

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03.30.12.2019.T.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЮСУПОВ АЗАМАТ АЛИЖОНОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ПАРАМЕТРЛАРИ (САТХ)НИ
ЎЛЧОВЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ МИКРОПРОЦЕССОРЛИ ТИЗИМЛАР**

05.03.01 – “Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари” (техника фанлари)

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

Тошкент– 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Юсупов Азамат Алижонович

Технологик жараёнлар параметрлари (сатҳ)ни ўлчовчи
интеллектуал микропроцессорли тизимлар..... 3

Юсупов Азамат Алижанович

Интеллектуальные микропроцессорные системы
измерения параметров (уровней) технологических процессов..... 21

Yusupov Azamat Alijonovich

Intelligent microprocessor systems
measurement of parameters (levels) of technological processes..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 43

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03.30.12.2019.T.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЮСУПОВ АЗАМАТ АЛИЖОНОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАР ПАРАМЕТРЛАРИ (САТХ)НИ
ЎЛЧОВЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ МИКРОПРОЦЕССОРЛИ ТИЗИМЛАР**

05.03.01 – “Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари” (техника фанлари)

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

Тошкент– 2021

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси** ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2019.2.PhD/T1145 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович
техника фанлари доктори, профессор, академик

Расмий оппонентлар:

Ўлжаев Эркин
техника фанлари доктори, профессор

Жумаев Одил Абдужалилович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03.30.12.2019.T.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «16» 12 соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кучаси, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (129 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кучаси, 2. Тел.: (99871) 207-14-70).

Диссертация автореферати 2021 йил «4» 12 куни тарқатилди.
(2021 йил «23» 11 даги 20 - рақамли реестр баённомаси).



Ф.Т.Адилов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раис ўринбосари,
т.ф.д., профессор

У.Ф.Мамиров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD), доцент

У.Т.Мухамедханов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати Жаҳонда сўнги вақтларда технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш соҳасида турли муҳитлар сатҳини юқори аниқлик билан ўлчовчи интеллектуал тизимларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, нотекис муҳитлар сатҳини ультратовуш ёрдамида ўлчашдаги хатоликлар, ўлчаш ноаниқликлари, сатҳ ҳақидаги маълумотнинг ишончлилиги ва бутунлигининг пасайиши каби масалаларни ҳал қилиш муҳим аҳамиятга эга. Шу жиҳатдан, ривожланган мамлакатларда назорат қилинадиган нотекис муҳитлар сатҳини ўлчаш учун такомиллашган усуллар ва алгоритмлар ишлаб чиқишга катта аҳамият берилмоқда.

Жаҳонда саноатнинг мураккаб шароитларида ультратовушли сатҳ ўлчагининг ўлчаш аниқлиги ва тезлигига қўйилган талабларни бажариш мақсадида акустик-товуш майдонлар тузилишини сонли таҳлил қилишнинг муҳандислик усуллари яратиш бўйича кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу усуллар ўлчанаётган муҳитдан акланган тўлқинларнинг диффузион табиатини тавсифлайди ва назорат қилинаётган муҳит сатҳининг ўлчаш аниқлиги, ишончлилиги ва бутунлигини ошишига сабаб бўлади. Шу жиҳатдан, ҳозирги вақтда сатҳ ўлчаш аниқлиги ва ишончлилигини оширувчи, ўлчаш хатоликларини бартараф этувчи интеллектуал ўлчаш тизимларининг синтезлаш усуллари ва алгоритмларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Ҳозирги вақтда республикамизда технологик жараёнлар параметрларини ўлчаш ва назорат қилишга, хусусан ишлаб чиқаришнинг мураккаб шароитларида суюқ ва сочилувчан муҳитлар сатҳини юқори аниқликда ишончли ўлчашни амалга оширувчи интеллектуал тизимларни ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...сифат жиҳатдан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Шу нуқтаи-назардан суюқ ва сочилувчан муҳитлар сатҳини ўлчашда сирт бўйлаб тарқаладиган товуш майдонларининг тузилишини сонли таҳлил қилиш ва ўлчаш аниқлигини оширувчи усулларни ишлаб чиқиш жуда долзарб масала ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида», 2017 йил 30 июндаги ПФ-5099-сон «Республикада ахборот технологиялари соҳасини ривожлантириш учун шарт-шароитларни тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари ва 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4047-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисидаги» Фармони.

фаолиятга тегишли бошқа меъерий-хуқуқий 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 IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» ва VII. «Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Технологик жараёнларда муҳитлар сатҳини ўлчовчи интеллектуал тизимлар қуриш бўйича сўнги йилларда ўтказилган тадқиқотларга тегишли илмий-техник адабиётлар таҳлили ушбу соҳада аҳамиятли даражадаги назарий ва амалий натижаларга эришилганлигидан дарак беради. Нотекис сатҳларни ўлчовчи интеллектуал тизимлар қуриш муаммоларига бағишланган кўп сондаги ишлар нашр этилган, умумназарий мезонлар ишлаб чиқилган, ечилган амалий масалалар сони ортиб бормокда. Суюқ ва сочилувчан муҳитлар нотекис сатҳларини ўлчаш, нейрон тармоқларини дастурлаш, корреляция ва регрессия таҳлиллар асосида ўлчаш воситаларини текшируви ва сатҳ ўлчагичларнинг носозлигини аниқлаш усулларининг ривожига кўплаб хорижлик олимлар, жумладан, A.S.Morris, R.Langari¹, J.Huang², Avin N. Mohan³, F.Hashmat⁴, W.Spratt⁵, Н.Балин, А.Демченко⁶, S.I.Yahya⁷, А.Исмару⁸, ва бошқалар, ҳамда мамлакатимиз олимлари, жумладан Н.Р. Юсупбеков⁹, Ш.М. Гулямов, А.А. Азимов, Р.К. Азимов, П.Р.Исматуллаев¹⁰, Ҳ.С.Нурмухаммедов¹¹,

¹ Alan S. Morris, Reza Langri. Measurement and Instrumentation, Second Edition: Theory and Application. //Academic Press. 2015. –pp.726.

² Huang, C., Chan, Y.-W., & Yen, N. (Eds.). (2020). Water Level Measurement Device. // Data Processing Techniques and Applications for Cyber-Physical Systems (DPTA 2019). Advances in Intelligent Systems and Computing. doi:10.1007/978-981-15-1468-5.

³ Avin N. Mohan, "Finite Element Analysis on Trapezoidal Tank to Suppress Sloshing Effect", International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ISSN: 2349-2163, pp. 5, November, 2014.

⁴ Fabia Hashmat, Hina Shahid, Sadia Murawwat, Intesar Ahmed, Modeling and Simulations of Liquid for Precise Level Measurements. «New Horizons» Journal of The Institution of Electrical and Electronics Engineers Pakistan. Vol. № 90.2016. –pp.52-57.

⁵ William K. Spratt, J. Vetelino, L. Lynnworth. Liquid level torsional ultrasonic waveguide sensor / S. Spratt, J. Vetelino, L. Lynnworth // 2009 IEEE international ultrasonic symposium (IUS). – 2009. – P. 663–668.

⁶ Балин Н., Демченко А. Акустические измерители, сигнализаторы уровня жидкости и системы на их основе. — Современные технологии автоматизации (СТА), 1999 г., № 2. С.28-32.

⁷ Salah I. Yahya. "A Multi-Level Storage Tank Gauging And Monitoring System Using A Nanosecond Pulse". International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). V5(1):17-24 Nov 2013. ISSN:2231-5381. www.ijettjournal.org. published by seventh sense research group

⁸ Исмару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Монография. — М.: Мир, 1981. — 280 с. Т.1

⁹ N.R. Yusupbekov, R.A. Aliyev, R.R. Aliyev, A.N. Yusupbekov. Boshqarishning intellectual tizimlari va qaror qabul qilish. "O'zbekiston milliy ensiklopediyasi" davlat nashriyoti. Toshkent. 2015.

¹⁰ Pathulla Ismatullayev, Parakhat Maylievna Matyakubova, Avezova Nazokat Ibodullaevna, Mirolim Maxmudjonov. Algorithms for increasing the reliability of primary measurement information Algorithms for increasing the reliability of primary measurement information.// Journal of Physics: Conference Series2036 (2021) 012002IOP Publishingdoi:10.1088/1742-6596/2036/1/012002.

¹¹ Юсупбеков Н.Р, Нурмухаммедов Ҳ.С, Зокиров С.Г, Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. — Т.: «Фан ва технология», 2015, 848б.

Ю.Г. Шипулин, П.И. Каландаров ва бошқалар ўзларининг улкан ҳиссаларини кўшишган.

Бундан ташқари, яна кўплаб ёш олимлар ўзаро соҳалар кесимида илмий изланишлар олиб бормоқдалар. Ҳозирги вақтда маълум бўлган усуллар барча режимларда суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар сатҳини ўлчашнинг зарур бўлган аниқлигини таъминламайди ва автоматик сатҳ ўлчагичлар ўлчаш каналларининг барча турдаги носозликларини аниқлашга имкон бермайди.

Шунингдек, ўлчанаётган ва назорат қилинадиган муҳит юзаси бўйлаб сочилган акустик майдон параметрларини ҳисоблашни интеллектуал микропроцессорли сатҳ ўлчагичлар орқали амалга оширишда сатҳ ўлчагичларнинг метрологик тўғрилиги ва ишончилигини ошириш, сатҳ ўлчагичлар кўрсаткичларини тўғрилаш тартибини тузиш, ўлчаш каналларининг метрологик диагностика усулларини ишлаб чиқиш масалалари етарлича ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий тадқиқот ишлари режаларининг ФИ-56 – «Ноаниқ тўпламларга асосланган мураккаб технологик объектлар учун бошқаришнинг интеллектуал тизимлари таркибий-параметрик синтезининг асослари ва усулларини ишлаб чиқиш» (2012-2016), Ф7-47 – «Кўпкомпонентли аралашмаларни ажратиш жараёнларининг назарий асослари» (2012-2016) ва ОТ-Ф7-88 – «Тоза маҳсулотлар олиш мураккаб кимёвий ва технологик тизимларининг истиқболли энергия ва ресурсларни тежовчи иссиқлик ва масса алмашилиш жараёнларининг амалий асосларини такомиллаштириш» (2017-2020) мавзуларидаги илмий-тадқиқот лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади суюқ ва сочилувчан материаллар учун интеллектуал ультратовушли микропроцессорли сатҳ ўлчагичларни куриш тамойиллари, усуллари ва воситаларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар сатҳини назорат қилиш ва бошқариш назарияси ва амалиётининг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш ва уларни янада ривожлантириш ва такомиллаштириш тенденцияларини аниқлаш;

суюқликнинг ҳаракатланувчи сиртидан акланган ультратовуш сигналининг ўлчашли ўзгартиришнинг энг муҳим қонуниятлари ва ўзига хос хусусиятларини назарий жиҳатдан ўрганиш ва аниқлаш;

назорат қилинадиган муҳит юзаси бўйлаб сочилган акустик майдон параметрларини ҳисоблаш таҳлили учун муҳандислик усулини ишлаб чиқиш;

ультратовуш сигналининг фазода тарқалишининг стохастик хусусиятларини аниқлаш;

сатҳ ўлчагичларнинг ультратовушли ўлчаш блокларининг ишлашини текшириш ва расмийлаштиришни амалга ошириш ҳамда уларнинг статик ва динамик хусусиятларини тажриба орқали ўрганиш;

таклиф қилинган усуллар, алгоритмлар ва сатҳ ўлчагичлар ўлчаш сигналларини қайта ишлаш воситаларининг потенциал имконияти тадқиқ қилиш ва технологик ускуналарнинг саноат иш шароитларида сатҳ ўлчагичларнинг хатоликларини автоматик термик қоплаш тамойиллари ва усулларини асослаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида саноат ишлаб чиқаришларининг суюқ ва сочилувчан муҳитлар сатҳини ўлчаш жараёни олинган.

Тадқиқотнинг предмети саноат ишлаб чиқаришларининг суюқ муҳитлари ва сочилувчан материаллари сатҳини ўлчашнинг техник воситаларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида сатҳ ўлчаш жараёнларини математик моделлаштириш усуллари, математик статистика, регрессион ва корреляцион таҳлил ва нотекис сиртларни баҳолашда геометрик усулларидадан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

нотекс юзалардан акс этган акустик тўлқинларни ва акустик майдонлар тарқалишининг шаклланиш қонуниятларини ҳисобий таҳлил усули асослаб берилган;

назорат қилинадиган суюқ муҳит юзасида товуш тўлқинларининг сочилишини ҳисобга олувчи суюқ маҳсулотлар сатҳини ўлчаш ва нazorат қилиш интеллектуал қурилмаси ишлаб чиқилган;

горизонтал ва қия цилиндрик резервуарларда тубининг турли шакллари ҳисобга олувчи лазер-масофа ўлчагич ёрдамида сатҳни ўлчашга асосланган суюқ маҳсулот (ёқилғи мойи) ҳажми ва массасини ўлчаш усуллари ишлаб чиқилган;

бункерда юклаш тешиги яқинига ўрнатилган лазер-масофа ўлчагични қўллашга ва сочилувчан материал (дон маҳсулоти)нинг тўкилиш юзаси нотескилигини ҳисобга олишга асосланган сочилувчан материал (дон маҳсулоти) ҳажмини юқори аниқликда аниқлаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар учун сатҳ ўлчагичлар кўрсаткичларининг талаб қилинадиган ишончилиги ва яхлитлигини таъминлаш учун ҳозирги кунга қадар қўлланилган усуллар метрологик таъминот ва сатҳ ўлчагичларнинг ишлаш муддатини узайтириш бўйича ишлаб чиқариш дастурларини амалга оширишни етарли даражада таъминламаслиги кўрсатилган;

назорат қилинадиган муҳитнинг ностационар сиртларида сатҳни реал вақт режимларида ўлчаш имконини берадиган усул асосланди;

сочиладиган сигналнинг стохастик кўрсаткичлари аниқланди ва суюқ муҳит сиртининг катта масштабда тебранишлари туфайли қабул қилинган

квази-тасодифий сигналнинг егилиши ўлчаш сигналининг чуқур сўниши билан квази тасодифий шаклга эга эканлиги аниқланди;

ультратовушли сатҳ ўлчагичининг умумий ўлчаш хатолигининг умумлаштирилган модели таклиф қилинди ва унинг асосий ташкил этувчилари таҳлил қилинди;

назорат қилинаётган муҳит сиртининг сочилишидан келиб чиқадиган хатолик аксланганган ультратовуш майдонининг ҳисобланган профилини аниқ бир реал профилга яқинлигига боғлиқ эканлиги кўрсатилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги услубий жиҳатдан асосланган назарий ҳисоб-китобларни амалга оширилиши, олинган тажриба маълумотларининг назарий натижалар билан ўзаро боғлиқлиги, назорат қилинадиган нотекис муҳитлар сатҳини ўлчашнинг усуллари ва воситалари қиёсий таҳлилининг олинган натижалари, суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар сатҳини ўлчаш натижаларининг асосий метрологик хусусиятларини баҳолаш билан мос келиши, назарий ва амалий тадқиқотлар натижалари ва уларнинг ўзаро мувофиқлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ўлчаш тезлигига қўйиладиган талабларнинг бажарилишини ҳисобга олган ҳолда метрологик ишончиликни ошириш ҳамда статик ва динамик жараёнларни ўз ичига олган технологик ускуна ишлашининг барча режимларида суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар сатҳ ўлчагичларининг аппарат тузилиши ихчамлигини таъминлашдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ультратовушли бирламчи сатҳ ўлчаш ўзгартиргичлари ёрдамида резервуарлар ва бункерларда суюқ ва сочилувчан материаллар сатҳини ўлчаш усуллари, горизонтал цилиндрик резервуарлар ва бункерларда суюқ маҳсулот ҳажмини ва массасини ўлчаш учун патентланган усул ва қурилма, шунингдек, саноат ишлаб чиқаришининг реал шароитларида ишлаш учун мўлжалланган қия цилиндрик резервуарда суюқ маҳсулот ҳажмини ва массасини аниқлаш усули ва аппарат тузилиши ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Технологик жараёнларда сатҳни ўлчовчи интеллектуал микропроцессорли тизимни қуришда олинган илмий натижалар асосида:

назорат қилинадиган суюқ муҳит юзасида ультратовуш тўлқинларининг сочилишини ҳисобга олган ҳолда сатҳни ўлчаш ва назорат қилиш интеллектуал қурилмаси ёрдамида мазут ёқилғисининг сатҳини ўлчаш «АСАКА ЁҒ» АЖда жорий қилинган («ЁҒ-мой саноати корхоналари уюшмаси»нинг 2021 йил 22 октябрдаги КС/3-966-сон маълумотномаси). Натижада, мазут ёқилғисининг сатҳини ўлчаш орқали унинг ҳажми ва массасини аниқлашнинг реал вақт режимида доимий назорат қилиш имконини берган;

суюқ моддалар сатҳини ўлчовчи интеллектуал микропроцессорли сатҳ ўлчагич қурилмаси орқали мазут ёқилғисининг ҳажмини ўлчаш

«АСАКА ЁҒ» АЖда жорий қилинган («ЁҒ-мой саноати корхоналари уюшмаси»нинг 2021 йил 22 октябрдаги КС/3-966-сон маълумотномаси). Натижада, горизонтал цилиндрик резервуарни қия ҳолатда жойлашганлигига қарамадан мазут ёқилғисини сатҳини аниқ ўлчаш орқали унинг ҳажмини аниқлаш имконини берган;

бункерда сочилувчан моддаларни сатҳини ўлчашда интеллектуал микропроцессорли ўлчагич «АСАКА ЁҒ» АЖда жорий қилинган («ЁҒ-мой саноати корхоналари уюшмаси»нинг 2021 йил 22 октябрдаги КС/3-966-сон маълумотномаси). Натижада, сатҳ ўлчагич орқали олинган маълумотларга асосан қурилма маҳсулот сирти нотекислигини баҳолаб, унга мос режимни танлаш орқали бункердаги дон маҳсулотининг ҳажмини юқори аниқликда аниқлаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 халқаро ва 2 республика илмий-техник конференцияларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та иш, шундан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 6 та илмий мақола, жумладан 3 та хорижий, 3 та республика журналларида нашр этилган, шунингдек, ихтиро учун 1 та патент ва ЭҲМ учун дастурий маҳсулотларини рўйхатдан ўтказиш ҳақида 3 та гувоҳномалар олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида мавзунинг долзарблиги асосланган, тадқиқотнинг асосий мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ёритилган, олинган натижалар, аниқ хулосалар ва тавсияларнинг назарий ва амалий аҳамияти акс эттирилган, апробация ва иш натижаларини жорий қилиш ҳақидаги маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Технологик муҳитлар сатҳини ўлчаш назарияси ва амалиётининг ҳозирги ҳолати”** деб номланган **биринчи бобида**, саноат ишлаб чиқаришларининг суяқ муҳитлар ва сочилувчан материаллари сатҳини ўлчаш усуллари ва воситаларининг танқидий таҳлили бажарилган. Амалда, ўлчов техникасининг ҳозирги ҳолати, суяқ муҳит ва қаттиқ сочилувчан материаллар сатҳини автоматик ўлчашга бағишланган талаб қилинадиган назарий ишланмалар мавжудлиги ўртасида ҳар доим маълум тафовут борлиги кўрсатилди. Суяқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар сатҳини ўлчаш гидростатик усулининг метрологик таҳлили амалга оширилди, унинг доирасида турли физик параметрларнинг ўлчаш хатоликларига таъсири ўрганилди.

Мавжуд сатҳ ўлчагичлар фақат стационар шароитда ҳажм ва сатҳни ўлчашнинг талаб қилинган аниқлигини таъминлаш учун мўлжалланган. Одатда сатҳ ўлчаш қурилмаларини қўллаш билан чекланган тўлқинларнинг тарқалиши ва сочилишини тавсифловчи модельлар йўқлиги сабабли динамик муаммоларни ҳал қилиш қийин. Шунинг учун кенг ҳарорат оралиғида ва назорат қилинадиган муҳит сирти ўзгарганда ишлай оладиган динамик ультратовушли микропроцессор сатҳ ўлчагичларини яратиш имкониятини тадқиқ қилиш долзарбдир.

Хусусан, 0,05 м дан 4,5 м гача бўлган оралиқда суюқлик сатҳини назорат қилишни таъминлаш керак бўлган стаҳ ўлчагичга катта эҳтиёж бор; ишончлилиқ эҳтимоллик 0,99 бўлган ўлчашнинг тасодифий хатолиги силлиқ сиртда ± 1 мм дан ошмаслиги керак; ўлчанган сатҳ ҳақидаги маълумот ўлчанадиган параметрнинг мм лардаги жорий қийматига мос келадиган рақамли чиқиш сигнали сифатида берилиши шарт, ҳатто акс сигналлари бўлмаса ҳам.

Ишда суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар сатҳи ўлчаш учун ультратовуш усуллари таҳлил қилинган, ультратовушли сатҳ датчиклар ва ультратовушли масофа ўлчагичнинг ишлаш тамойили очиб берилган, акс сигналлари асосида технологик муҳит сатҳларини ўлчашнинг асосий тизимини акс эттиради. Муҳитнинг иккаласига таъсирининг назарий модельлари, шу жумладан акустик сигналнинг тебранишларини тавсифлаш учун нурлар назарияси, тўлқин ўтказгичда сув ости товуш тарқалишини ўрганиш муаммоларига қўлланиладиган нормал тўлқинлар назарияси – товуш технологик муҳит сатҳини ўлчашнинг ноинвазив усули бўлганда кенг мисоллар кўриб чиқилган.

Икки каналли назорат усули ёрдамида ультратовуш сатҳини ўлчаш учун эталон усули кўриб чиқилган, бунда биринчи канал ультратовушнинг тарқалиш тезлигини ўлчаш учун ишлатилади, иккинчиси эса анъанавий ўлчаш усулига мувофиқ масофани ўлчайди. Ультратовуш ўзгартиргич олдида маълум масофада стандарт тўсиқ қўйилган. Ультратовуш тўлқинининг тўсиққа етиб бориши вақт фарқини ўлчаш орқали тўлқиннинг атроф-муҳитдаги тарқалиш тезлиги ҳисоблаб чиқилади. Кўрсатилгандек, иккита ультратовушли ўзгартиргичдан фойдаланиш истиқболли бўлиб, улардан бири тарқалиш тезлигини бошқариш учун, иккинчиси эса тарқалиш вақтини бир-бирига таъсир қилмасдан ўлчаш учун ишлатилади. Ушбу ёндашув фойдасиз ультратовуш тўлқинларини йўқ қилади ва ўлчов аниқлигини оширади.

Ультратовушнинг ҳавода тарқалиш тўлқин тенгламаси:

$$A(x, t) = A(x) \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) = A_0 e^{-2ax} \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) \quad (1)$$

бу ерда, A – ультратовушли ўзгартиргич томонидан олинган амплитуда, A_0 – ультратовушли ўзгартиргичдан чиққан бошланғич амплитуда, x - ультратовушли сигнал тарқалиши масофаси, ω - ультратовушли сигналнинг бурчак частотаси, t - ультратовушли сигнал тарқалиши вақти,

λ - ультратовушли тўлқин узунлиги, α – ультратовушнинг сўниш коэффициенти ва унинг формуласи: $\alpha = bf_2$, бу ерда b – диэлектрик сингдирувчанлик, f_2 – ультратовуш частотаси.

Тенглама (1) га асосан ультратовуш тўлқинларининг ҳавода тарқалиш масофаси 0,5 га тенг бўлганда ультратовуш тўлқинларининг амплитудаси бошланғичдан $1/e$ га камаяди. Ультратовуш частотаси қанча юқори бўлса, сусайиш шунча кучли ва аниқланадиган масофа оралиғи шунча кичик бўлади, лекин чиқаётган ультратовуш тўлқинининг диффузия бурчаги шунча кичик бўлади, нур шунчалик ингичка ва йўналтирилганлиги яхши бўлади.

Диссертациянинг **иккинчи боби “Суюқ моддалар сатҳини мониторинг қилишнинг интеллектуал тизимларидаги когнитив ўлчашлар”** деб номланган. Когнитив ўлчовлар тушунчаси алоҳида ўлчаш датчиклари учун доналар ва донадор прагматика тушунчаларига асосланган ҳолда назорат қилинадиган муҳитлар ностационар сиртларининг ультратовушли микропроцессорли интеллектуал сатҳ ўлчагичини куриш мисолида баён этилган. XIX асрнинг охирида Г. Гельмгольцем томонидан ишлаб чиқилган классик ўлчов назариясидан ўлчовлардаги ноаниқликни модельлаштиришга ўтиш эволюцияси кузатилади.

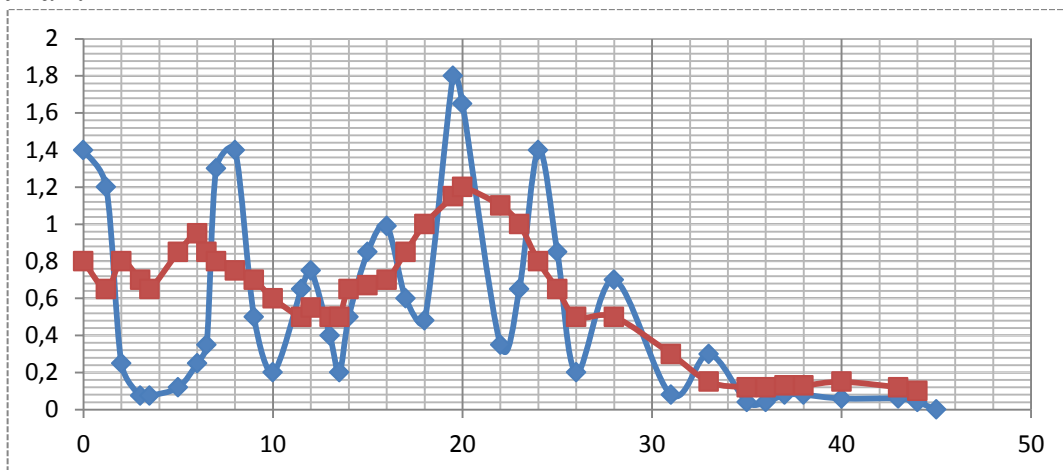
Юқоридаги маълумотларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, акслантирилаётган нурнинг кенглиги ва тузилиши сирт ғадир-будурлиги амплитудасининг ультратовуш сигналининг тўлқин узунлигига нисбатига сезиларли даражада боғлиқ: нисбат ортиши билан ультратовуш сигналининг нур кенглиги ҳам ортади ва сиртдан акс эттирилган нур кўп нурли сигналга айланади. Нотекисликнинг катта амплитудаси тўлқини ўткир бурчак остида тушганда, бир қатор иловаларда, масалан, суюқ муҳитнинг тарқалиш сиртининг фазовий жойлашиш кўрсаткичлари ва параметрларини аниқлаш учун ишлатилиши мумкин бўлган сезиларли катта орқага тарқалган сигнал мавжуд бўлади. Шу маънода, аксланган сигнал амплитудасининг тушиш бурчагига боғлиқлиги катта қизиқиш уйғотади. Ушбу расм сигнал бир хил ўзгартиргич томонидан чиқарилган ва қабул қилинганда содир бўлади. Бошқача айтганда, векторга сочилган коллинеарга тескари сигнал резонатор сирти бўйлаб ўрин олади. Бундай ҳолда, ўртача амплитуда босимнинг фазовий тақсимланишини қуйидаги ифоданинг сонли интеграцияси билан ҳисоблаш орқали аниқланади:

$$P_n = \frac{1}{s} \int_s P(x, z) ds. \quad (2)$$

Экспериментал қурилмада математик моделни ўрганаётганда, ультратовуш сигнали пьезоэлектрик керамикадан тайёрланган ўзгартиргич ёрдамида тез сўнадиган импульсли кетма-кетлик билан кўзғатилди.

Резервуарнинг координата қурилмалари ўлчаш ўзгартиргичининг ўлчанаётган муҳит юзаси бўйича маълумотларни тўплашини ва ҳаракатланишини таъминлайди. Ушбу ультратовушли ўзгартиргич суюқлик сиртининг турли нуқталаридан аксланган сигнални қабул қилади. Тўлқин нурунинг тушиш бурчаги $\pm 5^\circ$ хатолик билан аниқланади. Ўзгартиргич

реакциясининг экспериментал ва ҳисобланган хусусиятлари 1-расмда кўрсатилган.



1-расм. Ультратовушли ўзгартиргичнинг экспериментал ва ҳисобланган хусусиятларини татаққослаш натижалари.

Суюқликнинг ностационар акслантирувчи сиртининг статик тавсифлари ҳисобланган. Сигнални узатиш эҳтимоли $0.1 - 0.2$ ни, сезгирлик чегараси суюқ муҳит сиртидан аксланган сигнал амплитудасининг тахминан 1% ни ташкил қилади.

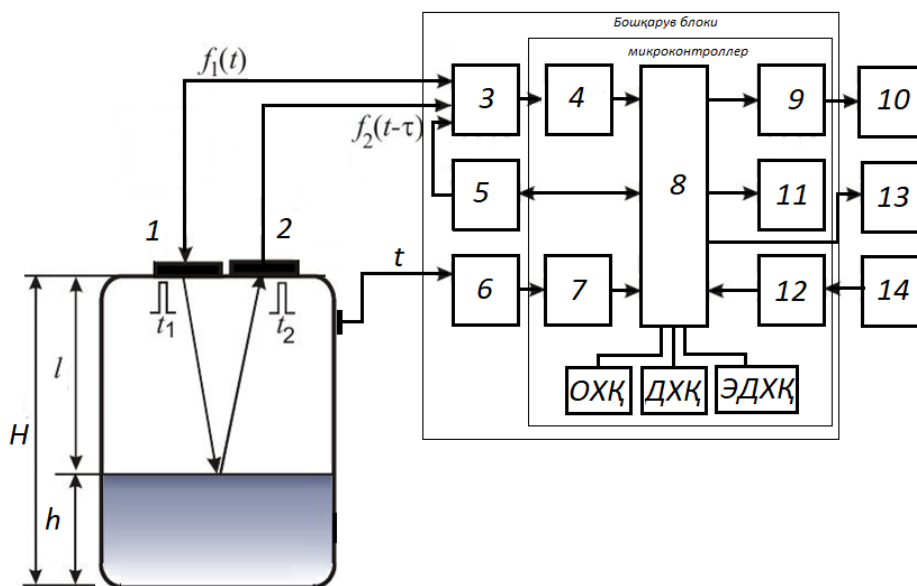
Ахборот-ўлчов тизимининг оптимал параметрлари аниқланди, ультратовуш сигналини қайта ишлаш ва филтрлаш алгоритми ишлаб чиқилди. Сатҳ ўлчагичнинг ишлаш алгоритми икки қисмга бўлинади: тайёргарлик ва асосий. Алгоритмнинг тайёргарлик босқичида ўлчаш ахборотларига бирламчи ишлов беришнинг ҳисоблагичлари ва электрон блоклари параметрларини дастлабки ўрнатиш таъминланади. Бу босқичда ўрганилаётган сиртдан аксланган сигнални аниқлаш, ахборотни микропроцессорга киритиш учун қулай шаклга айлантириш вазифалари ҳамда ўлчаш ахборотларини иккиламчи қайта ишлаш вазифалари амалга оширилади. Бу ерда кириш сигналлари: қабул қилиш трактининг чиқишидаги ўзгарувчи сигнал ва ўлчаш ўзгартиргичининг ишга тушириш импульси. Ўлчаш ахборотини қайта ишлаш учун экстраполяция усули қўлланилади, унга кўра янги маълумотлар олдинги ўлчашлар натижалари асосида тузатилади. Асосий циклда янги ўлчашлар натижаларининг ўртача қийматлари ҳисоблаб чиқилади ва тузатиш босқичлари ҳисоблаб чиқилади:

$$dS_i = \frac{S_i - S_{i-1} - dS_{i-1}}{b} + dS_{i-1}. \quad (3)$$

Кириш қийматларини аппарат текшируви амалга оширилади, бу эса маълумотлар оғиши ва тарқалишини камайтиришни таъминлайди. Ҳисоблаш жараёни ҳар бир ўнинчи циклининг натижаси суюқ муҳит сатҳи қиймати кўринишида кўрсатилади. Назорат қилинадиган суюқликдаги ультратовушнинг тарқалиш тезлиги ёзилган битта дастурлаштирилган импульс томонидан ишга туширилган калибрлаш канали ёрдамида баҳоланади.

Диссертациянинг учинчи боби “Сатх ўлчагичларнинг тузилишининг параметрик таҳлили ва янги усуллари ишлаб чиқиш” деб номланган. Назорат қилинаётган муҳитнинг нотекис юзасидан ультратовуш тўлқинларининг акс этишини расмийлаштириш муаммосини назарий таҳлил қилиш имконини беради. Адабиётларда суюқ муҳитларнинг нотурғун сиртларидан акустик тўлқинларнинг акс этишининг математик тавсифи топилмаганлиги сабабли, уларни текшириш учун икки масштабни моделга муружаат қилиш таклиф этилади, унга кўра назорат қилинадиган суюқликнинг нотекис юзаси кенг масштабни нотекисликлардан иборат деб кўрилади. Бу нотекисликларни уринма текислик усули ёрдамида акс эттириш мақсадга мувофиқлиги ва назорат қилинадиган муҳит сиртига сочилган майда тўлқинларнинг ғалаёнланиш назарияси усули асосида расмийлаштириш мумкинлиги кўрсатилган. Шу тарзда олинган бирлашган математик тавсиф ҳақиқий объект томонидан тарқалган сигналнинг хусусиятлари ва тавсифларини яхши расмийлаштириши керак (масалан, дарё, кўл ёки денгиз юзасини ҳисоблаш). Бироқ, бу ҳолда, суюқлик юзасининг кичик нотекисликларида бир нечта тарқаладиган майдонларни умумлаштиришга имкон берадиган техника керак.

2-расмда ностационар сиртларда микропроцессорли ўлчаш тизимининг умумий тузилиш схемаси келтирилган.



2 - расм. Ностационар сиртларда микропроцессорли ўлчаш тизимининг умумий тузилиш схемаси

Суюқ муҳит сиртини кичик ва катта масштабни сиртлар йиғиндисидан иборат икки масштабни модел ёрдамида қуйидагича ёзиш мумкин:

$$Z(x, t) = Z_1 \cos\left(\frac{2\pi}{L} x\right) \sin\Omega t + Z_2 \cos\left(\frac{\omega t - 2\pi x}{l}\right), \quad (4)$$

бу ерда, Ω , ω – тебранишларнинг бурчак частоталари; Z_1 , Z_2 , – турли нотекисликларни амплитудалари; L , l – катта ва кичик нотекисликлар даврлари.

Назорат қилинадиган муҳит юзасида паст частотали табиатнинг доимий тўлқини мавжуд бўлиб, унинг устига юқори частотали югурувчи тўлқини қўйилган. Катта масштабли нотекисликлар эгрилик радиуси тушаётган тўлқин узунлигидан анча катта, кичик масштабли тебранишлар амплитудаси эса тушаётган тўлқин узунлигидан анча кичик бўлади, деб тахмин қилинади.

Агар суюқлик юзасида нуқталарнинг ҳаракат тезлиги ультратовуш тезлигидан паст бўлса ва ультратовуш сигналининг алоқа нуқтасида келтирилган тахминларни ҳисобга олган ҳолда, катта масштабли нотекисликнинг кесимини уринма равишда тахмин қилиш тавсия этилади.

Шундай қилиб, агар $A \ll 1$ шарт бажарилганда аксланган товуш майдонини таҳлил қилишда тўлқиннинг сўниш коэффицентини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$\alpha = \frac{\omega \sin \frac{1}{2} \arctan A}{c_0 (1+A^2)^{1/4}}. \quad (5)$$

У ҳолда суюқликнинг икки ўлчамли сирти $S(x)$ бўйлаб текис тўлқиннинг сочилишини қуйидагича ёзиш мумкин.

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2} - c_0^2 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right) - \frac{\beta}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x^2} \right) = 0, \quad (6)$$

бу ерда β - муҳитнинг ночизиклик коэффицентини, φ_1 – биринчи тартибли яқинлашиш, ρ_0 - суюқлик зичлигининг қиймати, c_0 - товушнинг адиабатик тезлиги.

Аксланган майдон текис тўлқинлар суперпозицияси кўринишида қуйидагича ёзилади:

$$\Phi_p(z, x, t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_m \exp[ik(\lambda_m x + \beta_m z)], \quad (7)$$

$$A_m = -(\beta_0/\beta_m) i^m \exp(i\tau_m^+) J_m(\tau_m^+), \quad (8)$$

бу ерда $\beta_m = \cos \theta_m$: θ_m – аксланиш бурчаги; θ_0 – тушиш бурчаги; J_m – 3-тартибли Бессель функцияси; $\tau_m^+ = kd(\beta_0 \pm \beta_m)$.

Қабул қилгични бошқаришда ишлатиладиган акустик майдон параметрлари тебраниш босимига таъсир қилади. Шунинг учун назорат қилинадиган суюқ муҳитда босимнинг тақсимланиши билан ишлаш керак.

$\Phi(x, z, t)$ ва $P(x, z, t)$ боғлиқликлар бир-бири билан оддий муносабат билан боғланган:

$$P(x, z, t) = \frac{\rho c d\Phi(x, z, t)}{dt}, \quad (9)$$

бу ерда $p(x, z, t)$ – тебраниш босими; c – товушнинг муҳитдаги тарқалиш тезлиги; ρ – суюқ муҳит зичлиги; $\Phi(x, z, t)$ – майдоннинг тезлиги потенциали.

Кўриб чиқилган модель ҳаракатланувчи сиртга тушадиган чексиз текис тўлқин ҳодисаси билан мос келади. Акслаган ультратовуш майдонининг умумлаштирилган тузилиши сиртдан аксланган ультратовуш сигналларини йиғиш усули билан ҳисобланади.

Тарқалган майдонни аниқлашнинг тахминий усулига мувофиқ, охириги сигнал кесимининг чегарасида мувозанатли сиртдан акс эттирилган тўлқинлар орқали ҳосил бўлади.

Суюқлик сиртининг тебранишларини нотекисликлар йиғиндиси кўринишини куйидагича бўлади:

$$A(x, t) = A_1 \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) \sin\varphi t + A_2 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{l}\right), \quad (10)$$

бунда L ва l – мос равишда турли ўлчамли нотекислик даврлари; φ , ω – мос равишда сирт тебранишнинг бурчак частоталари; A_1 , A_2 , – амплитуда кийматлари.

Вазн функцияси $F(x, z, \theta)$ сигналдаги тебранишлар тақсимотининг тавсифига боғлиқ. Ихтиёрий тушиш бурчаги учун функция $F(x, z, \theta)$ куйидаги шаклга эга:

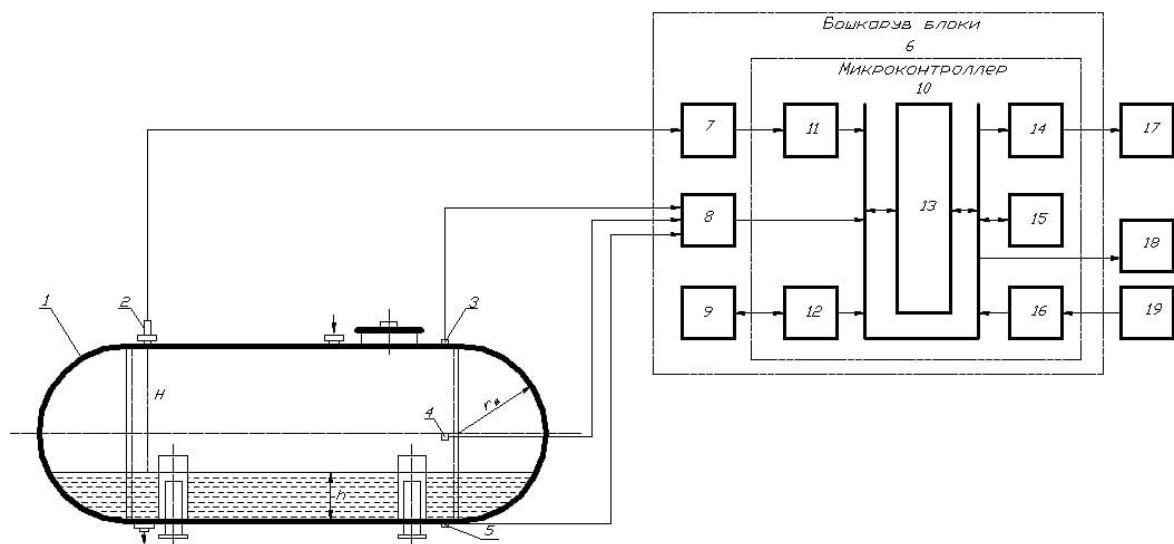
$$F(x, z, \theta) = \exp\left[-\frac{\left(\frac{xzLm}{\beta m}\right)^2 (4\cos^2\sigma Lm 0.5)}{\rho^2}\right], \quad (11)$$

бу ерда: l – вазн ойнасининг ўлчами ва унинг сирт марказига нисбатан жойлашиши билан белгиланадиган ўзгарувчидир; θ – ультратовуш сигналнинг 0,5 сатҳдаги кенглиги.

Ушбу ишда резервуар ва бункерлардаги суюқ ва сочилувчан материаллар устуни баландилигини ўлчаш усуллари ва қурилмалари ишлаб чиқилган (3-расм).

Резервуар паркларининг интеллектуал ўлчаш тизимида суюқ маҳсулотлар 1 нинг реал вақт режимида узлуксиз сатҳини ўлчаш маълумотларни олиш учун ишлатиладиган сатҳ ўлчагич 2 ва ҳарорат сенсорлари 3, 4, 5, шунингдек, суюқ маҳсулотларнинг мавжуд захиралари тўғрисидаги маълумотларни ҳисоблаб чиқадиган бошқарув блоки 6, резервуарни кузатиш учун реал вақт маълумотларидан фойдаланган ҳолда ва 13 микропроцессор ўз ичига олган микроконтроллер 10 асосида, дастур ва маълумотлар хотираси блоки 15 билан амалга оширилади, унга уланган дисплей 17 ва маълумотларни киритиш блокига уланган универсал саккиз битли икки томонлама кириш-чиқиш портлари 14, 16 лар бўлган аналог-рақамли ўзгартиргичлар (АРЎ) 11 ва 12 билан умумий шина орқали уланган 19 қисмидан иборат бўлиб, Бошқарув блоки шунингдек 7 ва 8 операцион кучайтиргичларни ўз ичига олиб, қурилманинг ўзи кўшимча равишда интеллектуал ўлчашни масофадан бошқариш учун Wi-Fi блоки 9 га уланган ва бузилишларни олдини олиш учун 18 блокларидан иборат.

Ўрганилаётган материал юзасига ўрнатилган сатҳ ўлчагич ёрдамида бункерлар ва сиғимлардаги сочилувчан материалларнинг параметрларини ўлчашнинг аппарат ёрдамида амалга оширилган усули таклиф этилади. Ушбу усул технологик аппаратида сочилувчан материалнинг сатҳини доимий ва аниқ назорат қилишни ва ҳажмини аниқлашни таъминлайди. Бунда кўшимча лазер масофа ўлчагични киритиш ва бункердаги сочилувчан материал ҳажмини аниқлаш учун математик ифодалардан фойдаланиш орқали қопқоқнинг ихтиёрий жойлаштирилган юклаш тирқишига эга сочилувчан материал сақлаш бункерларида сатҳни доимий назоратини таъминлаш муаммоси ҳал қилинади.



3-расм. Горизонтал цилиндрик резервуарларда интеллектуал микропроцессорли сатх ўлчаш тизимининг структура схемаси.

Таклиф этилаётган усул ва уни амалга оширувчи қурилманинг моҳияти бункернинг юклаш тирқиши ёнида жойлашган, ўлчаш қурилмаси аниқлигини ошириш мақсадида учунчи масофа ўлчагичдан фойдаланилиши билан бошқа маълум ишланмалардан фарқ қиладиган масофа ўлчагичдан оптик шаффоф элемент орқали алоҳида герметикланган, назорат қилинадиган материал сирти юқорисига маҳкамланган оптик қурилма ёрдамида сиғим ва бункерларда сочилувчан материаллар параметрларини ўлчашдан иборат бўлиб, юклаш тирқиши кўп ҳолатларда марказдан ихтиёрий масофада ёки бункер девори яқинида жойлашган бўлиши мумкин, бу бункер қопқоғининг юклаш тирқишидан сиртнинг юқори қисмида ҳосил бўлган тепаликнинг максимал баландлигигача бўлган масофани аниқлаш ва резервуарлардаги сочилувчан материал ҳажмини ҳисоблаш имконини беради.

Тадқиқот ишида горизонтал жойлашган цилиндрсимон кўринишдаги сиғимларда суюқ маҳсулот устуни баландликларини ўлчаш йўли билан горизонтал цилиндрсимон резервуарлардаги суюқ маҳсулот ҳажми ва массасини ўлчаш усули ва қурилмаси таклиф қилинган. Ишланмалар суюқ маҳсулот ҳажми ва массасини назорат қилувчи ва сигналлаштирувчи масофа ўлчагичдан фойдаланиш ҳисобига ўлчаш аниқлигини оширишни таъминлайди. Ушбу параметрлар ўртача ҳароратни аниқлаш ва горизонтал цилиндрсимон резервуарларда суюқ маҳсулот ҳажмини ҳисоблашда ҳарорат ўзгариши учун тўғриловчи тузатишни киритиш орқали суюқ маҳсулотни ўлчаш натижалари асосида ҳисобланади. Суюқ маҳсулот устунининг баландлиги реал вақт режимида масофа ўлчагич билан ўлчаш орқали аниқланади.

Катта ҳисоблаш қувватини талаб қилмайдиган ва техник воситаларнинг ташхисланадиган носозликлар синфини кенгайтиришга имкон берадиган резервуарлар, бункерлар ва сиғимлардаги сатхни ўлчаш учун тавсия этилган қурилмаларнинг конструктив технологик параметрларини ҳисоблаш тартиблари таклиф этилади.

Диссертациянинг “Сатҳ ўлчаш тизимини жорий қилиш ва хатоликлар таҳлили” деб номланган тўртинчи бобида “суюқлик-ҳаво” чегарасининг кичик ва катта масштаби тебранишларини бир вақтда ўлчашни амалга оширадиган эталон каналли суюқ муҳитлар сатҳини микропроцессорли ўлчагичининг тузилиш схемаси синтези натижалари келтирилган. Ультратовуш сатҳ ўлчагичи ўлчаш ўзгартиргичининг блоклари ва тугунлари, ультратовуш сигналлар генератори, шунингдек сатҳ ўлчагич қабул қилгичлари ишлаб чиқилган.

Ўлчагичнинг ишлаб чиқилган қабул қилиш ва узатиш йўлини текшириш учун тажриба ўтказилди, бунинг учун турли хил конфигурацияли ва тўлдириш ҳажмлари бўлган сиғимлар ишлатилди. Суюқлик сатҳи 0,05 дан 4,5 м гача бўлган масофа оралиғида ўлчанди. Масофанинг ўлчови ва эталони сифатида шишали ўлчов трубкаси, эталон сигнал ва ўлчаш чизғичи ишлатилган. Эталон канал узунлиги 0,2 м ни ташкил этади. Эталон каналдаги ўзгартириш частотаси $F_1=15\text{МГц}$. Суюқлик устунини сатҳи бўйича зондлаш каналларидаги ўзгартириш частотаси $F_2=2\text{МГц}$. Суюқлик сатҳи қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$H = \frac{N_2 K_1}{N_1 K_2} 2 = \frac{2 \tau_2 K_2 * 10^3 K_1}{\tau_1 K_1 * 10^5 K_2} = \frac{2 \tau_2}{\tau_1 * 10^2} \quad (12)$$

бу ерда K_1 –канал частотаси K_2 – эталон канал частотаси

Олинган тажриба натижалари маълум бўлган натижалар билан таққосланган. Таққосланган маълумотлар ўртасида тўғри мослик ўрнатилди. Ультратовушли ўзгартиргич, микропроцессор ва қабул қилувчи қурилмалардан иборат ишлаб чиқилган сатҳ ўлчагич резервуарлардаги суюқлик сатҳини ўлчашнинг мураккаб шовқинли сигнал шароитларида қониқарли ишлашини кўрсатди.

Суюқ муҳитлар учун ультратовуш ўлчов ўлчагичининг ишлаш алгоритми ва ўлчаш маълумотларини қайта ишлаш усули талаб қилинган ўлчаш аниқлигини таъминлайди. Асбоб ёрдамида турли хил суюқ муҳитларнинг, шунингдек, сочилувчан моддаларнинг сатҳини ўлчаш мумкин.

Кўриб чиқилган ишда сатҳни ўлчаш асосий хатоликларининг сифат ва миқдорий таҳлили ўтказилди. Бунда асосий эътибор дифракцион хатоликлар ва эталон канал хатоликларига қаратилди. Шунингдек, назорат қилинаётган муҳит сиртининг ностационарлиги туфайли юзага келадиган хатолик ҳам ўрганилди. Суюқ ва сочилувчан материалларнинг ультратовушли сатҳ ўлчагичлари орқали сатҳни ўлчашнинг асосий хатоликларидаги ўзгаришларнинг қонуниятлари турли параметрларга қараб белгиланди ва сочилувчан материаллар ва саноат ишлаб чиқаришининг суюқ муҳитлари сатҳини ўлчашнинг ишлаб чиқилган воситаларини амалда қўллаш натижалари тақдим этилди.

ХУЛОСА

Қаттиқ сочилувчан материаллар ва суюқ муҳитларнинг технологик параметрини (сатҳни) ўлчашнинг интеллектуал микропроцессорли тизимларини ишлаб чиқишга бағишланган диссертация тадқиқотлари натижалари асосида қуйидаги хулосалар шакллантирилди:

1. Адабиёт манбалари таҳлилидан келиб чиққан ҳолда, ностационар сатҳларни интеллектуал микропроцессорли ультратовушли сатҳ ўлчагич ёрдамида ўлчаш тизимини қуриш тамойилларини яратиш зарур эканлиги ўрганилди. Унга кўра суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар учун сатҳ ўлчагичлар кўрсаткичларининг талаб қилинадиган аниқлиги, ишончлилиги ва бутунлигини таъминлаш учун ҳозирги кунга қадар қўлланилган усуллар метрологик таъминот ва сатҳ ўлчагичларнинг ишлаш муддатини узайтириш бўйича ишлаб чиқариш дастурларини амалга оширишни етарли даражада таъминламаслиги кўрсатилди.

2. Ҳаракатланувчи суюқлик сиртларидан ультратовуш тўлқинларининг аксланишини ўлчашли ўзгартириш жараёнини расмийлаштириш амалга оширилди ва тўлқин нурларининг турли тушиш бурчакларида ультратовуш сигнали тарқалишининг асосий қонуниятлари аниқланди ва таклиф этилаётган моделнинг суюқ муҳитлар ва сочилувчан материаллар сатҳини ўлчашли ўзгартиришнинг реал жараёнларига мувофиқлиги экспериментал тасдиғи олинди.

3. Ультратовушли сатҳ ўлчагичларда аксланган сигналнинг тузилиши ва параметрлари кўп жиҳатдан “нотекисликлар амплитудаси – тушаётган тўлқин узунлиги” нисбатига боғлиқлиги аниқланди ва бундай майдонда аксланган ультратовуш кўп нурли хусусиятга эга бўлиши мумкинлиги кўрсатилган.

4. Орқага тарқалган сигналнинг стохастик кўрсаткичлари аниқланди ва суюқ муҳит сиртининг катта масштабдаги тебранишлари туфайли қабул қилинган квази-тасодифий сигналнинг эгилиши сигналнинг чуқур сўниши билан квази-тасодифий шаклга эга бўлиши кўрсатилган.

5. Қабул қилинган сигнал эгилишининг амплитудасини тақсимлаш функциялари Релей ёки Райс Накагами қонуни ёрдамида расмий равишда аксланиши мумкинлиги аниқланди ва аксланган сигнални узатиш эҳтимоли текширилаётган суюқ муҳитнинг акслантирувчи эттирувчи сиртининг турли параметрлари ва хусусиятлари қурилманинг сезгирлик чегарасига қараб ҳисобланди.

6. Бир вақтнинг ўзида “суюқлик-ҳаво” фазаси чегарасининг катта ва кичик масштабдаги тебранишларида сатҳни назорат қилишни таъминлайдиган ультратовушли сатҳ ўлчагичнинг тузилиш схемаси таклиф этилди.

7. Суюқлик ва қаттиқ сочилувчан материалларнинг ультратовушли сатҳ ўлчагичининг ишлаш алгоритми ишлаб чиқилди ва сатҳнинг тебраниш тезлиги 200мм/с гача бўлганда суюқ муҳитлар ва муҳитнинг сочилувчан

материаллар сатҳини тезкор назорат қилишни таъминлайдиган ўлчаш ахборотларини қайта ишлаш усули таклиф қилинди.

8. 0.05-4,5м оралиғида суюқ муҳитларнинг ностационар сатҳини секундига 12 марта ўлчашни бажаришга имкон берадиган ультратовушли сатҳ ўлчагичи ва назорат қилинаётган муҳитнинг ушбу сатҳ ўлчагичининг умумий хатолигининг умумлашган модели таклиф қилинди. Назорат қилинадиган суюқ муҳит сиртининг сочилишидан келиб чиқадиган хатолик аксланган ультратовуш майдонининг ҳисобланган профилини аниқ бир реал вариантга яқинлигига, шунингдек ўлчаш шароитлари ҳақидаги априори ахборотнинг тўлиқлигига боғлиқ эканлиги кўрсатилган.

9. Диссертация ишининг ишланмалари нафақат суюқ муҳит ва сочилувчан материаллар учун ультратовушли ўлчагичларнинг метрологик хусусиятларини яхшилашнинг самарали воситаси, балки саноат ишлаб чиқаришларининг технологик сиғимларида сатҳни назорат қилиш, ростлаш ва диагностика қилиш муаммоларини қулай ва осон ҳал қилиш имконини беради.

10. Диссертация ишланмаларининг фақатгина “АСАКА ЁҒ” АЖ корхонаси омборларида технологик суюқ муҳит ва сочилувчан материаллар сатҳини ўлчаш ва назорат қилиш тизимларида қўлланилиши йилига 113,3 миллион сўм миқдорида иқтисодий самара олиш имконини кўрсатди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03.30.12.2019.Т.03.02
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЮСУПОВ АЗАМАТ АЛИЖОНОВИЧ

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ
ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ (УРОВНЕЙ) ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

05.03.01 – «Приборы. Методы измерения и контроля» (технические науки)

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за **B2019.2.PhD/T1145**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

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

Научный руководитель: Юсупбеков Нодирбек Рустамбекович
доктор технических наук, профессор, академик

Официальные оппоненты: Улжаев Эркин
доктор технических наук, профессор
Жумаев Одил Абдужалилович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация: Бухарский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится «16» 12 2021 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03.30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел: (99871)246-46-00; факс: (99871)227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано №219). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 207-14-70).

Автореферат диссертации разослан «4» 12 2021 года.
(реестр протокола рассылки №20 от «23» 11 2021 года.)



Ф.Т.Адилов
Заместитель председателя научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

У.Ф.Мамиров
Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент

У.Т.Мухамедханов
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD)).

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в последнее время уделяется особое внимание развитию и совершенствованию высокоточных интеллектуальных систем измерения в области технологических процессов и автоматизации производств. В связи с этим важно решать вопросы погрешностей измерения уровня неровных сред с помощью ультразвука, неточностей измерений, снижения достоверности и целостности информации об уровне. В месте с тем в развитых странах большое значение придается разработке усовершенствованных методов и алгоритмов измерения уровня контролируемых неровных сред.

В мире проводятся обширные исследования для разработки инженерных методов численного анализа структуры акустико-звуковых полей с целью удовлетворения требований к точности и скорости измерения ультразвукового уровнемера в сложных промышленных условиях. Эти методы характеризуют диффузионные свойства отраженных волн от измеряемой среды и приводят к увеличению точности измерения, надежности и целостности уровня контролируемой среды. В этой связи особое внимание в настоящее время уделяется совершенствованию методов и алгоритмов синтеза интеллектуальных измерительных систем, которые повышают точность и надежность измерения, устраняют ошибки измерения.

В настоящее время в Республике Узбекистан уделяется большое внимание измерению и контролю параметров технологических процессов, в частности, разработке интеллектуальных систем, выполняющих надежное измерение уровня жидких и сыпучих сред с высокой точностью в сложных производственных условиях. В Стратегии по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы обозначены задачи: «...модернизация и диверсификация промышленности путем перевода её на качественно новый уровень»¹. В связи с этим актуальна разработка методов количественного анализа структуры звуковых полей, распространяющихся по поверхности и повышения точности измерений при измерении уровня жидких и сыпучих сред.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № УП-5099 от 30 июня 2017 года «О мерах по кардинальному улучшению условий для развития информационных технологий в стране» и Постановлением № ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» УП-4947 от 7 февраля 2017 года.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан IV.«Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий» и VII.«Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Анализ научно-технической литературы последних лет, касающийся исследований по построению интеллектуальных систем измерения уровня среды в технологических процессах, свидетельствует о достижении значительных теоретических и практических результатах в этой области. Опубликовано большое количество работ, посвященных проблемам построения интеллектуальных систем измерения неровных уровней, разработаны общетеоретические концепции, возрастает число решенных практических задач. Большой вклад в развитие измерения неровных уровней жидких и сыпучих сред, программирования нейронных сетей, проверки средств измерений на основе корреляционного и регрессионного анализа и методов определения неисправностей уровнемеров внесли многие зарубежные ученые, такие как A.S.Morris, R.Langari¹, J.Huang², Avin N. Mohan³, F.Hashmat⁴, W.Spratt⁵, Н.Балин, А.Демченко⁶, S.I.Yahya⁷, А.Исимару⁸ и др., а также отечественные ученые Н.Р. Юсупбеков⁹, Ш.М. Гулямов, А.А. Азимов, Р.К. Азимов, П.Р.Исматуллаев¹⁰, Х.С.Нурмухаммедов¹¹, Ю.Г. Шипулин, П.И. Каландаров и др. Кроме того, многие молодые ученые проводят также исследования в этом направлении.

¹ Alan S. Morris, Reza Langri. Measurement and Instrumentation, Second Edition: Theory and Application. //Academic Press. 2015. –pp.726.

² Huang, C., Chan, Y.-W., & Yen, N. (Eds.). (2020). Water Level Measurement Device. // Data Processing Techniques and Applications for Cyber-Physical Systems (DPTA 2019). Advances in Intelligent Systems and Computing. doi:10.1007/978-981-15-1468-5.

³ Avin N. Mohan, "Finite Element Analysis on Trapezoidal Tank to Suppress Sloshing Effect", International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ISSN: 2349-2163, pp. 5, November, 2014.

⁴ Fabia Hashmat, Hina Shahid, Sadia Murawwat, Intesar Ahmed, Modeling and Simulations of Liquid for Precise Level Measurements. «New Horizons» Journal of The Institution of Electrical and Electronics Engineers Pakistan. Vol. № 90.2016. –pp.52-57.

⁵ William K. Spratt, J. Vetelino, L. Lynnworth. Liquid level torsional ultrasonic waveguide sensor / S. Spratt, J. Vetelino, L. Lynnworth // 2009 IEEE international ultrasonic symposium (IUS). – 2009. – P. 663–668.

⁶ Балин Н., Демченко А. Акустические измерители, сигнализаторы уровня жидкости и системы на их основе. — Современные технологии автоматизации (СТА), 1999 г., № 2. С.28-32.

⁷ Salah I. Yahya. "A Multi-Level Storage Tank Gauging And Monitoring System Using A Nanosecond Pulse". International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). V5(1):17-24 Nov 2013. ISSN:2231-5381. www.ijettjournal.org. published by seventh sense research group

⁸ Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Монография. — М.: Мир, 1981. — 280 с. Т.1

⁹ N.R. Yusupbekov. R.A. Aliyev, R.R. Aliyev, A.N. Yusupbekov. Boshqarishning intellektual tizimlari va qaror qabul qilish. "O'zbekiston milliy ensiklopediyasi" davlat nashriyoti. Toshkent. 2015.

¹⁰ P. Ismatullayev, P. Matyakubova, N. Avezova, M. Maxmudjonov. Algorithms for increasing the reliability of primary measurement information Algorithms for increasing the reliability of primary measurement information.// Journal of Physics: Conference Series2036 (2021) 012002IOP Publishingdoi:10.1088/1742-6596/2036/1/012002.

¹¹ Юсупбеков Н.Р, Нурмухаммедов Х.С, Зокиров С.Г, Кимёвий технология асосий жараён ва қурилмалари. — Т.: «Фан ва технология», 2015, 848б.

Известные в настоящее время методы не обеспечивают требуемой точности измерения уровня жидких сред и сыпучих материалов во всех режимах и не позволяют определить все виды неисправностей в измерительных каналах автоматических уровнемеров.

Также недостаточно изучены вопросы повышения метрологической точности и надежности уровнемеров, создания порядков коррекции уровнемеров, разработки методов метрологических диагностик измерительных каналов при расчете параметров акустического поля, рассеянного по поверхности измеряемой и контролируемой среды с помощью интеллектуальных микропроцессорных измерителей уровня жидких и сыпучих материалов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Исследования выполнялись в рамках научно-исследовательских проектов ФИ-56 – «Разработка теоретических основ и методов структурно – параметрического синтеза интеллектуальных систем управления сложными технологическими объектами на основе нечетко-множественных представлений» (2012-2016), Ф7-47 – «Теоретические основы процессов разделения многокомпонентных смесей» (2012-2016) и ОТ-Ф7-88–«Совершенствование практических основ перспективных энерго- и ресурсосберегающих тепло- и массообменных процессов сложных химико-технологических систем получения чистых продуктов» (2017-2020).

Целью исследования является разработка принципов, методов и инструментов для построения интеллектуальных ультразвуковых микропроцессорных уровнемеров для жидких и сыпучих материалов.

Задачи исследования:

проанализировать современное состояние теории и практики контроля и управления уровнем жидких сред и сыпучих материалов и выявить тенденции их дальнейшего развития и совершенствования;

теоретически изучить и выявить наиболее существенные закономерности и конкретные особенности измерительного преобразования ультразвукового сигнала, отражённого от подвижной поверхности жидкости;

разработка инженерной методики вычислительного анализа параметров акустического поля, рассеиваемого поверхностью контролируемой среды;

выявить стохастические характеристики распределения ультразвукового сигнала в пространстве;

осуществить верификацию и формализацию работы ультразвуковых измерительных блоков уровнемеров и экспериментально изучить их статические и динамические характеристики;

исследовать потенциальные возможности предложенных методов, алгоритмов и средств обработки измерительных сигналов уровнемеров и обосновать принципы и методы автоматической термокомпенсации

погрешностей измерителей уровня функционирования технологического оборудования в промышленных условиях.

Объектом исследования является процесс измерения уровня жидких и сыпучих сред промышленных производств.

Предметом исследования являются технические средства измерения уровня жидких сред и сыпучих материалов промышленных производств.

Методы исследования. В процессе исследования использовались методы математического моделирования процессов измерения уровня, математической статистики, регрессионного и корреляционного анализа, геометрические методы оценки неровных поверхностей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

обоснована методика вычислительного анализа распределения отраженных акустических волн от неровных поверхностей и закономерностей формирования рассеяния, акустических полей;

разработана конструкция интеллектуального устройства контроля и измерения уровня жидких продуктов, учитывающее рассеивание звуковых волн на поверхности контролируемой жидкой среды;

разработаны способы измерения объема и массы жидкого продукта (мазутного топлива) в горизонтальных и наклонных цилиндрических резервуарах, основанные на измерении уровня с помощью лазеродальномера, учитывающего различные формы днищ резервуаров;

разработан высокоточный способ определения объема сыпучего материала (сырьевого зерна) в бункере, основанный на применении лазеродальномера, установленного возле загрузочного отверстия и учитывающего неровности насыпной поверхности сыпучего материала (сырьевого зерна).

Практические результаты исследования заключается в следующем:

показано, что применяемые до настоящего времени методы по обеспечению требуемой достоверности и целостности показаний уровнемеров для жидких сред и сыпучих материалов не обеспечивают в должной мере выполнение производственных программ метрологического обеспечения и удлинения жизненного цикла уровнемеров;

обоснован рациональный метод, позволяющий измерять уровень в нестационарных поверхностях контролируемой среды в режимах реального времени;

определены стохастические показатели обратно - рассеянного сигнала и установлено, что ввиду крупномасштабности колебаний поверхности жидкой среды, огибающей принимаемый квазислучайный сигнал, приобретают квазислучайную форму с глубокими замираниями измерительного сигнала;

предложена обобщенная модель совокупной погрешности измерения ультразвукового уровнемера и проанализированы ее базовые составляющие;

показано, что погрешность, обусловленная рассеиванием поверхности контролируемой среды, зависит от близости расчетного профиля отраженного ультразвукового поля к конкретному реальному профилю.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования объясняется выполнением методически обоснованных теоретических расчетов, взаимодействием полученных экспериментальных данных с теоретическими результатами, полученными результатами сравнительного анализа методов и средств измерения уровня контролируемых неровных сред, совпадением основных метрологических характеристик результатов измерения уровня жидких сред и сыпучих материалов с результатами их оценки, а также с результатами теоретических и практических исследований и их совместимостью.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования состоит в повышении метрологической надежности с учетом выполнения требований к скорости измерений, а также в обеспечении компактности аппаратной структуры уровнемеров жидких сред и сыпучих материалов во всех режимах работы технологического инструмента, включающего статические и динамические процессы.

Практическая значимость результатов исследования объясняется методами измерения уровня жидких и сыпучих материалов в резервуарах и бункерах с помощью ультразвуковых первичных уровнемеров, запатентованным способом и устройством для измерения объема и массы жидких продуктов в горизонтальных цилиндрических резервуарах и бункерах, а также способом и аппаратной структурой определения объема и массы жидких продуктов в наклонном цилиндрическом резервуаре, предназначенном для эксплуатации в реальных условиях промышленного производства.

Внедрение результатов исследования. Полученные научные результаты по построению интеллектуальной микропроцессорной системы измерения уровня в технологических процессах внедрены в следующем:

измерение уровня мазута с помощью интеллектуального устройства для измерения и контроля уровня, учитывая рассеяния ультразвуковых волн на поверхности контролируемой жидкой среды внедрено на АО «АСАКА ЁФ» (Справка «Ассоциации предприятий масложировой промышленности» № КС/3-966 от 22 октября 2021 года). В результате появилась возможность постоянно контролировать объем и массу мазута в режиме реального времени, измеряя уровень мазута;

измерение объема мазута с помощью интеллектуального микропроцессорного уровнемера, измеряющего уровень жидких веществ, внедрено на АО «АСАКА ЁФ» (Справка «Ассоциации предприятий масложировой промышленности» № КС/3-966 от 22 октября 2021 года). В результате, несмотря на то, что горизонтальный цилиндрический резервуар расположен в наклонном положении, это дало возможность определить его объем путем точного измерения уровня мазута;

интеллектуальный микропроцессорный уровнемер сыпучих веществ в бункере внедрен на АО «АСАКА ЁФ» (Справка «Ассоциации предприятий

масложировой промышленности» № КС/3-966 от 22 октября 2021 года). В результате, основываясь на данных, полученных с помощью уровнемера, устройство оценивает неровность поверхности продукта и с высокой точностью определяет объем зернового продукта в бункере, выбрав для него подходящий режим.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 5 международных и 2 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, из них 6 журнальных статей, в том числе 3 в зарубежных, 3 в республиканских журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также получено 1 свидетельство на изобретение и 3 свидетельства о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Состав и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы основная цель и задачи исследования, раскрыта научная новизна исследования, отражена теоретическая и практическая значимость полученных результатов, конкретных выводов и рекомендаций, содержатся сведения об апробации и внедрении результатов работы.

В первой главе диссертации, озаглавленной «Современное состояние теории и практики измерения уровня технологических сред», выполнен критический анализ методов и средств измерения уровня жидких сред и сыпучих материалов промышленных производств. В процессе измерения показано, что существует большая разница между текущим состоянием техники измерения и теоретическими разработками, посвященными автоматическому измерению уровня жидких и сыпучих материалов. Осуществлен метрологический анализ ультразвукового метода измерения уровня жидких сред и сыпучих материалов, в рамках которого изучено влияние различных физических параметров на погрешности измерения.

Существующие уровнемеры, используемые в технологических процессах, предназначены для контроля с необходимой точностью объема и количества жидкости путем измерения уровня жидкости только в стационарных условиях. Трудно решать динамические задачи из-за отсутствия моделей, характеризующих дисперсию и рассеяние волн, которые обычно ограничены использованием устройств измерения уровня. Поэтому актуальным является исследование возможности создания динамических ультразвуковых микропроцессорных уровнемеров, которые могут работать в широком диапазоне температур и при изменении поверхности контролируемой среды.

Зная, что существует большая потребность в измерителе, который может измерять уровни жидкости в диапазоне от 0,05 м до 4,5 м, вероятность надежности составляет 0,99, случайные ошибки не превышают ± 1 мм на плоской поверхности, информация об измеренном уровне выражается в мм измеряемого параметра и указывает на необходимость системы измерения данного параметра.

В работе проанализированы ультразвуковые методы измерения уровня жидких сред и сыпучих материалов, раскрыт принцип действия датчиков уровня ультразвукового типа и ультразвуковой дальнометрии, отражена базовая система измерения уровня технологических сред на основе эхосигналов. Рассмотрены теоретические модели воздействия обеих сред, в том числе теория лучей для описания колебаний акустического сигнала, теория нормальных волн, применяемая к задачам изучения распространения звуковой волны в волноводе. Широко распространены примеры, когда звук является неинвазивным методом измерения окружающей среды.

Рассмотрен эталонный метод ультразвукового измерения уровня, использующий двухканальный способ контроля, при котором один канал используется для измерения скорости распространения ультразвука, а второй - измеряет расстояние в соответствии с обычным методом измерения. Стандартная перегородка с известным расстоянием располагается перед ультразвуковым преобразователем. Измеряя разницу во времени ультразвуковой волны, достигающей перегородки, рассчитывают скорость распространения волны в окружающей среде. Показана перспективность использования двойных ультразвуковых преобразователей, когда один используется для контроля скорости распространения, а другой преобразователь – для измерения времени распространения, не влияя друг на друга. Такой подход позволяет устранить бесполезные ультразвуковые волны и повысить точность измерений.

Волновое уравнение распространения ультразвука в воздухе:

$$A(x, t) = A(x) \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right) = A_0 e^{-2\alpha x} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right), \quad (1)$$

где A - амплитуда, полученная ультразвуковым преобразователем, A_0 - начальная амплитуда, излучаемая ультразвуковым преобразователем, x - расстояние распространения ультразвукового сигнала, ω - угловая частота ультразвукового сигнала, t - время распространения ультразвукового сигнала, λ - длина волны ультразвука, α - коэффициент затухания ультразвука и его формула: $\alpha = b f_2$, где b - диэлектрическая проницаемость, а f_2 - частота ультразвука.

Согласно уравнению (1), когда расстояние распространения ультразвуковых волн в воздухе достигает $0,5\alpha$, амплитуда ультразвуковых волн уменьшается до $1/e$ от исходной. Чем выше частота ультразвука, тем сильнее затухание и меньше обнаруживаемый диапазон расстояний, но чем меньше угол диффузии излучаемой ультразвуковой волны, тем тоньше луч и тем лучше его направленность.

Вторая глава диссертации озаглавлена «**Когнитивные измерения в интеллектуальных системах мониторинга уровня жидких веществ**». Изложена концепция когнитивных измерений на примере построения ультразвукового микропроцессорного интеллектуального измерителя уровня нестационарных поверхностей контролируемых сред, основанного на понятиях гранул и гранулярной прагматики для отдельных измерительных сенсоров. Прослежена эволюция от классической теории измерений, разработанной еще в конце XIX века Г. Гельмгольцем, к моделированию неопределенности в измерениях.

Анализ приведенных данных свидетельствует о том, что ширина и структура полученного волнового пучка зависят от амплитуды шероховатостей поверхности к длине волны ультразвукового сигнала: при увеличении соотношения ширина пучка ультразвукового сигнала тоже увеличивается, а сам пучок, отраженный от поверхности, становится многолучевым сигналом. При падении под острым углом волны значительной амплитуды неровности существует значительный обратно рассеянный сигнал, который можно применять в целом ряде приложений, например, для выявления показателей и параметров пространственного расположения рассеивающей поверхности жидкой среды. В этом смысле большой интерес представляет зависимость амплитуды отраженного сигнала от угла падения. Эта картина создается, когда сигнал излучается и принимается одним и тем же преобразователем. Иными словами, вдоль поверхности резонатора ранжируется противоположный рассеянному коллинеарный к вектору сигнал. В данном случае усредненная амплитуда определяется путем расчета пространственного распределения давления численным интегрированием выражения:

$$P_n = \frac{1}{s} \int_s P(x, z) ds. \quad (2)$$

При исследовании математической модели на экспериментальной установке возбуждался ультразвуковой сигнал с помощью преобразователя, которой был выполнен из пьезоэлектрической керамики и который возбуждался быстро затухающей импульсной последовательностью.

Координатные устройства резервуара обеспечивают сбор данных и движение измерительного преобразователя по поверхности измеряемой среды. Этот ультразвуковой преобразователь принимает отраженный сигнал с различных точек поверхности среды. Угол направления волнового луча определяется с погрешностью $\pm 5^\circ$. Результаты экспериментальных и расчетных характеристик реакции преобразователя представлены на рис. 1.

Рассчитаны статистические характеристики нестационарной отражающей поверхности жидкости. Вероятность пропуска сигнала составляет 0.1 - 0.2, при порогой чувствительности порядка 1% амплитуды сигнала, отраженного от поверхности жидкой среды.

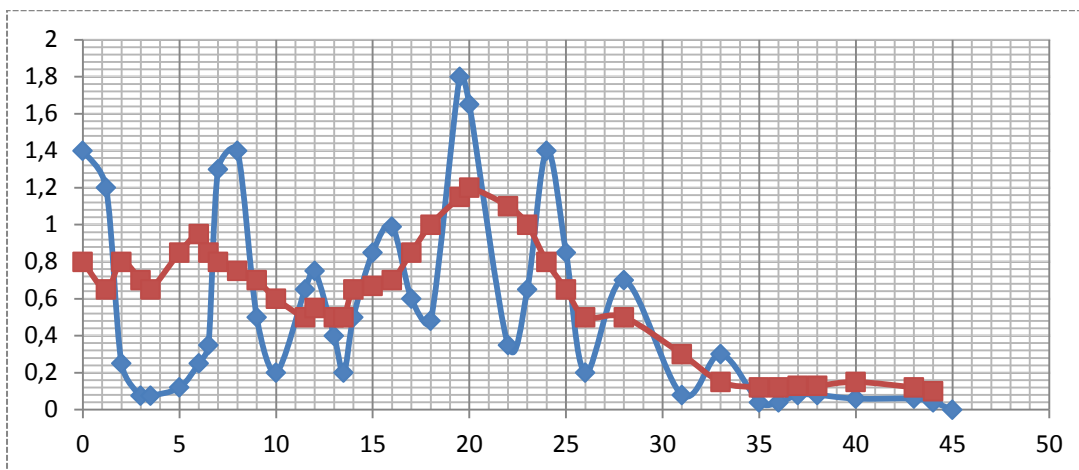


Рис. 1. Результаты сравнений экспериментальных и расчетных характеристик реакции ультразвукового преобразователя

Определены оптимальные значения измерительной системы, разработан алгоритм обработки и фильтрации ультразвукового сигнала. Алгоритм функционирования уровнемера разделяется на две части: подготовительную и основную. На подготовительном этапе алгоритма обеспечивается начальная установка параметров счетчиков и электронных блоков первичной обработки измерительной информации. На этом этапе выполняются задачи определения отраженного сигнала от исследуемой поверхности, преобразования информации в удобный вид для ввода в микропроцессор, а также вторичной обработки измерительной информации. Входными сигналами здесь выступают: переменная с выхода приемного тракта и импульс запуска измерительного преобразователя. Для обработки измерительной информации используется метод экстраполяции, в соответствии с которым новые данные корректируются по результатам предыдущих измерений. В основном цикле вычисляются средние значения результатов новых измерений и рассчитываются шаги корректировки:

$$dS_i = \frac{S_i - S_{i-1} - dS_{i-1}}{b} + dS_{i-1}. \quad (3)$$

Осуществляется обеспечивающая снижение отклонений и разбросов данных аппаратная проверка вводимых значений. Результат каждого двенадцатого цикла вычислительного процесса в виде значения уровня жидкой среды передается по каналу. Скорости распространения ультразвука в контролируемой среде оцениваются с использованием калибровочного канала, запускаемого одиночным программно-формируемым импульсом.

Третья глава диссертации озаглавлена: «**Параметрический анализ структуры уровнемеров и разработка новых методов**». В ней выполнен теоретический анализ задачи формализации отражения ультразвуковых волн от неровной поверхности контролируемой среды. Поскольку в литературных источниках не найдено математических описаний закономерностей отражения акустических волн от нестационарных поверхностей жидких сред, то для их верификации предлагается запрос двухмасштабных моделей, в соответствии с которыми неровная поверхность контролируемой жидкости

рассматривается как состоящая из крупномасштабных неровностей. Показано, что эти неровности целесообразно отражать с помощью метода касательной плоскости, а мелкую рябь, на которую рассеивается поверхность контролируемой среды, можно формализовать на основе метода теории возмущений. Полученное таким образом комбинированное математическое описание должно хорошо формализовать свойства и характеристики сигнала, рассеянного реальным объектом (например, расчет речной, озерной или морской поверхности). При этом, однако, необходима методика, позволяющая суммировать многократно перерассеянные поля на малых нерегулярностях поверхности жидкости.

На рис. 2 приведена общая структурная схема микропроцессорной измерительной системы на нестационарных поверхностях.

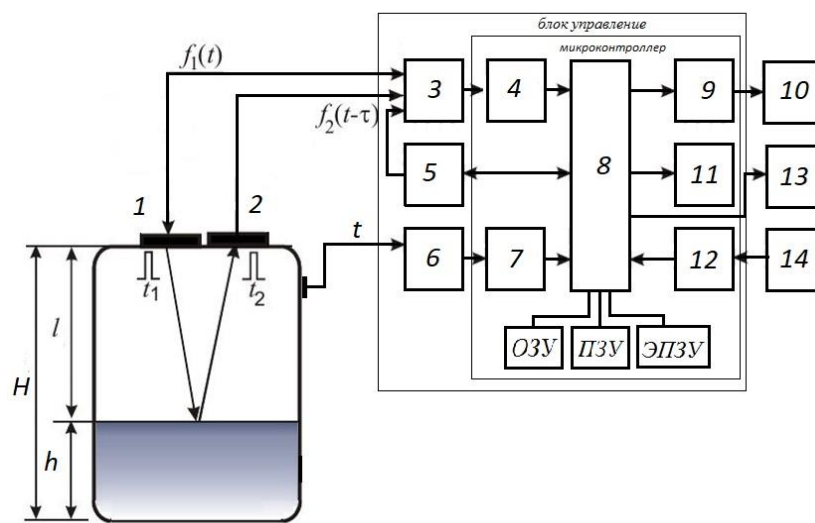


Рис. 2. Общая структурная схема микропроцессорной измерительной системы на нестационарных поверхностях.

Поверхность жидкой среды можно формализовать с помощью двухмасштабной модели, представляющей собой сумму мелко- и крупномасштабных поверхностей:

$$Z(x, t) = Z_1 \cos\left(\frac{2\pi}{L} x\right) \sin\Omega t + Z_2 \cos\left(\frac{\omega t - 2\pi x}{l}\right), \quad (4)$$

где Ω , ω – угловые значения частоты колебаний; Z_1 , Z_2 , – разные амплитуды неровностей; L , l – крупные и мелкие периоды неровностей.

На поверхности контролируемой среды имеет место стоячая волна низкочастотной природы, на которую накладывается бегущая волна высокочастотного характера. Считается, что крупномасштабные неоднородности намного больше, чем длина волны, на которую падает радиус кривизны, а амплитуда мелкомасштабных колебаний считается намного меньше, чем длина волны, на которую они падают.

Если скорость точек на поверхности жидкости ниже скорости ультразвука, и принимая во внимание допущения, сделанные в точке

контакта ультразвукового сигнала, рекомендуется рассчитать приблизительное пересечение большой линии неравномерности шкалы по касательной.

Таким образом, при анализе отраженного звукового поля при выполнении условия $A \ll 1$ коэффициент затухания волны может быть определен следующим образом:

$$\alpha = \frac{\omega \sin \frac{1}{2} \arctan A}{c_0 (1+A^2)^{1/4}}. \quad (5)$$

Тогда рассеяние плоской волны вдоль двумерной поверхности $S(x)$ жидкости можно записать следующим образом:

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2} - c_0^2 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right) - \frac{\beta}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x^2} \right) = 0, \quad (6)$$

где β - коэффициент нелинейности среды, φ_1 - приближение первого порядка, ρ_0 - значение плотности жидкости, c_0 - адиабатическая скорость звука.

Отраженное поле записывается в виде суперпозиции плоских волн:

$$\Phi_p(z, x, t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_m \exp[ik(\lambda_m x + \beta_m z)], \quad (7)$$

$$A_m = -(\beta_0/\beta_m) i^m \exp(i\tau_m^+) J_m(\tau_m^+), \quad (8)$$

где $\beta_m = \cos \theta_m$: θ_m - угол отражения; θ_0 - угол падения; J_m - функция Бесселя III-го порядка; $\tau_m^+ = kd(\beta_0 \pm \beta_m)$.

Используемые при контроле параметры акустического поля приёмника реагируют на колебательное давление. Поэтому необходимо оперировать распределением давления в контролируемой жидкой среде.

Зависимости $\Phi(x, z, t)$ и $P(x, z, t)$ связаны между собой простым соотношением:

$$P(x, z, t) = \frac{\rho c d\Phi(x, z, t)}{dt}, \quad (9)$$

где $p(x, z, t)$ - колебательное давление; c - скорость распространения ультразвука в среде; ρ - плотность жидкой среды; $\Phi(x, z, t)$ - потенциал скорости поля.

Рассматриваемая модель адекватна случаю бесконечной плоской волны, падающей на подвижную поверхность. Обобщенная структура отразившегося ультразвукового поля вычисляется методом суммирования отразившихся от поверхности ультразвуковых сигналов.

В соответствии с приближенным методом определения рассеянного поля последнее формируется волнами, отражающимися от уравновешенной поверхности в пределе сечения сигнала.

Функция распределения колебательного давления с учетом весовой функции принимает следующий вид:

$$P(x, z, \theta) = \omega \rho c \sum_{\omega=1}^{\infty} A_{\omega} \exp[\rho k(\delta_{\omega} x + \beta_{\omega} z)] F(x, z, \theta), \quad (10)$$

Весовая функция $F(x, z, \theta)$ зависит от характера распределений колебаний в сигнале. Функция $F(x, z, \theta)$ для угла падения в любом направлении вдоль поверхности имеет следующий вид:

$$F(x, z, \theta) = \exp \left[-\frac{\left(\frac{xzL_m}{\beta_m}\right)^2 (4\cos^2\sigma L_m 0.5)}{\rho^2} \right], \quad (11)$$

где l – переменная, размер весового окна, указывающий его положение относительно центра поверхности; θ – ширина ультразвукового сигнала на уровне 0,5.

В работе показаны разработанные способы и устройства для измерения высоты столба жидких и сыпучих материалов в резервуарах и бункерах (Рис. 3).

В интеллектуальной измерительной системе резервуарного парка непрерывное измерение уровня в резервуаре 1 жидких продуктов используется для получения данных в реальном масштабе времени и состоит из измерительной части, включающей уровнемер 2 и температурные датчики 3, 4, 5, а также блок управления 6, производящий расчет данных об имеющихся запасах жидких продуктов, используя данные в реальном масштабе времени для мониторинга резервуара, и выполненного на основе микроконтроллера 10. Последний содержит микропроцессор 13, с подключенными к нему блоком памяти программ и данных 15, соединенный посредством общей шины с аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) 11 и 12 с универсальными восьмиразрядными двунаправленными портами ввода-вывода 14, 16, которые соединяются с блоком индикации 17 и блоком ввода данных 19. В состав блока управления также входят операционные усилители 7 и 8, а сам блок дополнительно соединен с блоком Wi-Fi 9 для дальнейшего удаленного управления интеллектуальной измерительной системой с сигнализатором 18 для предотвращения аварии.

Предложен аппаратурно-реализованный способ измерения параметров сыпучих материалов в бункерах и силосах с помощью уровнемеров, закреплённых на поверхности исследуемого материала. Этот способ обеспечивает непрерывный и точный контроль уровня и определение объема сыпучего материала в технологическом аппарате. При этом решается задача обеспечения непрерывного контроля уровня в бункерах хранения сыпучего материала с произвольно расположенным загрузочным отверстием крышки за счет введения дополнительного уровнемера и использования математических выражений для определения объема сыпучего материала в бункере.

Сущность предлагаемого способа и устройства для его реализации состоит в измерении параметров сыпучих материалов в силосах и бункерах с помощью уровнемеров, закрепленных над поверхностью контролируемого материала. Разработки отличаются от известных аналогов тем, что с целью повышения точности измерительного устройства используется третий уровнемер, располагающийся рядом с загрузочным отверстием бункера, которые в большинстве случаев может быть смещено от центра на

произвольное расстояние или находиться рядом со стенкой бункера, что позволяет определять расстояние от загрузочного отверстия крышки бункера до точки максимальной высоты образующей горки верхней части поверхности и рассчитывать объем сыпучего материала в резервуарах.

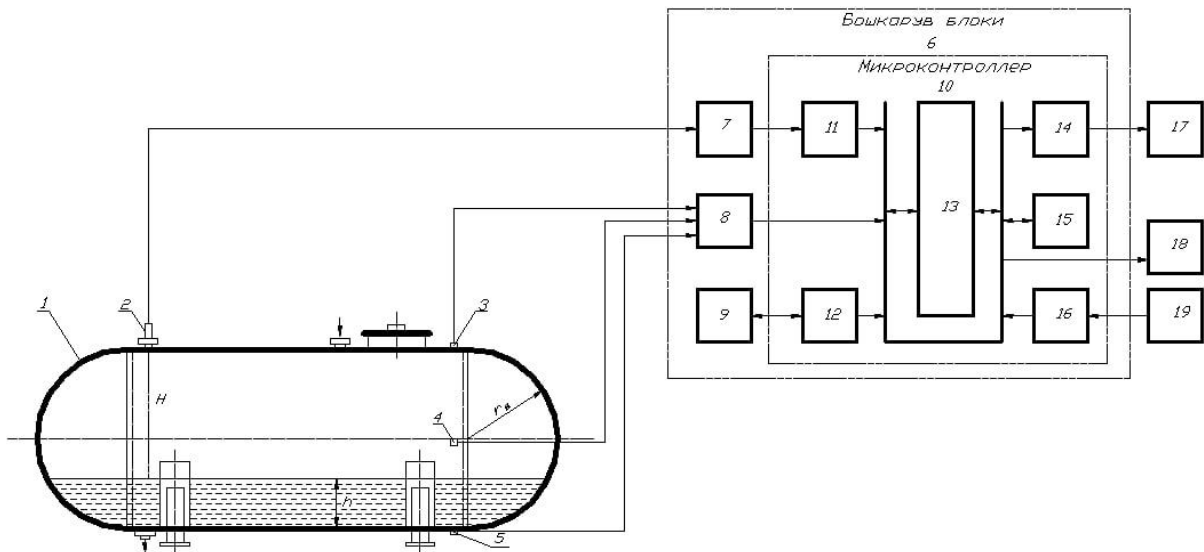


Рис. 3. Блочная структурная схема интеллектуальной микропроцессорной системы измерения уровня в горизонтально цилиндрическом резервуарах.

В работе предложены способ и устройство для измерения объема и массы жидкого продукта в горизонтальных цилиндрических резервуарах путем измерения высот столба жидкого продукта в ёмкостях в форме круглого горизонтально расположенного цилиндра. Разработки обеспечивают повышение точности измерения за счёт использования дальномера, осуществляющего контроль и сигнализацию объема и массы жидкого продукта. Эти параметры вычисляются по результатам измерения жидкого продукта путем определения средней температуры и введения корректирующей поправки на изменение температуры при расчете объема жидкого продукта в горизонтальных цилиндрических резервуарах. Высота столба жидкого продукта определяется путем замера в реальном масштабе времени высоты столба жидкого продукта уровнемером.

В работе на основе предложенного алгоритма разработан веб-интерфейс, который отображает результаты измерений в реальном масштабе времени.

Предложены процедуры расчета конструктивно-технологических параметров предлагаемых устройств для измерения уровня в резервуарах, бункерах и силосах, которые не требуют больших вычислительных мощностей и позволяют расширить класс диагностируемых неисправностей технических средств.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной: «Внедрение системы измерения уровня и анализ погрешностей», изложены результаты синтеза структурной схемы микропроцессорного измерителя уровня жидких сред с эталонным каналом, который осуществляет измерения одновременно

крупно- и мелкомасштабные колебания границы раздела «жидкость-воздух». Разработаны блоки и узлы измерительного преобразователя ультразвукового уровнемера, генератор ультразвуковых сигналов, а также приемные устройства уровнемера.

Был проведен эксперимент по проверке разработанного приемно-передающего тракта измерителя, в котором использовались резервуары разного объема. Уровень жидкости измерялся в диапазоне от 0,05 до 4,5 м. Когда частота опорного канала составляет $F_1 = 15 \text{ МГц}$, а частота в канале зондирования на уровне столба жидкости составляет $F_2 = 2 \text{ МГц}$, уровень жидкости можно определить с помощью следующего выражения:

$$H = \frac{2N_2 K_1}{N_1 K_2} = \frac{2 \tau_2 K_2 * 10^3 K_1}{\tau_1 K_1 * 10^5 K_2} = \frac{2 \tau_2}{\tau_1 * 10^2}, \quad (12)$$

где K_1 – частота опорного канала; K_2 – частота в эталонного канала;

Полученные экспериментальные данные сравнивались с известными результатами. Установлено хорошее совпадение сопоставляемых данных. Разработанный уровнемер, состоящий из ультразвукового преобразователя, микропроцессора и приемных устройств показал удовлетворительную работу в сложных помехосигнальных условиях измерения уровня жидкости в резервуарах.

Алгоритм работы ультразвукового уровнемера для жидких сред и метод обработки измерительной информации обеспечивают требуемую точность измерения. С помощью прибора можно измерять уровень различных жидких, а также сыпучих сред.

В диссертационной работе выполнены качественный и количественный анализы основных погрешностей измерения уровня. При этом основное внимание уделено дифракционным погрешностям и ошибкам эталонного канала. Также изучена погрешность, которая имеет место из-за нестационарности поверхности контролируемой среды. Установлены закономерности изменения основной погрешности измерения уровня с помощью ультразвуковых уровнемеров жидких сред и сыпучих материалов в зависимости от различных параметров, а также изложены результаты практической реализации разработанных средств измерения уровня сыпучих материалов и жидких сред промышленных производств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов диссертационного исследования, посвященного разработке интеллектуальных микропроцессорных систем измерения технологического параметра (уровня) твердых сыпучих материалов и жидких сред, сформулированы следующие выводы:

1. На основе анализа литературных источников была изучена необходимость установления принципов построения системы измерения нестационарных уровней с использованием интеллектуального микропроцессорного ультразвукового уровнемера. Тем более что до сих пор

используемые методы обеспечения требуемой точности, надежности и целостности уровнемеров для жидких и сыпучих материалов не были в достаточной степени реализованы в программах метрологического обеспечения и производства, чтобы продлить срок службы уровнемеров.

2. Осуществлена формализация процесса измерительного преобразования отражения ультразвуковых волн от подвижных жидких поверхностей и выявлены основные закономерности рассеяния ультразвукового сигнала при различных углах падения пучков волн и получено экспериментальное подтверждение адекватности предложенной модели реальным процессам измерительного преобразования уровня жидких сред и сыпучих материалов.

3. Установлено, что в ультразвуковых уровнемерах структура и параметры отраженного сигнала в значительной мере зависят от соотношения «амплитуда неровностей - длина направляющей волны» и что ультразвук, отраженный в такой области, может иметь характер многолучевого пространства.

4. Определены стохастические показатели обратно рассеянного сигнала и показано, что ввиду крупномасштабности колебаний поверхности жидкой среды огибающая принимаемого квазислучайного сигнала приобретает квазислучайную форму с глубокими замираниями входного сигнала.

5. Показано, что различные параметры и свойства поверхности могут быть рассчитаны в зависимости от предела чувствительности устройства, так что функции распределения амплитуды отклонения принятого сигнала могут быть отражены с помощью одного из законов Реле или Райса Накагами.

6. Предложена структурная схема ультразвукового уровнемера, который одновременно обеспечивает контроль уровня при крупно- и мелкомасштабных колебаниях границы раздела фаз «жидкость – воздух».

7. Разработан алгоритм работы ультразвукового уровнемера жидкости и твердых сыпучих материалов и предложен способ обработки измерительной информации, обеспечивающий оперативный контроль уровня жидких сред и сыпучих материалов при скорости колебания уровня до 200 мм/с.

8. Предложен ультразвуковой уровнемер, позволяющий выполнять 12 измерений в секунду нестационарного уровня жидких сред в диапазоне 0.05-4,5 м и предложена обобщенная модель совокупной погрешности этого измерителя уровня контролируемой среды. Показано, что погрешность, обусловленная рассеиванием поверхности контролируемой жидкой среды, зависит от близости расчетного профиля отраженного ультразвукового поля к конкретному реальному варианту, а также от полноты априорной информации об условиях измерения.

9. Разработки диссертационной работы являются не только эффективным инструментом улучшения метрологических характеристик ультразвуковых уровнемеров для жидких сред и сыпучих материалов, но и позволяют доступно и просто решать проблемы контроля, регулирования и диагностики измерителей уровня в технологических емкостях промышленных производств.

10. Применение разработок диссертации в системах контроля и регулирования уровня технологических жидких сред и твердых сыпучих материалов на складах только одного предприятия АО “АСАКА ЁҒ” позволило получить экономический эффект в размере 113,3 миллионов сумов в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03.30.12.2019.T.03.02
ON THE ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

YUSUPOV AZAMAT ALIJONOVICH

**INTELLIGENT MICROPROCESSOR SYSTEMS MEASUREMENT
OF PARAMETERS (LEVELS) OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

05.03.01 – «Devices. Methods of measurement and control» (technical sciences)

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

Tashkent – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.2.PhD/T1145.

The dissertation was completed at the Tashkent State Technical University.

The abstract of dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tdtu.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Yusupbekov Nodirbek Rustambekovich**
doctor of technical sciences, professor, academician

Official opponents: **Uljayev Erkin**
doctor of technical sciences, professor

Jumayev Odil Abduljalilovich
doctor of technical sciences, associate professor

Leading organization: **Bukhara engineering and technological Institute**

Defense of dissertation will take place in «16» 12 2021 at 10⁰⁰ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03.30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 229). (Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 207-14-70)

The abstract of dissertation distributed « 4 » 12 2021 year.
(mailing report № 10 on «23» 11 2021 year).



F.T. Adilov
Vice-Chairman of scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

U.F. Mamirov
Scientific Secretary of Scientific Council,
on awarding scientific degrees,
PhD in technical sciences, associative professor

U.T. Mukhamedxanov
Chairman of the Academic Seminar
under the Scientific Council on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to develop the principles of methods and means for constructing intelligent ultrasonic microprocessor-based levelmeters for liquid and bulk materials.

The object of the research is processes of measuring transformation of a technological parameter of the level of liquid and bulk media of industrial production.

The scientific novelty of the research work is as follows:

the method of computational analysis of the distribution of acoustic waves reflected from uneven surfaces and the regularities of the formation of scattering of acoustic fields has been substantiated;

an intelligent device for monitoring and measuring the level of liquid products has been developed, taking into account the scattering of sound waves on the surface of the controlled liquid medium;

methods have been developed for measuring the volume and mass of a liquid product (fuel oil) in horizontal and inclined cylindrical tanks, based on level measurement using a laser rangefinder, which takes into account various shapes of tank bottoms.

a high-precision method for determining the volume of bulk material (raw grain) in the bunker has been developed, based on the use of a laser rangefinder installed near the loading opening and taking into account the irregularities of the bulk surface of the bulk material (raw grain).

Implementation of the research results. The obtained scientific results on the construction of an intelligent microprocessor-based level measurement system in technological processes are implemented in the following forms:

measurement of the level of fuel oil using an intelligent device for measuring and controlling the level, taking into account the scattering of ultrasonic waves on the surface of the controlled liquid medium, was introduced at «ASAKAYoG» JSC (Reference from the Association «Uzyogmoysanoat» Industry Enterprises №.KS/3-966 on October 22, 2021). As a result, it became possible to constantly monitor the volume and weight of fuel oil in real time by measuring the level of fuel oil;

measurement of the volume of fuel oil using an intelligent microprocessor-based level gauge that measures the level of liquid substances has been implemented at «ASAKAYoG» JSC (Reference from the Association «Uzyogmoysanoat» Industry Enterprises №.KS/3-966 on October 22, 2021). As a result, despite the fact that the horizontal cylindrical tank is located in an inclined position, this made it possible to determine its volume by accurately measuring the level of fuel oil;

an intelligent microprocessor-based level of bulk solids in the bunker has been introduced at «ASAKAYoG» JSC (Reference from the Association «Uzyogmoysanoat» Industry Enterprises №.KS/3-966 on October 22, 2021). As a result, based on the data obtained using the level gauge, the device evaluates the

roughness of the product surface and accurately determines the volume of the grain product in the hopper, selecting the appropriate mode for it.

The structure and scope of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Юсупбеков Н.Р., Юсупов А.А. Бункерларда сочилувчан материаллар ҳажмини аниқлаш усули. //Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк Агентлиги. Расмий Ахборотнома. 9(245).-Б.97-98. /Ихтиро учун гувоҳнома №IAP 06570, 31.08.2021й.

2. Курбонов Ё.Э., Юсупов А.А., Орифжонов С. Автоматизация управление потоками сыпучих материалов в предприятие Uz-KORAM Co. //Научно-технический журнал ФерПИ. Фергана 2018. Т.:22. № 4. (05.00.00 № 20).

3. Yusupbekov N.R., Yusupov A.A., Review and Comparative Analysis of Modern Devices For Level Gauging In Checking System And Industrial Processing Control. //«International Journal of Advanced Science and Technology». 2020. № 29, No. 9s, pp. 5370–5380. (41, SCImago, IF 0.108)

4. Yusupbekov N.R., Yusupov A.A. A Wireless Intelligent System Construction For Measuring And Control Of Liquid Product Level In Reservoir Parks. //«Turkish Journal of Computer and Mathematics Education». Turkey. 2021. № 12 No. 4, 43–52. (3. Scopus e-ISSN1309-4653). (41, SCImago, IF 0.218)

5. Yusupbekov N.R., Yusupov A.A., Boronov B.A. Increasing the accuracy of volume and mass measurement of a liquid product in horizontal cylindrical tanks. // International scientific and technical journal «Chemical Texnology. Control and Management». Tashkent, 2021. - №2-PP. 33–40. (05.00.00 № 12).

6. Yusupbekov N.R., Yusupov A. A., Boronov B.A. A New Approach To Improve Measurement Accuracy And Control Of Bulk Materials In Bunkers. // Harvard Educational and Scientific Review. Great Britain, 2021. –№10.5281 – PP. 46–55. (05.00.00 № 4).

7. Yusupov A.A. Analysis of errors of the ultrasonic level and increasing the accuracy of measuring the level of liquid materials in non-stationary media// International scientific and technical journal «Chemical Texnology. Control and Management». Tashkent, 2021. - №4 - PP. 31–39. (05.00.00 № 12).

II бўлим (Часть II; Part II)

8. Юсупов А.А. Сравнительный анализ методов измерения уровня пищевых продуктов в резервуарах. //Халқаро илмий – техник конференция «Озиқ-овқат махсулотлари хавфсизлиги, ресурс, энергия тежамкор ва инновациона технологиялар самарадорлиги». Наманган. 2019 – Б. 343-346.

9. Юсупов А.А. Анализ возникновения экологической опасности на отдельных этапах жизненного цикла нефтегазовых скважин. //International scientific and technical on-line conference. «Problems and prospects

of innovation technology and technologies in the field of environmental protection». Tashkent. 2020. – PP. 343-345.

10. Юсупов А.А. Построение беспроводная система измерения и контроля уровня жидкого продукта в резервуарных парках. //Международная научно-практическая конференция. «Современные научные решения актуальных проблем». Россия. 2020. – С.133-135.

11. Юсупов А.А. Резервуар паркларида нефт ва нефт махсулотларини қайта ишлаш ва сақлаш тизимини моделлаштириш. //Илм-фан ва таълимнинг ривожланиш истиқболлари мавзусидаги илмий конференция. Тошкент. 2020. – Б. 67-69.

12. Yusupov A.A., Boronov B.A. Building principles of intellectual measuring systems for storage and control of oil product level in reservoir parks. //International scientific-technical conference. «Mechatronics and Robotics: problems and development prospects». Andijan. 2021. – PP. 94-97.

13. Юсупов А.А., Бурунов Б.А. Анализ погрешностей интеллектуального микропроцессорного ультразвукового уровнемера. //Международная научно-практическая конференция «Проблемы государственной системы технического регулирования национальной инфраструктуры качества в преодолении технических барьеров в международной торговле и её актуальные научные и практические вопросы». Ташкент. 2021. – С.123-125.

14. Юсупов А.А., Бурунов Б.А. Разработка интеллектуального ультразвукового измерителя уровня в нестационарных средах. //Республиканская научно-практическая конференция «Роль и задачи в развитии систем автоматизации технологических процессов» Фергана. 2021. –Б.132-132.

15. Юсупбеков Н.Р., Юсупов А.А., Курбонов Ё.Э., Орифжонов С.У. Программное обеспечение для измерения массы сыпучего материала в бункерах с помощью лотового уровнемера. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 20190112 от 06.02.2019 г.

16. Юсупбеков Н.Р., Юсупов А.А. Программное обеспечение для измерения и контроля объема сыпучих материалов в бункерах //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 20201694 от 06.10.2020 г.

17. Юсупбеков Н.Р., Юсупов А.А. Программное обеспечение для контроля и управления уровня сыпучего материала в бункерах с помощью ультразвукового уровнемера.//Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 20190429 от 10.04.2019 г.

Автореферат ТошДТУ таҳририят нашриёт бўлимида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнлари мослиги текширилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 72/21.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірограф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.