

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ИВАНЬЯН АРСЕН ИГНАТЬЕВИЧ

ХАВФСИЗЛИГИ ОШИРИЛГАН ОЧИҚ БОҒЛАНИШ ЧИЗИҚЛИ
АХБОРОТ-БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИ АСОСИДА ЎЗARO
БОҒЛАНГАН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ОБЪЕКТЛАРИ ГУРУҲЛАРИНИ
ЯРАТИШ ВА ФАОЛИЯТЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ

05.01.08 – Технологик жараёнлар ва ишлаб чиқаришларни автоматлаштириш
ва бошқариш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Иваньян Арсен Игнатъевич

Хавфсизлиги оширилган очик боғланиш чизиқли ахборот-бошқариш тизимлари асосида ўзаро боғланган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳларини яратиш ва фаолиятларини оптималлаштириш.....3

Иваньян Арсен Игнатъевич

Создание и оптимизация функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов на базе информационно-управляющих систем с открытыми линиями соединений повышенной безопасности21

Ivanyan Arsen Ignatevich

Creation and optimization of the functioning of a group of interconnected production facilities based on information and control systems with open lines of higher safety.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.T.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ИВАНЬЯН АРСЕН ИГНАТЬЕВИЧ

**ХАВФСИЗЛИГИ ОШИРИЛГАН ОЧИҚ БОҒЛАНИШ ЧИЗИҚЛИ
АХБОРОТ-БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИ АСОСИДА ЎЗARO
БОҒЛАНГАН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ОБЪЕКТЛАРИ ГУРУҲЛАРИНИ
ЯРАТИШ ВА ФАОЛИЯТЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ**

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

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

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.2.PhD/Т706 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.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Адилов Фарух Тулкунович**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Игамбердиев Хусан Закирович**
техника фанлари доктори, профессор, академик

Варламова Людмила Петровна
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: **Бухоро муҳандислик-технология институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «___» ___ соат ___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-46-00; факс: (+99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2. Тел.: (+99871) 246-03-41.)

Диссертация автореферати 2020 йил «__» _____ куни тарқатилди.
(2020 йил «__» _____ даги _____ - рақамли реестр баённомаси).

Н.Р. Юсупбеков

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

У.Ф.Мамиров

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

Х.З.Игамбердиев

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сўнгги вақтларда ишлаб чиқариш жараёнларини бошқариш тизимларини комплекс автоматлаштириш ва рақамлаштириш учун усул ва алгоритмларни ишлаб чиқиш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Охирги вақтларда бу соҳада ахборот-бошқариш тизимлари асосида ўзаро боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳларининг ишини оптималлаштириш асосий масалалардан бири ҳисобланади. Бу борада, турли технологик профилдаги ишлаб чиқариш қурилмаларидан иборат бўлган комплексли ишлаб чиқариш объектининг бир бутун сифатида ишлайдиган тизимларини ишлаб чиқиш ва замонавий интеграллашган ахборот-бошқариш тизимлари асосида комплексли ишлаб чиқариш объектининг иш самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда ягона ишлаб чиқариш комплексининг элементлари бўлган алоҳида технологик қурилмаларнинг моделларини оптималлаштиришга, ҳам умумий ишлаб чиқариш объектининг ташкилий ва технологик инфратузилмасини оптималлаштириш бўйича ҳам мультиагентли ечимлар соҳасида илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, ишлаб чиқариш жараёнларини бошқариш тизимларини комплекс автоматлаштириш учун усуллар ва алгоритмларни ишлаб чиқиш ҳамда такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Республикамизда ҳозирги кунда автоматлаштириш ва бошқариш йўналишларига, жумладан, ишлаб чиқариш жараёнларини бошқариш тизимларини комплекс автоматлаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришда энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш, иқтисодиёт тармоқларида меҳнат унумдорлигини ошириш, ... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимида ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда хавфсизлиги оширилган очик уланиш линияларига эга ахборот-бошқариш тизимлари асосида ўзаро боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳини яратиш ва улар ишини оптималлаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 24 июлдаги ПФ-5120-сон «Ўзбекистон Республикасида лойиҳа бошқаруви тизимини жорий этиш чоратадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари, 2018 йил 3 июлдаги ПҚ-3832-сон

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

«Ўзбекистон Республикасида рақамли иқтисодий ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 21 ноябрдаги ПҚ-4022-сон «Рақамли иқтисодий ривожлантириш мақсадида рақамли инфратузилмани янада модернизация қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 18 апрелдаги ПҚ-3673-сон «Инновацион лойиҳаларни амалга ошириш ва идоравий ахборот тизимларини жадал интеграциялашувининг ташкилий чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Ушбу тадқиқот IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» ва VII. «Кимёвий технологиялар ва нанотехнология» фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Замонавий саноат корхоналарини автоматлаштирилган бошқариш ҳамда ишлаб чиқариш жараёнларини ҳам локал ҳам корпоратив сатҳларда тезкор бошқариш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга йўналтирилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг «Honeywell», Rockwell Automation, Inc., University of California, Massachusetts Institute of Technology (АҚШ), «Check Point Software Technologies» (АҚШ, Исроил), Technical University Munich, Karlsruhe Institute of Technology, Technical University Darmstadt (Олмония), Imperial College London, The University of Edinburgh (Буюк Британия), Linköping University (Швеция), University of Chemical Technology in Prague (Чехия), The University of Tokyo, Tokyo Institute of Technology (Япония), Seoul National University, Korea Advanced Institute of Science and Technology (Жанубий Корея), Автоматлаштириш институти (Хитой), Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университетининг «Станкоинформзащита» илмий-техник маркази, Санкт-Петербург информатика ва автоматлаштириш институти, Самара давлат университети (Россия), Турин политехника институти, Тошкент давлат техника университети каби етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида амалга оширилмоқда.

Хавфсизлиги оширилган очик уланиш линияларига эга ахборот-бошқариш тизимлари асосида ўзаро боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳини яратиш ва улар ишини оптималлаштиришга кўплаб чет эл олимлари, жумладан M.R.Abbasi, M.Alizadeh, A.S.Almgren, J.B.Bell, C.Chatzidoukas, M.S.Day, W.Dengfei, G.Feng, Y.Guoxing, S.Hajimolana, M.A.Hussain, W.Jian, C.Kiparissides, F.S.Mjalli, N.Mostoufi, T.C.Mun, S.Pistikopoulos, S.Pourmahdian, A. Shamiri, C.W.Shu, R.Sotudeh-Gharebagh, D.Wei, G.Yuxin, B.C.Алемасов, А.А.Белов, В.Е.Борисов, В.М.Виноградов, В.А.Винокуров, И.М.Губайдуллин, Р.В.Жалнин, Н.В.Змитренко, Н.Н.Калиткин, Л.В.Кузьмина, Е.А.Кузьменко, В.Г.Крюков, М.Е.Ладонкина, В.А.Любименко, О.Е.Митянина, Э.Н.Мифтахов, Т.И.Мищенко, О.Е.Мойзес,

И.Ш.Насыров, А.В.Новичкова, Л.Ф.Нурисламова, В.Н.Пармон, С.Л.Подвальный, В.М.Потехин, В.В.Потехин, А.П.Семенов, В.Н.Снытников, О.А.Стадниченко, О.П.Стойновская, В.Ф.Тишкин, Н.В.Ушева, А.В.Фафурин, И.Р.Чигвинцева, С.Е.Якуш каби кўплаб ҳорижий олимлар, шунингдек мамлакатимиз олимларидан Ф.Т.Адилов, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.М.Гулямов, Х.З.Игамбердиев, М.А.Исмаилов, Н.Р.Юсупбеков ва бошқалар катта ҳисса қўшишган.

Саноат корхоналарининг, жумладан нефтгаз секторининг рақамлаштириш даражаси Ўзбекистон Республикасида ҳали етарли даражада юқори эмас, шунинг учун хорижий илмий тадқиқотлар давомида олинган бир қатор концепция ва услубиятларнинг қўлланилиши, кейинчалик улардан фаол фойдаланишда янада яхшироқ натижаларни беради.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг Ф-4-56 – «Ноаниқ тўпламли муносабатлар асосида мураккаб технологик объектларни бошқаришнинг интеллектуал тизимларини структуравий-параметрик синтезлаш усуллари ва назарий асосларини ишлаб чиқиш» (2012 – 2016) мавзусидаги лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ишлаб чиқаришни оммавий автоматлаштириш, ахборотлаштириш ва рақамлаштириш технологияларидан фойдаланган ҳолда ўзаро боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳи ишлашининг самарадорлигини ошириш учун усуллар ва ечимлар йиғиндисини ишлаб чиқиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг вазифалари:

полимерли материалларни ишлаб чиқариш бўйича газ-кимёвий комплексини интеграллашган ахборот-бошқариш тизими архитектурасини ишлаб чиқиш;

газ-кимёвий комплексининг ишлаб чиқариш қурилмаларини бошқариш тизимларини бирлаштирувчи ва АТ-пирамидасининг юқори сатҳларидаги интеллектуал тизимлари билан маълумотлар алмашинувини таъминлайдиган реал вақтдаги марказлашган глобал маълумотлар базасини ишлаб чиқиш;

глобал маълумотлар базасининг реал вақт бўйича марказлашган тизими асосида оператив-диспетчерлик бошқариш тизими концепциясини ишлаб чиқиш;

газ-кимёвий комплексининг бизнес-жараёнларини автоматлаштириш, ахборотлаштириш ва рақамлаштириш бўйича оптимал ечимларни таҳлил қилиш ва танлаш;

кейинчалик фойдаланиш учун максимал самарадор виртуал проекциялар (рақамли жуфтлар) ни аниқлаш учун ишлаб чиқариш жараёнлари ва газ-кимёвий комплекси объектларини математик моделлаштириш жиҳатларини шарҳлаш;

аниқ ишлаб чиқариш жараёнлари ва газ-кимёвий комплекси объектларининг математик моделларини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти этилен ва пропиленнинг типик мономерларини олишнинг асосий технологик қурилмалари, полимерлашнинг асосий технологик қурилмалари ва асосий технологик қурилмаларнинг ишини таъминлаш учун иссиқлик-энергия ресурсларини ишлаб чиқариш бўйича ёрдамчи технологик қурилмаларни бирлаштирувчи газ-кимёвий комплексининг интеграллашган ахборот-бошқариш тизими ҳисобланади.

Тадқиқотнинг предмети хавфсизлиги оширилган очиқ уланиш линияларига эга ахборот-бошқариш тизимлари асосида ўзаро боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳини яратиш ва улар ишини оптималлаштириш бўйича концепциялар, усуллар ва ечимлардан иборат.

Тадқиқот усуллари. Диссертацияни бажаришда тизимли таҳлил усуллари, объектни автоматлаштириш ва рақамлаштириш бўйича типик ечимларни таҳлил қилиш ва таснифлаш усуллари, математик моделлаштириш, автоматик бошқариш назарияси усуллари, ҳисоблаш тажрибалари, тизимли дастурлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

газ-кимёвий комплекси ишлаб чиқариш қурилмаларини бошқариш тизимларини бирлаштирувчи реал вақт бўйича структураланган марказлашган глобал маълумотлар базаси ишлаб чиқилган;

реал вақт бўйича структураланган марказлашган глобал маълумотлар базаси асосида оператив-диспетчерлик бошқариш тизими ишлаб чиқилган;

Устюрт газ-кимёвий комплекси асосий ишлаб чиқариш қурилмаларининг математик моделлари ишлаб чиқилган ва дастурий амалга оширилган;

этанни крекинглаш ва полимерларни ишлаб чиқариш технологик жараёнлари такомиллаштирилган бошқариш тизимининг математик моделлари ишлаб чиқилган;

реал вақт бўйича марказлашган маълумотлар базаси асосида газ-кимёвий комплексининг ахборот-технологик пирамидасини босқичли рақамлаштириш концепцияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

газ-кимёвий комплексининг ишлаб чиқариш қурилмаларини бошқариш тизимларини бирлаштирувчи ва юқори сатҳларидаги интеллектуал тизимлари билан маълумотлар алмашинувини таъминлайдиган реал вақт бўйича структураланган марказлашган глобал маълумотлар базаси (Big Data) ишлаб чиқилган;

юқори монандликка эга, этанни крекинглаш ва полимерларни ишлаб чиқариш технологик жараёнларининг такомиллаштирилган бошқариш тизимлари ишлаб чиқилган;

виртуал муҳитда ишлаб чиқариш объекти ишлашининг турли сценарийларига ишлов бериш имконини берадиган Устюрт газ-кимёвий комплексининг асосий ишлаб чиқариш қурилмаларининг математик моделлари дастурий амалга оширилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ишлаб чиқилган концепция ва моделларини маълум ишлаб

чиқариш объекти – Устюрт газ-кимёвий комплексида қўлланилиши билан тасдиқланади. Шунингдек, замонавий усуллар ва воситалардан фойдаланиб, ўтказилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижаларининг ўзаро мувофиқлиги, саноат-синов тажрибалари натижаларининг ижобийлиги билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти булутли инфратузилмадан фойдаланган ҳолда технологик жараёнларни такомиллаштирилган бошқариш тизимини синтезлаш имконини берадиган корхоналарнинг ахборот технологиялари пирамидалари ва замонавий ахборот-бошқариш тизимларининг архитектураларини қуришга бўлган бир қатор зарурий талабларни концептуал асосланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти у ёки бу ечимлар комплексини жорий қилиниши билан боғлиқ ва корхонани режалаштирилмаган бекор турадиган иш кунларини камайтириш сифатида иқтисодий самарани таъминлайдиган ютуқлари рўйхати, реал вақт бўйича марказлашган маълумотлар базасининг қурилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Хавфсизлиги оширилган очиқ уланиш линияларига эга ахборот-бошқариш тизимлари асосида ўзаро боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳини яратиш ва улар ишини оптималлаштириш ҳисобига ҳамда диссертация иши бўйича олинган натижалар асосида:

газ-кимёвий комплекси ишлаб чиқариш қурилмаларини бошқариш тизимларини бирлаштирувчи ва ахборот технологиялари пирамидасининг юқори сатҳларидаги интеллектуал тизимлари билан маълумотлар алмашинувини таъминлайдиган реал вақт бўйича глобал маълумотлар базасининг структураланган марказлашган тизими Устюрт газ-кимёвий комплексида жорий қилинган («Ўзбекнефтегаз» АЖнинг 2020 йил 23 июндаги 08/41-2-371-сон маълумотномаси). Натижада, технологик жараён тўғрисидаги маълумотларнинг тезкор таҳлилига сарфланадиган вақт камайган;

марказлашган реал вақт маълумотлар базаси асосида юқори самарали оператив-диспетчерлик бошқариш тизими ва реал вақт режимида оператив-диспетчерлик ходимларининг тизимга киришлари учун инсон-машинали интерфейснинг конфигурацияланган базавий иловалари Устюрт газ-кимёвий комплексида жорий қилинган («Ўзбекнефтегаз» АЖнинг 2020 йил 23 июндаги 08/41-2-371-сон маълумотномаси). Натижада, технологик жараён маълумотларини тезкор таҳлил қилиш асосида комплекснинг технологик режимини сошлаш учун қарор қабул қилишга сарфланган вақт камайган;

Устюрт газ-кимёвий комплекси асосий ишлаб чиқариш қурилмаларининг ишлаб чиқилган математик моделлари Устюрт газ-кимёвий комплексида жорий қилинган («Ўзбекнефтегаз» АЖнинг 2020 йил 23 июндаги 08/41-2-371-сон маълумотномаси). Натижада, тизимнинг унумдорлиги 4 % га ошган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 6 та халқаро ва 1 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича 13 та илмий иш, жумладан, ЎзР ОАК эътироф этган илмий журналларда 5 та мақола, шулардан 3 та мақола хорижий журналларида чоп этилган, шунингдек ЭҲМ учун яратилган дастурий воситанинг қайд қилинганлиги тўғрисида 1 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 121 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари ифодаланган, тадқиқотнинг объекти ва предмети таърифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиниши очиқ берилганган.

Диссертациянинг биринчи бобида ўзаро боғлиқ бўлган технологик қурилмалар гуруҳи бўлган ва тадқиқот объекти сифатида танланган полимер материалларни ишлаб чиқариш бўйича типик газ-кимёвий комплекси ишлашининг батафсил таҳлили келтирилган. Жумладан, этилен ва пропилен мономерларини олиш учун этанни крекинги (пиролизи) нинг технологик жараёнлари ҳамда этилен ва пропиленнинг полимерлашнинг технологик жараёнлари кўриб чиқилган.

Газ кимёси замонавий ёқилғи-энергетик комплексининг энг истиқболли ва динамик ривожланаётган тармоқларидан бири. Яқин йилларда унинг ривожланиши сезиларли даражада жаҳон энергетикаси ва кимё саноатининг умумий ривожланиш тенденциялари ва структурасини белгилаб беради. Мамлакатимиз газ кимёси олдида муҳим техник-иқтисодий масалаларнинг йирик комплекси турибди. Биринчи навбатда, бу экологик тоза мотор ёқилғилар ва кимё саноати учун хомашё, суяқ энергия ташувчилар газсимон углеводородларнинг конверсиясининг замонавий тежамкор ва технологик жараёнларини ишлаб чиқишдан иборат. Ушбу жараёнлар асосида мамлакатимизни углеводородли хомашё ва табиий газ асосида олинадиган ёқилғи билан таъминлаш ва мамлакатимиз энергия ресурсларининг жаҳон бозорларига экспортини амалга ошириш мумкин. Газ хомашёси асосида этан, пропан, бутан, олтингугуртли бирикмалар, барқарор бўлмаган конденсат каби таъбиий газнинг барча компонентларидан фойдаланган ҳолда янги кимёвий жараёнларни ишлаб чиқиш керак.

Охирги вақтларда, улардан олинадиган маҳсулотлар юқори қийматга эга бўлганлиги сабабли, табиий газ компонентларидан ҳартарафлама фойдаланиш билан боғлиқ бўлган ишлар кенг миқёсида олиб борилмоқда.

Адабиётлардаги йиғилган маълумотларни тизимлаштиришга бўлган зарурият ҳам анча олдин туғилган. Бироқ, табиий газнинг компонентларидан фойдаланиш ва ўрганишга бағишланган ҳамда тўпланган маълумотлар ҳажмининг катталиги сабабли, ушбу масала катта мураккаблик туғдирмоқда.

Диссертациянинг **“Полимер материалларни ишлаб чиқариш бўйича газ-кимёвий комплексини математик моделлаштириш”** деб номланган иккинчи бобида ишлаб чиқариш объекти ишлашининг турли хил проекцияларида полимер материалларни ишлаб чиқариш бўйича газ-кимёвий комплексининг бир қатор ишлаб чиқилган моделлари кўриб чиқилган.

Ишда этанни крекиглаш (пиролизлаш) қурилмаси моделини қуриш учун кўп компонентли реакцияга киришувчи аралашмани батафсил кўриб чиқиш ва оқимини таърифлаш учун Махнинг кичик сонлари яқинлашувида Навье-Стокснинг модификацияланган тенгламаларидан фойдаланилган:

$$\frac{\partial pY_i}{\partial t} = -\nabla \cdot (pY_i \vec{v}) - \nabla \cdot \vec{J}_i + Q_i ,$$

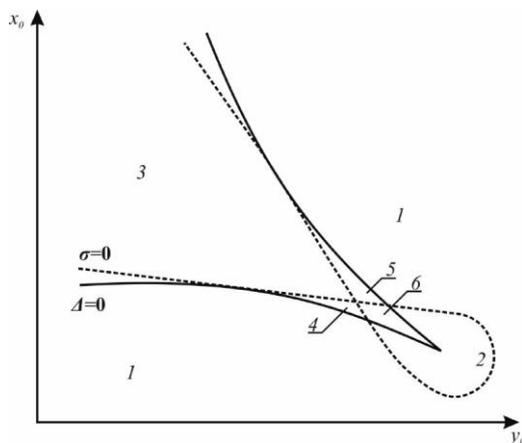
$$\frac{\partial (p\vec{v})}{\partial t} = -\nabla \cdot (p\vec{v}\vec{v}) - \nabla \pi + \nabla \cdot \vec{\tau} ,$$

$$\frac{\partial (ph)}{\partial t} = -\nabla \cdot (ph\vec{v}) - \nabla \cdot \vec{q} .$$

Этилен ва пропиленни полимерлаш қурилмаларининг моделларини ишлаб чиқиш эса жараёнларнинг мураккаб нозичли кинетикасига эга ректорларни моделлаштириш қийинликлари билан боғлиқ.

Диссертация ишида ишлаб чиқариш корхоналарининг оператив-диспетчерлик ходимларини ўқитиш ва билимларнинг бир авлод мутахассисларидан кейинги авлодга узатадиган компьютерли тренажёр комплекси (КТК) ни яратиш жиҳатидан математик моделлаштириш натижалари келтирилган.

Газ-кимёвий комплекси технологик жараёнлари моделларини яратиш учун UniSim Design Suite® технологик жараённи интерактив моделлаштириш тизимининг дастурий таъминоти пакетидан фойдаланилган. Тренажёрли модель энергия ташиш, моддий баланс, гидравлика ва кимёвий кинетиканинг дифференциал тенгламалари билан технологик жараёнларни батафсил таърифлайдиган реал жараёнларни юқори аниқликдаги математик моделлаштиришда асосланган. Моделлаштириш оқимлар ва қурилма материалларининг термодинамик хусусиятлари, клапанлар, насос ва идишларнинг механик ва динамик тавсифлари, қурилмаларнинг чизикли ўлчамларини ҳисобга олган ҳолда амалга оширилган. Ҳар бир блокнинг тренажёрли модели ТЖ қурилмаларининг барча керакли элементлари ҳамда операторларнинг тўлақонли ўрганиши учун керакли бўлган тақсимланган бошқариш тизими (ТБТ) ва аварияга қарши химоя (АҚХ) нинг ҳамма позицияларини қамраб олади.



1-расм. Полимерлаш реакторининг турли иш режимларининг соҳалари

Диссертация иши кесимида газ-кимёвий кластерни моделлаштиришнинг бошқа проекцияси сифатида, полимерлашнинг ночизикли жараёнларига урғу берган ҳолда, технологик жараёнларни такомиллаштирилган бошқариш тизими (ТЖТБТ) нинг мураккаб моделини ишлаб чиқиш қабул қилинган.

Технологик жараённи такомиллаштирилган бошқариш тизимлари (ТЖТБТ) нинг дастурий таъминоти қуйидагиларни ўз ичига қамраб олади:

- офф-лайн ва он-лайн режимларида модель қуриш, моделни верификациялаш ва модель аниқлигини ошириш учун маълумотлар таҳлили учун асбоблар;

- турли бошқариш тизимларидан тарихий маълумотларни олиш ёки технологик жараённинг тарихий маълумотларини архивлаш тизимлари учун драйвер ва хизмат кўрсатиш дастурлари;

- ТЖТБТ айнан ҳозирги вақтда жараённинг қаерини бошқаришини тушуниши учун операторни назорат қилиш;

- бошқариш ўзгарувчиларининг келаси режалаштирилган ўзгаришлари асосида бошқарилувчи ўзгарувчиларни башорат қилиш;

- технологик жараён кечиши динамикасидаги ўзгаришларда моделни ўзгартириш заруриятисиз иш жараёнида ТЖТБТни созлаш;

- пропорционал-интеграл-дифференциал ростлаш (ПИД-ростлаш) ва технологик жараённинг контроллери созланиши билан чекланмайдиган ТЖТБ контроллерининг мониторинги ва унумдорлигининг таҳлили учун дастурий таъминот.

Он-лайн оптималлаштириш функцияси, он-лайн оптималлаштириш технологик жараённинг узлуксиз мониторинги ва технологик жараённинг ҳавола тарзида кўрсатилган модели билан доимий солиштириш ёрдамида, ишлаб чиқаришнинг оптимал бошқариш режимини башорат қилиш учун ишлаб чиқилган. Он-лайн оптималлаштириш учун дастурий таъминотида, одатда, бир вақтнинг ичида ечиладиган тенгламаларни ечиш технологиясидан фойдаланилади. Модель мақсадга етишни таъминлаши учун жараён кечишининг энг яхши йўналишини белгилайдиган илова пакетининг бир қисми бўлади. Оптималлаштиришнинг дастурий таъминоти

чиқиш маълумотларини операторга тавсиялар сифатида тақдим этилиши ёки нисбатан паст даражадаги бошқариш стратегияси ёки ТЖТБТнинг бошқариш стратегияси учун янги мақсад сифатида берилиши мумкин.

Диссертация ишида газ-кимёвий комплексининг асосий ишлаб чиқариш қурилмаларининг ТЖТБТни моделлаштириш учун такомиллаштирилган бошқариш ва оптималлаштириш имкониятларининг кенг йиғиндисига эга универсал замонавий дастурий маҳсулотлар оиласи бўлган Profit® Suite дастурий пакети қўлланилган. Ушбу пакет Profit® Suite оиласига кирадиган Profit® Controller дастурий алгоритмик комплекси ва у билан боғлиқ бўлган Profit® Design Studio асбобларининг компонентларидан фойдаланишга асосланган, амалиётда синалган, патентланган технология асосида ТЖТБТнинг башоратловчи моделига эга кўп ўлчамли бошқариш ва оптималлаштиришни амалга оширишдан ташқари, Profit® Controller Profit® Optimizer дастурий алгоритмик комплекси асосида янада юқори даражадаги (бир неча технологик қурилмаларни) динамик оптималлаштиришнинг уникал технологиясини амалга ошириш имкониятини берадиган платформадир.

Газ-кимёвий комплексининг учинчи ишлаб чиқариш қатори – полимерларни ишлаб чиқаришнинг технологик блоқини моделлаштириш алоҳида қийинчилик туғдирди. Полимерларни ишлаб чиқариш жараёнлари учун ТЖТБ математик моделлаштиришнинг стандарт тамойиллари асосида амалга оширилиши мумкин эмас. Ночизиқли кўп ўлчамли модель ҳосил қилувчи контроллер (НМК) дифференциал/алгебраик тенгламалар (ДАТ) йиғиндиси сифатида берилган жараённинг динамик моделидан фойдаланади. Моделлар биринчи яқинлашув моделларига асосланган бўлиши ёки эмпирик йўл билан олинишлари мумкин. Тизимнинг ночизиқли динамик модели контроллер структурасига киритилган. Ушбу концепция жараён динамикасининг чизиқли модели билан ишлайдиган чизиқли модели башоратли бошқариш (МББ) алгоритмлар концепцияси билан таққосланган. Бу, айниқса, операцион даромад сатҳлари бўйича сезиларли даражада фарқ қиладиган ва шу билан биргаликда, бошқарувчи ўзгарувчилар (MV), масалан, ҳарорат ёки водород сарфи ҳамда ҳисобланадиган ўзгарувчилар (CV), масалан, эритилиш индекси, ўртасидаги динамикасида кенг сочилишига олиб келадиган полимерлашнинг турли даражалари бўйича қўйилган талаблари мавжуд полимерлаш жараёнлари учун муҳим аҳамиятга эга.

Полимерли реактордаги реакциялар кинетикаси ДАТ моделини ташкил қиладиган дифференциал тенгламаларга яхши мисол бўла олади. ДАТлар чекловларининг умумий шакли қуйидагича кўринишга эга:

$$(dy/dz, e, u, z) = 0.0 ;$$

бу ерда y – боғлиқ ўзгарувчилар; u – мустақил ўзгарувчилар; z – интеграциялаш ўзгарувчиси, масалан, вақт, давомийлик ва ҳ.к.

y ва u юқори ва қуйи чеклов қийматларига эга бўлишлари мумкин ва шунингдек, тизимда $z = 0.0$ (бошланғич шартлар) бўлганида, қийматларни аниқлаш каби чеклов шартлари ҳам ечилади.

Полимерларни ишлаб чиқариш жараёнининг бир қисми бўлган ва динамик модели НМКнинг ДАТ тизими билан боғланиб, ишлаб чиқиладиган полимерлаш реактори алоҳида кўриб чиқилиши лозим. Реактор модели металл билан катализацияланган олефинларни полимерланиш реакцияси кечишининг умумий кинетик модели билан интеграллашган. Реактор моделида барча кинетик схемаларда фойдаланиладиган тезлик константасининг ҳарорат ва босимга боғлиқлиги қуйидаги тенглама билан тақдим этилган:

$$k = k_0 e^{\frac{-(E_A + V_A P)}{RT}},$$

бу ерда k_0 , E_A , V_A , P , T ва R – мос равишда частота омили, фаоллашиш энергияси, фаоллашиш ҳажми, босим, ҳарорат ва идеал газ доимийси.

НМК қуйидагича ифодаланган ва сезиларли даражада бошқариш ўзгарувчисининг силжишини аниқлайдиган мақсад функциясини ўз ичига камраб олади:

$$\psi = \mu_1 F_1(e, w) + \mu_2 F_2(y, u, v, c) + \mu_3 F_3(u, c).$$

бу ерда $F_1(e, w)$ – мақсад функцияси таркибидаги энг катта таъсирга эга, мақсад функцияси контроллери хатолигининг математик ҳади. У даврий вақт бўйича ўртача ўлчанган интеграл хатоликнинг минимумига олиб келади; $F_2(y, u, v, c)$ – ҳам бошқарадиган, ҳам бошқариладиган ўзгарувчиларда қўлланиладиган ва берилган функцияни харажатлар коэффициентларига мувофиқ минималлаштирадиган мақсад функциясининг иқтисодий ҳади; $F_3(Du, c^{Du})$ – контроллерни хатолиги ҳади ва иқтисодий ҳадни бошқариш ўзгарувчиларининг силжишига кўра минималлаштириш учун мўлжалланган мақсад функциясининг минимал силжишини математик ҳади. Ушбу ҳад бошқариш муаммосининг нодир ечимини таъминлаб, кичик иқтисодий яхшиланишларга эришиш учун бошқариш ўзгарувчисининг катта силжишларини олдини олади.

Диссертациянинг **“Полимерли материалларни ишлаб чиқариш бўйича газ-кимёвий комплексининг интеграллашган ахборот-бошқариш тизимининг архитектурасини ишлаб чиқиш”** деб номланган учинчи боби, рақамли инфратузилма асосида ишлаб чиқариш корхонасининг бизнес-жараёнларини автоматлаштириш, ахборотлаштириш ва рақамлаштириш бўйича ечимларидан фойдаланиш учун ишлаб чиқариш объектининг инфратузилмасининг тўлиқ рақамлаштирилишини таъминлайдиган, хавфсизлиги оширилган очик уланиш линияларига эга ахборот-бошқариш тизимларининг замонавий архитектураларини қуриш бўйича услубий тадқиқотларга бағишланган.

Интеграллашган ахборот-бошқариш тизимининг архитектурасини ишлаб чиқиш ва жорий этиш учун тадқиқот объекти сифатида Устюртдаги газ-кимёвий комплекси танланган.

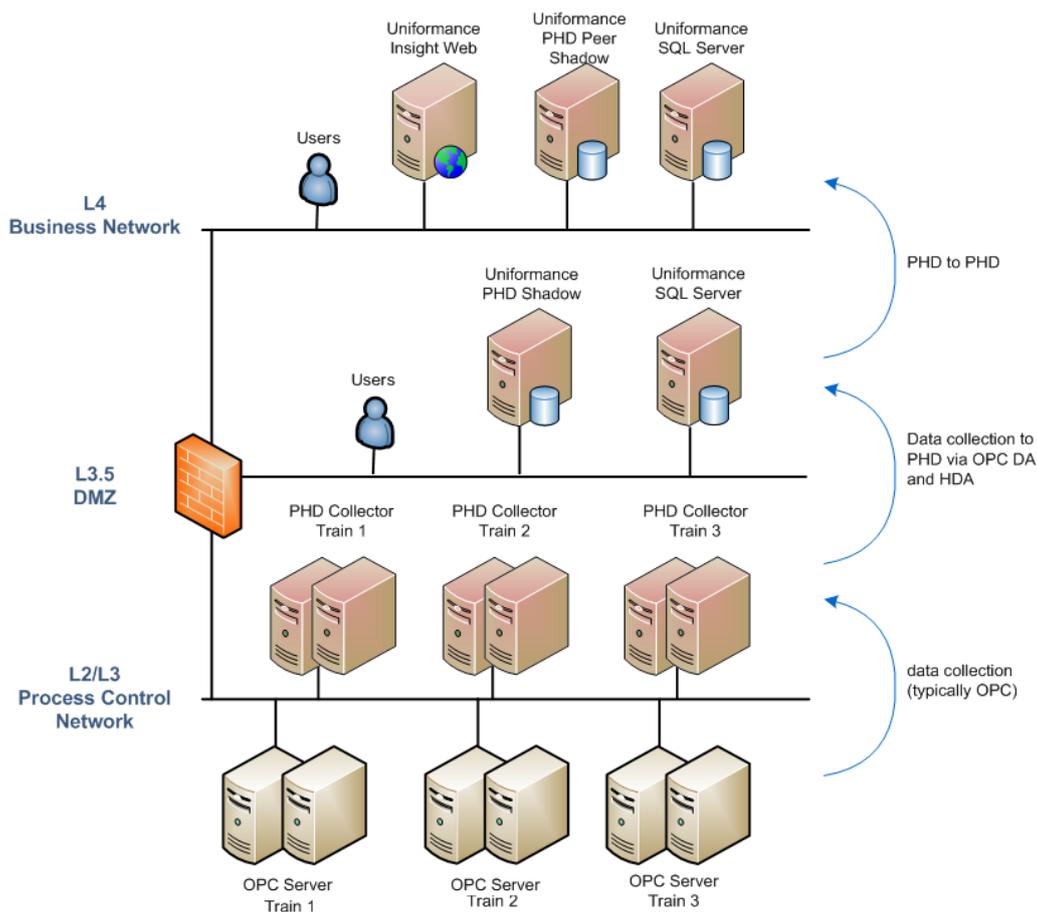
Устюрт газ-кимёвий комплексининг интеграллашган интеллектуал бошқариш тизими (УГКК ИИБТ) нинг асосий концепцияси – турли профилдаги бешта саноат заводининг автоматлаштирилган бошқариш

тизимларини бирлаштирган ҳамда диспетчерлашни ошириш ва комплексни бошқариш бўйича раҳбарият томонидан қабул қилинадиган стратегик қарорларнинг самарадорлигини ошириш мақсадида комплекснинг ягона ахборот фазосини ташкил қилишни таъминлайдиган марказлашган интеграллашган ахборот-бошқариш тизимини қуришдан иборат.

Ушбу концепцияни амалга ошириш учун комплекснинг бешта корхонасини автоматлаштирилган бошқариш тизимлари учун ягона аппаратли дастурий платформадан фойдаланишга асосланган ечимлар йиғиндиси танланган. Аппаратли дастурий платформа Experion PKS (R410) тизими асосида қурилган. Бешта саноат корхоналарининг EPKS сервер тугунлари ўртасидаги маълумотларнинг алмашинуви маълумотларни (нуқта, сигналлар, хабарлар ва тарихни) ягона маълумотлар базасига бирлаштириш имконини берадиган Тақсимланган серверли архитектура (DSA) технологияси асосида амалга оширилади. Айнан, шу илмий-технологик ечим лойиҳанинг ягона мақсади бўлган бешта бошқариш тизимини битта марказлашган ва бириктирилган тизимга интеграциясини таъминлайди. DSA технологияси инсон-машинали интерфейснинг мос станция қурилмалари билан жиҳозланган назорат пунктларининг ҳар биридан бир вақтнинг ўзида маълумотлардан фойдаланишни таъминлайди.

Бутун АТ-пирамидасининг иш лаёқати жиҳатидан комплекснинг интеграллашган ахборот моделини батартиб ишлашини таъминлайдиган марказий бўғин сифатида Honeywellнинг Process Historian Database (PHD) техник ечимлари асосида, диссертация ишида моделлаштирилган, реал вақт бўйича маълумотлар базаси (РВМБ) сервери хизмат қилади. Айнан, PHD серверли платформа пирамида асосидаги икки қуйи сатҳнинг учта юқори сатҳ билан ўзаро таъсирини таъминлаб беради.

Ушбу архитектуранинг асосий компоненти – Uniformance PHD сервери – дастурий-аппаратли платформа бўлиб, технологик жараёнларни бошқариш тизими қурилган АБТнинг серверларидан, керак бўлса, бошқа ишлаб чиқариш объектларининг бошқариш тизимлари таркибига қирадиган, бошқа PHD серверларидан ҳам маълумотларни олинишини таъминлайди. Шундай қилиб, ҳудудий ёки мамлакат миқёсидаги ишлаб чиқариш кластерининг келажакдаги интеграцияси учун очиқ интерфейсли таъминот амалга оширилади.



2-расм. Uniformance PHD (марказлашган РВМБ) нинг кенгайтирилган архитектураси

Реал вақт бўйича маълумотлар базаси (РВМБ) жараён тўғрисидаги маълумотларни йиғиш, узоқ муддат сақлаш ва таҳлил қилиш учун кенг имкониятларга эга ўзгарувчан муҳитни таъминлайди. Uniformance PHD да қўлланиладиган маълумотларнинг инфратузилмалари корxonани оператив-диспетчерлик бошқаруви автоматлаштирилган тизимларини куришнинг ахборот таъминотига замин яратади ва шу билан биргаликда, Uniformance PHDда сақланадиган маълумотлардан фойдаланиладиган автоматлаштирилган бошқариш иловалари учун интеграллашган ахборот муҳитини куришни амалга оширади.

Диссертациянинг **“Ишлаб чиқариш корxonасининг бизнес-жараёнларини автоматлаштириш, ахборотлаштириш ва рақамлаштириш бўйича ечимлар”** деб номланган тўртинчи боби ишлаб чиқариш корxonасининг бизнес-жараёнларини автоматлаштириш, ахборотлаштириш ва рақамлаштириш бўйича янги дастурий технология ва ечимларни кўриб чиқиш ва уларнинг ушбу корxона самарадорлигини ошириш учун қўлланилишига бағишланган.

Умумий кўринишда, монанд рақамлаштириш концепциясини куриш учун газ-кимёвий ишлаб чиқаришнинг MES тизими (Manufacturing Execution System) даражасининг таркиби ва тузилмасини аниқлаш лозим.

MES ечимларини жорий этишда куйидаги мақсадлар кўзда тутилган:

– ишлаб чиқаришнинг самарадорлигини ошириш, фойдаланиш харажатларини камайтириш ва оптималлаштириш ҳамда технологик объектларни ишлатишда хавфсизликни ошириш;

– бозор шароитлари ўзгаришига кўра ҳаракат қилишнинг тезкорлигини ошириш ва ишлаб чиқариш жараёнларини бошқариш харажатларини камайтириш ҳисобига компания даромадини ошириш учун имкониятларни таъминлаш;

– ишлаб чиқариш маълумотлари, технологик жараёнлар, электр таъминоти ва қурилмаларнинг ҳолати тўғрисидаги маълумотларнинг интеграцияси ҳисобига ишлаб чиқаришни бошқаришда қарор қабул қилиш аниқлиги ва объективлигини ошириш;

– бошқаришнинг турли сатҳлари бўйича буйруқлар ва маълумотларни узатишда инсонийлик омилини йўқотиш ҳисобига ишлаб чиқаришни бошқаришнинг тезкорлигини ошириш.

Газ-кимёвий комплексининг АТ-пирамидасини рақамлаштиришнинг таклиф этилган концепциясининг зарурий элементи бўлиб, Автоматлаштирилган оператив-диспетчерлик бошқариш тизими (АОДБТ) нинг MES-осттизими хизмат қилади. АОДБТнинг осттизими очик интернет иловалар, масалан, веб-браузер орқали бутун корхона доирасида иқтисодий муҳитнинг турли ахборот манбалари асосида технологик жараён, ишлаб чиқариш, сифат ва ишчи кўрсаткичлари тўғрисидаги маълумотларнинг ўзаро таъсири, визуаллаштириш, бошқариш ва таҳлил қилишни таъминлайди.

АОДБТнинг осттизимида схема, ривожланиш тенденциялари графиклари, диаграммалар қуриш, ҳисобот ва ҳисобларни бажариш учун самарали ҳамда фойдаланиш учун содда бўлган воситалари мавжуд. Фойдаланувчиларда браузер асосида нозик мижоз муҳитини бойитиш имкони мавжуд бўлиб, бу ерда алоҳида веб-иловаларни қуришнинг зарурияти йўқ. Ҳисоботларнинг автоматик равишда тузилиши ва фойдаланувчига таниш бўлган воситалар (Microsoft Office®) билан интеграллашуви кичик тажрибага эга фойдаланувчига ҳам ушбу иловага тез кўникиш имконини беради.

Газ-кимёвий комплексини рақамлаштириш ягона концепциясининг кейинги муҳим элементи бўлиб, ишлаб чиқариш маълумотларидаги балансларни ҳисобга олиш ва мувофиқлаштиришнинг MES-осттизими (Data Reconciliation) хизмат қилади. Ушбу технология технологик жараёндаги ўлчашлар билан боғлиқ тасодифий ва қўпол хатоликларнинг таъсирини аниқлаш, камайтириш ва уларни маълум даражада компенсациялаш учун мўлжалланган. Ўлчаш жараёни бир технологик оқим ёки қурилмадаги бошқа ўлчашларга нисбатан нотўғри, ишончли бўлмаган ёки умуман зид бўлиши мумкин. Булар ўлчаш аниқлигининг пасайишига олиб келадиган ўлчаш қурилмаларининг сезгир элементларида шовқинлар ва механик бузилишлар мавжудлиги билан белгиланади.

Ишлаб чиқариш маълумотларининг баланси тизими тасодифий ва қўпол хатоликларни аниқлаш, масалан, статистик таҳлил йўли билан

маълумотларни техник тозалаш каби, моддий ва энергетик балансларни математик ҳисоблаш, шартли оптималлаштириш алгоритмлари учун бир қатор техникалардан фойдаланилади. Бу усулларнинг барчаси, жойидаги асбоблардан келган “хом” (ишлов берилмаган) маълумотларни “мувофиқлаштирилган” маълумотларга айлантириш учун қўлланилади.

Ишлаб чиқариш ҳисоботини тузиш ва моддий балансни (энергия ресурсларининг ҳисоботи ва баланси сингари) шакллантиришнинг умумий схемасини қуйидагича тақдим этиш мумкин. Етказиб бериш ва юклаш бўйича барча маълумотлар ERP тизимдан, технологик қурилмалардаги моддий оқимлар ва захираларнинг ўлчовлари эса тарихий РВМБдан келади. Ушбу маълумотдан, кейинчалик, дастлабки маълумотлар сифатида материаллар оқими, хом ашёни етказиб бериш ва тайёр маҳсулотларни олиб кетиш бўйича балансларни мувофиқлаштириш учун Data Reconciliation тизимида фойдаланилади. Ниҳоят, хомашё/тайёр маҳсулот ва материаллар оқими бўйича мувофиқлаштирилган маълумотлар бошқариш ва бухгалтерлик ҳисоботларини тайёрлаш ҳамда ишлаб чиқариш ва иқтисодий муҳим самарадорлик кўрсаткичлари (МСК ёки КРІ) ни ҳисоблаш учун қайта марказлашган РВМБга узатилади.

Мураккаб саноат объектининг самарадорлигини янада ошириш учун технологик қурилмалар ҳолатини назорат қилиш ва ишлаб чиқариш активларини бошқариш тизими (ИЧАБТ) нинг MES-осттизимини жорий қилиш муҳим аҳамият касб этади. Ушбу ечим, ИИБТнинг классик архитектурасига эга ишлаб чиқариш корхонаси учун автоном форматда ҳамда Пердью модели бўйича ИИБТни қуриш билан тўлиқ рақамлаштиришни бошлаган корхоналар учун “рақамли жуфти” моделининг булутли ечими форматида ҳам жорий этилиши мумкин.

Шу каби MES-осттизимининг мисоли сифатида, диссертация иши доирасидаги тадқиқотлар асосида олинган, Uniformance Asset Sentinel дастурий алгоритмик комплекси хизмат қилиши мумкин. Uniformance Asset Sentinel самарадорликнинг пасайишини эҳтимолий манбаларини аниқлайди. Мавжуд бўлган ва қутилган самарадорлик ўртасидаги фарқ ҳолатни белгилайди. Ушбу ечим, қурилмалар ишини ёмонлашиши ва самарасиз ишлаши ўртасидаги фарқни ажратиш, ҳам қурилмалар ҳолатини ҳам қурилма ва жараёнларнинг самарадорлиги назоратини ҳамда самарадорлик ва умумий самарадорлик таҳлилинини таъминлайди, зарарли омилларни қидириш ва аниқлаш тизими ҳамда қандай қилиб авариявий ҳолатларни олдини олиш, тезкор ва муддатли хизмат кўрсатиш бўйича ишларни визуаллаштириш мумкинлигини тушунтириш учун ахборот тизимини тақдим этади. Бошқача қилиб айтганда, тизим ишлаб чиқаришнинг интеграллашган ишончилигини таъминлайди.

Қурилмаларга хизмат кўрсатишни бошқаришнинг компьютерлашган тизими – Computerized Maintenance Management System (CMMS) АТ-пирамидасининг даражалараро қатламини ташкил қилиб, тўртинчи сатҳ (MES) ва бешинчи сатҳ (ERP) ни ўзаро боғлаб, бутун ишлаб чиқариш объектини вертикал бўйича тўлиқ рақамлаштирилишини таъминлайди ва

ишлаб чиқариш объектининг АТ-пирамидаси тузилмасидаги муҳим ўринни эгаллайди.

CMMS тизими CMMS серверига уланган ишчи станцияларга эга (амаллар ва ишчиларга хизмат кўрсатиш учун) мижоз-серверли инфратузилмага асосланган. CMMS сервери, шунингдек, CMMS тизими билан маълумотлар алмашиш ёки техник хизмат кўрсатиш бўйича тадбирларни амалга оширадиган DCS ёки PLC каби мониторинг ва бошқариш тизимларига уланиш учун ҳам мўлжалланган. CMMSнинг барча модуллари фойдаланувчи интерфейси маълумотларини киритиш, таҳрирлаш, сўров бериш ва кўришда самарали ва содда бўлиб, унда менюлар, танлов рўйхатлари ва модулнинг маълумотлар базасида мавжуд маълумотлардан фойдаланиш учун тўлдириладиган бўш майдонлари бор бўлган шаблонлардан фойдаланилади.

Ва ниҳоят, тадқиқот объекти MES-тизимининг юқори ечими учун муҳим самарадорлик кўрсаткичлари (МСК) ва бизнес-аналитикани назорат қилиш осттизимларидан фойдаланиш таклиф этилган.

Диссертация ишида MES-осттизимлари маълумотлари бўйича ечимлар сифатида Uniformance KPI ва Uniformance Intuition Executive дастурий пакетларидан фойдаланилган.

Uniformance KPI осттизими тезкор бошқариш иерархиясининг барча сатҳлари учун муҳим самарадорлик кўрсаткичлари (МСК) йиғиндисини узлуксиз мониторинги учун таклиф этилган. Ишлаб чиқариш маҳсулоти, муҳитлар ва энергия-ресурслар сарфларининг режадаги кўрсаткичлардан оғишини назорат қилишнинг муҳим ўлчовларига эга.

Uniformance Intuition Executivening визуаллаштириш тизими бутун компания доирасида ахборотни бошқаришни ва қарор қабул қилишни қўлланилишини таъминлаб, компанияларга, ишлаб чиқаришда мукамалликка эришишга ёрдам берадиган, қўшма ишни ташкил қилиш воситаларини тақдим этади.

Ишлаб чиқариш масалаларининг ечилишига, биринчи навбатда, барча иловалар ва уларда фойдаланиладиган маълумотларнинг консолидацияси ҳамда ягона веб-муҳитда маълумотларни визуал тақдим қилиш ҳисобига эришилади. Бу, критик муҳим маълумотларни кўриб ва тушуниб, дадил бизнес-қарорлар қабул қилишга имкон беради.

Тўртинчи бобда таърифланган газ-кимёвий комплексининг бизнес-жараёнларини автоматлаштириш, ахборотлаштириш ва рақамлаштириш бўйича ечимлар спектрининг қўлланилиши қўшимча иқтисодий самарани таъминлаши ҳамда корхона даромадини камида бир неча фоизга ошириши мумкин.

ХУЛОСА

Техника фанлар бўйича фалсафа доктори (PhD) даражасини олиш учун “Хавфсизлиги оширилган очик боғланиш чизиқли ахборот-бошқариш тизимлари асосида ўзаро боғланган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳларини

яратиш ва фаолиятларини оптималлаштириш” мавзусида олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги илмий натижалар олинган:

1. Типик газ-кимёвий комплекси мисолида, ахборот-бошқариш тизимлари асосида, ўзаро боғлиқ бўлган ишлаб чиқариш объектлари гуруҳинининг тузилмаси таҳлил қилинган.

2. Типик газ-кимёвий комплекси АТ-пирамидасининг модели ишлаб чиқилган. Таклиф этилган моделлар жараённинг ўлчанаётган параметрлари бўйича сифат кўрсаткичларини тезкор аниқлаш ва башоратлаш имконини беради.

3. Газ-кимёвий комплексининг ишлаб чиқариш қурилмаларини бошқариш тизимларини бирлаштирувчи ва АТ-пирамидасининг юқори сатҳларидаги интеллектуал тизимлари билан маълумотлар алмашинувини таъминлайдиган реал вақт бўйича структураланган марказлашган глобал маълумотлар базаси ишлаб чиқилган ва жорий қилинган.

4. Типик газ-кимёвий комплекси АТ-пирамидасининг тузилмасида уланиш линияларининг ишончлилиги ва хавфсизлигини баҳоланиши амалга оширилган. Натижада технологик режимини созлаш учун қарор қабул қилишга сарфланган вақт камайтирилган.

5. Реал вақт бўйича структураланган марказлашган глобал маълумотлар базаси асосида оператив-диспетчерлик бошқариш тизими концепцияси ишлаб чиқилган.

6. Устюрт газ-кимёвий комплексининг асосий ишлаб чиқариш қурилмаларининг математик моделлари дастурланган ва ишлаб чиқилган. Натижада ишлаб чиқариш объектининг виртуал муҳитда ишлашини турли сценарийларига ишлов бериш имконини берган ва хизмат кўрсатиш бўйича мутахассисларнинг бир авлодидан кейинги авлодига объект тўғрисидаги билимларни узатилишини таъминланган.

7. Этанни крекинглаш ва полимерларни ишлаб чиқаришни технологик жараёнларини такомиллаштирилган бошқаришнинг математик моделлари ишлаб чиқилган. Натижада маҳсулотнинг чиқишини 4 % гача ошириш имконини берган.

8. Марказлаштирилган реал вақт бўйича маълумотлар базаси асосида Устюрт газ-кимёвий комплексининг АТ-пирамидасини бошқичли рақамлаштириш концепцияси ва узоқ муддатли “йўл ҳаритаси” ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ИВАНЬЯН АРСЕН ИГНАТЬЕВИЧ

**СОЗДАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГРУППЫ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ
СИСТЕМ С ОТКРЫТЫМИ ЛИНИЯМИ СОЕДИНЕНИЙ
ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

05.01.08 – Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2018.2.PhD/Т706.

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.ziyo.net).

Научный руководитель: **Адилов Фарух Тулкунович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Игамбердиев Хусан Закирович**
доктор технических наук, профессор, академик

Варламова Людмила Петровна
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Бухарский инженерно-технологический институт**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2020 года в __ 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 №__). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.)

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2020 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2020 года)

Н.Р.Юсупбеков

Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор, академик

У.Ф.Мамиров

Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Х.З.Игамбердиев

Председатель Научного семинара
при Научном совете по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется глубокому изучению вопросов разработки методов и алгоритмов для комплексной автоматизации и цифровизации систем управления производственными процессами. В этой области особое внимание уделяется разработке систем функционирования комплексного производственного объекта, состоящего из производственных установок различного технологического профиля, как единого целого, и определению множества аспектов применения различных прикладных решений по повышению эффективности работы комплексного производственного объекта на базе современных интегрированных информационно-управляющих систем. В связи с этим оптимизация функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов на базе информационно-управляющих систем является одной из основных задач.

В мире ведутся научно-исследовательские работы как по оптимизации моделей отдельных технологических установок, являющихся элементами единого производственного комплекса, так и в области мультиагентных решений по оптимизации организационной и технологической инфраструктуры производственного объекта в целом. В этой связи совершенствование и разработка методов и алгоритмов для комплексного автоматизирования систем управления производственными процессами являются важной задачей.

В республике большое внимание уделяется направлениям автоматизации и управления, а также комплексному автоматизированию систем управления производственными процессами и производствами. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017–2021 гг. отмечены задачи, в том числе по «... сокращению энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкому внедрению в производство энергосберегающих технологий, повышению производительности труда в отраслях экономики, ... внедрению информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления»². Для достижения поставленных задач существенно важным вопросом является создание и оптимизация функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов на базе информационно-управляющих систем с открытыми линиями соединений повышенной безопасности.

Диссертационное исследование в полной мере служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № УП-5120 от 24 июля 2017 года «О мерах по внедрению проектного управления в Республике Узбекистан»,

² Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии действий по дальнейшему Развитию Республики Узбекистан» УП-4947 от 7 февраля 2017 года.

Постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП–3832 от 3 июля 2018 года «О мерах по развитию цифровой экономики в Республике Узбекистан», № ПП–4022 от 21 ноября 2018 года «О мерах по дальнейшей модернизации цифровой инфраструктуры в целях развития цифровой экономики», № ПП–3673 от 18 апреля 2018 года «Об организационных мерах по ускоренной интеграции ведомственных информационных систем и реализации инновационных проектов», и ряду других законодательных актов и нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на разработку и усовершенствование методов и алгоритмов автоматизированного управления современных промышленных предприятий и оперативного управления производственными процессами как на локальном, так и на корпоративном уровне, осуществляются в ведущих научных центрах мира и высших образовательных учреждениях, в том числе «Honeywell», Rockwell Automation, Inc., University of California, Massachusetts Institute of Technology (США), «Check Point Software Technologies» (США, Израиль), Technical University Munich, Karlsruhe Institute of Technology, Technical University Darmstadt (Германия), Imperial College London, The University of Edinburgh (Великобритания), Linksping University (Швеция), University of Chemical Technology in Prague (Чехия), The University of Tokyo, Tokyo Institute of Technology (Япония), Seoul National University, Korea Advanced Institute of Science and Technology (Южная Корея), Институте автоматизации (Китай), Научно-техническом центре «Станкоинформзащита», Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана, Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации, Самарском государственном университете (Россия), Туринском политехническом институте, Ташкентском государственном техническом университете.

Большой вклад в создание и оптимизацию функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов на базе информационно-управляющих систем с открытыми линиями соединений повышенной безопасности внесли многие зарубежные ученые – такие, как: О.А. Стадниченко, В.Н. Снытников, В.Е. Борисов, С.Е. Якуш, M.S. Day, J.V. Bell, A.S. Almgren, C.W. Shu, P.V. Жалнин, Н.В. Змитренко, М.Е. Ладонкина, В.Ф. Тишкин, А.А. Белов, Н.Н. Калиткин, Л.В. Кузьмина, Т.И. Мищенко, О.П. Стояновская, В.Н. Пармон, Л.Ф. Нурисламова, И.М. Губайдуллин, А.В. Новичкова, А.В. Фафурин, И.Р. Чигвинцева, В.М. Потехин, В.В. Потехин, В.С. Алемасов, В.Г. Крюков, Э.Н. Мифтахов, С.Л. Подвальный, И.Ш. Насыров, В.А. Любименко, А.П. Семенов, В.М. Виноградов, В.А. Винокуров, Н.В. Ушева, О.Е. Мойзес, О.Е. Митянина, Е.А. Кузьменко, С.

Chatzidoukas, C. Kiparissides, S. Pistikopoulos, M.R. Abbasi, A. Shamiri, M.A. Hussain, F.S. Mjalli, N. Mostoufi, S. Hajimolana, M. Alizadeh, S. Pourmahdian, R. Sotudeh-Gharebagh, T.C. Mun, W. Dengfei, W. Jian, G. Feng, G. Yuxin, D. Wei, Y. Guoxing, а также отечественные ученые Юсупбеков Н.Р., Бекмуратов Т.Ф., Игамбердиев Х.З., Адилов Ф.Т., Гулямов Ш.М., Исмаилов М.А. и др.

Уровень цифровизации промышленных предприятий в целом и в нефтегазовом секторе, в частности, в Республике Узбекистан еще недостаточно высок и поэтому использование ряда методик и концепций, разработанных в ходе зарубежных научных исследований, уже дало и даст еще больший результат в случае дальнейшего активного применения.

Связь проведенных исследований с планами научно-исследовательских работ высших образовательных учреждений, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов включённых в план научно исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета на тему №Ф-4-56 “Разработка теоретических основ и методов структурно-параметрического синтеза интеллектуальных систем управления сложными технологическими объектами на основе нечетко-множественных отношений” (2012-2016 г.)

Целью исследования является разработка набора методов и решений для повышения эффективности функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов посредством применения технологий тотальной автоматизации, информатизации и дигитализации производства.

Задачи исследования:

разработка архитектуры интегрированной информационно-управляющей системы газохимического комплекса по производству полимерных материалов;

разработка концепции централизованной системы глобальной базы данных реального времени, объединяющей системы управления производственными установками газохимического комплекса и обеспечивающей обмен информацией данных систем с интеллектуальными системами верхнего уровня информационно технологические (ИТ)-пирамиды;

разработка концепции системы оперативно-диспетчерского управления на базе централизованной системы глобальной базы данных реального времени;

обзор и выбор оптимальных решений по автоматизации, информатизации и дигитализации бизнес-процессов газохимического комплекса;

обзор аспектов математического моделирования производственных процессов и объектов газохимического комплекса с определением максимально эффективных для последующего применения виртуальных проекций (цифровых двойников);

разработка математических моделей определенных производственных процессов и объектов газохимического комплекса.

Объектом исследования принята интегрированная информационно-управляющая система газо-химического комплекса, объединяющего основные технологические установки получения типовых мономеров этилена и пропилена, основные технологические установки полимеризации и вспомогательные технологические установки по производству теплоэнергоресурсов для обеспечения работы основных технологических установок.

Предмет исследования составляют концепции, методы и решения по созданию и оптимизации функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов, входящих в структуру газохимического комплекса, на базе информационно-управляющих систем с открытыми линиями соединений повышенной безопасности.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использованы методы системного подхода, анализ и классификация типовых решений по автоматизации и цифровизации объекта, математическое моделирование, методы теории автоматического управления, вычислительные эксперименты, методы систематического программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана структурированная централизованная система глобальной базы данных реального времени, объединяющая системы управления производственными установками газохимического комплекса;

разработана система оперативно-диспетчерского управления на базе централизованной системы глобальной базы данных реального времени

разработаны и программно реализованы математические модели основных производственных установок Устюртского газохимического комплекса;

разработаны математические модели системы усовершенствованного управления технологическими процессами крекинга этана и производства полимеров;

разработана концепция поэтапной цифровизации информационно технологические пирамиды газохимического комплекса на основе централизованной базы данных реального времени.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработанная структурированная централизованная система глобальной базы данных (Big Data) реального времени, объединяющая локальные системы управления производственными установками газохимического комплекса и обеспечивающая обмен информацией этих систем с интеллектуальными системами верхнего уровня;

разработаны системы усовершенствованного управления технологическими процессами крекинга этана и производства полимеров с более высокой адекватностью;

программно реализованы математические модели основных производственных установок Устюртского газохимического комплекса, позволяющие обрабатывать в виртуальной среде различные сценарии эксплуатации производственного объекта.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается применением разработанных концепций и моделей на конкретном производственном объекте – Устюртском газохимическом комплексе. Кроме того, согласованностью итогов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных методов и средств, а также положительными результатами опытно-промышленных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что оно концептуально закладывает ряд обязательных требований к построению архитектур современных информационно-управляющих систем и информационно технологических пирамид предприятия, с использованием облачной инфраструктуры, позволяющих синтезировать системы усовершенствованного управления технологическим процессами.

Практическая значимость результатов работы представляет собой перечень достижений, связанных с внедрением того или иного комплекса решений, создания централизованной базы данных реального времени обеспечивающий экономический эффект, в виде уменьшения количества дней незапланированных простоев предприятия.

Внедрение результатов исследования. За счёт создания и оптимизации функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов на базе информационно-управляющих систем с открытыми линиями соединений повышенной безопасности, а также на основе полученных результатов диссертационного исследования:

разработанная структурированная централизованная система глобальной базы данных реального времени, объединяющая локальные системы управления и обеспечивающая обмен информацией этих систем с интеллектуальными системами верхнего уровня информационно технологических пирамид, внедрена на Устюртском газо-химическом комплексе (Справка АО “Узбекнефтегаз” №08/41-2-371 от 23 июня 2020 года). В результате снижено время, затраченное на принятие решений о настройке технологического режима комплекса на основании оперативного анализа информации о технологическом процессе;

разработанная высокоэффективная система оперативно-диспетчерского управления на основе централизованной базы данных реальной времени и сконфигурированы базовые приложения человеко-машинного интерфейса для доступа к системе оперативно-диспетчерского персонала в режиме реального времени, внедрены на Устюртском газо-химическом комплексе (Справка АО “Узбекнефтегаз” №08/41-2-371 от 23 июня 2020 года). В результате уменьшилось время, затрачиваемое на принятие решений о

настройке технологического режима комплекса на основании оперативного анализа информации о технологическом процессе;

разработанные математические модели основных производственных установок Устюртского газохимического комплекса, внедрены на Устюртском газо-химическом комплексе (Справка АО “Узбекнефтегаз” №08/41-2-371 от 23 июня 2020 года). В результате производительность системы повысилась на 4%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования апробированы на 6 международных и 1 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме исследования опубликовано 13 научных работ, из них 5 в научных журналах из перечня ВАК Республики Узбекистан, в том числе 3 журнальных статей в зарубежных журналах, а также получено 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Объем диссертации составляет 121 страницу машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, раскрываются научная новизна и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования.

В первой главе диссертации приведен детальный анализ функционирования типового газохимического комплекса по производству полимерных материалов, являющегося группой взаимосвязанных технологических установок и выбранного в качестве объекта исследования. В частности, рассматриваются технологические процессы крекинга (пиролиза) этана для получения мономеров этилена и пропилена, а также технологические процессы полимеризации этилена и пропилена.

Газохимия является одной из наиболее перспективных и динамично развивающихся отраслей современного топливно-энергетического комплекса. В ближайшие годы ее развитие будет в значительной степени определять общие тенденции развития и структуру мировой энергетики и химической промышленности. Перед отечественной газохимией стоит большой комплекс важнейших технико-экономических задач. В первую очередь это разработка современных экономичных и технологичных процессов конверсии газообразных углеводородов в жидкие энергоносители, экологически чистые моторные топлива и сырье для химической промышленности. На основе этих процессов можно обеспечить нашу страну углеводородным сырьем и топливом, получаемым на основе природного газа, и реализовать экспорт отечественных энергетических ресурсов на

мировые рынки. На основе газового сырья необходимо разработать новые химические процессы с использованием всех компонентов природного газа: этана, пропана, бутана, серосодержащих соединений, нестабильного конденсата.

За последнее время все больший размах приобретают работы, связанные со всесторонним использованием компонентов природных газов, так как продукты, получаемые из них, имеют высокую ценность. Уже давно назрела необходимость в систематизации накопленного в литературе материала. Такая задача, однако, представляет большую трудность в связи с огромным количеством сведений, накопившихся к настоящему времени и посвященных исследованию и использованию компонентов природных газов.

Вторая глава диссертации **“Математическое моделирование газохимического комплекса по производству полимерных материалов”** рассматривает ряд разработанных моделей газохимического комплекса по производству полимерных материалов в различных проекциях функционирования данного производственного объекта.

В работе для создания модели установки крекинга (пиролиза) этана потребовалось детально рассмотреть и описать дозвуковое течение многокомпонентной реагирующей смеси при помощи модификации уравнений Навье-Стокса в приближении малых чисел Маха.

$$\begin{aligned}\frac{\partial pY_i}{\partial t} &= -\nabla \cdot (pY_i\vec{v}) - \nabla \cdot \vec{J}_i + Q_i, \\ \frac{\partial (p\vec{v})}{\partial t} &= -\nabla \cdot (p\vec{v}\vec{v}) - \nabla \pi + \nabla \cdot \vec{\tau}, \\ \frac{\partial (ph)}{\partial t} &= -\nabla \cdot (ph\vec{v}) - \nabla \cdot \vec{q}.\end{aligned}$$

Создание же моделей установок полимеризации этилена и пропилена было сопряжено с трудностями моделирования реакторов со сложной нелинейной кинетикой процессов.

В диссертационной работе приведены результаты математического моделирования в аспекте создания компьютерного тренажерного комплекса (КТК), имеющего целью обучение оперативно-технологического персонала производственного предприятия и передачу знаний от одного поколения специалистов к другому.

Для создания моделей технологического процесса газохимического комплекса использовался пакет программного обеспечения ПО UniSim Design Suite® – системы интерактивного моделирования технологического процесса. Тренажерная модель основана на высокоточном математическом моделировании реальных процессов, детально описывающем технологические процессы дифференциальными уравнениями переноса энергии, материального баланса, гидравлики и химической кинетики. Моделирование проводилось с учетом термодинамических свойств потоков и материалов оборудования, механических динамических характеристик

клапанов, насосов и емкостей, линейных размеров аппаратов. Тренажерная модель каждого блока охватывает все необходимые элементы оборудования ТП, а также все позиции РСУ и ПАЗ, необходимые для полноценного обучения операторов.

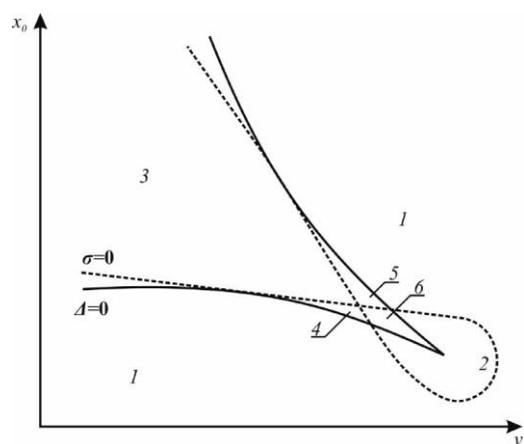


Рисунок.1 Области различных режимов работы реактора полимеризации

Другой проекцией моделирования газохимического кластера в разрезе диссертационной работы была принята разработка сложной модели системы усовершенствованного управления технологическими процессами (СУУТП) газохимического комплекса с упором на нелинейные процессы полимеризации.

Программное обеспечение систем усовершенствованного управления технологическим процессом (СУУТП) включает:

- Построение модели в режимах офф-лайн и он-лайн, верификация модели и инструментарий для анализа данных для повышения точности модели

- Драйвера и служебные программы для сбора исторических данных из различных систем управления или систем архивирования исторических данных технологического процесса

- Курирование оператора для его понимания, где СУУТП управляет процессом в данный период времени

- Прогнозирование управляемых переменных на основе будущих плановых изменений управляющих переменных

- Настройка СУУТП на ходу при изменении в динамике протекания технологического процесса без необходимости перестраивать модель

- Программное обеспечение для мониторинга работы контроллера УУТП и анализа производительности, не ограничивающееся настройкой пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования (ПИД-регулирования) и промышленного контроллера технологического процесса.

Функция он-лайн оптимизации разработана для непрерывного мониторинга технологического процесса и для предсказания оптимального режима управления производством при помощи постоянной сверки со

ссылочной моделью технологического процесса. Программное обеспечение для онлайн-оптимизации обычно использует технологию решения одновременных уравнений. Модель является частью пакета приложений, который представляет наилучшее направление протекания процесса для обеспечения достижения целей. Выходные данные программного обеспечения оптимизации могут быть представлены оператору в виде рекомендаций или могут быть установлены в качестве новой цели для стратегии управления более низкого уровня или стратегии управления УУТП.

В диссертационной работе для моделирования СУУТП основных производственных установок газохимического комплекса использовался программный пакет Profit® Suite - унифицированное семейство современных программных продуктов с широким набором возможностей усовершенствованного управления и оптимизации. Данный пакет основан на применении программно-алгоритмического комплекса Profit® Controller и связанных с ним компонентов инструментария Profit® Design Studio, также входящего в семейство Profit® Suite. Помимо реализации многомерного управления и оптимизации с прогнозирующей моделью ТП на основе проверенной на практике патентованной технологии Profit® Controller является платформой для возможной реализации уникальной технологии динамической оптимизации более высокого уровня (нескольких технологических установок) на основе программно-алгоритмического комплекса Profit® Optimizer.

Особую сложность составило моделирование третьей производственной очереди газохимического комплекса – технологического блока производства полимеров. УУТП для процессов производства полимеров не может быть реализована на основе стандартных принципов математического моделирования. Нелинейный многомерный моделирующий контроллер (НЛК) использует динамическую модель процесса, заданную как набор дифференциальных/алгебраических уравнений (ДАУ). Модели могут быть основаны на моделях первого приближения или они могут быть получены эмпирическим путем. Нелинейная динамическая модель системы включена в структуру контроллера. Эта концепция противопоставлена концепции алгоритмов линейного модельного прогнозирующего управления (МПУ), которая предполагают линейную модель динамики процесса. Это особенно важно в процессах полимеризации, где требования по различным степеням полимеризации приводят к значительно отличающимся уровням операционной прибыли и вместе с тем к широкому разбросу в динамике между управляемыми переменными (MV) и вычисляемыми переменными (CV) – например, Индекс расплава и такие управляющие переменные, как температура или расход водорода.

Кинетика реакций в полимерном реакторе является хорошим примером дифференциальных уравнений, образующих модель ДАУ. Общая форма ограничений ДАУ выражается следующим образом:

$$(dy/dz, e, u, z) = 0.0,$$

где: y – это зависимые переменные, u – это независимые переменные и z – это переменная интеграции, например, время, продолжительность и т.д.

y и u могут иметь верхнюю и нижнюю границы значений, и система также решает граничные условия, такие как значения при $z = 0.0$ (начальные условия).

Отдельно должен быть рассмотрен реактор полимеризации, являющийся частью процесса производства полимеров, и динамическая модель которого разрабатывается и связывается с системой ДАУ НЛК. Модель реактора интегрирована с общей кинетической моделью перехода реакции полимеризации олефинов, катализируемой металлом. В модели реактора зависимость констант скорости, используемых во всех кинетических схемах, от температуры и давления представлена следующим уравнением:

$$k = k_0 e^{\frac{-(E_A + V_A P)}{RT}},$$

где k_0 , E_A , V_A , P , T и R – это фактор частоты, энергия активации, объем активации, давление, температура и постоянная идеального газа соответственно.

НЛК включает в себя целевую функцию, которая в значительной степени определяет перемещение управляющей переменной и выражена ниже:

$$\psi = \mu_1 F_1(e, w) + \mu_2 F_2(y, u, v, c) + \mu_3 F_3(u, c).$$

где

$F_1(e, w)$ – это математический член ошибки контроллера целевой функции, оказывающий наибольшее влияние в составной целевой функции. Он сводит к минимуму интегральную средневзвешенную ошибку за период времени.

$F_2(y, u, v, c)$ – это экономический член целевой функции, минимизирующий эту функцию в соответствии с коэффициентами затрат, применяемыми как к управляемым, так и к управляющим переменным.

$F_3(\Delta u, c^{\Delta u})$ – это математический член минимального перемещения целевой функции, предназначенный для минимизации перемещения управляющих переменных при минимизации члена ошибки контроллера и экономического члена. Этот член обеспечивает уникальное решение проблемы управления и предотвращает большие перемещения управляющей переменной для достижения небольших экономических улучшений.

Третья глава диссертации **“Разработка архитектуры интегрированной информационно-управляющей системы газохимического комплекса по производству полимерных материалов”** посвящена методологическим исследованиям по построению современных архитектур информационно-управляющих систем с открытыми линиями

соединений повышенной безопасности, обеспечивающих полную цифровизацию инфраструктуры производственного объекта для последующих применений на базе данной цифровой инфраструктуры решений по автоматизации, информатизации и дигитализации бизнес-процессов производственного предприятия.

В качестве объекта исследования для разработки и внедрения архитектуры интегрированной информационно-управляющей системы был выбран Устьюртский газохимический комплекс.

Основная концепция интегрированной интеллектуальной системы управления для Устьюртского Газо-Химического Комплекса (ИИСУ УГХК) – это построение централизованной интегрированной информационно-управляющей системы, объединяющей автоматизированные системы управления пяти промышленных заводов разного профиля и обеспечивающей организацию единого информационного пространства комплекса с целью оперативной диспетчеризации и повышения эффективности принятия руководством стратегических решений по управлению комплексом.

Для реализации этой концепции выбран набор решений, основанных на применении единой аппаратно-программной платформы для автоматизированных систем управления всех пяти предприятий комплекса. Аппаратно-программная платформа построена на базе системы Experion PKS (R410). Обмен информацией между серверными узлами EPKS пяти промышленных заводов осуществляется при помощи технологии Распределенной Серверной Архитектуры (DSA), которая позволяет объединить данные (точки, сигналы, сообщения и историю) в единую базу данных. Именно это научно-техническое решение обеспечивает достижение главной цели проекта – централизация и бесшовная интеграция пяти систем управления в одну. Технология DSA фактически обеспечивает единовременный доступ к информации из всех пунктов контроля, оснащенных соответствующим стационарным оборудованием человеко-машинного интерфейса.

Центральным звеном, обеспечивающим слаженную работу интегрированной информационной модели комплекса, с точки зрения работоспособности всей ИТ-пирамиды, является сервер базы данных реального времени (БДРВ), смоделированный в ходе работы над данной диссертацией на техническом решении Process Historian Database (PHD) от Honeywell. Именно серверная платформа PHD обеспечивает взаимодействие двух нижних уровней в фундаменте пирамиды с тремя верхними уровнями.

Главный компонент данной архитектуры – сервер Uniformance PHD – является программно-аппаратной платформой, обеспечивающей сбор данных с серверов ИУС (АСУТП), на которых построена система управления технологическими процессами, а также, при необходимости, с других серверов PHD, входящих в состав систем управления другими производственными объектами. Тем самым обеспечивается открытый

интерфейс для будущей интеграции в производственный кластер в масштабах региона или страны.

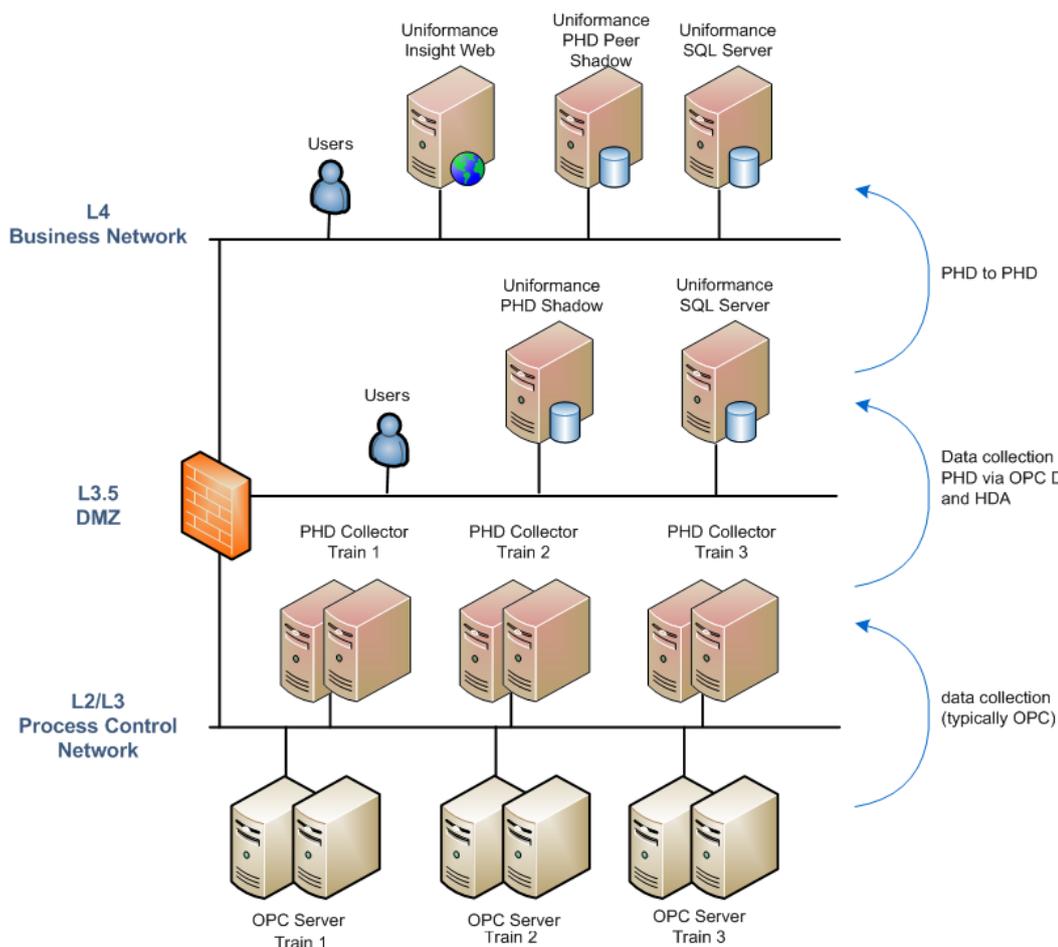


Рисунок 2. Архитектура развертывания Uniformance PHD (централизованной БДРВ)

База данных реального времени обеспечивает гибкую среду с широкими возможностями для сбора, длительного хранения и анализа данных по процессу. Инфраструктуры данных, поддерживаемые Uniformance PHD, обеспечивают информационную поддержку для построения систем автоматизации оперативно-диспетчерского управления предприятием, тем самым реализовывая создание интегрированной информационной среды для приложений автоматизации управления, совместно использующих хранящиеся в Uniformance PHD данные.

Четвертая глава диссертации **“Решения по автоматизации, информатизации и дигитализации бизнес-процессов производственного предприятия”** посвящена рассмотрению новых программных технологий и решений в области автоматизации, информатизации и дигитализации бизнес-процессов производственного предприятия и их конкретного применения для повышения эффективности функционирования данного предприятия.

В общем приближении для создания адекватной концепции цифровизации однозначно необходимо определить состав и структуру уровня MES (Manufacturing Execution System) газохимического предприятия.

Целями внедрения MES решения являются:

Повышение эффективности производства, сокращение и оптимизация эксплуатационных затрат, и повышение безопасности эксплуатации технологических объектов;

Обеспечение возможностей для повышения прибыли компании за счет повышения оперативности реагирования на изменение рыночных условий и сокращения издержек на управление производственными процессами;

Повышение объективности и точности принятия решений управления производством за счет интеграции производственных данных, данных технологических процессов, энергоснабжения и состояния оборудования;

Повышения оперативности управления производством за счет исключения человеческого фактора при передаче команд и информации между различными уровнями управления.

Обязательным элементом в предлагаемой концепции цифровизации ИТ-пирамиды газохимического комплекса является MES-подсистема АСОДУ (Автоматизированная Система Оперативного Диспетчерского Управления) предприятием. Подсистема АСОДУ обеспечивает взаимодействие, визуализацию, управление и анализ информации о технологическом процессе, производстве, качестве и рабочих показателях в рамках всего предприятия из различных источников данных в экономической среде на базе открытых интернет приложений, например веб-браузера.

Подсистема АСОДУ располагает эффективными и простыми в использовании средствами для построения схем, графиков тенденций развития, диаграмм, выполнения отчетов и расчетов. Пользователи имеют возможность создавать богатое содержимое в среде тонкого клиента на базе браузера, при этом нет необходимости создавать специальные веб-приложения. Автоматическое составление отчетов и интеграция с хорошо знакомыми пользователю инструментами (Microsoft Office®) позволяют пользователю с малым опытом быстро привыкнуть к данному приложению.

Следующим важным элементом единой концепции цифровизации газохимического комплекса является MES-подсистема производственного учета и согласования балансов производственных данных (Data Reconciliation). Данная технология предназначена для выявления, сокращения и, в определенной степени, исправления или компенсации влияния случайных и грубых ошибок, связанных с измерениями в технологическом процессе. Процесс измерения может быть неправильным, может демонстрировать несостоятельность или даже конфликт с другими измерениями на одном технологическом потоке или оборудовании. Это связано с тем, что чувствительные элементы устройств измерения подлежат воздействию шумов процесса и механическим сбоям, что приводит к уменьшению точности измерения.

Система баланса производственных данных использует ряд техник для обнаружения и устранения случайных и грубых ошибок, как, например, техники очистки данных путем статистического анализа, математические вычисления массовых и энергетических балансов, алгоритмы условной оптимизации. Все эти методы используются для преобразования "сырых" данных от полевых приборов в "согласованные" данные.

Общую схему организации производственного учета и формирования материального баланса (аналогично для учета и формирования балансов энергоресурсов) можно представить следующим образом. Вся информация по поставкам и отгрузке поступает из системы ERP, а измерения материальных потоков и запасов на технологических установках поступают из исторической БДРВ. Эта информация используется затем в качестве исходных данных в системе Data Reconciliation для согласования балансов движений материалов, поставок сырья и отгрузок готовой продукции. Наконец, согласованные данные по сырью/товарной продукции и движениям материалов передаются обратно в централизованную БДРВ, где в дальнейшем используются для подготовки управленческой и бухгалтерской отчетности и расчетов производственных и экономических ключевых показателей эффективности (КПЭ или KPI).

Критически важное значение для дальнейшего повышения эффективности сложного промышленного объекта имеет внедрение MES-подсистемы контроля состояния технологического оборудования и управления производственными активами (СУПА). Данное решение может быть внедрено как в автономном формате для производственного предприятия с классической архитектурой ИИУС, так и в формате облачного решения модели "цифрового двойника" для предприятия, взявшего курс на тотальную цифровизацию с построением ИИУС по модели Пердью.

Примером такой MES-подсистемы, взятой за основу для исследования в рамках диссертационной работы, является программно-алгоритмический комплекс Uniformance Asset Sentinel. Uniformance Asset Sentinel распознает возможный источник(и) снижения производительности. Отклонение между фактической и ожидаемой производительностью будет обозначать состояние. Это решение способно разделять отличия между ухудшением работы оборудования и неэффективной работой и обеспечивает, как контроль состояния, так и контроль производительности оборудования и процессов, анализ производительности, общей производительности, предоставляет систему отслеживания и распознавания вредных факторов, и информационную систему для разъяснения того, как можно предотвратить аварийные ситуации, визуализацию работ по краткосрочному и долгосрочному обслуживанию. Иными словами, система обеспечивает интегрированную надежность производства.

Особенное место в структуре ИТ-пирамиды производственного объекта занимает компьютеризованная система управления обслуживанием оборудования Computerized Maintenance Management System (CMMS), которая, по сути, представляет собой межуровневый слой ИТ-пирамиды,

связывающий четвертый уровень (MES) и пятый уровень (ERP), тем самым обеспечивая полную цифровизацию всего производственного объекта по вертикали.

Система CMMS основана на клиент-серверной инфраструктуре, с рабочими станциями (для операций и обслуживания персонала), подключенными к серверу CMMS. Сервер CMMS также предназначен для подключения к системам мониторинга и управления, таким как DCS или PLC, которые могут обмениваться информацией с системой CMMS или инициировать мероприятия по техническому обслуживанию. Пользовательский интерфейс всех модулей CMMS эффективен и прост в использовании при вводе, редактировании, запросе и просмотре данных, связанных с обслуживанием; он использует шаблоны с выпадающими меню, списками выбора и заполняемыми пустыми полями, которые будут использоваться для ввода данных и информации, содержащихся в базе данных модуля.

И, наконец, в качестве верхнего решения в MES-системе объекта исследования предлагается использование подсистемы контроля ключевых показателей эффективности (КПЭ) и бизнес-аналитики.

В диссертационной работе в качестве решений по данным MES-подсистемам были использованы программные пакеты Uniformance KPI и Uniformance Intuition Executive.

Подсистема Uniformance KPI предполагается для непрерывного мониторинга набора ключевых показателей эффективности производства (КПЭ) для всех уровней иерархии оперативного управления. Ключевые метрики контроля отклонений от плановых показателей производства продукции, потребления сред и энергоресурсов.

Система визуализации Uniformance Intuition Executive обеспечивает управление информацией и поддержку принятия решений в масштабах всей компании, а также предоставляет средства организации совместной работы, способные помочь компаниям достичь производственного совершенства.

В первую очередь решение производственных задач достигается за счет консолидации всех приложений и используемых ими данных, и визуального представления всей информации в единой веб-среде. Это позволяет видеть и понимать взаимосвязи критически важных данных и принимать уверенные бизнес-решения.

Применение описанного в четвертой главе спектра решений по автоматизации, информатизации и дигитализации бизнес-процессов газохимического комплекса способно обеспечить дополнительный экономический эффект и повысить доход предприятия, как минимум, на несколько процентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: "Создание и

оптимизация функционирования группы взаимосвязанных производственных объектов на базе информационно-управляющих систем с открытыми линиями соединений повышенной безопасности” получены следующие результаты:

1. Проанализирована структура группы взаимосвязанных производственных объектов на базе информационно-управляющих систем, на примере типового газохимического комплекса.

2. Разработана модель ИТ-пирамиды типового газохимического комплекса. Предложенные модели позволяют оперативно определять и прогнозировать показатели качества по измеряемым параметрам технологического процесса

3. Разработана и внедрена структурированная централизованная система глобальной базы данных реального времени, объединяющая системы управления производственными установками газохимического комплекса и обеспечивающая обмен информацией данных систем с интеллектуальными системами верхнего уровня ИТ-пирамиды.

4. Проведена оценка надежности и безопасности линий соединений (интерфейсов) в структуре ИТ-пирамиды типового газохимического комплекса. В результате снижено время, затраченное на принятие решений о настройке технологического режима комплекса

5. Разработана концепция системы оперативно-диспетчерского управления на базе централизованной системы глобальной базы данных реального времени.

6. Разработаны и спрограммированы математические модели основных производственных установок Устьюртского газохимического комплекса. В результате позволено отрабатывать в виртуальной среде различные сценарии эксплуатации производственного объекта и обеспечивающие передачу знаний об объекте от одного поколения специалистов по обслуживанию к другому.

7. Разработаны математические модели системы Усовершенствованного управления технологическими процессами (УУТП) крекинга этана и производства полимеров, позволило увеличить выход целевой продукции до 4%.

8. Разработана концепция и долгосрочная “дорожная карта” поэтапной цифровизации ИТ-пирамиды Устьюртского газохимического комплекса на основе централизованной базы данных реального времени.

**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

IVANYAN ARSEN IGNATEVICH

**CREATION AND OPTIMIZATION OF THE FUNCTIONING OF A
GROUP OF INTERCONNECTED PRODUCTION FACILITIES BASED
ON INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS WITH OPEN LINES
OF HIGHER SAFETY**

05.01.08 – Automation and control of technological processes and manufactures

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

Tashkent – 2020

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number B2018.2.PhD/T706.

The dissertation has been prepared at 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: **Adilov Farruh Tulkunovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Igamberdiev Husan Zakirovich**
doctor of technical sciences, professor, academician

Varlamova Lyudmila Petrovna
Candidate of technical sciences, docent

Leading organization: **Bukhara Engineering Technological Institute**

Defense of dissertation will take place in «__» ____ 2020 at ____ 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 43). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (+99871) 246-03-41.

Abstract of dissertation sent out on «__» _____ 2020 year.
(mailing report № ____, on «__» _____ 2020 year).

N.R.Yusupbekov
Chairman of Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

U.F.Mamirov
Scientific secretary of Scientific council
awarding scientific degrees,
PhD in technical sciences

H.Z.Igamberdiev
Chairman of the Academic seminar
under the Scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop a set of methods and solutions to improve the efficiency of a group of interrelated production facilities by using technologies of total automation, informatization and digitalization of production.

Tasks of research:

development of the architecture of the integrated informational-control system of the gas chemical complex for the production of polymer materials;

development of the concept of a centralized system of a global real-time database that combines the control systems of production units of the gas chemical complex and provides information exchange of these systems with intelligent systems of the top level of the IT-pyramid;

development of the concept of an operational dispatch management system based on a centralized system of a global real-time database;

review and selection of optimal solutions for automation, informatization and digitalization of business processes of gas chemical complex;

review of aspects of mathematical modeling of production processes and objects of the gas chemical complex with the definition of the most effective virtual projections for subsequent use (digital twins);

development of mathematical models of certain production processes and objects of the gas chemical complex.

Implementation of research results. By creating and optimizing the functioning of a group of interrelated production facilities based on information and control systems with open highly secure connection lines, as well as on the basis of the results of the dissertation research:

the developed structured centralized system of a real-time global database (Big Data) that combines local control systems and provides information exchange of these systems with intelligent systems of the top level of the IT-pyramid was implemented at the Ustyurt gas-chemical complex (Akchalak village, Republic of Karakalpakstan) (Reference of JSC "Uzbekneftegaz" of Republic of Uzbekistan with № 08/41-2-371 dated by 23.06.2020). As a result, the time spent on making decisions about setting up the process mode of the complex based on the operational analysis of information about the technological process has been reduced;

developed a highly effective concept of the operational dispatch management system based on a centralized RTDB and configured basic applications of the human-machine interface for access to the system of operational dispatch personnel in real time, which are also implemented at the Ustyurt gas-chemical complex (Akchalak village, Republic of Karakalpakstan) (reference of JSC "Uzbekneftegaz" of Republic of Uzbekistan with № 08/41-2-371 dated by 23.06.2020). As a result, the time spent on making decisions about setting up the process mode of the complex based on the operational analysis of information about the technological process has decreased;

developed and programmatically implemented mathematical models of the main production facilities of the Ustyurt gas chemical complex, allowing to work out various scenarios of operation of the production facility in a virtual environment and ensuring the transfer of knowledge about the facility from one generation of service specialists to another (reference of JSC "Uzbekneftegaz" of Republic of Uzbekistan with № 08/41-2-371 dated by 23.06.2020). As a result, the system performance increased by 4%.

The structure and volume of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and applications. The volume of the thesis is 121 pages of typewritten text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Yusupbekov N., Abdurasulov F., Adilov F., Ivanyan A. (2020) Application of Advanced Process Control Technologies for Optimization of Polymers Production Processes. In: Aliev R., Kasprzyk J., Pedrycz W., Jamshidi M., Babanli M., Sadikoglu F. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1095. –pp. 345-351. doi.org/10.1007/978-3-030-35249-3_44 (11, Springer)
2. Yusupbekov N.R., Somakumaran Sujith, Narwadkar Anand, Jurayev T.T., Sattarov Sh.B., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Using of Sentience platform for integration of intelligent systems and devices into cloud // Chemical Technology. Control and Management, 2018, N4-5 (82-83), WCIS-2018, – pp. 67-71. (05.00.00; №12)
3. Yusupbekov N.R., Adilov F.T., Ivanyan A.I., Astafurov M.F. Honeywell Solutions for Bumpless Upgrade of TPS System and Experion PKS Integration in Zakum Complex Central Control Room, Abu Dhabi, UAE // Procedia Computer Science 120 (2017), –pp. 625-632. (3, Scopus)
4. Jurayev T.T., Khudayarov B.M., Yusupbekov N.R., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Experience of development and implementation of integrated intelligent control system for Ustyurt gas-chemical complex // Procedia Computer Science 102 (2016), –pp. 485-489. (3, Scopus)
5. Matvienko E.V., Ivanyan A.I. Intelligent information technologies for integrated management systems of enterprises with A complex scheme of Gas-Extraction and processing // Journal of Multimedia and information system, Vol.2. No.3. September 2015, –pp. 249-254. (05.00.00; №12)

II бўлим (Часть II; Part II)

6. Yusupbekov N.R., Sattarov Sh.B., Adilov F.T., Ivanyan A.I., Isakova S.I. Intelligent automation of power transmission and distribution systems for industrial enterprises / Proceedings of the 14th International Scientific Conference EEE 2018, “Energy-Ecology-Economy”, High Tatras, Slovak Republic, June 5-7, 2018, – pp. 138-143.
7. Yusupbekov N.R., Sattarov Sh.B., Doudin I.S., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Application of solutions of connection of production cluster to analytical cloud in chemical industry / Proceedings of the International Conference on Integrated Innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, October 26-27, 2017, Volume I, –pp. 246-252.
8. Yusupbekov N.R., Sattarov Sh.B., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Integrated Informational-Control System for group of Gas-Condensate Fields / 8th International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control, ICSCCW 2015, 3-4

- September 2015, Antalya, Turkey.
9. Jurayev T.T., Khudayarov B.M., Yusupbekov N.R., Adilov F.T., Ivanyan A.I. Experience of development and implementation of integrated intelligent control system for Ustyurt gas-chemical complex // 12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, ICAFS 2016, 29-30 August 2016, Vienna, Austria, –pp. 485-489.
 10. Юсупбеков Н.Р., Иваньян А.И. Применение интегрированных SMART-систем в горнодобывающей промышленности / Материалы Республиканской научно-технической конференции. Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития. г. Навои, 15-16 ноября 2016 г.
 11. Yusupbekov N., Matvienko E.V., Ivanyan A. Modern information technologies in automated power management systems for industrial enterprises / MITA 2015. The 11th International Conference on Multimedia Information Technology and Applications. June 30 – July 2, 2015, –pp. 185-189.
 12. Matvienko E.V., Ivanyan A.I., Isakova S.I. Intelligent information technologies integrated control systems of enterprises with a complex scheme of Gas-extraction and Gas processing / MITA 2015. The 11th International Conference on Multimedia Information Technology and Applications. June 30-July2, 2015, –pp. 293-297.
 13. Афанасьев Д.И., Шокуров М.Е., Иваньян А.И., Адиллов Ф.Т., Абдурасулов Ф.Р. Программа последовательного автоматического управления сосудами молекулярных сит установки удаления меркаптанов и осушки углеводородного газа. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 07222 от 26.09.2019 г.