу ерда  $D_{max}$  ва  $A_{max}$  - тешик атрофидаги тўпламларнинг максимал диаметри ва майдони;  $D$ ,  $A$  - номинал диаметр ва тешикнинг майдони;  $\alpha$ ,  $\beta$  - ҳар бир муносабатларнинг аҳамиятли параметрлари ( $\alpha + \beta = 1$ ).



10-расм. Титилишларни аниқлаш схемаси.



11-расм. Пармалаш усулида тешикнинг титилиш ҳолати

Сифат нуқтаи назаридан оддий пармалаш усули энг ёмон натижаларни кўрсатди, тешикни титилиш қиймати максимал ва амалда ишлов бериш шароитларига боғлиқ эмас. Тавсия этилган пармалаш усулида тешик титилишини 50-60% камайтиришга эришилди, кесиш тезлиги ва суриш ҳаракати таъсири ҳам сезилмади. Тавсия этилган усулни ишлатишда тешикларнинг сифати чиқиб кетиш тезлигига тўғридан-тўғри мутаносибдир - паст тезликда титилиш миқдори минимал ва кесиш тезлиги ошиб бориши билан титилиш миқдори ортади (11-расм).

## ХУЛОСА

Диссертация ишида белгиланган мақсадга эришиш учун муаммоларни ҳал қилиш жараёнида қуйидаги илмий ва амалий натижаларга эришилди:

1. ПКМ тайёрланган деталлардаги нотехнологик тешикларни пармалашда қириндиларнинг шаклланиш ва сифат кўрсаткичларига таъсирини назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида, титилиш каби камчиликларни сезиларли даражада қисқартириш, ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ва ишлаб чиқариш харажатларини камайтиришни таъминлайдиган ишлов бериш усуллари таклиф этилади.

2. ПКМ пармалаш маромларини тешикларнинг ғадир-будирликлари ва аниқлигига таъсирини акс эттирадиган моделлари тузилди.

3. Қириндиларни ёпишиш жараёнини ва парманинг кириш ва чиқиш қисмидаги материални титилиш миқдорий кўрсаткичларини экспериментал тадқиқотлар асосида, тешикларнинг аниқлиги ва сифатига таъсири ўрганилди, пармани кесиш ҳудудида кириш ва чиқиш жойларида тартибга солиш усули таклиф қилинди.

4. Рақамли дастур билан бошқариладиган дастгоҳлар учун пармалашда олдиндан белгиланган узунликдаги қириндиларни кесиб чиқариш усули ишлаб чиқилган.

5. Пармалаш пайтида майдаланган қириндиларни ажралиш ҳудудидан чиқариш учун аэродинамик ускуна ишлаб чиқилган ва ишлаб чиқаришга жорий қилинган.

6. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларига кўра, тавсия этилган пармалаш усулида кесиш маромларини танлаш орқали унумдорликни, тешикларнинг сифати ва аниқлигини ошириш муаммоси ҳал қилинди.

7. ПКМ тайёрланган деталлардаги тешикнинг бўйлама қисмидаги профилнинг оғиши кесиш тезлиги ва суришига боғлиқлиги аниқланди.

8. Пармалаш пайтида совитиш мойлаш технологик воситаларидан воз кечиш аниқликни пасайтиради, аммо тешикларнинг ғадир-будирлиги деярли ўзгармайди.

9. Диссертация натижалари “НКМК” ДК “НМЗ” ИЧБ нинг асбоблар бўлимида жорий этилди. Ишлаб чиқариш самарадорлигини 20% га, меҳнат унумдорлигини 1,4 баравар юқори бўлди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
DSc.03/12.2019.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ХУСАНОВ ЮНУСАЛИ ЮЛДАШАЛИЕВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ  
НЕТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

**05.02.05 – Технологии и процессы механической и физико-технической  
обработки. Станки и инструменты**

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

**Ташкент-2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № \_\_\_\_\_

Диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте  
Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Научный  
руководитель:**

**Файзиматов Шухрат Нуманович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные  
оппоненты:**

**Умаров Толиб Умарович**  
доктор технических наук, профессор

**Мардонов Бахтиёр Тешаевич**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Андижанский машиностроительный  
институт**

Защита диссертации состоится « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года в \_\_\_\_ часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.03/12.2019.T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете Узбекистана. (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00, факс: 227-10-32; e-mail: [tstu\\_info@edu.uz](mailto:tstu_info@edu.uz).)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано за номером \_\_\_\_). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел. (99871) 246-03-41). Автореферат диссертации разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года (реестр протокола рассылки № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

**К.А. Каримов**

Председатель научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**Н.Д. Тураходжаев**

Секретарь научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**Д.Е.Аликулов**

Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В современном мире для повышения качества и увеличения долговечности продукции машиностроения и автомобилестроения особое значение имеет обеспечение показателей точности геометрических параметров деталей при их изготовлении.

В мире особенно важно создавать новые методы обработки, которые обеспечивают качество и точность деталей машин изготовленных из полимерных материалов. Одним из наиболее важных критериев определения качества деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ) является разработка и исследование методов механической обработки, которые играют важную роль в обеспечении эффективности процесса сверления. Исследовательские центры развитых стран мира, Российской Федерации, США, Англии, Германии, Японии, Италии и других, уделяют особое внимание совершенствованию методов механической обработки деталей из полимерных композиционных материалов. Важно проводить широкомасштабные научные исследования по разработке методов, позволяющих значительно повысить эффективность механической обработки детали из ПКМ.

В мировой практике в области машиностроения сверление широко используются для обеспечения точности и качества деталей ПКМ. Обширные исследования ведутся для разработки и проектирования новых методов обработки. Особое внимание уделяется использованию таких методов в на станках ЧПУ.

Основными трудностями являются отсутствие методологии выбора методов обработки, позволяющих обеспечить качественные параметры обработанной поверхности ПКМ.

В нашей Республике принимаются меры по улучшению качества изготовления деталей машин, увеличению сроков их службы на основе совершенствования оборудования, используемого при производстве и обеспечении показателей точности и качества. В Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи по «...модернизации производства, технического и технологического обновлению производства, ...прежде всего, за счет замены импортных компонентов...»<sup>1</sup>. Во исполнении данных задач, в том числе при изготовлении деталей машин важнейшим направлением является применение модернизированных станков, приспособлений и инструментов и разработка технологии изготовления, обеспечивающая повышение точности, увеличения срока службы деталей машин.

Данное диссертационное исследование в определенной степени призвано выполнять задачи, предусмотренные Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»,

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Президента Республики Узбекистан от 26 декабря 2016 года № ПП–2698 «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017 - 2019 годы», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 27 апреля 2018 года №ПП - 3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также другими нормативно правовыми актами, принятыми в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан.** Данные исследования выполнены в соответствии направления развития науки и технологий республики П. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Многими исследователями мира проведено исследования решения проблемы по обеспечению ресурсо-энергосбережение при изготовлении деталей из полимерных композиционных материалов, разработке метода обработка нетехнологических отверстий основанных на поиске и управлении технологических факторов оказывающих влияние на качество поверхностей отверстий и отвода стружки из зоны резания.

В современном машиностроении используются различные детали изготовленные из полимерных композиционных материалов. Однако, при механической обработке нетехнологических отверстий деталей из ПКМ остается проблемой удаление стружек и обеспечение качества обработки поверхностей.

Изготовление многих деталей машиностроительной промышленности из ПКМ, их долговечность и надежность в основном определяются методом обработки. Продолжаются исследования, направленные на обеспечение эффективности и качества процесса сверления материалов ПКМ.

Ведущие исследовательские центры и высшие учебные заведения мира, в том числе: Mechanical Engineering research Institute (Англия), Institute for Machine Tools (Германия), Centre for Advanced Materials Processing and Manufacturing (Австралия), Mitsubishi Materials Corporation Advanced Materials and Tools Company (Япония), Department of Mechanical Drive, School of Mechanical Engineering, Dalian Jiaotong University (Китай), Centre for Development of Advanced Computing (Индия), Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Тульский государственный технический университет (Россия), Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан) ведут обширную научно-исследовательскую работу.

Ученые из Mechanical Engineering research Institute (Англия) A.L Arraiza ва N.Altinkok сравнили качество отверстий при обработке различных типов сверл, в результате чего в 3-4 раза увеличилась стабильность режущего инструмента при обработке спиральными сверлами. Institute for Machine Tools (Германия) ученых A.M. Abrao и A.T.Marques сравнили силу резания вдоль оси при сверлении детали толщиной 4 мм со стандартным спиральным сверлом и других типов сверло, что привело к недостатку прочности в

стандартном спиральном сверле. Ученые компании Mitsubishi Materials Corporation Advanced Materials and Tools Company (Япония) Akira Kobayashi и U.A.Khashaba проанализировали процессы сверления в различных полимерных композиционных материалах, что привело к повышению эффективности обработки на 10-15% за счет рекомендации оптимальных режимов резания. Ученые компании Centre for Advanced Materials Processing and Manufacturing (Австралия) E.A.Okutan, рекомендовал использовать инструменты малого диаметра для уменьшения крутящего момента и осевой силы полимерных деталей с диаметрами в диапазоне от 4 мм до 10 мм.

Ведущие учёные стран СНГ и Республики Узбекистан такие как Степанов А.А., Д.Е. Аликулов, Якубов Ф.А., Умаров Т.У., Умаров Э.О., Файзиматов Б.Н., Мамаджанов А.М., Файзиматов Ш.Н., Махмудов К.Г., Мирзаев А.А. и другие в своих научных работах создали научные основы механической обработки, эффективности сверления ПКМ и повышению качества отверстий.

В последнее время отечественными и зарубежными учеными были опубликованы научные статьи о сверлении деталей ПКМ, но мало было проведено исследований проблем сверления ПКМ, снижения производительности и создания новых инновационных методов для снижения стоимости детали.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами института.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ферганского политехнического института в рамках проектов по темам ОТ-Ф5-005 «Измерительные приборы, диагностика и управление на основе конкурентоспособных и высокопроизводительных механических методов обработки механических процессов» (2007-2010), ГНТП-20 Программа механического контроля деталей машин на основе прогнозирования и контроля, диагностики и технического оснащения, методов создания современных информационных систем »(2011-2014). Основные разделы работы выполнены в соответствии с перспективным планом научно-исследовательских работ на 2017-2021 годы.

**Целью исследования** повышение эффективности сверления и улучшение качества нетехнологических отверстий в деталях изготовленных из полимерный композиционных материалов.

**Задачи исследования:** Повышение эффективности сверления полимерных композиционных материалов. Для этого необходимо выполнит следующие задачи:

создать новые способы обеспечивающие эффективность и качество сверления нетехнологических отверстий в деталях из полимерных композиционных материалов;

провести экспериментальные исследовательские работы и разработать рекомендации по определению оптимальных условия повышения эффективности и качества отверстий при сверлений полимерных композиционных материалов;

создать и изготовить технологические устройства обеспечивающее отвод дробленной стружки из зоны резания;

**Объектом исследования:** Технология и процесс сверления отверстий в полимерных композиционных материалах.

**Предметом исследования:** Факторы, влияющие на точность, качество и эффективность процесса сверления полимерный композиционный материалов

**Методы исследований.** В процессе исследования использованы научные основы технологии машиностроения, теория проектирования режущих инструментов, стружкообразования, теории вероятности и математической статистики. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью программного обеспечения MathCad

**Научная новизна исследования:**

созданы новые способы обеспечивающие эффективность и качество сверления нетехнологических отверстий в деталях из полимерных композиционных материалов на станках с программным управлением основанное на получении стружки предварительно заданной длины, регулирования подачи при входе и выходе сверла, а также использования разработанного технологического устройства обеспечивающее отвод дробленной стружки из зоны резания;

проведены экспериментальные исследовательские работы и разработаны рекомендации по определению оптимальных условий повышения эффективности и качества отверстий при сверлении полимерных композиционных материалов;

создано и изготовлено пневновихревое технологическое устройство обеспечивающее отвод дробленной стружки из зоны резания;

**Практические результаты исследования.** Состоят в следующем:

разработаны новые способы сверления нетехнологических отверстий в полимерных композиционных материалах;

разработана и изготовлено аэродинамик устройство для отвода дробленной стружки из зоны резания

разработан программный продукт для станков с программным управлением позволяющий получить стружки с заранее определенной длиной;

разработан метод регулирования входа и выхода сверла из зоны резания;

разработаны и внедрены в производство обоснованные рекомендации по назначению рациональных режимов сверления полимерных композиционных материалов для станков с программным управлением

**Достоверность результатов исследования.** Надежность результатов исследования обоснуются соответствием теоретических и экспериментальных исследований, использованием рекомендуемы методов сверления полимерный композиционных материалов, алгоритмов исследований и широкой апробацией результатов исследований.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований характеризуется рекомендацией методов повышения точности нетехнологических отверстий

на основе использования новых способов сверления. Практическая значимость результатов исследований характеризуется разработкой новой технологии сверления, позволяющих сократить удельный расход ресурсов при изготовлении деталей из полимерных композиционных материалов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по повышению качества сверление:

внедрены программные продукты позволяющий получить стружки предварительно заданной длины и способ регулирования подачи при вход и выход сверла из зоны резания для станков с цифровым программным управлением «Навоийский машиностроительный завод» Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» (справка Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 29.10.2019 г. № 02-06-04/13773). Использование результатов исследований позволило снизить трудозатраты на 40%;

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования прошли апробацию в 46 научно-практических конференциях, в том числе на 12-ти международных и 34-ти республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 46 научных работ. Из них 10 научных статей, в том числе 9 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций. 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных литературы и приложений. Объем диссертации 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и необходимость темы диссертации, цель и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики Узбекистан, а также представлены сведения о научной новизне исследования, теоретической и практической значимости полученных результатов и о опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, которая называется «Состояние проблемы, цели и задачи исследования» сформулированы современное состояние станочных систем и анализ исследуемых проблем (рис. 1).



Рис. 1 Исследование и его содержание

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) используются в авиационной, судостроительной, ракетно-космической промышленности, автомобилестроении, в высокотехнологичных отраслях промышленности, как энергетика, электроника, медицина и многих других. Своеобразной прочностью, эластичностью, твердостью, стойкостью к коррозиям и прочностью ПКМ превосходят некоторые стальные материалы.

Одной из основных проблем при сверлении нетехнологических отверстий в деталях из полимерных композиционных материалов является *прилипание* стружки к инструменту и отвод её из зоны *резания*.

Использование регулируемых режимов, один из наиболее перспективных способов повышения эффективности сверления на станках ЧПУ.

Материал обрабатываемой детали оказывает значительное влияние на процесс входа и выхода при сверлении нетехнологических отверстий. Поэтому при механической обработке сверлом нетехнологических отверстий детали мы должны учитывать материал как существенный фактор.

В нетехнологических деталях, изготовленных из ПКМ, на процесс входа и выхода выбор режущего инструмента (сверла) и режимов резания имеет большое значение. Анализ показывает, что в зависимости от структуры их можно разделить на простые, сложные и очень сложные группы.

1) В группу простых технологически неблагоприятных поверхностей наклонных (косых, склонных) поверхностей

2) В группу сложных технологически неблагоприятных поверхностей изогнутые выпуклые поверхности.

3) В группу очень сложных технологически неблагоприятных поверхностей, поверхности объединённые из групп простых и сложных поверхностей.

Вторым признаком классификации технологически неблагоприятных поверхностей, при входе и выходе при резания деталей является тип используемого материала.

На процесс входа и выхода режущего инструмента при сверлении нетехнологичных отверстие в обрабатываемой детали, а также отвода стружки из зоны резания оказывает влияние выбор режим резания.

Во второй главе диссертации, которая называется **«Теоретические основы моделирование и методы экспериментального исследования процессов сверления нетехнологических отверстий в деталях ПКМ»** приведены результаты теоритического исследования.

Мы предлагаем высоко эффективный способ сверления нетехнологических отверстий, из за счет , управления режимами резания при врезании и выходе сверла из отверстия и регулировал подачи.

Предлагаемый нами способ реализуется в следующей последовательности. Сверло вращается и движется вдоль оси. Скорость подача сверла изменяются при входе и выходе из сверла. В соответствии с рекомендациями сверления ПКМ скорость подача устанавливаются автоматически. Кроме того, когда сверло покидает зону резания, величина подачи устанавливаются снова в соответствии с программой.

Основываясь на теоретические и экспериментальные исследования, нами разработан метод и создана методология выбора оптимальных условий для сверления ПКМ, обеспечивающих улучшения качества, отверстий и эффективность процесса сверления.

Для предотвращения прилипания сходящей стружки к сверлу рекомендуется время от времени останавливать подачи сверла, что может привести к дроблению стружки, это предотвратит залипания стружках при выход из отверстий и поломку сверла.

При сверлении полимерных композиционных материалов прерывание сверления время от времени, по меньшей мере останов подачи в течении одно о вращения сверла, стабилизирует динамические свойства процесса механической обработки и улучшает качество отверстий, обеспечивает стабильное дроблён стружки.

Расположение стружки вдоль спиральных канавкой сверла предотвратит прессованных в отверстия.

Анализ известных разработок показал, что потенциально возможным методом отвода стружки из зоны резания является применение энергии закрученных потоков.

Если вихревую устройство установить вертикально, нижний конец его закрыть, и поместить во внутрь сыпучи изделия, то получим устройство, где в процессе функционирования последнего движение стружки в окружном и осевом направлениях осуществляется только с помощью энергии сжатого воздуха (рис.5).

Принцип работы данного устройства заключается в следующем: сжатый воздух, попадая внутрь цилиндрической трубы через тангенциальные сопла, приобретает вращательное и осевое движение. В результате взаимодействия вращающегося потока со свободно находящим внутри канавки сверла стружкой, который начинает вращаться со скоростью, пропорциональной расходу воздуха. Наличие осевых скоростей потока, направленных к выходу, создает осевую силу для перемещения стружки вдоль оси сверла по канавке без каких-либо механических приводных механизмов.

Как известно, стационарный вращающийся поток, движущийся в полом цилиндра, может быть определен в каждой точке пространства следующими своими основными параметрами: давлением, составляющими скорости (окружной  $\bar{V}_\tau$ , осевой  $\bar{V}_z$ , радиальной  $\bar{V}_r$ ) и плотности  $\rho$  потока.

Примем при этом ряд упрощающих допущений:

- а) распределение окружной скорости  $\bar{V}_\tau$  потока в сопловом сечении вихревой трубы описывается законом свободного вихря;
- в) течение стационарного потока газа принимается изэнтропным.

В соответствии с принятыми допущениями окружная скорость потока  $\bar{V}_r$  представляется в виде константы в диапазоне.

$$R - r = r_{u0}$$

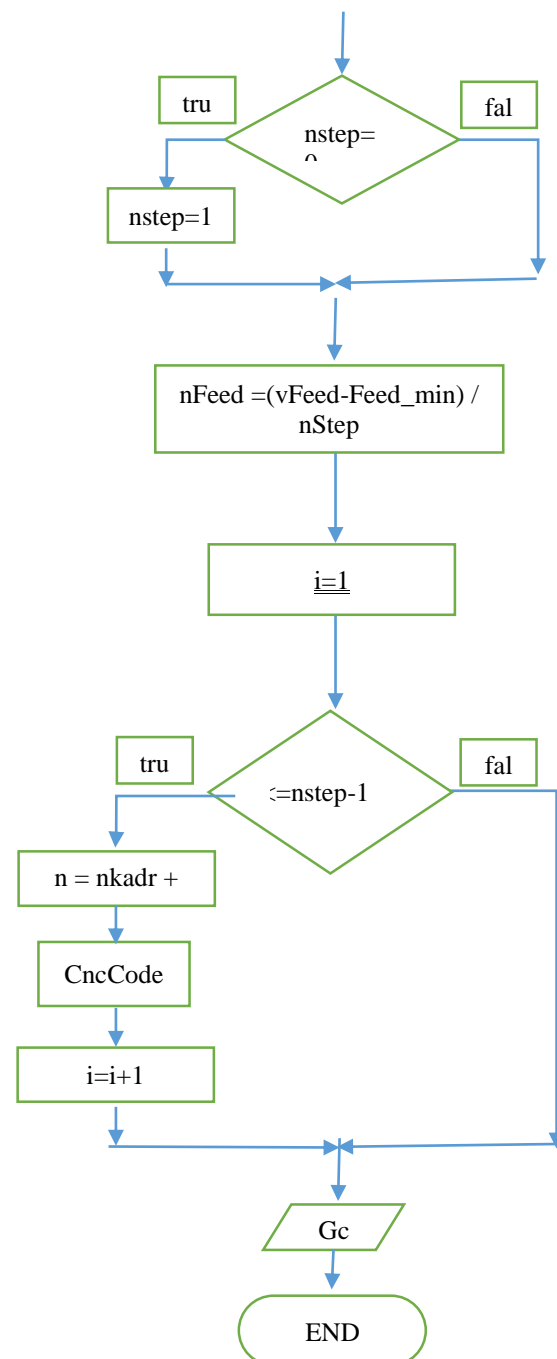
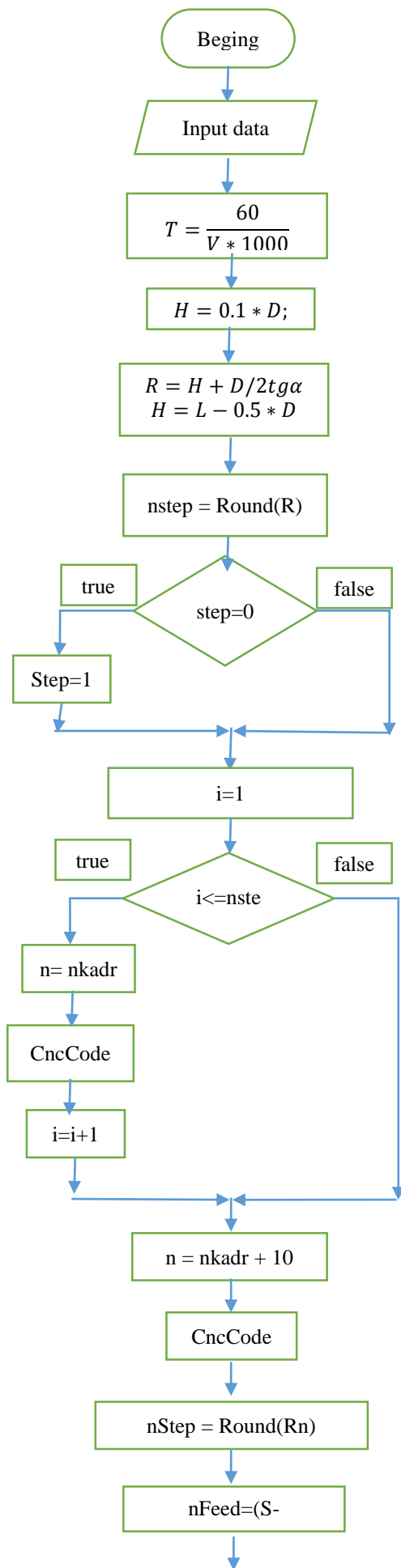


Рис.2. Блок-схема сверления нетехнологических отверстий с переменной подачей.

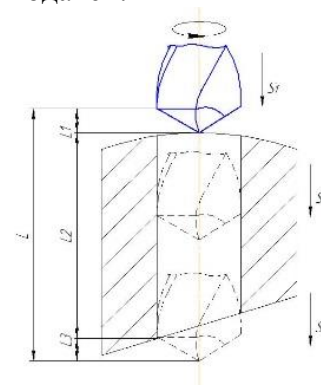


Рис. 3. Рекомендуемый способ сверления нетехнологических отверстий с переменной подачей.

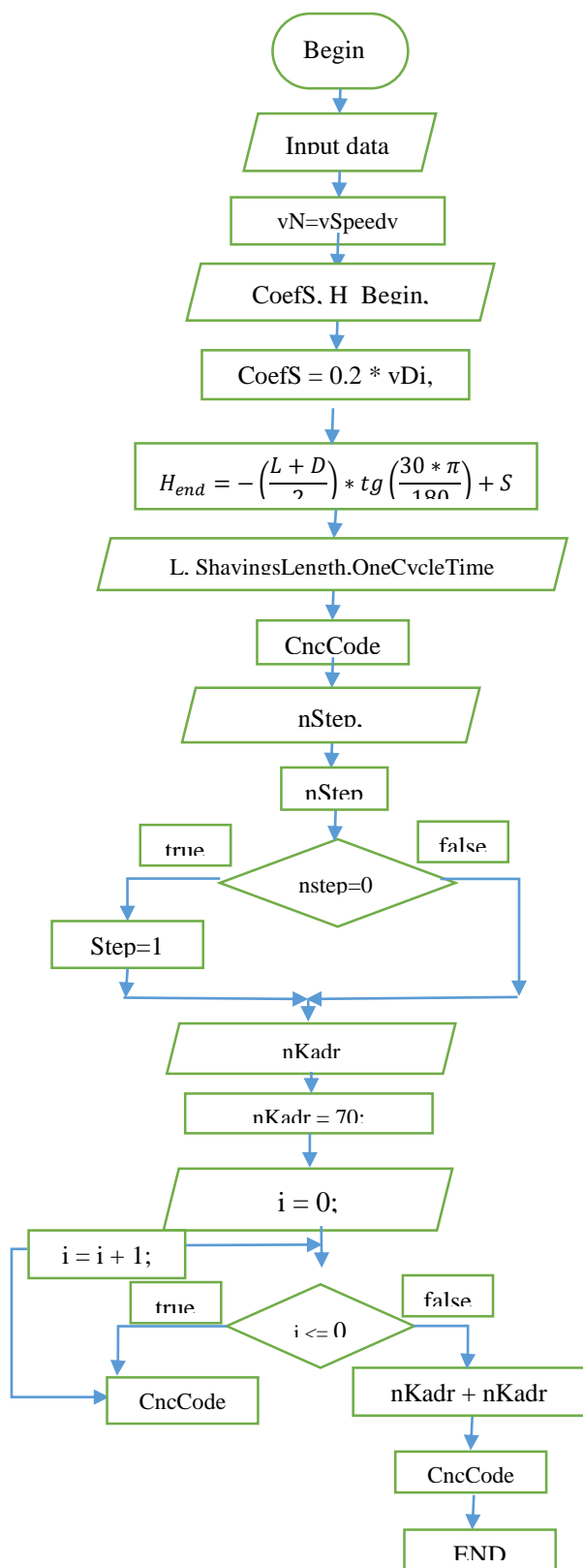


Рис 4. Блок схема способа получения стружки с предварительно заданной длиной при сверления на станках программным управлением.

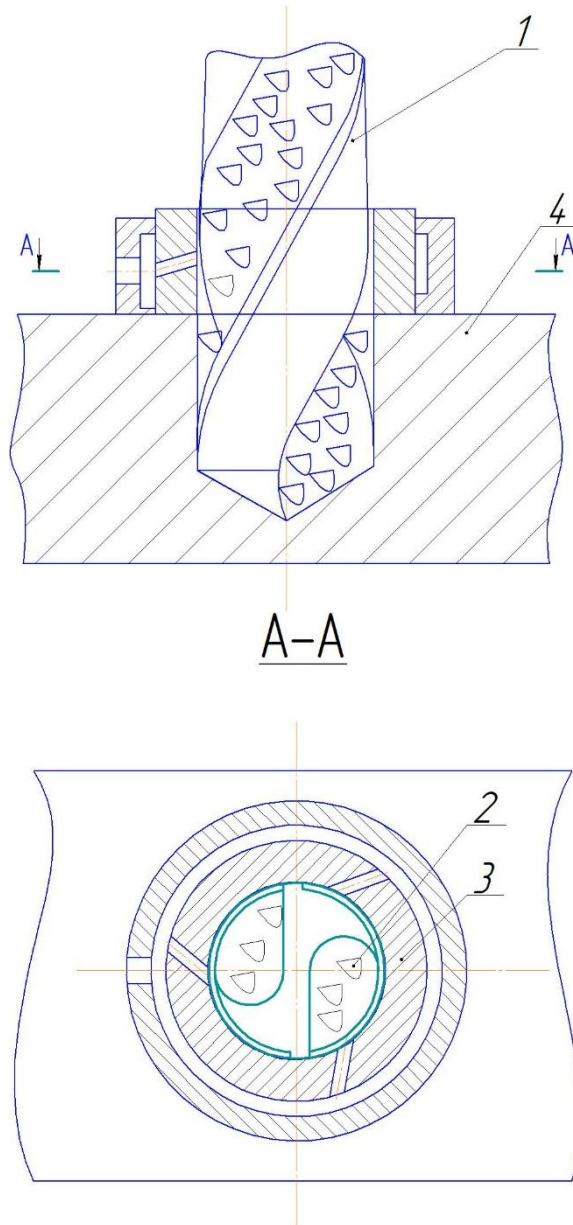


Рис.5. Схема устройства аэродинамического действия 1-сверло, 2-стружка, 3-вихровое устройство, 4-деталь (ПКМ)

При  $\bar{V}_\tau$  в рассматриваемом диапазоне определяется в основном скоростью истечения воздуха из отверстий сопел, т.е. считать, что при  $R_\omega \leq r < r_{ш}$ ,

$$V_\tau = V_c.$$

С учетом допущений исходная система уравнений имеет вид:

Уравнение движения Навье-Стокса

$$V_\tau \frac{\partial V_\tau}{\partial r} - \frac{V_\tau^2}{r} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} \quad (1)$$

Пренебрегая осевой скоростью движения, которая влияет только на совершенство процесса энергообмена и учитывая, что в зоне разделения вихрей она равна нулю и взаимодействие стружки с потоком происходит только в зоне свободного вихря, из уравнений движения (1), которое в нашем случае примет вид

$$\frac{V_\tau^2}{r} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP}{dr} = 0 \quad (2)$$

и выражений (2) можно определить распределение статического давления в свободном вихре

$$P = P_1 \left[ 1 - \frac{K-1}{2} M^2 \left( \frac{1}{r^2} - 1 \right) \right]^{\frac{K}{K-1}} \quad (3)$$

где  $M$  - число Маха на периферии свободного вихря,  $M = \frac{V_\tau}{a}$ ;

$P_1$  - статическое давление на периферии свободного вихря в сопловом сечении равно  $P_1 = (0,55 \div 0,60) P_c$ ;

$R$  - текущий радиус в рассматриваемом сечении;

$K$  - коэффициент адиабаты (для воздуха  $K=1,2$ );

$a = \sqrt{q \cdot K \cdot R \cdot T_r}$  - критическая скорость потока, равная местной скорости потока;

$V_c$  - скорость воздуха из отверстий сопел;

$q$  - газовая постоянная;  $T_r$  - температура потока в сечении  $R - r$ .

При известном значении статического давления в выбранном нами сечении соответствующая плотность потока находится с учетом уравнения состояния газа и адиабатичности течения и выражается в виде:

$$\rho = \frac{P_1}{q \cdot R_r \cdot T} \left[ 1 - \frac{K-1}{2} \cdot \frac{V_\tau}{\sqrt{q \cdot K \cdot R \cdot T_r}} \left( \frac{1}{r^2} - 1 \right) \right]^{\frac{K}{K-1}} \quad (4)$$

В соответствии с принятыми допущениями окружная скорость представлена в виде константы в диапазоне зазора  $R - r$ . В выбранной расчетной схеме число сопел равно трём, следовательно, можно принять, что скорость  $v_\tau$  в рассматриваемом диапазоне  $R - r$  определяется в основном скоростью истечения воздуха из отверстий – сопел.

Скорость истечения воздуха из отверстий – сопел равна:

$$V_c = \sqrt{\frac{K}{K-1} \cdot q \cdot R_r \cdot T_{\text{в вых}} \left[ 1 - \left( \frac{P_{\text{в вых}}}{P_{\text{вх}}} \right)^{\frac{K}{K-1}} \right]} \quad (5)$$

где  $P_{\text{в вых}}$  - давление на выходе из трубы;

$P_{\text{вх}}$  – давление на входе в вихревую трубу.

С учетом допущений окружная скорость в сопловом сечении в рассматриваемом диапазоне может быть представлена в виде:

$$V_\tau = \frac{V_c \cdot R}{r} \quad (6)$$

Ввиду того, что  $\bar{V}_\tau$  принято константой в  $R$ - $r$  выражения (2) можно записать

$$V_\tau = \frac{\sqrt{\frac{K-1}{K} q R_r T_{\text{в вых}} \left[ 1 - \left( \frac{P_{\text{в вых}}}{P_{\text{вх}}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]} R}{r} \quad (7)$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что для нахождения  $\bar{V}_\tau$  в конкретном сопловом сечении вихревой трубы необходимо задаваться не только пневматическими параметрами потока, но и конструктивными параметрами устройства.

**В третьей главе диссертации «Проектирование, расчеты и оптимизация параметров сверления обеспечивающих экономически эффективные процессы обработки»**

Математический анализ разделения на слои позволяет рассчитать прочность силы резания по минимальной оси, которая достаточна для формирования разделения на слои по формуле модели "Хоченг-Дхаран".

На рис.6 схематически показана формирования разрушения слоя, образованного в результате работы силы резания вдоль оси  $F_A$  при движении сверла по направлению. Физическая модель этого процесса характеризуется уравнением баланса энергии (8):

$$K_{IC} dA = F_A dX - dU, \quad (8)$$

где,  $K_{IC} = const$  - критическая энергия распространения трещины на единицу площади (скорость деформации);  $F_A$  - осевая сила резания;  $dA$  - площадь трещины;  $dU$  - бесконечно малая энергия деформации.

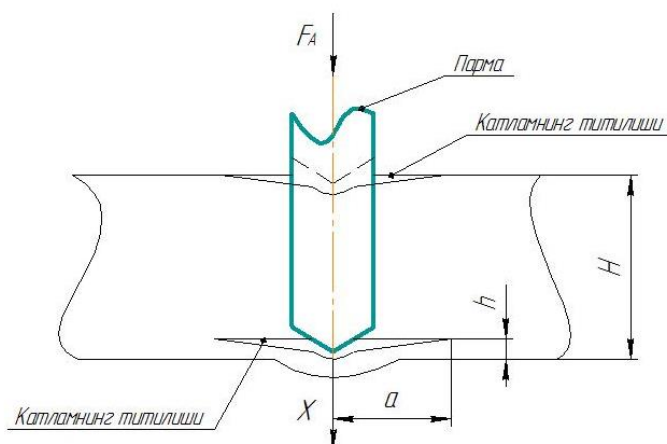


Рис. 6 Схема образования расслоения

Математическая статистика не ограничивается обработкой наблюдений. Для изучения сложных технических систем наиболее эффективными являются экспериментальные методы проектирования. Основной задачей планирования эксперимента является получение максимального количества экспериментов в системе с минимальным количеством экспериментов. Суть проектирования эксперимента позволяет нам одновременно изменять все факторы, влияющие на исследуемый процесс.

Для изучения процесса сверления отверстий в полимерных композиционных материалах были использованы математические методы планирования эксперимента. Быстрое изнашивание сверла может привести к снижению точности и качества. Для предотвращения изнашивания режущего инструмента, необходимо принять меры чтобы не повлиять на основные показатели производительности. Для этого было принято, что в эксперименте состояние инструмента всегда должно быть стабильным.

Первый этап проектирования эксперимента включает в себя выбор степени влияния изучаемых факторов. Степень дискретности факторов зависит от технологических возможностей оборудования и поставленных задач. Количество уровней должно способствовать полной характеристике системы без существенного усложнения задачи. Наиболее распространенными являются двух и трехуровневые планы.

Трехуровневый экспериментальный проект полностью описывает поведение каждого фактора, выявляя не только линейные, но и квадратные эффекты, что значительно повышает точность получаемых моделей.

Чтобы получить простые формулы для поиска коэффициентов регрессии, чтобы определить процент и признак каждого влияния на результат исследования мы используем нормализованную форму факторов в плане. Переход от натуральных значений переменных к нормировке осуществляется с помощью преобразовательных формул:

$$x_{i\text{норм}} = \frac{x_i - x_{ji}}{\Delta x_i} \quad (9)$$

где  $x_i$  - крайнее натуральное значение уровня фактора;  $x_{ji}$  - основной уровень;  $i$ - ой переменной;  $\Delta x_i$ -интервал ее варьирования.

В этом исследовании мы использовали три основных фактора (3-1) с двумя основными факторами и одним блочным коэффициентом, при этом количество экспериментов составляло  $N=10$ , количество повторений составляло  $N=3$ . Использование такого плана раскрывает взаимодействие линейных и квадратичных эффектов, а также, ключевых факторов для всех трех факторов.

Из-за того что, условия эксперимента не искажали результаты из-за систематических различий порядок проведения экспериментов основывался на случайной выборке.

При изучении процессов резания многие зависимости традиционно выражаются уравнениями сил.

$$y = Cv^{\alpha} S^{\beta} t^{\gamma} \quad , \quad T = \frac{C_m}{v^{\frac{1}{m}} S^{\gamma} t^{\alpha}} \quad (10)$$

где  $v$  – скорость резания;  $s$  - подача;  $t$  – глубина резания;  $C$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ - постоянные значения.

Через логарифм это уравнение может быть выражено как:

$$\ln Y = \ln c + \ln v + \beta \ln S + \gamma \ln t \quad (11)$$

Переменными технологическими параметрами эксперимента являются скорость резания и подача, а дополнительным параметром (коэффициент блочности) является «положение режущего инструмента», выраженное на длине резания.

Таблица 1 показывает естественные и нормированные уровни факторов экспериментального проектирования.

**Таблица-1**

**План уровня фактора**

Уровень главного фактора	Уровень блочного фактора	Факторы		
		N ( $X_3$ ) Количество отверстий	Подача, s мм/об, ( $X_2$ )	Скорость резания мм/мин, ( $X_1$ )
1	1	1-10	0,06	13.5
0	2	11-20	0,04	9,8
-1	3	21-30	0,03	4.9

Естественная величина длин сдвига, собранных для каждого из трех блоков, была рассчитана в соответствии с последовательностью в Экспериментальном плане (таблица 1) с учетом скорости сверления и толщины обрабатываемого материала ПКМ .

$$l_k = \sum_{i=1}^k \frac{\pi d h}{s_i} \quad (12)$$

где  $d$  – диаметр сверла,  $h$  – толщина материала,  $s_i$  – подача  $i$ -того эксперимента,  $k$  – номер эксперимента, необходимый для определения длины резания.

Модели регрессии для параметра  $R_a$  в нормализованной форме следующие:

$$R_{a_{ПКМ}} = 3,22 - 0,43X_1 \quad (13)$$

Коэффициенты определение для  $R_a$  ПКМ составляют соответственно 0,32

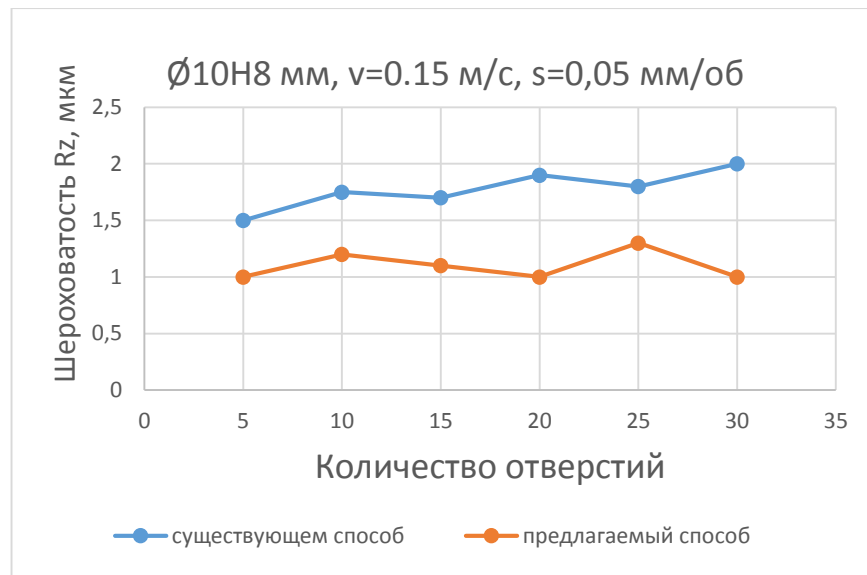
Шероховатость поверхности в ПКМ очень отличается от металлоподобных поверхностей для  $R_a$ . Для  $R_a$  нет эффекта сдвига, но скорость резания оказывает существенное влияние. По мере увеличения скорости резания шероховатость уменьшается, поскольку более динамичный процесс резания помогает разрезать волокна ПКМ. Для второго параметра твердости  $R_z$  нормализованные регрессионные модели имеют следующий вид:

$$R_{z_{ПКМ}} = 31,86 - 3,18X_2 - 4,03X_1 + 4,79X_2^2 \quad (14)$$

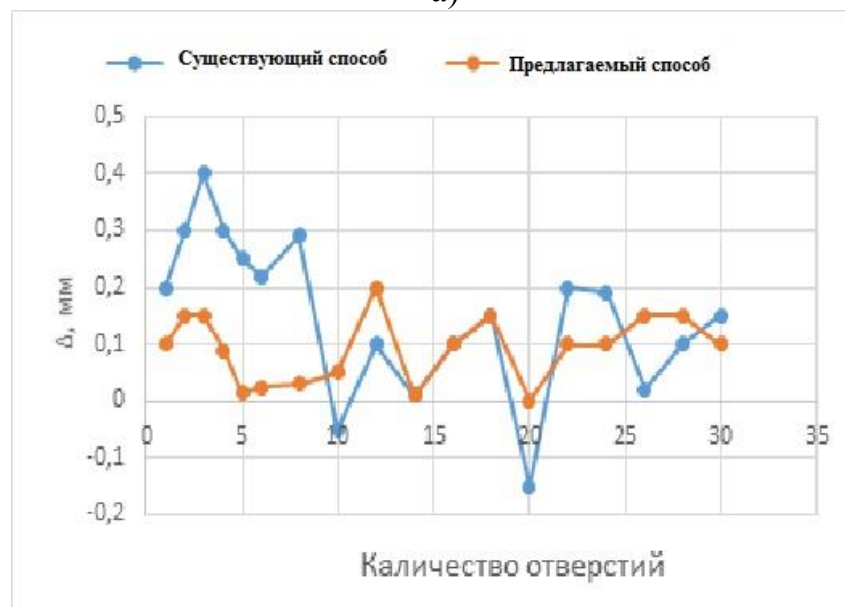
Для  $R_z$  ПКМ Коэффициенты определение составляют соответственно 0,62 Для модели ПКМ наблюдаются наименьшие значения коэффициента, что указывает на то, что механизм резания ПКМ менее предсказуем, чем механизм резания металла. Это связано со структурными свойствами композиционного материала и анизотропией его свойств.

Не было обнаружено статистически значимое влияния скорости на параметр  $R_z$ . Была найдена интересная связь для параметра  $R_z$ . Здесь, в отличие от параметра  $R_a$ , эффект течения оказался не только линейным, но и квадратичным. Также в параметре  $R_a$  влияние скорости имеет знак минус. Таким образом, параметр  $R_z$  в получает минимальные значения при высокой скорости резания  $v=13,5$  м/мин и средней скорости подачи  $s = 0,04$  мм /оборот, максимальные значения при низкой скорости резания  $v=4,9$  м/мин,  $s=0,03$  мм/об и верхний точке  $s=0,06$  мм/об

Мы уже рассмотрели основные факторы, влияющие на шероховатость поверхности. Технологические способы его снижения зависят от этих факторов. Параметр шероховатости отверстия  $R_a$  измеряется с помощью профилометра. На чертежах цифрами показана количество обрабатываемы отверстий с шероховатостью стенок.



а)



б)

Рис.7. График сопоставления качества поверхностей  
а. по  $R_a$ , б- по точности отверстия

Из этого следует, что поверхности отверстий, обработанных предлагаемым способом сверления, показала лучший результат, чем при обычном сверлении.

В графике приведено влияние метода обработки на точность отверстия.

Как видно из графика, точность отверстия лучше при предлагаемом способ, чем у обычного метода.

При существующем способе сверления необходимо разработать специальное устройство для сверления нетехнологичных отверстий, использовать направляющие втулки, провести дополнительные операции, что значительно увеличит стоимость изделия.

Согласно результатам испытаний, использование метода сверления с

периодическим подачи для дробления стружки, позволяющий и снижение прилипания стружки из зоны резания позволяет уменьшить Ra до 0,3-0,6 мкм по сравнению с 1,05-1,3 мкм. Шероховатость поверхности уменьшается Rz - с 7 - 8,5 мкм, до 5,5-6,2 мкм.

Таким образом, в обработке с периодической остановкой подача сверла повышается стойкость сверла и обеспечивается качества обрабатываемых отверстий.

Испытания при регулируемой подаче проводились при сверлении отверстий при  $v = 8,8$  м/мин,  $s = 0,050$  мм/об. Диаметр отверстия измерялся в одной центральной части. График (рис. 8) показывает отклонение диаметра отверстий от диаметра сверла.

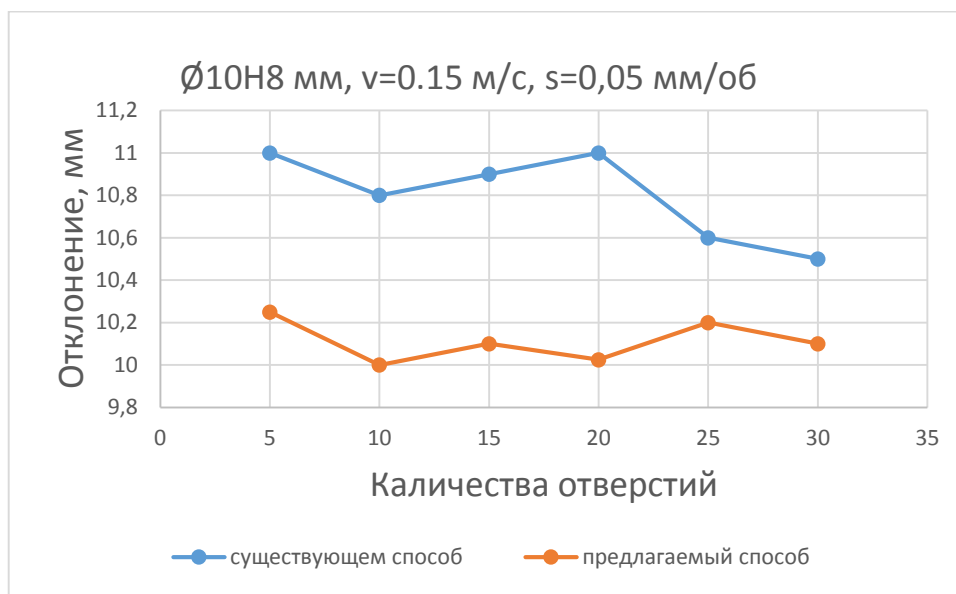


Рис. 8 График отклонения диаметров отверстий от диаметра сверла

Основываясь на результатах практических экспериментов, со стойкостью сверла 30 отверстий, предлагаемой способ позволяет снизить дефекты диаметров отверстий на уровне ниже 0,27%. Диапазон изменений диаметров отверстий составляет 26 мкм, максимально допустимое значение - 30 мкм, что позволяет получать отверстия 9-го класса точности. Предложенный способ на 30 отверстий допускает изменения диаметра до 32 микрон, что позволяет получать отверстия 10-го класса точности.

Сравнивая средние значения для различных методов сверления (отверстия 10, 20, 30), мы оцениваем степень соответствия шероховатости до определенного уровня допуска. После обработки 30 отверстий, шероховатость Ra не превышает 1,31 мкм, в среднем величина Ra составляет 0,63-0,71 мкм. Средняя шероховатость в ПКМ составляет 3,64 мкм Ra, между 30 обработанными отверстиями максимальное значение 4,98 мкм Ra.

Предлагаемый метод сверления дает лучшую шероховатость поверхности в ПКМ. Успешные испытания предложенного способа позволили внедрение их в производство

Согласно исследованиям, при рекомендуемом способе сверления можно стабильно добиться дробления стружки (рис.9).

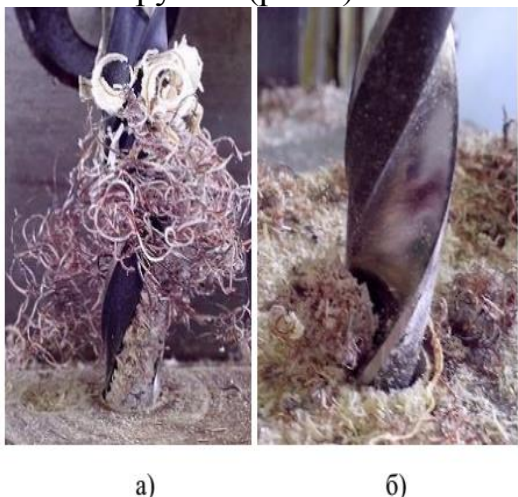


Рис. 9 Стружкообразование. а- существующий способ сверления, б- предлагаемый способ сверления

Отличительной особенностью сверления ПКМ является проблема удаления стружек из зоны резания без повреждения поверхности и сверла. Тип образующей стружки сильно влияет на качество отверстий и период стойкости сверла.

Согласно исследований эффективность предлагаем способ сверления из ПКМ выше, чем у существующего способе сверления.

При обработке на разрыхления поверхности влияния подача оказывает больше влияние, чем скорость резания. Увеличение величина подачи приводит к увеличению силы резания вдоль оси, под влиянием этого появляется неровный слой композита.

В то же время чрезмерные значения подача также приводят к выделению тепла в зоне резания. Поэтому целесообразно использовать рекомендуемый метод обработки.

Для определения диаметра максимально поврежденной области вокруг отверстия использовался электронно-сканирующий микроскоп. Значение разрывов рассчитывали по выражению(15):

$$F_d = \frac{D_{max}}{D}, \quad (15)$$

где  $F_d$  - Значение расслоения,  $D_{max}$  - максимальный диаметр повреждения вокруг отверстия,  $D$  – номинал отверстий диаметра (рис.10).

Величина разрушений  $D_{RAT}$  вокруг отверстия, определяется отношением максимально разрушенной площадью области вокруг отверстия  $D_{MAR}$  к номинальной площади отверстия  $A_{AVG}$ :

$$D_{RAT} = \frac{D_{MAR}}{A_{AVG}}, \quad (16)$$

Площадь деликации, можно определить выражением в качестве процента номинальной площади отверстия(17).

$$DF = \frac{A_{del} - A_{nom}}{A_{nom}} \times 100\% \quad (17)$$

где  $DF$  – процент расслоения,  $A_{del}$  - площадь поврежденного участка вокруг отверстия,  $A_{nom}$  - номинальная площадь отверстия.

В используемой формуле (18) максимальный диаметр повреждения вокруг отверстия рассчитывается путем расчета этой площади:

$$F_{da} = \alpha \frac{D_{max}}{D} + \beta \frac{A_{max}}{A} \quad (18)$$

где  $D_{max}$  и  $A_{max}$  - максимальный диаметр и площадь разрыхлений вокруг отверст,  $D$ ,  $A$  - Номинальный диаметр и площадь отверстия;  $\alpha$ ,  $\beta$  - основные параметры каждого отношения ( $\alpha + \beta = 1$ ).

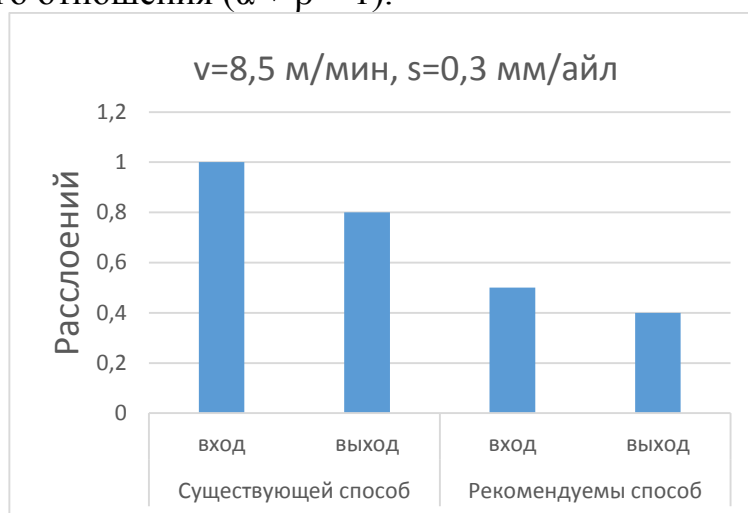
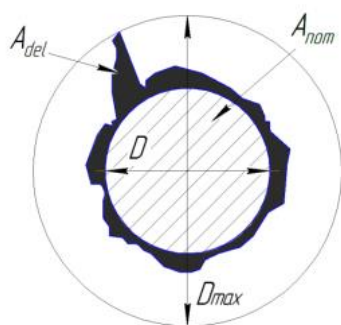


Рис.10 Схема контроля величины расслоений

Рис. 11. Интервалы расслоений

С точки зрения качества существующей способ сверления показал худшие результаты, при этом величина разрывов максимальна и не зависит от реальных условий обработки. В предлагаемом способе сверления снижается расслоения отверстий на 25%, но не ощущается влияние скорости резания и подачи. При использовании предлагаемого способа качество отверстий прямо пропорционально скорости резания - при низкой скорости величина разрывов минимальна, а с увеличением скорости резания повышается (рис.11).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе решения задач, направленных на достижение поставленной цели в диссертационной работе, были получены следующие научные и практические результаты:

1. На основе теоретических и экспериментальных исследований закономерностей стружкообразования при сверлении нетехнологических отверстий в ПКМ предложены способы обработки, обеспечивающие значительное снижение дефектов, улучшение параметров качества, повышение.

2. Получены математические модели, отражающие влияние режимов

резания на шероховатость и точность отверстий в ПКМ, позволяющий сократить сроки технологической подготовки производства в зависимости от требований по шероховатости и точности отверстий.

3 На основе теоретических и экспериментальных исследований процесса сверления нетехнологических показателей предложен способ регулирования подачи при входе и выходе сверла из зоны резания позволяющий повысить производительность и качество отверстия в деталях изготовленных из полимерных композиционных материалов. Установлено, что некруглость отверстия при использовании предложенного способа сверления меньше в 1,5-2 раза в сравнении со стандартным сверлением.

4. Разработан и предложен способ получения стружки с предвременно заданной длиной при сверлении для станков с программным управлением который достигается тем, что сверлу сообщают вращение и осевое перемещение с периодически остановом осевого перемещения сверла в течение одного оборота.

5. Разработана конструкция пневмо-вихровый установки отвода сходящей дробленой стружки из зоны резания при сверлении ПКМ.

6. По результатам теоретических и экспериментальных исследований решена задача повышения эффективности процесса сверления, качества поверхности и точности нетехнологическими отверстиями использования предлагаемых способ сверления в полимерных композиционных материалах, рационального выбора режимов резания.

7. Установлено что наиболее значимыми факторами, влияющими на параметры точности отверстия, в частности на отклонение профиля продольного сечения отверстия, являются скорость резания и подача.

8. Выявлено, что отказ от применения при сверлении смазочно-охлаждающих технологических средств снижает точность и при этом шероховатость отверстий практически не изменяется.

9. Применение способа сверления отверстий в композиционных материалах с изменениями режимов резания в зависимости от положения сверла, позволило повысить точность и качества отверстий, способа дробления стружки, увеличить производительность на 20%, внедрения установки отвода сходящей дробленой стружки из зоны резания позволило повысить качество отверстий и увеличить производительности сверления на 20%. Годовой экономический эффект: повышения производительности труда в 1,4 раз.

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL DSc.28.02.2018.T.03.04 ON THE  
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE  
TECHNICAL UNIVERSITY**

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**KHUSANOV YUNUSALI YULDASHALIYEVICH**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF DRILLING  
NON-TECHNOLOGICAL HOLES IN POLYMER COMPOSITE  
MATERIALS**

**05.02.05 – Technologies and processes of mechanical and physico-  
technical processing. Machines and tools**

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

**TASHKENT – 2020**

The theme of dissertation of Doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number \_\_\_\_\_

The dissertation has been prepared at Fergana polytechnic institute

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific council website [www.tstu.uz](http://www.tstu.uz) and on the website of “Ziyone

**Research supervisors:**

**Fayzimatov Shuxrat Numanovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Umarov Tolib Umarovich**  
Doctor of technical sciences, professor  
**Mardonov Baxtiyor Teshayevich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

**Andijan Institute of Engineering**

The defense will take place “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ at \_\_\_\_ at the one-off meeting of Scientific council No. DSc.28.02.2018.T.03.04 at Tashkent state technical university named after Islam Karimov of Uzbekistan, (Address: 100174, Tashkent city, Universitetskaya street, 2. Tel./fax: (+99871) 246-46-00/(+99871) 227-10-32, e-mail: [tstu\\_info@tstu.uz](mailto:tstu_info@tstu.uz)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of Tashkent State technical university (is registered under No\_\_\_\_ ). Address: 100095, Tashkent city, Universitetskaya street, 2. Tel. (+99871) 246-03-41.

Abstract of dissertation sent out on “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_. (mailing report No. \_\_\_\_ on “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_.)

**K.A. Karimov**

Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,

Doctor of technical sciences, Professor

**N.D. Turahodjaev**

Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,

Doctor of technical sciences, Professor

**D.E. Aliqulov**

Chairman of the scientific seminar of the  
scientific council awarding scientific degrees,

Doctor of technical sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The purpose of the research work.** Improving the efficiency of drilling polymer composite materials. To do this, it is necessary to solve the following tasks:

1. To study the possibilities of developing methods to ensure the efficiency and quality of the boring PCM process.
2. Determine the form of violation, determine the criteria that affect its quality.
3. Carry out an experimental study to find the optimal conditions for the cutting process, reducing the cutting time.
4. Determination of an acceptable rhythm.
5. Testing and development of practical recommendations for the processing of important PCM components at industrial enterprises.

**The object of the research work.** Object of study: The process and technology of drilling holes in high-strength PCM material.

**Scientific novelty of the research work:** Determination of the optimal processing method for PCM drilling.

- recommendations were developed to improve the efficiency of drilling and the quality of holes made of composite materials;

High proposed high-performance and advanced technology for drilling composite materials;

He developed a new method of drilling holes in polymer composite materials, which recommended the need for periodic stops in drilling, which allowed to improve the quality of hole processing by grinding and removing them.

Developed software for the production of workpieces of a given length for machines with automatic control;

He developed a software product for regulating the penetration of birds, which allowed to improve the quality of holes in RMB;

- Developed aerodynamic equipment to remove crushed debris from the PCM drilling site;

**Implementation of the research results.** According to the results of PCM drilling at machine-building enterprises:

At the SE Navoi Mining and Metallurgical Combine, software products have been introduced for the production of predefined chips and drill settings for machines controlled by digital software. (Report No. 02-06-04 / 13773 of October 29, 2019 at the Navoi Mining and Metallurgical State Enterprise) The use of research results allowed to reduce labor costs by 40%;

**The structure and volume of the thesis.** The structure of the thesis consists of an introduction, three chapters, conclusion, list of references and appendixes. The volume of the dissertation work is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Файзиматов Б.Н., Хусанов Ю.Ю. Полимер композит материаллардан ясалган маҳсулотлардаги тешиқларни пармалаш жараёнларининг барқарорлигини таъминлаш ва самарадорлигини ошириш муаммолари // Фарғона политехника институти, Илмий техника журнали, –Фарғона, 2016. №3. –22-28 б. (05.00.00; №20)

2. Файзиматов Б.Н., Хусанов Ю.Ю. Термопластларнинг пармаланишни мақбул шароитлари” // Фарғона политехника институти, Илмий техника журнали, –Фарғона, 2019. №1, –19-25 б. (05.00.00; №23)

3. Хусанов Ю.Ю. “Пластмассани пармалаш унумдорлигини ва маҳсулот сифатини оширишнинг усуллари” Фарғона политехника институти, Илмий техника журнали, –Фарғона, 2019, №1, –Б.126-128. (05.00.00; №23)

4. Fayzimatov Sh.N., Fayzimatov B.N., Khusanov Yu.Yu. “Perspective drilling methods, non-technological holes in polymeric composite materials” // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Volume 6, Issue 11, November 2019, – P. 11681-11689. (05.00.00; №9)

5. Husanov Yu.Yu. “Polimer kompozitsion materiallardan tayorlangan detallarni parmalash jarayonini optimallashtirish” // Namangan muhandislik-technoliya instituti ilmiy texnika jurnali, Namangan, 2019, №4, –Б.146-153. (05.00.00; №4)

6. Файзиматов Ш.Н. Файзиматов Б.Н., Хусанов Ю.Ю. “Оптимизаций условия сверления полимерный композиционных материалов по критерию качества отверстия” // Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали, Фарғона, 2019. №4. Б.34-42. (05.00.00 МН №23)

**II бўлим (II часть; part II)**

7. Файзиматов Б.Н. Файзиматов Ш.Н., Хусанов Ю.Ю. Улуғхожаев Р.С. Шокиров А.Х. “Програмный продукт способа регулирования подачи при входе и выходе сверла из зоны резания позволяющий повысить качество отверстия в деталях изготовленных из полимерных композитционных материалов” // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин №DGU 06970, 30.09.2019 г.

8. Файзиматов Б.Н. Файзиматов Ш.Н., Хусанов Ю.Ю. Шокиров А.Х. “Програмный продукт способа получения стружки с предварительно заданной длиной при сверления для станков программным управлением” // Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин №DGU 07520, 20.01.2020 г.

9. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Композит материалларга механик ишлов беришни мақбул шароитларини излаш (Пармалаш операцияси мисолида)” // Фарғона Политехника Институтини иқтидорли талабалар, стажёр-тадқиқотчи-изланувчи, мустақил тадқиқотчилар илмий-амалий анжумани материаллар тўплами, Фарғона-2011й, , –20-22 б.

10. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Пластмасаларни пармалашда юза сифатига таъсир этувчи омилларни тадқиқ қилиш” // Фарғона Политехника Институтини иқтидорли талабалар, стажёр-тадқиқотчи-изланувчи, мустақил тадқиқотчилар илмий-амалий анжумани материаллар тўплами, Фарғона- 2012й, , –25-26 б.

11. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Пластмасаларни пармалашда юза сифатига таъсир этувчи омилларни тадқиқ қилиш” // Фарғона Политехника Институтини иқтидорли талабалар, стажёр-тадқиқотчи-изланувчи, мустақил тадқиқотчилар илмий-амалий анжумани материаллар тўплами, Фарғона- 2012й, , –24-26 б.

12. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Полимер композит материалларни (ПКМ) пармалаш жараёнларини барқарорлаштиришнинг технологик имкониятлари” // Фарғона Политехника Институтини иқтидорли талабалар, стажёр-тадқиқотчи-изланувчи, мустақил тадқиқотчилар илмий-амалий анжумани материаллар тўплами, Фарғона- 2013й

13. Файзиматов Ш.Н, Хусанов Ю.Ю. “Ҳаволи совитиш билан полимер композит материалларни (ПКМ) пармалашини синовдан ўтказиш” // Фарғона Политехника Институтини профессор ўқитувчилар илмий-амалий анжумани материаллар тўплами Фарғона- 2013й.49-50 б.

14. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. Полимер композит материалларни пармалаш жараёнларини барқарорлаштиришнинг технологик имкониятлари” // Сборник материалов международной научно-технической конференции на тему: "Современные материалы, техника и технологии в машиностроении " 19-20 апреля Андижан-2014 года.208-210 б.

15. Хусанов Ю.Ю. “Полимер композит материалларга ишлов беришнинг замонавий Холати” // “Ноанъанавий кимёвий технологиялар ва экологик муамолар” Республика илмий-амалий анжумани материаллар тўплами. Фарғона-2015. стр.323-324

16. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Полимер композит материаллардан ясалган маҳсулотлардаги тешикларни пармалаш жараёнларининг барқарорлигини таъминлаш ва самарадорлигини ошириш муаммолари” // Ўзбекистон Республикаси Мустақиллигининг йигирма уч йиллигига бағишланган “профессор-ўқитувчилар” илмий-амалий анжумани 2014 йил 22-23 май. стр.20-21

17. Хусанов Ю.Ю. “Композицион материалларга ишлов беришда юқори самарадорликга эга технологияларни қўллаш” // Andijon mashinasozlik instituti o`zbekiston respublikasi oliy va o`rta maxsus ta`lim vazirligi andijon mashinasozlik instituti andijon -2015 “barkamol avlod – o`zbekiston taraqqiyotining poydevori” ilmiy-amal anjumani materiallari to`plami 2015 yil 4-5 dekabr. Andijon -2015. Стр.105-106

18. Хусанов Ю.Ю., Холматов М.К “Полимер композицион материалларга ишлов бериш жараёнини такомиллаштириш” // “Иқтидорли талабалар, магистрантлар, катта илмий ходим-изланувчи ва мустақил тадқиқотчилар” илмий-амалий анжумани материаллари 2015 йил 24-25 апрел Фарғона – 2015. стр.39

19. Хусанов Ю.Ю. “Композицион материалларга ишлов беришда юқори самарали технологияларни қўллаш” // Мустақиллигининг йигирма тўрт йиллигигабағишланган “профессор-ўқитувчилар” илмий-амалий анжумани дастури 2015 йил 22-23 май. стр.38-39

20. Хусанов Ю.Ю., Махмудов И.Р. “Пластмассаларни пармалаш жараёнидаги асосий камчиликларни бартараф этиш” // «Машинасозликда замонавий материаллар, техника ва технологиялар» Халқаро илмий-техникавий анжуман тўплами Андижон машинасозлик институтида Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети ва «Ўзавтосаноат» АК («GM- Uzbekistan» АЖ) ҳамкорлигида 2016 йил 19- 21 апрель кунлари. Андижон 2016. стр.664-665

21. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Композицион материаллар ва уларнинг татбиқлари” // “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва инновацион ечимлари” Республика илмий-техник анжумани материаллари. I-қисм 2016 йил 20-22 апрель Фарғона – 2016. стр.14

22. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Polimer kompozit materiallardan yasalgan mahsulotlardagi teshiklarni parmalash jarayonlarining barqarorligini ta'minlash va samaradorligining oshirish muammolari” // Материалы X Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» 16-17 января 2016 года Сборник научных трудов. Переяслав-Хмельницкий – 2016 Выпуск №10, 599-603

23. Хусанов Ю.Ю., Махмудов И.Р. “Полимер композит материаллардан ясалган маҳсулотлардаги тешикларни пармалаш жараёнида тешикларнинг сифатини яхшилаш муаммолари” // “Иқтидорли талабалар, магистрантлар, катта илмий ходим-изланувчи ва мустақил тадқиқотчилар” илмий-амалий анжумани материаллари 2016 йил 29-30 апрел. Фарғона – 2016

24. Хусанов Ю.Ю., Низомова З.М. “Пластмассаларни пармалаш ҳақида умумий маълумотлар” // Андижон машинасозлик институти “Инновацион ривожланиш муаммолари: Илм-фан, таълим ва ишлаб

чиқариш ҳамкорлиги” вазирлик миқёсидаги илмий-амалий конференция мақолалари тўплами 24-ноябр. Андижон-2016. стр.179-181

25. Файзиматов Б.Н, Хусанов Ю.Ю. “Композит материалларни пармалаш сифати.” // Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта Махсус Таълим Вазирлиги Андижон машинасозлик институти “GM-Uzbekistan” АЖ Тошкент шаҳридаги Турин Политехника Университети “Инновацион ривожланиш муаммолари: Ишлаб чиқариш, таълим, илм-фан” Мавзусидаги вазирлик миқжсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари тўплами 2017 йил 26 апрель 298-299

26. Хусанов Ю.Ю. «Термопластларнинг пармаланишни мақбул шароитларни излаш» // Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта Махсус Таълим Вазирлиги Андижон машинасозлик институти “GM-Uzbekistan” АЖ Тошкент шаҳридаги Турин Политехника Университети “Инновацион ривожланиш муаммолари: Ишлаб чиқариш, таълим, илм-фан” Мавзусидаги вазирлик миқжсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари тўплами 2017 йил 26 апрель 321-322 стр.

27. Husanov Yu.Yu., Obidov Sh. “Kompozit materiallarni parmalash unumdorligini oshirishning usullari” // Материалы XXXV Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» 27 апреля 2018 года Сборник научных трудов Переяслав-Хмельницкий – 2018, Выпуск №35, 588-591

28. Б.Файзиматов, Хусанов Ю.Ю., Д.Эгамбердиева “Полимер композит материалларнинг физик-механик хоссаларининг тешиклари сифатига ва пармалаш унумдорлигига таъсири” // Материалы Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» 31 травня 2019 року Вип. 47 Переяслав-Хмельницкий – 2019, стр. 802-804

29. Б.Н. Файзиматов, О. Қулдошев, Ю.Ю.Хусанов “Высокопроизводительный способ сверления полимерных композиционных материалов» // Мухамаад Ал-Хоразмий номидаги ТАТУ Фарғона филиали. Ахборот-коммуникация технологиялари ва телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари Республика илмий-техник анжумани дастури, Фарғона-2019. стр.358-360

30. Б.Н. Файзиматов, Ю.Ю.Хусанов, Д.А.Эгамбердиева “Полимер композит материалларнинг физик-механик хоссаларининг пармалаш унумдорлигига таъсири” // “Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар” республика илмий-техник анжумани материаллари 2019 йил 19-20 сентябрь Фарғона–2019. стр.233-234

31. Б.Н. Файзиматов, Ш.Н. Файзиматов, Ю.Ю.Хусанов “Полимер композицион материалларни пармалаш жараёнидаги асосий кўринишлари” // “Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар” республика илмий-техник анжумани материаллари 2019 йил 19-20 сентябрь Фарғона–2019. стр.245-246

32. Б.Н. Файзиматов, Ш.Н. Файзиматов, Ю.Ю.Хусанов  
“Композицион материалларни пармалаш усули” // “Машинасозлик ишлаб  
чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар” республика илмий-  
техник анжумани материаллари 2019 йил 19-20 сентябрь Фарғона–2019.  
стр.252-25