

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ, ТОШКЕНТ
ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ, САМАРҚАНД ДАВЛАТ
АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ВА НАМАНГАН
МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

ДАВЛЯТОВ ШОХРУХ МУРАТОВИЧ

**МАРКАЗИЙ СИҚИЛИШГА ИШЛОВЧИ ЦИЛИНДРСИМОН
ҚОБИҚЛАРНИНГ УСТУВОРЛИГИНИ ВА
МУСТАҲКАМЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.09.01-Қурилиш конструкциялари, бино ва иншоотлар

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

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

Давлятов Шохрух Муратович

Марказий сиқилишга ишловчи цилиндрсимон қобикларнинг
устуворлигини ва мустаҳкамлигини ошириш.....3

Давлятов Шохрух Муратович

Повышение устойчивости и прочности цилиндрических оболочек,
работающих на центральное сжатие.....21

Davlyatov Shokhrukh Muratovich

Increase of the stability and strength of the cylindrical shells, working for the
central compression.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....44

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ, ТОШКЕНТ
ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ, САМАРҚАНД ДАВЛАТ
АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ВА НАМАНГАН
МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.Т.11.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

ДАВЛЯТОВ ШОХРУХ МУРАТОВИЧ

**МАРКАЗИЙ СИҚИЛИШГА ИШЛОВЧИ ЦИЛИНДРСИМОН
ҚОБИҚЛАРИНИГ УСТУВОРЛИГИНИ ВА
МУСТАҲКАМЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.09.01-Қурилиш конструкциялари, бино ва иншоотлар

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.PhD/T290 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:

Акрамов Хуснитдин Ахрарович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Абдурашидов Қобил Содиқович
техника фанлари доктори, профессор

Шожалилов Шокомил
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент темир йўл муҳандислари институти

Диссертация ҳимояси Тошкент архитектура-қурилиш институти, Тошкент темир йўл муҳандислари институти, Самарқанд Давлат архитектура-қурилиш институти ва Наманган муҳандислик - қурилиш институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2019 йил «__» _____ соат ____⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси, 7-уй. Тел.: (99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ __ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 13-уй. Тел.: (99871) 244-63-30; факс: (99871) 241-80-00).

Диссертация автореферати 2019 йил «__» _____ кун тарқатилди.

(2019 йил «__» _____ даги ____ - рақамли реестр баённомаси).

А.И.Адилходжаев

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

Х.Х.Камилов

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

А.А.Ходжаев

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда металл цилиндрсимон қобик конструкциялар турли мақсадларга мўлжалланган резервуарлар, сув босими ҳосил қилувчи миноралар танаси, телеминоралар, мўрилар, ёритиш мачталар, минорасимон кранлар ва шу каби муҳандислик иншоотлари қурилишида етакчи ўринни эгаллайди. Ушбу йўналишда, жумладан АҚШ, Германия, Япония, Россия каби ривожланган давлатларда цилиндрсимон қобик конструкцияларнинг юк кўтариш қобилиятини ошириш, зилзилабардошлигини ва устуворлигини таъминлаш, металл сарфини камайтириш, ҳосил бўладиган деформацияларнинг олдини олиш ҳамда шу орқали уларнинг ишончли эксплуатациясини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу жиҳатдан турли қурилиш иншоотлари устуворлигини ошириш, шакл ва ўлчамларини оптималлаштириш, мавжуд ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш, конструкциялар тайёрлаш ва монтаж қилишнинг замонавий илғор усулларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда қобикли конструкцияларнинг маҳаллий устуворлигини таъминлаш, мустаҳкамлигини ошириш ва кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини баҳолашга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада ҳар хил элементлар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобик конструкцияларнинг устуворлигини, мустаҳкамлигини, кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини ҳисобга олган ҳолда замонавий лойиҳаларнинг оптимал ечимлари учун ҳисоблашнинг муҳандислик усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга металл цилиндрсимон қобикларни қовурғалар билан кучайтирган ҳолда устуворлиги ва мустаҳкамлигини ошириш зарур ҳисобланади.

Республикамизнинг қурилиш соҳасида нефт-газ саноати, сув таъминотида ишлатиладиган махсус иншоотларнинг зилзилабардошлиги, устуворлиги ва умрбоқийлигини оширишга қаратилган самарали лойиҳалаш ва ҳисоблаш усулларини жорий этиш юзасидан кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «... қурилиш, йўл-транспорт, муҳандислик коммуникациялари ва ижтимоий инфратузилмаларини ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурлар амалга ошириш, ...»¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан цилиндрсимон қобикларнинг устуворлиги ва мустаҳкамлигини таъминлаш бўйича амалий-муҳандислик ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони, 2016 йил 28 сентябрдаги

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

ПҚ-2615-сон “2016-2020 йилларда қурилиш индустриясини янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида”ги, 2017 йил 8 августдаги ПҚ-3182-сон “Худудларнинг жадал ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришни таъминлашга доир устувор чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарорларда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Қурилиш ва саноатда цилиндрсимон қобик минора конструкцияларни турли шакллардаги элементлар билан кучайтириб ҳисоблаш ва лойиҳалаш масалаларида назарий ва тажрибавий илмий-тадқиқот ишлари билан дунёнинг етакчи илмий марказлари, университетлари ва илмий тадқиқот институтларининг йирик таниқли олимлари, жумладан: L.H. Donnell, O.S. Heck, T. Karman, J.C. Yao, W. Flugge, Э.Л. Аксельрад, С.А. Амбарцумян, И.Я. Амиро, В.З. Власов, А.С. Вольмир, Г.Д. Гавриленко, В.И. Мацнер, Э.И. Григолюк, Е.А. Егоров, М.М. Жербин, В.В. Трофимович, С.Н. Кан, Д.Е. Липовский, А.И. Маневич, Х.М. Муштари, Г.Н. Рудых, О.И. Теребушко, С.А. Тимашев, С.П. Тимошенко, И.В. Хатчинсон, И.С. Амазиго ва бошқалар шуғулланиб, ушбу масалаларни ҳал қилишга катта ҳисса қўшганлар.

Юртимиз олимлари қобикларнинг устуворлигини таъминлаш муаммоларини ўрганишда бир қатор тадқиқотлар олиб борганлар. М.Т.Ўрозбоев, Т.Р.Рашидов, Х.А.Акрамов, С.Р.Раззаков, А.Абдусаттаров, Р.А.Абдукаримов, А.Д.Дўсматов ва бошқа тадқиқотчи олимлар бу соҳада муҳим натижаларга эришганлар.

Аввал ўтказилган тадқиқотлар таҳлили минорасимон иншоотларни лойиҳалаш ва қуриш тажрибаси шуни кўрсатадики, цилиндрсимон қобик конструкцияларни турли усуллар билан кучайтириб бикрлиги, мустаҳкамлиги ва устуворлигини ошириш бўйича бир қатор таклифлар ишлаб чиқилган. Қобик шаклидаги конструкцияларни қурилишда ишлатишда оптимал қалинликни таъминлаш ҳар доим уларнинг устуворлигини таъминлаш масаласига бориб тақалиши аниқланган. Мавжуд илмий ишларнинг аксарияти турли шаклдаги кучайтирувчи элементлар қўлланилган қобикларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш, уларнинг ўқ бўйлаб сиқилишдаги кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини тадқиқ этишга бағишланган. Юпқа деворли конструкция кўринишидаги иншоотлар устуворлигини йўқотиши масаласи жуда ҳам мураккаб бўлиб, уни аниқ аналитик кўринишда баён этиш бирмунча мушкулдир. Шу сабабли, уларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аниқлашда экспериментал тадқиқотларнинг роли ва аҳамияти ниҳоят даражада каттадир. Шунга қарамадан, ҳозирги вақтгача деворлари коворғалар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобикларнинг юк кўтариш қобилятини ошириш масаласи, назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура-қурилиш институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг №700 пр «Цилиндрик пўлат қобик идишларнинг техник ҳолатини аниқлаш, хулоса ва таклифлар бериш» мавзусида тузилган шартномаси (2016-2018 йиллар) доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади цилиндрсимон қобик металл конструкциялар деворини қовурғалар билан кучайтириб сиқилишдаги устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини ошириш, ҳисоблашнинг амалий усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

цилиндрсимон қобик конструкциянинг марказий сиқилишдаги умумий устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини тадқиқ этиш;

қовурғалар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобикларнинг марказий сиқилишдаги устуворлигини ва юк кўтариш қобилиятини ҳисоблаш учун муҳандислик ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқиш;

қовурғалар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобик конструкциянинг номарказий сиқилишдаги умумий устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини ҳисоблаш учун муҳандислик ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

қовурғалар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобик конструкциянинг номарказий сиқилишдаги умумий устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини баҳолаш мақсадида ҳисоблаш алгоритми, сонли ечими учун самарали ЭҲМ дастурини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида конструктив ортотроп схема бўйича ишлайдиган пўлат қобик конструкциялари олинган.

Тадқиқотнинг предмети конструктив ортотроп схема бўйича ишлайдиган пўлат қобик конструкцияларини қовурғалар билан кучайтириш натижасида уларнинг устуворлигини ва юк кўтариш қобилиятини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида металл конструкцияларни ҳисоблаш ва лойиҳалаш, қурилиш механикаси усуллари, математик моделлаштириш, тажриба натижаларига ишлов бериш, қобик конструкцияларни сонли ҳисоблаш учун Ритц ва Тимошенколарнинг энергетик, тўғри вариацион усуллари ва олинган экспериментал натижаларни таҳлил қилиш ҳамда таққослаш усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

цилиндрик қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилияти қовурғалар (ёйсимон панеллар) билан кучайтириш ҳисобига оширилган;

ёйсимон панеллар орқали кучайтирилган қобикларнинг ташқи юклар таъсиридан мустаҳкамлигини йўқотиш вақти, уларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ошириш ҳисобига узайиши аниқланган;

қовурғалар (ёйсимон панеллар) билан кучайтирилган қобикларнинг марказий сиқилишдаги устуворлигини ва юк кўтариш қобилиятини ҳисоблаш учун амалий муҳандислик ҳисоблаш усуллари, ёйсимон панелларнинг бикрлик параметрларини киритиш ҳисобига такомиллаштирилган;

цилиндрик қобикни ёйсимон панеллар билан кучайтириш натижасида металл сарфини сезиларли даражада камайитиришга эришиладиган янги турдаги

конструкция ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикнинг марказий ва номарказий сиқилишдаги устуворлигини ва мустаҳкамлигини аниқлашнинг ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

цилиндрсимон қобикларнинг деворини қовурғалар (ёйсимон панеллар) билан кучайтириб устуворлигини, мустаҳкамлигини таъминланган ҳолда материал сарфи тежалган нефт ва нефт маҳсулотларини сақлашга мўлжалланган янги турдаги резервуар конструкцияси ишлаб чиқилган (фойдали моделга патент №FAP 01278 - 2018 й.);

қовурғалар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобикнинг марказий ва номарказий сиқилишдаги умумий устуворлигини ҳисоблаш жараёнини автоматлаштириш имконини берувчи ҳисоблаш дастурлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги умумий қабул қилинган тадқиқот усуллари ҳамда олинган назарий натижаларнинг амалий маълумотларда тасдиқланганлиги, экспериментал тадқиқотларнинг замонавий услуб ва воситалар ёрдамида, назарий ҳисобларни қурилиш меъёрлари ва қоидалари асосида амалга оширилганлиги, тажриба ва назарий тадқиқот натижаларининг ўзаро мутаносиблиги ва амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти янги замонавий иншоотларнинг қобик конструкцияларини лойиҳалашда кучайтирилган қобиклар конструкцияларини устуворлигини ва мустаҳкамлигини таъминлаш назариясини ривожлантириш, цилиндрсимон қобикларга ёйсимон панелларининг бикрлик параметрларини киритиш ҳисобига муҳандислик ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқишда қўлланилган илмий ёндашувларни такомиллаштириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти қовурғалар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобикнинг марказий ва номарказий сиқилишдаги умумий устуворлигини ва юк кўтариш қобилиятини аниқлашнинг амалий муҳандислик усули ҳамда компьютер дастури ишлаб чиқилган. Цилиндрик қобикнинг ёйсимон панеллар билан кучайтирилган янги турдаги конструкцияси мустаҳкамлиги юқорилиги ва металл сарфини тежамлилиги, мукамал ва турғун ишлаши, кучланганлик деформацияланганлик ҳолатини камайтириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Марказий сиқилишга ишловчи цилиндрсимон қобикларнинг устуворлигини ва мустаҳкамлигини ошириш бўйича олинган натижалар асосида:

янги турдаги резервуар конструкциясига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг фойдали моделга патенти олинган («Нефт ва нефт маҳсулотларини сақлашга мўлжалланган резервуар», №FAP 01278-2018й.) ва ушбу конструкция Фарғона нефтни қайта ишлаш заводида нефт маҳсулотларини сақлашга мўлжалланган цилиндрик резервуарнинг реконструкция жараёнида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш Вазирлигининг 2018 йил 16 августдаги 2771/18-06-сон маълумотномаси). Натижада цилиндрик резервуарнинг устуворлигини 1,4 мартагача, юк кўтариш қобилиятини 1,5 мартагача ошириш имконини берган;

қовурғалар билан кучайтирилган цилиндрик қобикнинг сиқилишдаги умумий устуворлигини, мустаҳкамлигини ҳисоблаш усуллари Фарғона нефтни

қайта ишлаш заводида газгольдер реконструкциясини лойиҳалаш жараёнида жорий этилди (Ўзбекистон Республикаси Курилиш Вазирлигининг 2018 йил 16 августдаги 2771/18-06-сон маълумотномаси). Натижада реконструкция лойиҳсини тайёрлаш вақтини 1,2 марта қисқартиришга, иш сифати ва меҳнат унумдорлигини оширишга эришилган;

цилиндрик қобикни ёйсимон панеллар билан кучайтирилган янги турдаги конструкцияси “Фарғонафуқоролойиҳа” МЧЖда Фарғона вилояти Бувайда туманидаги сув минораларини лойиҳалаш жараёнига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Уй-жой коммунал хизмат кўрсатиш Вазирлигининг 2018 йил 20 августдаги 04/01-2838-сон ва Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги Вазирлигининг 2018 йил 26 сентябрдаги 04/25-1741-сон маълумотномалари). Натижада сув минорасининг мустаҳкамлигини ва устуворлигини 1,5 мартагача оширишга, ҳисоблаш вақтини 1,2 марта қисқартиришга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 2 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 29 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан, 9 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр қилинган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида бажарилган диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсад ва вазифалар шакллантирилиб, тадқиқотларнинг объект ва предметлари келтирилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, олинган натижаларнинг илмий янгилиги ва илмий-амалий аҳамияти, уларни курилиш амалиётида қўлланилганлиги ҳамда тадқиқот натижаларининг наشري ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Пўлат қобикларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини тадқиқ этишга бағишланган илмий-тадқиқот ишларининг қисқача шарҳи”** деб номланган биринчи бобда илмий техник адабиётларда тадқиқот мавзусига доир чоп этилган илмий ишларнинг аналитик шарҳи келтирилган. Бунда асосан пўлат қобик конструкцияларини турли усулларда кучайтириш бўйича республикамизда ва кўплаб хорижий мамлакатларда бажарилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижалари таҳлил қилинган.

Қобирғалар билан кучайтирилган қобик конструкциясининг тайёрланиши содда бўлиб, у фақат 3 та элементдан ташкил топади: вальцовка усулида тайёрланувчи асосий қобик, асосий қобикдан кичикроқ эгрилик радиусига эга бўлган вальцовка ёки штамплаш йўли билан тайёрланувчи кучайтирувчи ёйсимон панеллар ҳамда асосий қобик ва кучайтирувчи ёйсимон панеллар

четларига пайвандланувчи устки ва остки фланецлардир.

Кучайтирилмаган қобикларнинг устуворлигини йўқотиши, бир вақт-нинг ўзида юк кўтариш қобилятининг йўқотилишига олиб келади, бунда конструкциянинг тўсатдан бузилиши рўй беради. Бунга кўра, қобиклар деворининг устуворлигини таъминлаш учун талаб этилувчи қалинлиги конструкция мустаҳкамлигини таъминлаш учун етарли бўладиган қалинлигидан сезиларли даражада ортиқ бўлади.

Цилиндрик қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилятини ошириш учун уларни кучайтиришнинг турли усуллари, шунингдек, устуворлигини йўқотишдаги критик кучланишларни сезиларли даражада ошириш имконини берувчи конструктив тадбирлар қўлланилади.

Цилиндрик қобиклар турли профилларни парчин михлар воситасида, пайвандлаш ёки елимлаш орқали кучайтирилади.

Вертикал пўлат резервуарларнинг конструктив хусусиятлари шундайки, унинг вертикал жойлашган ўта юпқа девори устуворлик ва мустаҳкамлик нуқтаи назаридан энг заиф, нозик элементи ҳисобланади. Резервуарнинг юпқа деворига эксплуатация даврида сиқувчи юклар йиғиндиси таъсир этади (конструкциянинг хусусий оғирлиги, қор, шамол юклари, вакуум таъсири). ШНҚ 2.03.05-13 бўйича бундай юкланган цилиндрик қобикларнинг устуворлигини текшириш қуйидаги ифодага асосан амалга оширилади:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \leq \gamma_c \quad (1)$$

бу ерда: σ_1, σ_2 - мос равишда бўйлама ва халқа бўйича таъсир этувчи (радиал) кучлардан ҳосил бўлувчи кучланишлар; $\sigma_{cr1}, \sigma_{cr2}$ - бўйлама ва радиал критик кучланишлар; γ_c - иш шароити коэффиценти.

Шамол юки таъсирига резервуарнинг цилиндрик деворини устуворликка ҳисоблашда ҳақиқий шамол юкини эквивалент вакуум таъсири билан алмаштирилади, унинг қиймати қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$q_{eq} = k_w \cdot q_w \quad (2)$$

бу ерда q_w - шамол юкининг актив қисмининг максимал қиймати; $k_w=0,5$ қабул қилинади.

Кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг устуворлигини тадқиқ этишда иккита усул қўлланилади, улар бир-биридан асосий қобикни кучайтирувчи қобирғаларни ҳисобга олишда фарқланади. Уларнинг биринчиси бўйича масала дискрет жойлашувчи қобирғали реал конструкцияни ортотроп схемали конструкцияга алмаштириб олиб ечилади, унда қобирғаларнинг чўзилиш (сиқилиш) ва эгилишдаги бикрликлари қўшиб юборилади. Бунда, одатда, яна кўшимча равишда янги фаразлар киритилади.

Устуворликни конструктив ортотроп схема бўйича ҳисоблаш усули нисбатан содда ва шунинг билан биргаликда, етарлича тақрибий ҳисобланади. Сўнги даврларда муҳандислик ҳисобларида компьютер дастурларидан фойдаланиш кенг жорий этилаётганлиги сабабли, кучайтирилган қобикларнинг устуворлигини ҳисоблашда иккинчи-қобирғаларнинг дискрет жойлашганлигини эътиборга олувчи усул кенг қўлланилмоқда.

Мазкур диссертация ишидаги тадқиқотлар бўйлама тармоқланган қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилятини ўқ бўйича ва номарказий сиқилишда ҳисоблашнинг конструктив ортотроп схемасини қўллаган ҳолда амалий ҳисоб усуллари ишлаб чиқишга қаратилган.

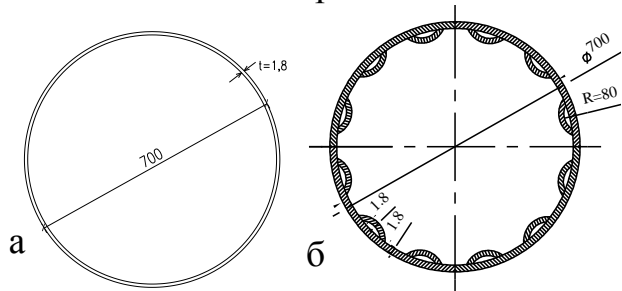
Диссертациянинг “**Цилиндрик қобикларнинг кучланганлик-дефор-**

мацияланганлик ҳолатини экспериментал тадқиқ этиш” деб номланган иккинчи бобида конструктив - ортотроп схема бўйича ишлайдиган панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини кичрайтирилган моделда экспериментал тадқиқ этиш натижалари келтирилган. Синов услуби, қўлланилган ускуналар, воситалар, синов моделлари ва қурилмалари ҳақидаги маълумотлар баён этилган. Экспериментларда олинган натижалар таҳлил қилиниб, назарий ҳисоблар натижалари билан таққосланган. Конструктив - ортотроп схема бўйича ишлайдиган ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати таҳлил қилинган.

Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобикнинг устуворлигини ва мустаҳкамлигини тадқиқ қилиш учун диаметри 2800 мм ва баландлиги 2960 мм бўлган реал цилиндрсимон қобик кичрайтирилган 1:4 масштабда моделлаштирилди. Моделлар девори силлиқ - кучайтирилмаган ва девори вертикал ёйсимон панеллар билан кучайтирилган намуналар кўринишида тайёрланди.

Девори силлиқ цилиндрик қобик намуналари учун қалинлиги 1,8 мм ва 3,8 мм бўлган пўлат листлар ишлатилди. Девори панеллар билан кучайтирилган намуналар эса фақат қалинлиги 1,8 мм бўлган пўлат листлардан тайёрланди (1.а-расм). Бунда асосий қобик учун ҳам, кучайтирувчи панеллар учун ҳам бир хил листлар ишлатилди. Кучайтирувчи панеллар асосий панел деворининг тўлиқ баландлиги бўйича узлуксиз пайванд чок билан бирлаштирилди. Асосий қобик ўлчамлари 2200x740 мм ли яхлит листни вальцовка қилиш йўли билан тайёрланди. Доиравий ёпиқ контурли қобик ҳосил қилиш учун унда битта вертикал пайванд чок кўзда тутилди. Кучайтирувчи ёйсимон панеллар 108x740 мм ли листларни аввал вальцовка қилиниб сегмент кўринишига келтирилди, сўнгра асосий қобикқа пайвандланди. Кучайтирувчи ёйсимон панеллар сони ҳар бир намунада 12 та ни ташкил этади, бунда уларнинг орасида асосий қобикнинг кучайтирилмасдан қолган қисмлари сони 12 та бўлиб, уларнинг ҳар бирининг эни 90 мм га тенг қилиб олинди (1.б.-расм).

Тайёрланган қобик намуналарини синашда сиқувчи кучларнинг маҳаллий эзилишдаги таъсирини кескин пасайтириш учун, натурадаги иншоотлар



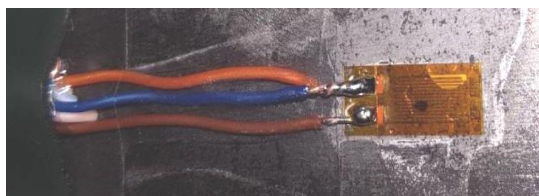
1-расм. Моделларнинг кўндаланг қирқимлари: а) Кучайтирилмаган қобик, б) Девори ёйсимон панеллар билан кучайтирилган қобик

қобикларида кўзда тутилувчи бириктириш фланецлари қўйилди. Фланецлар халқасимон шаклда бўлиб, уларнинг эни 100 мм ни, қалинлиги 10 мм ни ташкил этади. Фланецлар қобик намуна деворига ҳар икки томондан узлуксиз пайванд чоклар орқали бириктирилди. Кучларнинг марказий узатилишини таъминлаш учун фланецнинг айлана шаклидаги марказий горизонтал ўқи кучайтирилган қобик намунасининг асосий қобик ва кучайтирувчи панеллар кўндаланг кесими оғирлик марказларидан ўтувчи айлана шаклидаги ўқ билан устма уст тушиши таъминланди. Фланецлар 3 та сегментдан ташкил топган бўлиб, улар қобик деворига шундай бириктирилганки, куч фақат фланецлар орқали деворга узатилади.

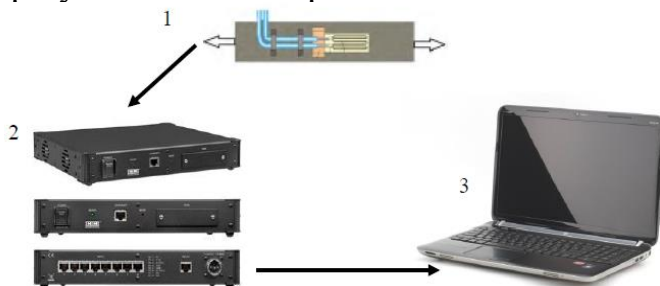
Моделлар Бекобод металлургия заводида ВСтЗпс5 (ГОСТ 19903-2015)

маркали пўлатдан ишлаб чиқарилган листлардан тайёрланди.

Моделлар деворларида ҳосил бўладиган деформацияларни ўлчаш учун пленка асосдаги “Strain gauges” – типдаги тензорезисторлардан фойдаланилди. Тензорезисторнинг базаси 5 мм га тенг бўлиб, улар аввалдан силлиқланиб, тозаланиб тайёрланган асосга БФ-2 суперелим воситасида ёпиштирилди (2-расм). Тензорезисторларнинг кўрсаткичларини қайд этиб бориш учун улардан чиқувчи симларнинг учлари узатиш кабелларига пайвандланди.



2-расм. Қобик сиртига тензодатчикнинг ёпиштириб ўрнатилиши



3-расм. Ўлчов воситаларининг таркибий схемаси

Қобиклар моделлари “Евразия ТАПО-Диск“ МЧЖ га тегишли бўлган Югославияда ишлаб чиқарилган “LITOSTROJ” типдаги №4305 рақамли ўлчаш диапазони 0÷100 ($\delta \pm 2\%$) тонналик ва Италияда ишлаб чиқарилган “EMANUEL PRESSE” типдаги 400-тонналик гидравлик прессда намуналар бузилиш ҳолатигача синалди.

Синов жараёнида маълумотларни ёзиб олиш учун Micro-Measurement компаниясининг Model 8000 ускуна-лари ва дастурий пакети “LENOVO” русумидаги ноутбук ёрдамида ёзиб олинди.

Ўлчов воситаларининг схемаси 3-расмда келтирилган: тензорезистор 1 дан кучланиш тензометрик аппаратурали аналог рақамли ўзгартиргич 2 га берилади, унда кучайтирилган сигнал рақамланади ва шахсий компьютер 3 нинг қаттиқ дискида қайд этилади.

Цилиндрик қобикларни марказий сиқилишга синашдан олдин барча моделлар назорат текширувидан ўтказилди. Бунда моделнинг барча ўлчамлари лойиҳадаги ўлчамлар билан таққосланди ҳамда тайёрлаш жараёнида бирор-бир бошланғич нуқсонлар ҳосил бўлмаганлиги текширилди, пайванд чокларнинг сифати назоратдан ўтказилди. Назорат текширишлари шуни кўрсатдики, намуна моделларнинг ўлчамлари асосан лойиҳага тўлиқ мос келади, аниқланган четланишлар 0,5 мм дан ошмади. Моделларнинг сифати талабларга жавоб беради ва уларни идеал қобик сифатида баҳолаш мумкин.

Барча намуна моделларга чизмаларда келтирилган схемалар бўйича тензорезисторлар ўрнатилиб, узатиш кабеллари уланди ва улар синовга шай ҳолатга келтирилди. Тайёрланган моделларда уларни прессда марказлаштириш учун устки ва остки қисмларида нишон (риски)лар қўйиб чиқилди. Шундан сўнг намуна қобиклар пресснинг остки плитасига ўрнатилди. Моделларнинг устки ва остки фланецларини тўлиқ қамраб оладиган ёғоч-пайрахали плиталар уларнинг горизонтал сиртида мавжуд бўлиши мумкин бўлган нотекисликларнинг юк узатишдаги таъсирини кескин камайитириш ва марказий сиқилишни (юкни) қобик деворларига тенг тақсимлашга хизмат қилади. Шундан сўнг барча нуқталарга ўрнатилган тензорезисторларга уланган узатиш кабелларининг учлари махсус қурилма орқали компьютерга уланди. Юк берилмасдан аввал

бошланғич кўрсаткичлар ёзиб олинди. Бундан кейин намуналарда вужудга келиши мумкин бўлган турли кучланиш ва деформацияларни нейтраллаштириш учун қобик ҳисобий бузувчи кучнинг 5-7% миқдоридagi куч билан юкланди ва барча нуқталардан кўрсаткичлар олинди. Қобикнинг марказлаштирилганлигини текшириб олингандан сўнг юк бутунлай олинди. Марказлаштиришдаги деформациялар фарқи қарама-қарши жойлашган симметрик нуқталар учун 2-3% дан ошмади.

Асосий синовлар бошланишида барча нуқталарга ўрнатилган тензорезисторлардан бошланғич кўрсаткичлар ёзиб олиниб, юклаш бошланди. Юклаш босқичма-босқич бажарилди. Ҳар бир босқич юки ҳисобий бузувчи кучнинг 10-14% ини ташкил этди. Юклаш тезлиги 20-24 кН/мин ни ташкил этди. Босқич юки берилаётганда барча нуқталардаги тензорезисторлар бўйича автоматик тарзда деформацияларнинг ўзгариши қайд этилди. Юк қиймати белгиланган миқдорга етгандан сўнг деформациялар қайд этилди ва юк шу ҳолатда ушлаб турилди. Бу вақт 15 минутгачани ташкил этди. Юкни босқич охирида белгиланган қийматда ушлаб туриш вақтида ҳам тензорезисторларнинг кўрсаткичлари ёзиб борилди. Деформациялар стабиллашгандан сўнг босқич сўнггида ҳам якуний кўрсаткичлар ёзиб олинди. Шундан сўнг навбатдаги босқич юкланиши бошланди ва барча ишлар аввалгидек такрорланди. Шу тариқа юклар миқдори ошириб борилди. Ҳар бир босқич юкланиши тугагандан сўнг намуна қобикларнинг сирти синчиклаб текшириб борилди, ўзгаришлар-қабаришлар, ботиқлар (чуқурчалар) ҳосил бўлиши ва бошқа кўз билан аниқласа бўладиган ҳолатлар қайд этиб борилди. Юк миқдори бузувчи юкнинг 60% дан ортгандан сўнг бундай текширувлар бевосита юклаш жараёнида ҳам олиб борилди. Синовлар бошлангандан устуворликни йўқотиш белгилари намоён бўлгунча 7-8 та босқич юклашлар бажарилди, юк кўтариш қобилятини йўқотгунча яна 1-2 та босқич кузатилди.

Кучайтирилмаган силлиқ деворли қобик моделини устуворлик ва мустаҳкамликка синаш намунанинг кучланганлик-деформацияланганлик кўрсаткичларини аниқлаш, устуворлик ва юк кўтариш қобилятини йўқотиш ҳолатларида конструкция қабул қила оладиган юкларни тажрибада аниқлаш имкониятини берди. Намунага таъсир этаётган юклар кичик бўлган ҳолларда (юклашнинг 1-5- босқичларида) модел деворидаги кучланишлар қийматлари кичик бўлиб, қобик материали идеал эластик материал сингари қаршилиқ кўрсатиши аниқланди. Деформацияларнинг кучга боғлиқ ҳолда ортиб бориши пўлатнинг чўзилиш ва сиқилишдаги “ σ - ε ” графигига тўлиқ мос ҳолда ривожланиб борди. Юк миқдори ҳисобий бузувчи кучнинг 70% миқдоридан ошганда деформациялар сезиларли даражада тезроқ ортиши кузатилди. Намуна қобикнинг турли нуқталарида ўлчанган кучланишлар (деформациялар) бир хил миқдорда эмаслиги кузатилди: энг кичик ва энг катта кучланишлар ўртасидаги фарқ 4% дан 8% гача ни ташкил қилди.

Бузувчи юкнинг тахминан 94-96% миқдоридagi юкларда қобик маҳаллий устуворлигини йўқотиши аломатлари пайдо бўлди, кучланишларнинг ортиб бориши характериға мос ҳолда чуқурчалар дастлаб намунанинг пастки қисмида, кейин ўрта қисмида ва энг охири устки қисмида вужудга келди. Шундан сўнг юкнинг 4-6% га ортиши умумий устуворликни йўқотиш ва деярли шу билан бирга юк кўтариш қобилятининг йўқотилишига олиб келди. Намуна устуворликни йўқота бошлаганидан сўнг мустаҳкамлигини йўқотгунча ўтган вақт жуда қисқа бўлди: бу босқичда деформацияларнинг кучнинг ортишидан

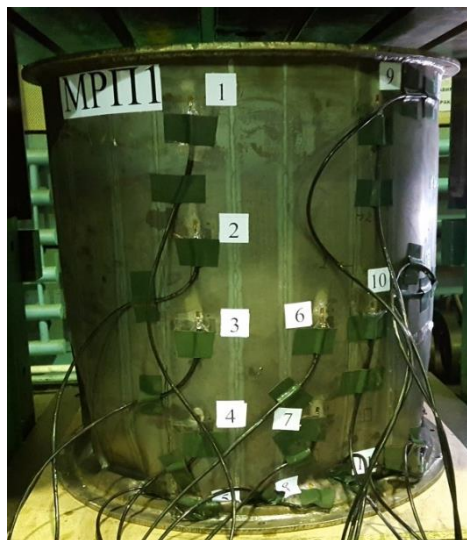
ривожланиши шиддатли тарзда кечди.

Кучайтирилган қобик кўринишидаги моделларнинг марказий сиқилиш-даги кучланганлик-деформацияланганлик кўрсаткичи кучайтирилмаган қобикларниқидан сезиларли даражада фарқ қилди. Бунда намунага таъсир этаётган юклар кичик бўлган ҳолларда (юкларнинг 1-6 - босқичларида) асосий қобикда ҳам, кучайтирувчи панелларда ҳам кучланишлар қийматлари кичик бўлиб, материалнинг идеал эластик материал сингари қаршилиқ кўрсатиши кузатилди. Берилаётган юк миқдори бу ҳолларда ҳисобий бузувчи кучнинг 80% миқдоридан ошгандагина деформациялар сезиларли даражада тезроқ ортиши юз берди. Намуна қобикларнинг энг пастки қисмида энг катта кучланишлар қайд этилди, қобик баландлигининг ўрта қисмида бирмунча кичикроқ, юқори қисмида эса уларнинг қиймати энг кичик бўлди. Умуман олганда, турли нуқталардаги кучланишлар фарқи 3-6% ни ташкил этди.

Бузувчи юкнинг тахминан 88-92% миқдоридаги юкларда асосий қобикларнинг кучайтирувчи панеллар орасидаги қисмининг маҳаллий устуворлигини йўқотиши аломатлари пайдо бўлди. Ушбу намуналарда ҳам кучланишларнинг ортиб бориши характериға мос ҳолда чуқурчалар дастлаб намуналарнинг пастки қисмида, кейин ўрта қисмида ва энг охири устки қисмида вужудга келди. Шундан сўнг юкнинг 4-6% га ортиши натижасида кучайтирувчи панелларда ҳам маҳаллий устуворликни йўқотиш белгилари кўринди. Уларда ҳам ушбу белгилар дастлаб остки қисмда, кейин ўрта ва устки қисмларда пайдо бўлди. Намуналар устуворликни йўқота бошлаганидан сўнг мустаҳкамлигини йўқотгунча ўтган вақт, кучайтирилмаган қобиклардаги нисбатан сезиларли даражада ортиши кузатилди. Ушбу босқичда деформацияларнинг кучнинг ортишидан ривожланиши бирмунча секинроқ тарзда кечди.



4-расм. Кучайтирилмаган силлик қобик МРГ намунасининг синовдан кейинги кўриниши

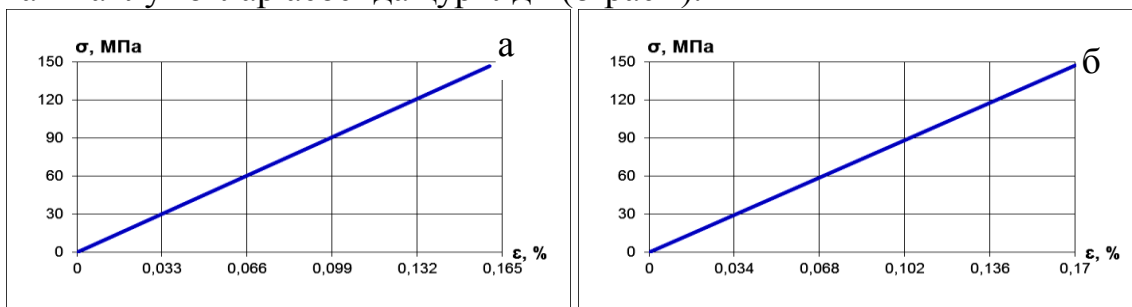


5-расм. Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган МРП-1 намунасининг синовдан кейинги кўриниши

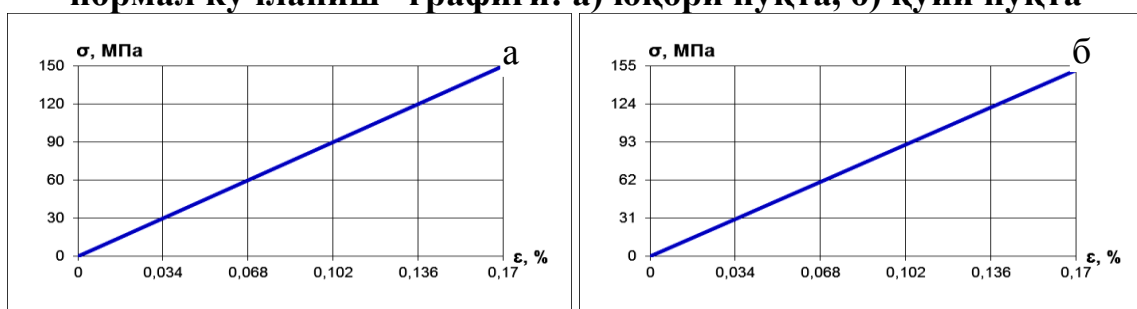
Қалинлиги 1,8 мм ли листлардан тайёрланган моделлар деворидаги деформацияларнинг кучга боғлиқ ҳолда ўзгариши графиклари 6-расмда, 3,8 мм ли листлардан тайёрланган моделлар учун 7-расмда келтирилган.

Асосий қобикнинг деворни ёйсимон панеллари билан кучайтирилган намуналарининг деворидаги деформацияларнинг кучга боғлиқ ҳолда ўзгариш графиклари ҳам тажрибалар давомида ўрнатилган тензорезисторлардан ўлчаб

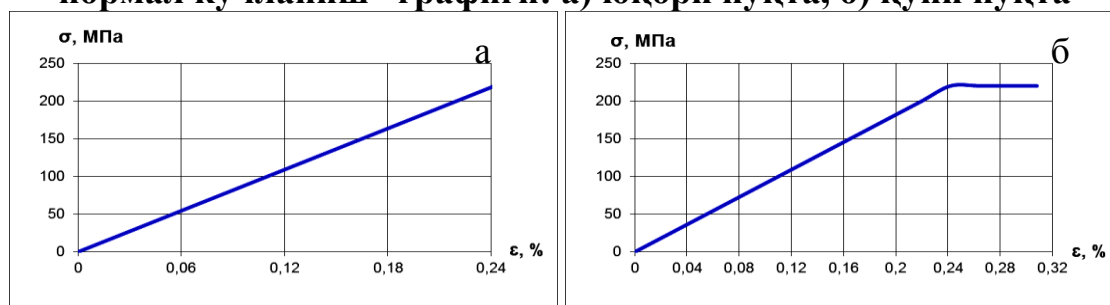
олинган маълумотлар асосида қурилди (8-расм).



6-расм. Қалинлиги 1,8 мм ли листлардан тайёрланган кучайтирилмаган моделлар деворидаги характерли нукталарнинг “Нисбий деформация- нормал кучланиш” графиги: а) юқори нукта, б) қуйи нукта



7-расм. Қалинлиги 3,8 мм ли листлардан тайёрланган кучайтирилмаган моделлар деворидаги характерли нукталарнинг “Нисбий деформация - нормал кучланиш” графиги: а) юқори нукта, б) қуйи нукта



8-расм. МРП-1 намуна деворидаги характерли нукталарнинг “Нисбий деформация-нормал кучланиш” графиги: а) юқори нукта, б) қуйи нукта

Девори силлиқ-кучайтирилмаган ва панеллар билан кучайтирилган қобиқлар намуналарининг назарий ва экспериментал тадқиқотларда олинган натижалари солиштирилди. Бунда ҳисоб натижалари ва экспериментал тадқиқотлар натижалари билан фарқи 4-7% ни ташкил этди (1-жадвал).

1-жадвал

Девори силлиқ-кучайтирилмаган қобиқлар намуналарини синаш натижалари (умумий устиворлик ва юк кўтариш қобилиятини йўқотиш ҳолатида)

Намуна №	Экспермент натижалари		Ҳисоб натижалари σ, МПа	Фарқи Δσ, %
	P, кН	σ _{max} , МПа		
1(t = 1,8мм)	586	148	158	-6,3
2(t = 3,8мм)	1280	153	164	-6,7

Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган намуналарнинг назарий ва экспериментдан олинган натижалари солиштирилди (2-жадвал).

Кучайтирилган қобиклар моделлари устида ўтказилган экспериментал тадқиқотларда олинган натижалар статистик таҳлил қилинди. Ҳисобларни бажаришда тасодифий қийматларнинг нормал тақсимланиш қонуни қўлланилди.

2-жадвал

Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган намуналарда назарий ва экспериментал натижаларнинг бир-бирига мослиги солиштириш (умумий устуворликни ва юк кўтариш қобилиятини йўқотиши ҳолатида)

Намуна №	Экспермент натижалари				Ҳисоб натижалари, σ	Фарқи $\Delta\sigma, \%$
	P	σ_{\max}	σ_{\max}^{cp}	$\Delta\sigma_{\max}$		
	кН	МПа				
1	1394	221		-4	230	-3,9
2	1467	233	225	8		+1,3
3	1386	220		-5		-4,4

Синов натижаларини статистик ишлаб чиқиш хатоликларнинг нормал тақсимланиш қонунини қўллаш имкониятини ва уларнинг ўртача квадратик фарқларининг нисбатан кичик қийматларига эга эканлигини кўрсатди.

Экспериментал тадқиқотларда олинган натижалар девори кучайтирилган қобиклар конструкцияларининг кўндаланг кесими геометрияси уларнинг кучайтирилмаган қобикларга нисбатан статик, қаршилиқ ва инерция моментларининг сезиларли даражада ортишига олиб келишини, бир хил металл сарфида конструкциянинг устуворлик ва юк кўтариш қобилиятларининг ортишига сабаб бўлишини тасдиқлади.

Диссертациянинг “**Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг устуворлиги ва мустаҳкамлиги**” деб номланган учинчи бобида конструктив ортотроп схема бўйича ишлайдиган ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини ҳисоблашнинг амалий-муҳандислик усулларини такомиллаштирилган. Таклиф этилган усуллар “Delphi” алгоритм тилида компьютерда ҳисоблаш дастурлари тузилган ҳамда ҳисоб натижалари сонли мисолларда кўриб чиқилган.

Қабул қилинган қоидаларга асосан, қобикнинг сиқилишдаги ёки эгилишдаги юк кўтариш қобилияти унинг маҳаллий устуворлигини йўқотиши билан аниқланади, чунки бунда вужудга келадиган критик кучланишлар конструкция материалининг ҳисобий қаршилигидан бирмунча кичик бўлади.

Қобикни ёйсимон панеллар билан кучайтириш унинг фазовий бикрлигини ошишига олиб келади, устуворликни йўқотиш ҳолатида қобик деворининг тўлқинсимон қабариш характери ўзгаради, натижада умумий устуворликни йўқотишдаги критик кучланишлар қиймати сезиларли даражада ортади. Бундан ташқари, асосий қобик ва кучайтирувчи панеллар ташкил этувчи ёпиқ контурнинг бурилишга бикрлиги катта бўлганлиги учун экспериментал тадқиқотларнинг кўрсатишича, асосий қобик алоҳида

панелларининг кучайтирувчи панеллар бирикиш чизиклари бўйлаб қистириб маҳкамланиш эффекти кузатилади. Бунинг натижасида, ушбу панелларнинг эни унча катта бўлмаганлиги учун маҳаллий устуворликни йўқотишдаги критик кучланишлар қиймати сезиларли даражада ортади. Шунини алоҳида таъкидлаш лозимки, қобикнинг ёйсимон панеллар билан кучайтирилиши унда мавжуд бўлиши мумкин бўлган бошланғич нуқсонларнинг критик кучланишларга таъсирини кескин камайтиради.

Конструктив ортотроп схема бўйича дискрет жойлашувчи ёйсимон панеллар билан кучайтирилган қобикнинг умумий устуворлигини ҳисоблашда кучайтирувчи ёйсимон панелларнинг чўзилишга (сиқилишга) ва эгилишга бикрлиги қобикнинг ушбу ёйсимон панеллар орасидаги участка узунлигида тақсимланиб - “ёйилиб” кетади. Амалий ҳисобларда бундай ҳисоб схемаси қўллаш учун жуда қулайдир.

Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг сиқилишдаги устуворлиги ва юк кўтариш қобилятини ҳисоблашнинг мазмун-моҳиятини қуйида баён этиладиган амалий усуллари ишлаб чиқишда мазкур тадқиқот ишида кўп йиллар давомида шаклланган.

Қабул қилинган ҳисоб схемасидан ташқари, панеллар билан кучайтирилган қобикларнинг амалий ҳисоб усуллари ишлаб чиқишда қуйидаги четланишлар киритилди:

- тўғри нормаллар гипотезаси асосий қобик ва уни кучайтирувчи ёйсимон панелларнинг тўлиқ барча кесимига тааллуқли деб қаралади;

- қобик ва ёйсимон панелларнинг ўзаро бирикиши вертикал пайвандланиш чизиклари бўйлаб амалга оширилади, туташини соҳасида ёйсимон панел қалинлиги ҳисобга олинмайди;

- асосий қобикнинг панеллари кучайтирувчи ёйсимон панелларнинг пайвандланиш чизиги бўйлаб бикр бириктирилган деб ҳисобланади;

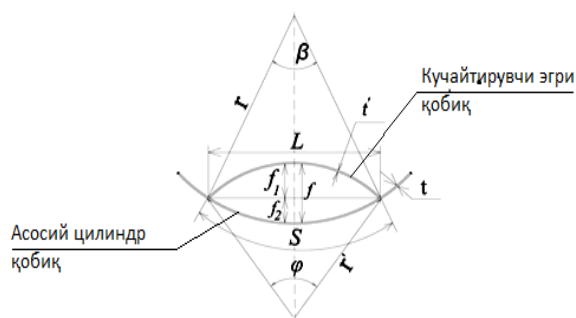
- қобикнинг шакли идеал деб қабул қилинади, турли хил нуқсонларнинг мавжудлиги, ҳисоблаш амалиётида қабул қилинганидек, натижаларга тузатиш коэффицентлари киритиш орқали ҳисобга олинади;

- кучайтирувчи ёйсимон панеллар оғирлик марказининг асосий қобик ўрта текислигига нисбатан силжиши ҳисобга олинмайди.

Конструктив-ортотроп схема бўйича ёйсимон панеллар билан кучайтирилган қобикларнинг критик кучланишларини аниқлаш учун реал ва эквивалент қобикларнинг элементи деформацияларининг тенглиги шартдан келтирилган қобик кўндаланг ва бўйлама кесимларининг келтирилган бикрлик параметрлари аниқланади. Кучайтирувчи ёйсимон панеллар асосий қобик билан биргаликда нисбатан катта юзани (f) камраб олади (9-расм). Бунинг натижасида улар қобикнинг буралишга бўлган бикрлигини сезиларли даражада оширади.

Ҳисобларда устуворликни йўқотишдаги критик кучланишларни ярим моментли назарияда қўлланилувчи четланишларни ҳисобга олган ҳолда аниқланади. Цилиндрсимон қобикларни умумий устуворликка момент-ли назария асосида ҳисоблашда Ритцнинг энергетик методи бўйича критик кучланишлар ҳисобланади. Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган

цилиндрик қобикларнинг марказий сиқилишдаги мустаҳкамли-гини ҳисоблашда умумий устувор-ликни йўқотишдаги критик кучла-нишлар аниқланади. Бутун қобикнинг юк кўтариш қобилияти кучайтирувчи ёйсимон панеллар ишини ҳисобга олган ҳолда топилади.



9-расм. Қобикнинг панел билан кучайтирилган кесимининг фрагменти

Юқорида баён қилинган усулда амалий ҳисобларни бажариш учун “Delphi” дастурлаш тилида компьютер дастури тузилди ва унинг воситасида сонли мисолларда конструкциялар ҳисоблари бажарилди. Марказий сиқилишга ишловчи цилиндрик қобикларни устуворликка ва мустаҳкамликка таклиф этилган усул бўйича ҳисоблаш назарий маълумотлар ва экспериментал тадқиқотларда олинган қийматларга қониқарли

даражада мос келувчи натижалар олиш имконини берди.

Диссертация тадқиқотлари доирасида баландлиги 2960 мм, диаметри 2800 мм, асосий қобикнинг қалинлиги 5 мм бўлган пўлат цилиндрик резервуарлар моделларининг иши «ANSYS» (АҚШ) компьютер дастури ёрдамида тадқиқ этилди. Ҳисобларда конструкциянинг хусусий оғирлиги, 10 МПага тенг ички ишчи босим ва 9 баллга тенг бўлган зилзила кучи таъсири эътиборга олинди. Тадқиқотлар деворлари силлиқ, кучайтирилмаган, ясовчилари бўйлаб вертикаль йўналишда листли пўлатлардан тайёрланган ёйсимон панеллар билан, прокат швеллерлар, тенг токчали букиб тайёрланган швеллерлар ва С-симон шаклдаги тенг токчали букиб тайёрланган профиллар билан асосий қобикнинг девори тўлиқ баландлиги бўйича кучайтирилган 5 турдаги моделларда бажарилди.

Тадқиқотларда асосий қобикнинг ва кучайтирувчи панелларнинг X, Y, Z ўқлари йўналишларидаги деформациялари, нормал ва уринма кучланишлари аниқланди ва таҳлил қилинди. Барча кўрсаткичлари бир хил бўлган ҳолда, ёйсимон панеллар ва прокат швеллерлар кўринишидаги кучайтирувчи ёйсимон панеллар самаралироқ бўлиши тасдиқланди. Техник-иқтисодий кўрсаткичлари бўйича цилиндрик панеллар билан кучайтириш бошқа усулларга нисбатан 8-14%га тежамли эканлиги аниқланди.

Диссертациянинг “**Тадқиқ этилган конструкцияларнинг техник-иқтисодий самарадорлиги**” деб номланган тўртинчи бобида таклиф этилаётган ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини ҳисоблаш усуллариининг иқтисодий самарадорлигини аниқлаш учун қурилиш-саноат амалиётида қўлланилувчи минорасимон қурилиш кранларининг ўзак конструкцияси, босимли сув минораларининг конструкцияси, ёритиш мачталарининг конструкцияси ва суюқликларни сақлаш резервуари конструкцияларининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари қиёсий жиҳатдан кўриб чиқилди. Тадқиқотларда олинган натижаларнинг иқтисодий жиҳатдан самарадорлиги амалдаги ҳисоблаш

усуллари ёрдамида асосланди.

Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобиқларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган усулларининг иқтисодий самарадорлигини аниқлаш учун қурилиш-саноат амалиётида кенг қўлланилувчи минорасимон қурилиш кранларининг қобиқ конструкцияси, босимли сув минораларининг цилиндрик конструкцияси, ёритиш мачталарининг конструкцияси ва суюқликларни сақлаш резервуари конструкциялари таққослаш учун қабул қилиб олинди.

Қаралаётган қобиқлар конструкциялари кучайтирилмаган ва ёйсимон панеллар билан ичкарасидан ясовчилари бўйлаб кучайтирилган вариантларда ишлаб чиқилган дастур бўйича ҳисоблаб чиқилди. Ҳисобларда улар қурилиш меъёрлари ва қоидалари талабларига жавоб бериши, яъни устуворлиги ва юк кўтариш қобилиятлари бўйича таққосланаётган вариантларда деярли бир хил кўрсаткичларга эга бўлиши асосий мезон қилиб олинди. Ҳисоб натижаларига кўра таққосланаётган вариантлар бўйича келтирилган кўрсаткичлар фарқи 3-5% дан ортмади.

Ҳисоблар натижаси шуни кўрсатадики, минорасимон кранларнинг юк кўтарувчи конструкцияларида панеллар билан кучайтирилган қобиқларнинг қўлланилиши 24,98%, сув минораларида 19,2%, ёритиш таянчида 20%, резервуарларда 33,67% металлни тежаш имконини берди.

Барча ҳисоблар Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлиги томонидан берилган 963871886411 кодли “QurQiyamatAsos” мажмуавий дастури асосида бажарилди.

ХУЛОСА

“Марказий сиқилишга ишловчи цилиндрсимон қобиқларнинг устуворлигини ва мустаҳкамлигини ошириш” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида куйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Цилиндрсимон қобиқларнинг устуворлиги ва мустаҳкамлигини ошириш учун мавжуд усуллари таҳлил қилинганда металл сарфини оптималлаштириш кераклиги аниқланди. Девори вертикал ёйсимон панеллар билан кучайтирилган янги цилиндрик қобиқ конструкцияси яратилди. Бу конструкция металл сарфини камайтириш имконини беради.

2. Цилиндрик қобиқларни ёйсимон панеллар билан кучайтириш орқали уларнинг бўйлама ҳам кўндаланг кесимларининг келтирилган бикрлик характеристикаларини (чўзилиш-сиқилишдаги, эгилишдаги ва бурилишдаги) сезиларли даражада ошириш имконини беради.

3. Кучайтирилган цилиндрсимон қобиқларни марказий ва номарказий сиқилишдаги устуворлиги ва мустаҳкамлигини ҳисоблашнинг амалий муҳандислик усуллари ишлаб чиқилди. Таклиф этилган ҳисоблаш усулларининг “Delphi” алгоритм тилида компьютер дастурлари тузилди ва сонли мисолларда текшириб кўрилди.

4. Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган қобиклар кесимларининг кучайтирилмаган қобикларга нисбатан бикрлигининг ортиши ҳисобига қобикларнинг умумий устиворлигини йўқотишдаги критик кучланишлар уларнинг устиворлигини 1,4 мартагача ва юк кўтариш қобилятини 1,5 мартагача ошириш имконини беради.

5. Тадқиқотлар натижаларининг тасдиқлашича, бундай конструкцияларда юк кўтариш қобилятини йўқотиши фақат кучайтирувчи панеллар ўзининг маҳаллий устиворлигини йўқотганидан кейингина содир бўлади. Шу сабабли, таклиф этилган кўринишда кучайтирилган қобикларда текис қобиклардан фарқли равишда, конструкцияни эксплуатация қилиш жараёнида юкларнинг кўзда тутилмаган миқдорларини ортиб кетиш ҳолларида тўсатдан бузилиш ҳавфи камайтириш имконини беради.

6. Таклиф этилётган қобикда устиворликни йўқотиш материалнинг ҳисобий қаршилигидан юқори кучланишларда, юк кўтариш қобилятини йўқотиши эса қобикларни тайёрлашда ишлатилган пўлатнинг оқувчанлик чегарасига мос келувчи юкларда содир бўлиши аниқланган.

7. Марказий ва номарказий сиқилиш ҳолатида ишловчи ёйсимон панеллар билан кучайтирилган қобикларнинг устиворлиги ва юк кўтариш қобилятини ҳисоблаш учун ишлаб чиқилган амалий ҳисоблаш усулларли статик юклар таъсири остида ўтказилган экспериментал тадқиқотларда олинган натижаларга қониқарли даражада мос келувчи натижалар беради.

8. Тақомиллаштирилган амалий усуллар ва ишлаб чиқилган ҳисоблаш дастурлари мавжуд минорасимон қобик конструкцияларни монтаж қилиш ва фойдаланиш жараёнида уларга сиқувчи юклар таъсир этганда ҳисоблаш имконини беради.

9. Ёйсимон панеллар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобик кўриниш-шидаги яхлит деворли минорасимон конструкциянинг устиворлиги ва юк кўтариш қобиляти назарий ва экспериментал тадқиқ этилган бўлиб, у юк кўтарувчи ва тўсиқ конструкция сифатида турли типдаги минорасимон иншоотларда қўллаш имконини беради.

10. Таклиф этилаётган конструктив ечим бўйича цилиндрсимон пўлат қобик иншоотларини лойиҳалаш Фарғона вилояти мисолида йилига 59,981 тонна пўлатни тежаш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.11.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ
СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ АРХИТЕКТУРНО - СТРОИТЕЛЬНОМ
ИНСТИТУТЕ, ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА, САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ АРХИТЕКТУРНО - СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ
И НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО - СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ**

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО - СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

ДАВЛЯТОВ ШОХРУХ МУРАТОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОЧНОСТИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК, РАБОТАЮЩИХ НА
ЦЕНТРАЛЬНОЕ СЖАТИЕ**

05.09.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

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

Ташкент – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2017.2.PhD/Т290.

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно–строительном институте.

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

Научный руководитель: **Акрамов Хуснитдин Ахрарович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Абдурашидов Кабул Садикович**
доктор технических наук, профессор

Шожалилов Шокомил
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ташкентский институт инженеров
железнодорожного транспорта**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 года в ___⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте, Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта, Самаркандском Государственном архитектурно-строительном институте и Наманганском инженерно-строительном институте (Адрес: 100011, г. Ташкент, ул. Абдулла Кодыри, дом №7. Тел.: (99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирована № ___). (Адрес: 100011, г. Ташкент, ул. Навои, дом №13. Тел.: (99871) 244-63-30; факс: (99871) 241-80-00).

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2019 года.

(Реестр протокола рассылки № ___ от «___» _____ 2019 года).

А.И. Адилходжаев

Заместитель председателя научного совета по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

Х.Х. Камилов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению ученых степеней, к.т.н., профессор

А.А. Ходжаев

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике при строительстве резервуаров различного назначения, водонапорных башен, телебашен, дымовых труб, башенных прожекторов, кранов и тому подобных инженерных сооружений применяют доминирующие в настоящее время конструкции металлических цилиндрических оболочек. С целью обеспечения эксплуатационной надежности металлических цилиндрических оболочечных конструкций в экономически развитых странах, таких как США, Германия, Япония, Россия, проводятся научные исследования, связанные с предотвращением деформаций конструкций, снижением расхода металла. В этом направлении особое внимание уделяется повышению несущей способности, сейсмичности и устойчивости цилиндрических оболочечных конструкций. В связи с этим одной из актуальных задач являются повышение приоритета оболочечных конструкций, оптимизация их форм и размеров, совершенствование методов расчета с разработкой новых и модернизацией существующих методов.

Проводимые в мировой практике исследовательские работы с целью обеспечения устойчивости, повышения прочности и оценки напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций требуют разработки практических инженерных методов расчета оптимальных конструктивных решений современных цилиндрических оболочечных конструкций, в которые встроены различные элементы с учетом повышения их прочности, устойчивости и деформации. При этом основной упор ставится на увеличение прочности и устойчивости металлических цилиндрических оболочек с ребрами.

В строительной практике республики реализуется широкий спектр мер по внедрению эффективных методов проектирования и расчета для повышения сейсмичности, устойчивости и срока эксплуатации специальных объектов, используемых в нефтегазовой промышленности и водоснабжении. Стратегия дальнейшего развития Республики Узбекистан на 2017–2021 годы определяет главные задачи, направленные на «реализацию целевых программ по развитию и модернизации строительства, дорожного, транспортного и инженерного ...»¹. Реализацией данной задачи является совершенствование практических и инженерных методов расчета при решении поставленных задач, в том числе в целях обеспечения устойчивости и прочности цилиндрических оболочек.

Данное диссертационное исследование служит выполнению задач, предусмотренных указами Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. УП-4947 «О Стратегии действий дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 28 сентября 2016 г. УП-2615 «О мерах по дальнейшему развитию строительной отрасли на 2016–2020 годы», а также от 8 августа 2017 г. УП-3182 «О приоритетных мерах по обеспечению быстрого социально-экономического развития регионов» и другими нормативно-правовыми актами.

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

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энергия и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Теоретические и экспериментальные исследования выдающихся ученых ведущих мировых научных школ, университетов и научно-исследовательских институтов направлены на проектирование и разработку усиления различными элементами цилиндрических конструкций корпусных башен в различных типах сооружений строительства и промышленности. Данными вопросами занимаются ученые L.H. Donnell, O.S. Neck, T. Karman, J.C. Yao, W. Flugge, Э.Л. Аксельрад, С.А. Амбарцумян, И.Я. Амиро, В.З. Власов, А.С. Вольмир, Г.Д. Гавриленко, В.И. Мацнер, Э.И. Григолюк, Е.А. Егоров, М.М. Жербин, В.В. Трофимович, С.Н. Кан, Д.Е. Липовский, А.И. Маневич, Х.М. Муштари, Г.Н. Рудых, О.И. Теребушко, С.А. Тимашев, С.П. Тимошенко, И.В. Хатчинсон, И.С. Амазиго, внесшие свой вклад в решение этих проблем.

Учеными нашей страны также проведен ряд исследований по обеспечению устойчивости оболочек. Ведущие ученые М.Т.Уразбоев, Т.Р.Рашидов, Х.А.Акрамов, С.Р.Раззаков, А.Абдусаттаров, Р.А.Абдукаримов, А.Д.Дусматов и другие исследователи добились значительных успехов в этой области.

Результаты предыдущих исследований апробированы в проектировании и строительстве башенных сооружений и данные опыта внесены в ряд рекомендаций, описывающих различные способы повышения надежности, прочности и устойчивости конструкций корпуса цилиндра. Установлено, что оптимальная толщина конструкций оболочек, используемых в строительстве, практически всегда обеспечивает их устойчивость. Большинство современных научных работ посвящено расчету и проектированию оболочек, усиленных различными элементами, а также исследованию их напряженно-деформационного состояния при осевом сжатии. Проблема потери устойчивости сооружений, обладающих тонкостенной структурой, очень сложна и трудно описывается четким аналитическим способом. Поэтому чрезвычайно велики роль и значение экспериментальных исследований в определении их прочностно-деформационного состояния. Важна также и роль теоретических и экспериментальных исследований по еще не изученной проблеме увеличения несущей способности цилиндрических оболочек со стенками-ребрами.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского архитектурно-строительного института по теме № 700 пр «Исследование технического состояния цилиндрических металлических оболочек с выводами и рекомендациями» (2011–2018 гг.).

Целью исследования является разработка практических методов расчета

устойчивости и несущей способности металлических конструкций цилиндрических оболочек с усилением стенками-ребрами.

Задачи исследования:

исследовать несущую способность и общую устойчивость при центральном сжатии конструкции оболочки цилиндрической формы;

разработать инженерные методы расчета несущей способности и устойчивости оболочек цилиндрической формы, усиленных ребрами, при центральном сжатии;

разработать инженерные методы для расчета несущей способности и общей устойчивости оболочек цилиндрической формы, усиленных ребрами, при внецентренном сжатии;

разработать эффективные программы ЭВМ для численного решения с целью оценки несущей способности и общей устойчивости конструкции оболочек цилиндрической формы, усиленных ребрами, при внецентренном сжатии.

Объектом исследования были приняты металлические оболочечные конструкции, работающие по ортотропной схеме.

Предмет исследования составляют устойчивость и несущая способность металлических оболочечных конструкций с усилением стенками-ребрами, работающих по ортотропной схеме.

Методы исследования. В процессе исследований при расчете и проектировании металлических конструкций использованы методы строительной механики, математического моделирования, обработки экспериментальных результатов, применены энергетические и достоверные вариационные методы Ритца и Тимошенко для численного расчета конструкций оболочек, а также методы анализа и сопоставления с результатами экспериментов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

прочность и устойчивость цилиндрической оболочки были увеличены за счет усиления ребрами (дугообразными панелями);

установлено, что время разрушения в цилиндрических оболочках, усиленных ребрами, от внешних нагрузок за счет повышения их несущей способности происходит за более длительный период;

усовершенствованы практические инженерные методы расчета устойчивости и несущей способности центрально - сжатых цилиндрических оболочек, усиленных ребрами, за счет включения жесткостных параметров дугообразных панелей;

в результате усиления цилиндрической оболочки дугообразными панелями разработана новая конструкция, обеспечивающая значительного уменьшение расхода металла.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан метод расчета определения прочности и устойчивости цилиндрической оболочки, усиленной дугообразными панелями, при центральном и внецентренном сжатии;

разработана конструкция резервуара нового типа, предназначенная для

хранения нефти и нефтепродуктов, с уменьшением расхода материала, увеличением устойчивости и прочности стенок цилиндрических оболочек с ребрами (дугообразными панелями) (патент полезной модели №FAP 01278 - 2018);

разработаны вычислительные программы, позволяющие автоматизировать процесс расчета общей устойчивости и прочности при центральном и внецентренном сжатии цилиндрических оболочек, усиленных ребрами.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных результатов исследования обусловлена тем, что общепринятые методы исследования и теоретические результаты были подтверждены практической информацией, использованием современных методов экспериментальных исследований, теоретическими расчетами, основанными на строительных нормах и правилах, а также соразмерностью и практичностью результатов экспериментальных и теоретических исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования обусловлена разработкой теории обеспечения прочности и устойчивости усиленных цилиндрических оболочек, принятых при проектировании новых современных усиленных конструкций оболочек, а также совершенствованием научных подходов, используемых при проектировании инженерных расчетов цилиндрических оболочек, путем введения параметров дугообразных панелей.

Практическая значимость результатов исследования заключается в практическом применении инженерного метода и компьютерной программы для определения общей устойчивости и несущей способности усиленной ребрами цилиндрической оболочки при центральном и внецентренном сжатии. Новый тип конструкции цилиндрической оболочки, усиленной дугообразными панелями, характеризуется высокой прочностью и меньшим расходом металла, отличными и стабильными характеристиками и уменьшением напряженно-деформированного состояния.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по повышению устойчивости и прочности цилиндрической оболочки при центральном сжатии:

получен патент на разработанную полезную модель нового типа конструкции резервуара агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (“Резервуар для хранения нефти и нефтепродуктов” №FAP 01278 – 2018 г.) и внедрен на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе при реконструкции цилиндрического резервуара для хранения нефтепродуктов (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан от 16 августа 2018 г. №2771/18-06). В результате получена возможность повышения устойчивости цилиндрического резервуара до 1,4 раза, несущую способность – до 1,5 раза;

методы расчета общей устойчивости и прочности цилиндрических стальных оболочек при сжатии были внедрены при проектировании реконструкции газгольдера на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе (Справка Министерства строительства Республики Узбекистан от 16 августа

2018 г. №2771/18-06). В результате время разработки проекта реконструкции сокращено в 1,2 раза, а также повышены качество работы и производительность труда;

новый тип конструкции цилиндрической оболочки, подкрепленной дугообразными панелями были внедрены в ООО «Фаргонафукоролойиха» при проектировании водонапорных башен в Бувайдинском районе Ферганской области (справка Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 20 августа 2018 г. №04/01-2838 и Министерства водных ресурсов Республики Узбекистан от 26 сентября 2018 г. №04/25-1741). В результате несущая способность и устойчивость водонапорной башни повышены до 1,5 раза, время расчета сокращено в 1,2 раза.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 2 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации всего опубликовано 29 научных работ. Из них 11 научных статей, в том числе 9 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD).

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи, определены объект и предмет исследований, соответствие исследования приоритетам науки и техники Республики Узбекистан, научная новизна и научно-практическое значение полученных результатов, их применение в строительной практике и исследованиях, приведены результаты публикаций и структура диссертации.

Первая глава диссертации, озаглавленная **«Краткое изложение исследовательских работ, посвященных исследованию напряженно-деформированного состояния стальных оболочек»** содержит аналитический обзор научных исследований по рассматриваемой теме в научно-технической литературе. Проанализированы результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в нашей стране и во многих зарубежных странах, по усилению различными способами стальных оболочек.

Конструкция оболочки, усиленная ребрами, проста в изготовлении и она состоит из трех элементов: основной оболочки, изготавливаемой способом вальцовки, подкрепляющих дугообразных панелей, изготавливаемых путем вальцовки или штамповки и имеющих меньший радиус кривизны, чем основная оболочка, и верхнего и нижнего фланцев, привариваемых к торцам основной оболочки и подкрепляющим панелям.

Потеря устойчивости неподкрепленных оболочек одновременно

приводит к потере несущей способности, при этом происходит внезапное разрушение конструкции. Вследствие этого толщина стенки оболочки которая требуется для обеспечения устойчивости, получается значительно больше чем толщина, достаточная для обеспечения несущей способности конструкции.

Для повышения устойчивости и несущей способности цилиндрических оболочек применяются различные способы их усиления, а также конструктивные меры, которые позволяют значительно повысить значение критических напряжений при потере устойчивости.

Цилиндрические оболочки усиливаются различными профилями при помощи соединения их заклепками, сваркой или путем приклеивания.

Конструктивные особенности вертикальных стальных резервуаров состоят в том, что их вертикальная очень тонкая стенка с точки зрения устойчивости и прочности считается наиболее слабым и уязвимым элементом. На тонкую стенку резервуара в период эксплуатации воздействует совокупность сжимающих нагрузок (собственный вес конструкции, снеговая, ветровая нагрузки, вакуум). Согласно ШНК 2.03.05-13, проверка устойчивости нагруженных цилиндрических оболочек производится по следующей формуле:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \leq \gamma_c. \quad (1)$$

Здесь: σ_1, σ_2 – соответственно напряжения, возникающие от продольных и кольцевых усилий; $\sigma_{cr1}, \sigma_{cr2}$ – соответственно продольные и радиальные критические напряжения; γ_c – коэффициент условия работы.

При расчете устойчивости цилиндрической стенки резервуара от воздействия ветровой нагрузки фактическая ветровая нагрузка заменяется эквивалентным вакуумным воздействием, определяемым по формуле

$$q_{eq} = k_w \cdot q_w \quad (2)$$

где q_w – максимальное значение активной части ветровой нагрузки; принимается $k_w=0,5$.

При исследовании устойчивости подкрепленных цилиндрических оболочек применяются два метода, отличающихся друг от друга при учете подкрепляющих панелей основной оболочки. По первому из них задача решается путем замены реальной конструкции с дискретно расположенными ребрами на конструкцию по ортотропной схеме, при этом жесткости ребер при растяжении (сжатии) и изгибе суммируются. Кроме того, как правило, вводятся дополнительно новые допущения.

Метод расчета устойчивости по конструктивно - ортотропной схеме считается относительно простым и вместе с тем достаточно приближительным. В последние годы в связи с широким применением компьютерных программ в инженерных расчетах при расчете устойчивости подкрепленных оболочек часто используется второй метод – метод учета дискретного расположения ребер.

Исследования в данной диссертационной работе направлены на разработку практических методов расчета устойчивости продольно разветвленных оболочек по устойчивости и несущей способности при осевом и

несимметричном сжатии с применением расчета по конструктивно - ортотропной схеме.

Во второй главе диссертации, озаглавленной “**Экспериментальные исследования напряженно - деформированного состояния цилиндрических оболочек**”, приведены результаты экспериментальных исследований устойчивости и несущей способности подкрепленных панелями цилиндрических оболочек, работающих по конструктивно - ортотропной схеме, и выполненных на уменьшенных моделях. Изложены сведения о методике исследования, использованных оборудовании, средствах измерения, опытных образцах и установках. Проанализированы данные, полученные в экспериментах, и сравнены с результатами теоретических расчетов. Проанализировано напряженно - деформированное состояние цилиндрических резервуаров, подкрепленных дугообразными панелями, работающими по конструктивно - ортотропной схеме.

Для исследования устойчивости и несущей способности цилиндрической оболочки, подкрепленной дугообразными панелями, была смоделирована в масштабе 1:4 реальная цилиндрическая оболочка диаметром 2800 мм и высотой 2960 мм. Модели были изготовлены в виде образцов с гладкой неподкрепленной стенкой и со стенкой, подкрепленной вертикальными дугообразными панелями.

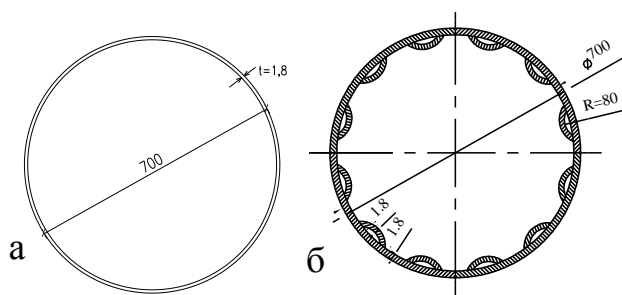


Рис.1. Поперечное сечение моделей:
а) неподкрепленная оболочка
б) оболочка с подкрепленной стенкой дугообразными панелями

Для образцов цилиндрических оболочек с гладкой стенкой были использованы стальные листы толщиной 1,8 и 3,8 мм. Для образцов с усиленной панелями стенкой использовали только стальные листы толщиной 1,8 мм (рис.1,а). При этом как для основной оболочки, так и для подкрепляющих панелей применялись одинаковые листы. Подкрепляющие панели приваривались непрерывным сварным швом по всей высоте стенки основной оболочки. Основная оболочка изготавливалась путем вальцовки цельного листа с размерами 2200x740 мм. Для образования круговой оболочки с закрытым контуром в нем предусматривался один вертикальный сварной шов. Дугообразные подкрепляющие панели путем вальцовки листов с размерами 108x740 мм приводились в форму сегмента, затем приварились к основной оболочке. В каждом образце количество дугообразных подкрепляющих панелей составляло 12 шт., между ними оставались неподкрепленные участки основной оболочки шириной 90 мм, количество которых также равно 12 шт. (рис.1,б).

Для резкого снижения влияния сжимающих сил при местном смятии в процессе испытания образцов оболочек были предусмотрены соединительные фланцы, учитываемые в реальных конструкциях оболочек. Фланцы имели кольцеобразную форму, ширина которых составляла 100 мм, толщина – 10 мм.

Фланцы были соединены со стенкой образцов оболочек с двух сторон непрерывными сварными швами. Для соблюдения центрального приложения нагрузки центральная горизонтальная ось кольцевых фланцев обеспечивалась наложением кольцевой оси, проходящей по центру тяжести основной оболочки и подкрепляющих панелей. Фланцы состоят из трех сегментов и соединяются со стенками резервуара таким образом, что нагрузка передается на стенки оболочки только через фланцы.

Модели изготовлены из стальных листов марки ВСтЗпс5 (ГОСТ 19903-2015), произведенных на Бекабадском металлургическом заводе.

Для измерения деформаций, возникающих в стенках моделей использовали тензорезисторы на пленочной основе типа “Strain gauges”. База тензорезисторов равна 5 мм, они приклеивались посредством суперклея БФ-2 на заранее очищенную основу (рис.2). Для регистрации показателей тензорезисторов концы выходящих из них проволок приваривались к концам передающих кабелей.

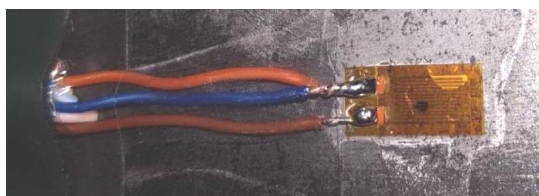


Рис 2. Установка приклеиванием тензодатчика к поверхности оболочки

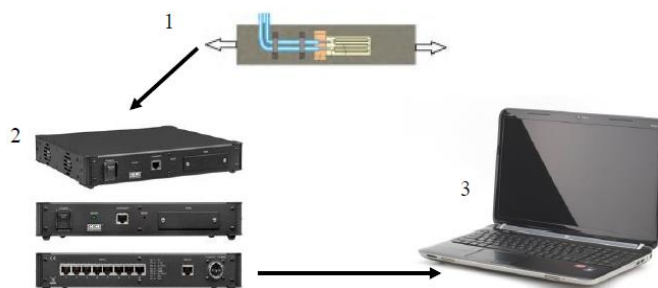


Рис.3. Структурная схема измерительных средств

Образцы моделей оболочек испытывались до разрушения на 100 тонном с диапазоном измерения 0–100 ($\delta \pm 2\%$) гидравлическом прессе №4305 типа “Litostroj”, произведенном в Югославии, и на 400 – тонном гидравлическом прессе типа “Emanuel Presse”, произведенном в Италии, принадлежащим ООО “Евразия ТАПО-Диск”.

Регистрация показателей тензорезисторов в процессе испытания осуществлялась при помощи установки Model 8000 компании Micro-Measurement, программного пакета и ноутбука “Lenovo”.

Схема измерительных средств приведена на рис.3: напряжение от тензорезистора 1 передается на аналогово-цифровую тензометрическую аппаратуру 2, где усиленный сигнал нумеруется и регистрируется в жестком диске персонального компьютера 3.

Перед испытанием все модели цилиндрических оболочек проходили контрольную проверку. Все размеры моделей сравнивались с проектными и проверялись на наличие начальных дефектов во время подготовки, проверялось и качество сварных соединений. Контрольные проверки показали, что размеры всех моделей в основном соответствуют проектным, обнаруженные дефекты не превышали 0,5 мм. Качество моделей полностью соответствует требованиям и может считаться идеальной оболочкой.

На все образцы моделей, согласно схемам на чертежах, устанавливались тензорезисторы, соединялись с передающими кабелями и приводились к

готовности к испытаниям. Для центровки под прессом на всех моделях в их верхней и нижней частях ставились риски. После этого образцы оболочек устанавливались на нижнюю плиту испытательных прессов. Для устранения влияния возможных неровностей на процесс передачи нагрузки и равномерного распределения сжимающей силы на стенки оболочек использовались древесностружечные плиты, полностью охватывающие верхние и нижние фланцы моделей. После этого соединительные кабели, подведенные к концам проволок тензорезисторов через специальную установку, присоединяли к компьютеру. До приложения нагрузки записывались начальные отсчеты. После этого для нейтрализации возможно возникающих различных деформаций и напряжений в образцах оболочки нагружались нагрузкой, равной 5-7% расчетной разрушающей нагрузки и по всем точкам записывались показания приборов. После проверки центровки оболочки нагрузку полностью снимали. Разница деформации симметрично противоположно расположенных точек при центровке образцов не превышала 2-3%.

В начале основных испытаний по всем тензорезисторам, установленным на различных точках, снимали начальные показатели и проводили нагружение образца. Нагружение производилось поэтапно. Этапная нагрузка составляла 10-14% от расчетной разрушающей нагрузки. Скорость нагружения равнялась 20-24 кН/мин. При нагружении этапной нагрузкой по тензорезисторам на всех точках автоматически регистрировались изменения величины деформации. После достижения определенной величины нагрузки регистрировались значения деформации и поддерживалась такая нагрузка, время которой составляло до 15 мин. Как при нагружении, так и при удерживании нагрузки в данном положении записывались показания тензорезисторов. После стабилизации деформации в конце этапа также записывались окончательные показания. После этого начинался следующий этап нагружения и повторялись все операции. Таким образом, увеличивали величину нагрузки. После окончания каждого этапа нагружения тщательно проверялись поверхности образцов и оболочек, фиксировались изменения – выпуклости, вмятины и другие видимые изменения. После превышения величины нагрузки 60% от разрушающей нагрузки такие проверки осуществлялись непосредственно и в процессе нагружения. После начала испытания до появления признаков потери устойчивости осуществлялись 7-8 этапов нагружения, а затем до потери несущей способности еще 1-2 этапа.

Испытания неподкрепленной модели оболочки с гладкой стенкой на устойчивость и несущую способность позволили определить напряженно-деформированное состояние опытного образца, величину нагрузок при потере устойчивости и несущей способности (рис.4). При меньших значениях действующей нагрузки на образец (на 1-5 этапах нагружения) значения величины напряжений в стенках моделей были небольшими, проявилось сопротивление металла оболочки как идеально упругого материала. Развитие деформации в зависимости от величины нагрузки полностью соответствовало графику “ σ - ε ” стали при растяжении и сжатии. При превышении величины нагрузки 70% от расчетной разрушающей нагрузки наблюдалось значительное

ускорение развития деформаций. При испытании установлено, что значения деформаций (напряжений), измеренные по различным точкам образцов оболочек, не одинаковые: разница в значениях максимальных и минимальных напряжений составила от 4 до 8%.

При нагрузках 94–96% от разрушающей появились признаки потери местной устойчивости оболочки, при этом сообразно характеру развития напряжений вмятины образовались сначала в нижней части образца, затем – в средней части высоты и в последнюю очередь – в верхней части. После этого, превышение нагрузки еще на 4–6% привело к потере общей устойчивости и одновременно к исчерпанию несущей способности. Период от начала потери устойчивости до разрушения был очень кратковременным: на этом этапе шло стремительное развитие деформаций при увеличении нагрузки.

Характер напряженно-деформированного состояния подкрепленных моделей оболочек при центральном сжатии значительно отличалось от напряженно-деформированного состояния гладких моделей (рис.5). При этом при малых значениях действующей нагрузки на образец (на 1–6 этапах нагружения) как в основной оболочке, так и в подкрепляющих панелях значения напряжений были небольшими и наблюдалось сопротивление стали как идеально упругого материала. Только после превышения величины действующей нагрузки 80% от разрушающей происходило более ускоренное развитие деформаций. Наибольшие напряжения регистрировались на самой нижней части образцов оболочек, в средней части высоты значения напряжений составили несколько меньшие величины, а в верхней части их значения были совсем малыми. В общем, разница в значениях напряжений различных точек составила 3–6%.

При значениях нагрузки 88–92% от разрушающей на участках основной оболочки между подкрепляющими панелями началось образование признаков потери местной устойчивости. На этих образцах также в соответствии с характером развития напряжений появлялись вмятины сначала в нижней части конструкции, затем – в средней части высоты и в последнюю очередь – в верхней части. После этого в результате увеличения нагрузки на 4–6% и на подкрепляющих панелях тоже появились признаки потери местной устойчивости. На подкрепляющих панелях эти признаки также появлялись сначала в нижней части конструкции, затем – в средней части высоты и в последнюю очередь – в верхней части. Время после начала потери устойчивости до начала потери несущей способности было значительно продолжительным по сравнению с неподкрепленными гладкими оболочками. На данном этапе развитие деформаций в зависимости от увеличения нагрузки было существенно медленным.



Рис.4. Вид неподкрепленной гладкой модели оболочки МРГ после испытания

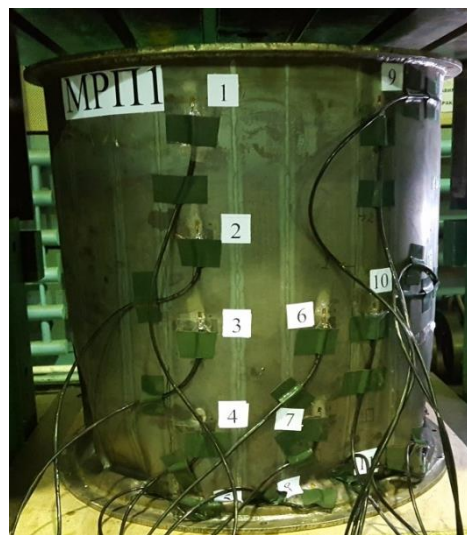


Рис.5. Вид подкрепленной дугообразными панелями образца оболочки МРП-1 после испытания

Графики изменения деформаций стенок моделей, изготовленных из листов толщиной 1,8 мм, в зависимости от нагрузки приведены на рис.6, для моделей, изготовленных из листов толщиной 3,8 мм, – на рис.7.

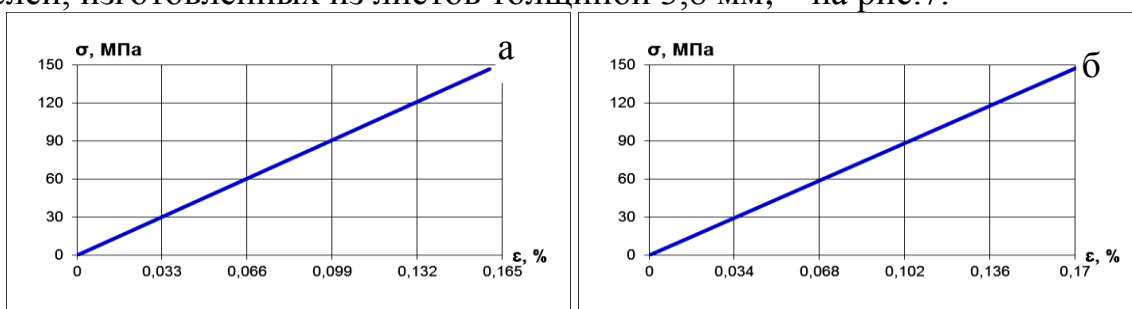


Рис.6. Графики изменения характерных точек “относительная деформация–нормальное напряжение” неподкрепленных стенок моделей, изготовленных из листов толщиной 1,8 мм: а–верхняя точка; б–нижняя точка

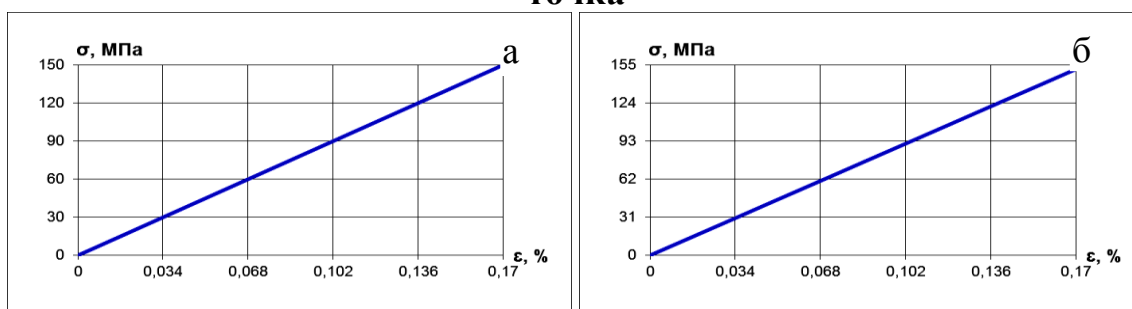


Рис.7. Графики изменения характерных точек “относительная деформация–нормальное напряжение” неподкрепленных стенок моделей, изготовленных из листов толщиной 3,8 мм: а–верхняя точка; б–нижняя точка

Графики изменения деформаций усиленных панелями стенок моделей в зависимости от нагрузки также построены по результатам измерений по показаниям тензорезисторов в процессе испытаний (рис. 8).

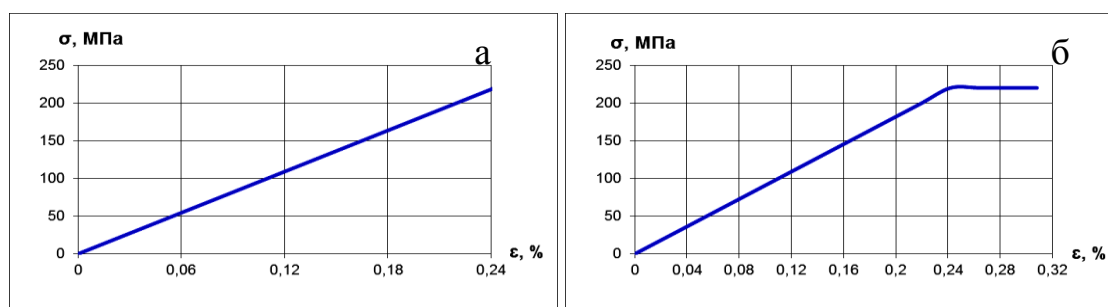


Рис.8. Графики изменения характерных точек “относительная деформация–нормальное напряжение” подкрепленных стенок модели МРП-1: а–верхняя точка; б–нижняя точка

Результаты, полученные теоретическими и экспериментальными исследованиями на образцах с гладкой стенкой, сравнивались с оболочками с подкрепленными стенками. При этом разница между результатами расчетов и экспериментальными составила 4–7% (табл. 1).

Таблица 1

Результаты испытания образцов оболочек с гладкой неподкрепленной стенкой (при потере общей устойчивости и несущей способности)

№ образца	Результаты эксперимента		Результаты расчета σ , МПа	Разница $\Delta\sigma$, %
	P, кН	σ_{\max} , МПа		
1 ($t = 1,8\text{мм}$)	586	148	158	-6,3
2 ($t = 3,8\text{мм}$)	1280	153	164	-6,7

Сравнивались также результаты, полученные теоретическими и экспериментальными исследованиями, на образцах с подкрепленными стенками (табл. 2).

Результаты, полученные при экспериментальных исследованиях на образцах подкрепленных моделей, обрабатывались и статистически были проанализированы. При выполнении расчетов применялся закон нормального распределения случайных величин.

Таблица 2

Сравнение теоретических и экспериментальных результатов исследований образцов оболочек с подкрепленными панелями стенок (при потере общей устойчивости и несущей способности)

№ образца	Результаты эксперимента				Результаты расчета, σ	Разница $\Delta\sigma$, %
	P	σ_{\max}	σ_{\max}^{cp}	$\Delta\sigma_{\max}$		
	кН	МПа				
1	1394	221		-4	230	-3,9
2	1467	233	225	8		+1,3
3	1386	220		-5		-4,4

Статистическая обработка результатов испытаний показала возможность применения нормального распределения ошибок, при этом средние квадратичные отклонения имеют относительно меньшие значения.

Результаты, полученные в экспериментальных исследованиях, подтверждают, что геометрия поперечного сечения оболочечных конструкций с

подкрепленными стенками приводит к значительному увеличению статического момента, момента сопротивления и момента инерции по сравнению с неподкрепленными оболочками: при одинаковых затратах металла конструкция будет иметь более высокую устойчивость и несущую способность.

В третьей главе диссертации под названием **«Устойчивость и прочность цилиндрических оболочек, усиленных дугообразными панелями»** усовершенствованы практические инженерные методы расчета устойчивости и несущей способности цилиндрических оболочек с подкрепленными дугообразными панелями стенками, работающих по конструктивно-ортотропной схеме. На алгоритмическом языке “Delphi” были составлены компьютерные программы предлагаемых методов, а также рассмотрены результаты расчетов на численных примерах.

Согласно принятым правилам, несущая способность оболочки при сжатии или изгибе определяется ее потерей местной устойчивости, так как возникающие при этом критические напряжения оказываются несколько меньше, чем расчетное сопротивление материала конструкции.

Подкрепление оболочки дугообразными панелями приводит к повышению ее пространственной жесткости. При потере устойчивости меняется характер волнообразного выпучивания стенки оболочки, в результате значение критических напряжений при потере общей устойчивости значительно возрастает. Кроме того, благодаря повышенной жесткости кручению закрытого контура, образуемого стенкой основной оболочки и подкрепляющими панелями, как показывали экспериментальные исследования, наблюдается эффект жесткого защемления подкрепляющих панелей к основной оболочке по линии соединения. В результате этого и благодаря небольшой ширине этих панелей при потере местной устойчивости величины критических напряжений существенно возрастают. Следует особо отметить, что подкрепления оболочки дугообразными панелями резко снижает влияние возможных начальных несовершенств на величину критических напряжений.

При расчете общей устойчивости оболочки, работающей по конструктивно ортотропной схеме с дискретно расположенными дугообразными панелями, жесткость дугообразных панелей на растяжение (сжатие) и изгиб распределяется, т.е. размывается, по длине участка оболочки между этими дугообразными панелями. Применение такой схемы при практических расчетах очень удобно.

Суть расчета устойчивости и несущей способности цилиндрических оболочек, подкрепленных дугообразными панелями при сжатии, о чем будет изложено далее сформулирована в научно-исследовательских работах многих известных ученых. При разработке практических методов расчета для усиленных панелями оболочек, кроме расчетных схем, приняты следующие допущения:

- считается, что гипотеза прямых нормалей относится ко всей оболочке и ко всему сечению, усиленных дугообразными панелями;
- соединение корпуса и наружных панелей осуществляется по вертикальным линиям сварки, толщина дугообразной панели в зоне соединения не учитывается;

- считается, что панели основной оболочки соединены жестко по линии сварки с усиливающими дугообразными панелями;

- форма оболочки считается идеальной, наличие различных дефектов учитывается путем введения к результатам поправочных коэффициентов, как принято в практике расчетов;

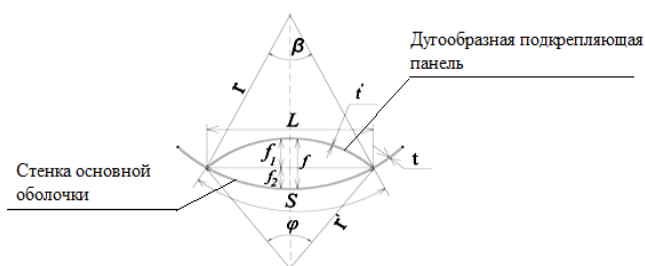
- смещение центра тяжести усиленной дугообразной панели относительно средней плоскости основной оболочки не принимается во внимание.

Для определения критических напряжений, усиленных дугообразными панелями оболочек, по конструктивно-ортотропной схеме от равенства деформации элементов реальных и эквивалентных оболочек определяются параметры приведенных жесткостей поперечного и продольного сечения оболочек. Усиливающие дугообразные панели с основными оболочками охватывают относительно большую поверхность (f) (рис.9). В результате они значительно повышают жесткость оболочек на кручение.

В расчетах при потере устойчивости критические напряжения определяются с учетом отклонения применяемого в полумоментных теориях.

При расчете цилиндрических оболочек на общую устойчивость на основе по моментной теории критическое напряжение рассчитывается энергетическим методом Ритца. При расчете цилиндрических оболочек на центральное сжатие, усиленное дугообразными панелями, определяются критические напряжения при потере общей устойчивости. Несущая способность всей оболочки определяется с учетом работы усиливающих дугообразных панелей.

В описанном выше методе компьютерная программа была создана на



языке программирования “Delphi” для выполнения практических вычислений. Вычисления выполнены на нескольких примерах расчета конструкции. Расчет цилиндрических оболочек, работающих на центральное сжатие, предложенным методом, устойчивости и прочности позволил получить удовлетворительно

Рис.9. Фрагмент сечения оболочки, усиленной панелью

совпадающие результаты с теоретическими данными и экспериментальными исследованиями.

В рамках диссертационного исследования изучена работа моделей стальных цилиндрических резервуаров высотой 2960 мм, диаметром 2800 мм и толщиной оболочки 5 мм с использованием компьютерной программы «ANSYS» (США). В расчетах учтены удельный вес конструкции, воздействие внутреннего давления, равного 10 МПа, и сила землетрясения при 9 баллах. Исследования выполнялись на 5 типах моделей: с гладкими стенками, неусиленные, изготовленные из листовых сталей по вертикальным образующим направлениям и усиленные по всей высоте стенки основной оболочки с дугообразными панелями, прокатными швеллерами, равнополочными гнутыми швеллерами и С-образными гнутыми равнополочными профилями.

В исследованиях основной оболочки и усиливающих панелей по направлению осей X, Y, Z определены и проанализированы деформации, нормальные и касательные напряжения. Если все показатели одинаковы, то подтверждается, что дугообразные панели и панели в виде прокатных швеллеров будут более эффективными. Установлено, что технико-экономические показатели цилиндрических панелей на 8–14% эффективнее, чем при использовании других методов.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной “**Технико-экономическая эффективность исследованных конструкций**”, для определения экономической эффективности предложенных методов расчета устойчивости и несущей способности цилиндрических оболочек, подкрепленных дугообразными панелями, в сравнительной аспекте рассматривались технико-экономические показатели широко используемых в практике строительства и промышленности конструкций ствола башенных строительных кранов, водонапорных башен, осветительных мачт и резервуара для хранения жидкостей. Экономическая эффективность полученных в исследованиях результатов обосновывалась посредством методов расчета, применяемых на практике.

При определении экономической эффективности усовершенствованных методов расчета устойчивости и несущей способности цилиндрических оболочек подкрепленных дугообразными панелями, для сравнения применялись широко используемые на практике строительства и промышленности оболочечная конструкция башенных строительных кранов, цилиндрическая конструкция водонапорных башен, конструкция осветительных мачт и конструкция резервуара для хранения жидкостей.

Рассматриваемые конструкции оболочек рассчитывались в вариантах без усиления стенок и в варианте с усилением стенок изнутри дугообразными панелями вдоль образующих по разработанным компьютерным программам. В расчетах принималось в качестве основного критерия их полное соответствие положениям строительных норм и правил, т.е. по всем вариантам конструкции будут иметь практически одинаковые параметры по устойчивости и несущей способности. Согласно результатам расчетов, разница в основных показателях по сравниваемым вариантам не превышала 3–5%.

Результаты расчетов показали, что применение подкрепленных панелями оболочек в конструкциях башенных кранов дает возможность сэкономить металла в объеме 24,98%, в конструкциях водонапорных башен – 19,2%, в осветительных мачтах – 20%, в резервуарах – 33,67%.

Все расчеты были выполнены на основе комплексной программы под кодом 963871886411 «QurQymatAsos», разработанной Министерством строительства Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов по диссертации доктора философии (PhD) на тему: «Повышение устойчивости и прочности цилиндрических оболочек, работающих на центральное сжатие» были сформулированы следующие выводы:

1. Анализ существующих способов повышения устойчивости и прочности цилиндрических оболочек выявил необходимость снижения расхода металла. Была создана новая конструкция цилиндрической оболочки, подкрепленная вертикальными дугообразными панелями. Такая конструкция обеспечивает снижение расхода металла.

2. Усиление цилиндрических оболочек с дугообразными панелями позволяет значительно увеличить приведенные жесткостные характеристики их продольных и поперечных сечений (при растяжении-сжатии, изгибе и кручении).

3. Разработаны практические инженерные методы расчета устойчивости и прочности подкрепленных цилиндрических оболочек при центральном и внецентренном сжатии. Составлены компьютерные программы предложенных методов расчета на алгоритмическом языке «Delphi» и проверены на численных примерах.

4. За счет повышения жесткости сечений подкрепленных дугообразными панелями оболочек критические напряжения увеличиваются и их устойчивость повышается до 1,4 раза, а несущая способность—до 1,5 раза по сравнению с неподкрепленными оболочками.

5. Как подтвердили результаты исследований, потери несущей способности таких конструкций происходят только после того, когда подкрепляющие панели теряют свою местную устойчивость. Благодаря этому в конструкциях, усиленных предлагаемым способом, в отличие от гладких оболочек в случаях непредвиденного превышения нагрузок при эксплуатации появляется возможность снижения внезапного разрушения.

6. В предлагаемой оболочке потеря устойчивости происходит при напряжениях, превосходящих расчетное сопротивление материала, а потеря несущей способности происходит при напряжениях, соответствующих пределу текучести стали, использованной для изготовления оболочки.

7. Разработанные практические методы расчета для определения устойчивости и несущей способности подкрепленных панелями оболочек, работающих в условиях центрального и внецентренного сжатия, дали удовлетворительно совпадающие результаты с результатами экспериментальных исследований, проведенных при действии статических нагрузок.

8. Усовершенствованные практические методы расчета и разработанные программы расчета дают возможность рассчитывать имеющиеся башенные оболочечные конструкции в условиях воздействия сжимающих нагрузок в процессе их монтажа и эксплуатации.

9. Выполнены теоретические и экспериментальные исследования устойчивости и несущей способности подкрепленных дугообразными панелями конструкции цилиндрических оболочек башенного типа с цельными стенками, которые могут быть применены в качестве несущих и ограждающих конструкций в башенных сооружениях.

10. Проектирование стальных цилиндрических каркасных конструкции по предлагаемому конструктивному решению в Ферганской области позволит сэкономить 59,981 т стали в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27.06.2017.T.11.01 AT TASHKENT ARCHITECTURE AND
CONSTRUCTION INSTITUTE, TASHKENT RAILWAY TRANSPORT
ENGINEERS INSTITUTE, SAMARKAND STATE ARCHITECTURE AND
CONSTRUCTION INSTITUTE AND NAMANGAN
ENGINEERING - CONSTRUCTION INSTITUTE**

TASHKENT ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION INSTITUTE

DAVLYATOV SHOKHRUKH MURATOVICH

**INCREASE OF THE STABILITY AND STRENGTH OF THE
CYLINDRICAL SHELLS, WORKING FOR THE CENTRAL
COMPRESSION**

05.09.01 – Building constructions, buildings and structures

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

Tashkent-2019

The subject of doctor of philosophy dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan № B2017.2.PhD/T290.

The dissertation is carried out at the Tashkent Architecture and Construction Institute.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on web-page of Scientific Council at the address (www.taqi.uz) and information – educational portal «ZiyoNet» at the address (www.ziynet.uz).

Scientific adviser:

Akramov Husnitdin Ahrorovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Abdurashidov Kobil Sadikovich
doctor of technical sciences, professor

Shojalilov Shokomil
candidate of technical sciences, Assistant Professor

Leading organization:

Tashkent Railway Transport Engineers Institute

The defense of the dissertation will take place on «___» _____ 2019 at ___⁰⁰ o'clock at a meeting of Scientific Council DSc.27.06.2017.T.11.01 at Tashkent Architecture and Construction Institute, Tashkent Railway Transport Engineers Institute, Samarkand State Architecture and Construction Institute and Namangan Engineering – Construction Institute. (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 13. Phone.: (99871) 241-80-00, e-mail: taqi_atm@edu.uz).

The dissertation is registered in Information-resource center (IRC) of Tashkent Architecture and Construction Institute (registration number № ____). (Address: 100011, Tashkent, Navoi street, 13. Phone.: (99871) 244-63-30; Fax: (99871) 241-80-00).

Abstract of the dissertation sent out on «___» _____ 2019 year.

(mailing report № ____ on «___» _____ 2019 year).

A.I. Adilhodjaev

Deputy of the chairman of the Scientific Council for awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

H.H. Komilov

Scientific secretary of Scientific Council for awarding scientific degrees, Candidate of Technical Sciences, Professor

A.A. Hodjaev

Chairman of the academic seminar under the Scientific Council for awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the study is developing practical methods for calculating the strength and carrying capacity of metal structures of a cylindrical shell with reinforced wall ribs.

The objectives of the study are:

-to investigate of the carrying capacity and overall strength under central compression of a cylindrical shell structure;

-to develop engineering methods for calculating of the carrying capacity and strength of the cylindrical shells reinforced by the ribs, under the central compression;

-to develop engineering methods for calculating of the carrying capacity and overall strength of the cylindrical shell reinforced by the ribs, under the off-center compression;

-to develop effective computer programs for numerical solution for assessing of the carrying capacity and overall strength of the structures of the cylindrical shells reinforced by the ribs.

The objects of the study are metal shell structures working on the orthotropic scheme.

The subject of the study is the structure of the steel shell with increased bearing capacity and strength due to its reinforcement, which works on the orthotropic scheme.

The scientific novelty of the study is as follows:

the strength and stability of the cylindrical shell are increased due to the ribs (arc-like panel);

it is found that in such structures there does not occur an instantaneous destruction. In shells reinforced with arc-like panels, the destruction occurs over a longer period;

practical engineering methods for calculating the stability and carrying capacity of centrally compressed elements have been improved due to the introduction of the parameters reinforced by the ribs;

due to the reinforcement of the cylindrical shell with arc-like panels, a new structure has been developed, which provides a significant reduction in metal consumption.

The outline of thesis. Based on the results of the doctoral dissertation (PhD) on the topic: "Improving the stability and strength of cylindrical shells working for central compression" the following conclusions have been made:

1. An analysis of existing methods to increase the stability and strength of cylindrical shells has revealed the need to optimize the metal consumption. A new structure of a cylindrical shell has been created, supported by vertical arc-like panels. This design allows one to reduce the metal consumption.

2. Strengthening of the cylindrical shells with arc-like panels allows to significantly increase the rigidity characteristics of their longitudinal and cross sections (under tension-compression, deflection and torsion).

3. Practical engineering methods have been developed for calculating the stability and strength of the reinforced cylindrical shells under the central and off-central compression. Computer programs of the proposed calculation methods in the algorithmic language "Delphi" have been compiled and tested on numerical examples.

4. Due to increase in the rigidity of the cross-sections of shells supported by arc-like panels, the critical stresses increase and their stability increases up to 1,4 times, and the carrying capacity up to 1,5 times as compared to unsupported shells.

5. As confirmed by the research results, the loss of bearing capacity of such structures occurs only after the reinforcing panels lose their local stability. Due to this, in structures reinforced by the proposed method, in contrast to smooth shells, in cases of unforeseen excess loads during operation, it becomes possible to reduce the sudden destruction.

6. In the proposed shell, the loss of stability occurs at stresses exceeding the design resistance of material and the loss of bearing capacity occurs at stresses corresponding to the yield strength of the steel used in shell manufacturing.

7. The developed practical calculation methods for determining the strength and carrying capacity of the shells supported by the panels, working under conditions of central and off-central compression, gave satisfactory agreement with the results of experimental studies conducted under static loads.

8. Improved practical methods of design and developed programs make it possible to calculate the existing tower shell structures under the effect of compressive loads during their installation and operation.

9. Theoretical and experimental studies of the stability and carrying capacity of the cylindrical tower shells with solid walls supported by arc-like panels have been carried out; they can be used as bearing and enclosing structures in tower constructions.

10. Designing of the steel cylindrical frame structures for the proposed design solution in the Fergana region will save 59.981 tons of steel per year.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

- 1 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Бўйлама сегментсимон бикрлик қобирғали цилиндрик қобикнинг устуворлиги // ФарПИ Илмий техник журнал. – Фарғона, – 2015. – №2. б. 44–47. (05.00.00; №20)
- 2 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Панеллар билан кучайтирилган цилиндрик пўлат қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилятини ҳисоблаш // Ўзбекистон Республикаси фанлар академияси “Механика муаммолари” Ўзбекистон журнал. Тошкент, – 2015. №3–4. б. 16–21. (05.00.00. №6)
- 3 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Бўйлама четлари бўйича бикр маҳкамланган доиравий цилиндрик пўлат панелларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобиляти// “Архитектура. Қурилиш. Дизайн.” илмий-амалий журнал. Тошкент, – 2015. – №4. б. 24–29. (05.00.00; №4)
- 4 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Тухтаназаров Б.К. Устойчивость цилиндрической оболочки // ФарПИ Илмий техник журнал. Фарғона, 2016. – №1. б. 151–154 (05.00.00; №20)
- 5 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Calculation of cylindrical shells of tower type, reinforced along the generatrix by circular panels // European science review Scientific journal. Austria, –2016. –№ 3–4. – p. 283–286. (05.00.00; №3)
- 6 Давлятов Ш.М. Study of functioning of reservoirs in the form of cylindrical shells // European Science Review Scientific journal. Austria, –2016. –№9-10. –p. 181–184. (05.00.00; №3)
- 7 Давлятов Ш.М. Исследование работы резервуаров в виде цилиндрических оболочек // “ТошТЙМИ хабарномаси” илмий – техник журнал, Тошкент – 2017. – №1. –б. 66–72. (05.00.00; №11)
- 8 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Практический метод расчета цилиндрических оболочек // “Меъморилик ва қурилиш муаммолари илмий – техник” журнал, Самарқант – 2017. –№1. –б. 134–139. (05.00.00; №14)
- 9 Давлятов Ш.М., Махкамов Й.М. Расчет надежности цилиндрического резервуара статистическим методом // “Архитектура. Қурилиш. Дизайн.” Илмий-амалий журнал, Тошкент – 2017. –№1–2. б. 73–78. (05.00.00; №4)
- 10 Давлятов Ш.М., Махкамов Й.М. Расчет цилиндрических оболочек башенного типа подкрепленных вдоль образующих куруговыми панелями // “ФарПИ Илмий-техник” журнал, Фарғона – 2017. –№2. б. 47–51. (05.00.00; №20)
- 11 Дусматов А.Д., Отабоев А.Б., Давлятов Ш.М. Прочность и устойчивость трехслойных стеклопластиковых комбинированных оболочек с учетом межслоевых сдвигов // “ФарПИ Илмий-техник” журнал, Фарғона – 2018. –№3. б. 171–174. (05.00.00; №20)
- 12 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М., Хазраткулов У.У. Методы расчета общей устойчивости цилиндрических оболочек, подкрепленных в продольном направлении цилиндрическими панелями // “Молодой учёный” Международный научный журнал. Москва. –2016. – №7. –С. 29–33.

- 13 Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Нефть ва нефть маҳсулотларини сақлашга мўлжалланган резервуар // Фойдали моделга патент Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги №FAP 01278. Тошкент. 31.01.2018.
- 14 Давлятов Ш.М. Панеллар билан кучайтирилган цилиндрсимон қобикнинг марказий сиқилишдаги умумий устуворлигини ҳисоблаш дастури // ЭҲМ учун дастури муаллифлик гувоҳномаси Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги DGU 04094 Тошкент. 07.12.2016.
- 15 Давлятов Ш.М. Девори кучайтирилган пўлат резервуарларнинг марказий ва номарказий сиқилишдаги устуворлигини ҳисоблаш дастури // ЭҲМ учун дастури муаллифлик гувоҳномаси Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги DGU 04258 Тошкент. 28.02.2017.
- 16 Давлятов Ш.М., Махкамов Й.М., Давлятов М.А., Мухамедов Ш.Т. Босим остида ишловчи цилиндрик пўлат резервуарларни мустаҳкамликка ва коррозияланиш тезлигини ҳисоблаш дастури // ЭҲМ учун дастури муаллифлик гувоҳномаси Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги DGU 05340 Тошкент. 30.05.2018.
- 17 Давлятов М.А., Давлятов Ш.М. Эксплуатация жараёнида цилиндрик пўлат қобикларни мустаҳкамликка назорат ҳисоби дастури // ЭҲМ учун дастури муаллифлик гувоҳномаси Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги DGU 05480 Тошкент. 27.06.2018.
- 18 Давлятов Ш.М., Тухтаназаров Б.Қ., Абдурахмонов У.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния уторного узла вертикального цилиндрического резервуара // “Архитектура ва қурилиш соҳаларида инновацион технологияларни қўллаш истиқболлари” мавзусидаги Халқаро илмий-техник конференция материаллари. Самарқанд. – 2016. –б. 67–68.
- 19 Давлятов М.А., Давлятов Ш.М., Алиев Р.Р., Мухамедов Ш.Т. Применение управляющих комплексов в решении технологических задач автоматизированного ультразвукового контроля сварных труб // Материалы IV Международной конференции по «Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах». Часть-3. Ташкент. – 2018. –С. 303–305.
- 20 Давлятов М.А., Давлятов Ш.М., Юсупов А.А. Цилиндрсимон қобикнинг устуворлигини ошириш // “Замонавий бино ва иншоотларни лойиҳалаш, барпо этиш, техник эксплуатация қилиш, реконструкциялаш ва модернизациялашнинг долзарб муаммолари” Республика илмий –техник анжумани материаллари. – Фарғона, –2015. б. 96–97.
- 21 Давлятов М.А., Давлятов Ш.М., Тошпўлатов С.У. Цилиндрсимон қобикнинг мустаҳкамлигини ва устуворлигини ошириш // “Замонавий бино ва иншоотларни лойиҳалаш, барпо этиш, техник эксплуатация қилиш, реконструкциялаш ва модернизациялашнинг долзарб муаммолари” Республика илмий – техник анжумани материаллари. – Фарғона, –2015. б. 97–99.
- 22 Давлятов М.А., Давлятов Ш.М. Устойчивость стационарной и вращающейся круговой цилиндрической оболочки // “Биноларнинг

- энергия самарадорлигини ошириш ва қурилиш физикасининг долзарб муаммолари” Республика илмий–техник анжумани материаллари. Самарканд: – 2015. б. 335–337.
- 23 Давлятов М.А., Давлятов Ш.М. Цилиндрсимон қобикнинг мустаҳкамлигини ва устуворлигини ошириш // “Бинологиянинг энергия самарадорлигини ошириш ва қурилиш физикасининг долзарб муаммолари”, Республика илмий – техник анжумани материаллари. Самарканд, –2015. –б. 337–339.
- 24 Давлятов Ш.М., Махкамов Й.М. Кучайтирилган цилиндрик пўлат панелларнинг устуворлиги ҳақида // “Ўзбекистон геотехниканинг долзарб муаммолари ва уларнинг амалий ечимлари” Республика илмий-амалий анжумани материаллари. II-қисм. Тошкент. – 2016. б. 75–78.
- 25 Давлятов Ш.М., Махкамов Й.М. Панеллар билан кучайтирилган цилиндрик пўлат қобикларни устуворликка ҳисоблаш // “Иқтисодиёт тармоқлари ривожланишини таъминловчи фан, таълим ҳамда модернизациялашган энергия ва ресурстемкор технологиялар, техника воситалари: муаоммолар, ечимлар, истиқболлар” мавзусидаги илмий-техник анжумани материаллари. 2-қисм. Жиззах -2016 йил 15-16 апрел (ЖизПИ) б. 239–242.
- 26 Махкамов Й.М., Давлятов Ш.М. Тармоқланган қобикларнинг устуворлиги ва юк кўтариш қобилияти // Иқтисодиёт тармоқлари ривожланишини таъминловчи фан, таълим ҳамда модернизациялашган энергия ва ресурстемкор технологиялар, техника воситалари: муаоммолар, ечимлар, истиқболлар” мавзусидаги илмий-техник анжумани материаллари. 2-қисм. Жиззах-2016 йил 15-16 апрел б. 243–244.
- 27 Давлятов Ш.М., Махкамов Й.М., Давлятов М.А. К расчету устойчивости неподвижной и вращающейся круговой цилиндрической оболочки // “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготемкор ва инновацион ечимлари” Республика илмий-техник анжумани материаллари 2-қисм. Фарғона, -2016. –б. 155–157.
- 28 Давлятов Ш.М., Акрамов Х.А. Панеллар билан кучайтирилган цилиндрик қобикларнинг амалий ҳисоб усулларни ишлаб чиқишда қабул қилинган асосий четланишлар // “Қурилишда инновацион технологиялари” Республика илмий-техник анжумани материаллари тўплами 1-қисм. Тошкент, -2017. –б. 156–157.
- 29 Давлятов Ш.М., Махкамов Й.М. Приближенный метод расчета цилиндрических оболочек // “Муҳандислик коммуникация тизимларини лойиҳалаш, қуриш ва фойдаланишнинг замонавий масалалари” илмий-техник анжумани мақолалари тўплами I-қисм. Тошкент. – 2017. б. 78–80.

Автореферат «Архитектура. Қурилиш. Дизайн» илмий-амалий журнал
тахририятдан ўтказилди ва матнларининг мослиги текширилди

Нашриёт лицензияси №10-3694. 24.05.2016
Бичими 60x84 ¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи 3,5. Адади: 100. Буюртма: №27
“Special printing service” босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Чилонзор кўчаси, 1А-уй.

