ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ ҲАМДА ТОШКЕНТ ШАҲРИДАГИ ТУРИН ПОЛИТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.T.09.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ

МАМАЖАНОВ РУСТАМ РАХИМЖАНОВИЧ

ТЕМИР ЙЎЛ КЎПРИКЛАРИ ОРАЛИҚ ҚУРИЛМАЛАРИ РЕСУРСИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИНИ ТЕХНИК ДИАГНОСТИКА НАТИЖАЛАРИ АСОСИДА ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.09.02 – Асослар, пойдеворлар ва ер ости иншоотлари. Кўприклар ва транспорт тоннеллари. Йўллар ва метрополитенлар

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2017

УЎК: 624.21.014.2

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

Мамажанов Рустам Рахимжанович
Темир йўл кўприклари оралиқ қурилмалари ресурсини ҳисоблаш усулларини техник диагностика натижалари асосида такомиллаштириш 3

Мамажанов Рустам Рахимжанович
Совершенствование методов расчета ресурса металлических пролетных строений железнодорожных мостов по результатам технической диагностки 25

Mamajanov Rustam Rahimjanovich
Improvement of calculation methods of the metal superstructures resource of railway bridges on the technical diagnostics results 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works 51

ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ ҲАМДА ТОШКЕНТ ШАҲРИДАГИ ТУРИН ПОЛИТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.27.06.2017.T.09.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ

МАМАЖАНОВ РУСТАМ РАХИМЖАНОВИЧ

ТЕМИР ЙЎЛ КЎПРИКЛАРИ ОРАЛИҚ ҚУРИЛМАЛАРИ РЕСУРСИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИНИ ТЕХНИК ДИАГНОСТИКА НАТИЖАЛАРИ АСОСИДА ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

05.09.02 – Асослар, пойдеворлар ва ер ости иншоотлари. Кўприклар ва транспорт тоннеллари. Йўллар ва метрополитенлар

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2017

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.1.PhD/T123 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент автомобиль йўлларини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институтида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:	**Ишанходжаев Абдурахман Асимович** техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	**Рашидов Турсунбай** техника фанлари доктори, профессор, академик
	Рузиева Мафура Васиковна техника фанлари номзоди, доцент
Етакчи ташкилот:	**Тошкент темир йўл муҳандислари институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент автомобиль йўлларини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институти ва Тошкентдаги Турин политехника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.т.09.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2017 йил «____» _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100060, Тошкент, А.Темур шоҳ кўчаси 20 уй. Тел./факс: (99871) 2321439, e-mail: tadi_info@edu.uz).

Диссертация билан Тошкент автомобиль йўлларини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (____ рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100060, Тошкент ш., А.Темур шоҳ кўчаси, 20 уй. Тел./факс: (99871) 2321439.)

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

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

А.М. Бабаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.н.

А.А. Ашрабов
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 темир йўлларнинг меъёрий фаолиятини таъминлашда масъулиятли ва қиммат бўлган иншоот - кўприкларнинг ўрни алоҳида аҳамиятга эга. АҚШ, Япония, Германия, Хитой[1] каби темир йўл инфраструктураси ривожланган мамлакатларда юқори тезликдаги темир йўл йўналишлари бўйлаб темир йўл кўприкларининг салмоғи умумий йўл узунлигининг 70% ни ташкил этади. Бу ўз навбатида кўприклар металл оралиқларини эксплуатация жараёнини илмий асосланган доимий мониторинг тизимини ташкил этиб бориш зарурати туғдирди. Шу сабабли кўприк конструкциялари элементларининг ресурсини прогноз қилиш соҳасига хорижий мамлакатларда алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамиз мустақилликка эришгач транспорт коммуникациялари тизимларида ер усти иншоотларини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш жараёнларини сифат жихатидан такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилди. Амалга оширилган чора-тадбирлар асосида, жумладан темир йўл ер усти иншоотларини мураккаб металл конструкциялари ёрдамида унинг мустаҳкамлиги, ишончлилиги оширилди. Шулар билан бир қаторда бугунги кунда транспорт комуникация тизимларида сунъий иншоотлар ресурсларини ошириш учун ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш талаб этилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан « … йўл-транспорт, муҳандислик-коммуникация ва ижтимоий инфратузилмаларни ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурларни амалга ошириш, …» вазифаси белгилаб берилган. Бу борада кўприклар ресурсини ҳисоблаш, уларнинг эксплуатацион ишончлилигини ошириш, темир йўл линияларида янги барпо этилаётган ҳамда эксплуатациядаги кўприкларнинг ишончлилигини таъминлаш бўйича илмий тадқиқот ишларини амалда кенг миқёсида олиб бориш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳонда металл оралиқ қурилмалар ресурсини ҳисоблаш, уларни баҳолашнинг техник диагностика асосида бажариш, бунда уларни тайёрлаш ва монтаж қилишдаги нуқсонлар, шунингдек, ресурсни аниқлашда узоқ ишлаш жараёнида юзага келадиган шикастларни ҳисобга олиш каби йўналишларда мақсадли илмий изланишларни амалга ошириш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Бу борада, жумладан оралиқ қурилмаларни ясаш, монтаж қилиш ва эксплуатация қилганда нуқсонлар пайдо бўлиши сабабларини аниқлаш, оралиқ қурилмалар ресурсига нуқсон ва шикастланишларнинг таъсирини аниқлаш услубларини ишлаб чиқиш, оралиқ қурилмалар ресурсини ҳисоблашнинг амалда қўллаш учун қулай услубларини ишлаб чиқиш каби йўналишларда мақсадли илмий изланишларни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 6 мартдаги

[1] https://ru.wikipedia.org/wiki/высокоскоростные_наземный_транспорт_по_странам

ПҚ-2313-сон «Муҳандислик-коммуникация ва йўл-транспорт инфратузилмасини ривожлантириш ва модернизация қилиш дастури тўғрисида»ги Қарори, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар страдегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 1 июндаги ПФ-5066-сон «Фавқулотда вазиятларнинг олдини олиш ва уларни бартараф этиш тизими самарадорлигини тубдан ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари ва Вазирлар Маҳкамасининг 2001 йил 24 августдаги 242-сон «Ўзбекистон Республикаси Фавқулотда вазиятларда уларнинг олдини олиш ва ҳаракат қилиш давлат тизимини янада такомиллаштириш тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг IV. «Математика, механика, иншоотлар сейсмодинамикаси ва информатика» ва XIV «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Кўприклардаги металл конструкцияларни ясаш ва монтаж қилиш, ҳамда эксплуатация вақтида бошланғич нуқсон ва шикастлари бўлган оралиқ қурилмаларни ҳисоблаш соҳасида жаҳондаги йирик тадқиқотчилар, жумладан В.О.Осипов, Т.М.Богданов, А.И.Васильев, Е.Е.Гибшман, П.П.Ефимов, Э.С.Карапетов, Ю.Г.Козьмин, Б.Ф.Лесохин, Г.А.Мамлин, HisayukiAKIYAMA, MitsuruKIMURA, Murakami, KatsuroOZAWA, NobuoNISHIMURA ва бошқалар илмий тадқиқот ишлари олиб боришган.

Юртимизда темир йўл кўприклари металл конструкцияларини конструктив мукаммаллаштириш, ҳисоблаш ва синаш соҳасини ривожланишида бир қатор олимлар томонидан тадқиқотлар олиб борилган. Т.Р.Рашидов, А.А.Ашрабов, А.А.Ишанходжаев, Р.Мамажанов, Г.Х.Хожметов, М.В.Рузиева, Р.З.Низамутдинова, Ч.С.Раупов, Н.А.Красин, Х.А.Байбулатов ва бошқалар, бу соҳада турли йилларда ўз тадқиқотлари асосида ижобий натижаларга эришганлар.

Бугунги кунда металл оралиқ қурилмаларни ясаш ва монтаж қилишдаги дастлабки нуқсон ва шикастлар, шунингдек, эксплуатация босқичидаги шикастларнинг таъсирини баҳолашнинг амалдаги меъёрий хужжат ШНК 2.03.02-12 «Кўприклар ва қувурлар»да тўлиқ ҳажмдаги илмий асосланган усули йўқ. Эксплуатация қилинаётган оралиқ қурилмаларнинг қолдиқ ресурсини прогноз қилиш бўйича математик формулаларда кўриб чиқиладиган вақт онида дарзлар борлиги, металлнинг занглаши ва бошқа шикастлар тўлиқ ҳисобга олинмайди. Юқоридаги фикрларни инобатга олган ҳолда, шундай хулоса чиқариш мумкинки, хозирги пайтда мавжуд металл оралиқ қурилмаларни техник диагностика маълумотлари асосида ҳисоблаш усуллари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим

муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент автомобиль йўлларини лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институтининг илмий-тадқиқот ишлари режаси асосида, А-14-23 «Темир йўл кўприклари металл оралиқ қурилмаларининг эксплуатацион ишончлилиги» (2015-2017) мавзусидаги амалий лойиҳа гранти, ҳамда «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ, «NIPPON STEEL» (Япония) компаниялари билан тузилган шартнома (2008-2010) лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади эксплуатация қилинаётган темир йўл кўприкларидаги металл оралиқ қурилмалар ресурсини техник диагностика натижалари асосида ҳисоблаш усулларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

оралиқ қурилмаларни ясаш ва монтаж қилишда, шунингдек, уларни узоқ вақт эксплуатация қилганда нуқсонлар пайдо бўлиши сабабларини аниқлаш;

оралиқ қурилмалар ресурсига ҳар хил нуқсон ва шикастларнинг таъсирини аниқлаш усулларини ишлаб чиқиш;

оралиқ қурилмалар ресурсини ҳисоблашнинг амалда қўллаш учун қулай усулларини ишлаб чиқиш;

темир йўл хўжалиги ҳисобидаги фойдаланилаётган оралиқ қурилмаларни текшириш ва техник ҳолатини баҳолаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти темир йўллардаги кўприкларнинг металл оралиқ қурилмалари олинган.

Тадқиқотнинг предмети поездларни ўтказиш шароитларини белгилаш ва уларни эксплуатация қилиш вақтида таъмирлашлараро муддатларни режалаштиришда темир йўл кўприклари металл оралиқ қурилмалари ресурс кўрсаткичларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида темир йўл кўприклари металл оралиқ қурилмаларининг ҳолатини экспериментал-назарий ўрганиш усуллари, чизиқли бузилиш механикаси асосида олинган назарий боғлиқликлар усули, қурилган кўприкларни ўрганиш натижалари, оралиқ қурилмалар тугунлари фрагментларини, поездлар таъсирини яқин акс эттирувчи, кўп марта қайтарилувчи юкланишларга синашлар усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

оралиқ қурилмаларни қуриш ва эксплуатация қилиш босқичида нуқсон ва шикастланишларнинг юз бериш сабабларини техник диагностика натижалари асосида аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган;

ишқаланиш коэффиценти *f* асосида узеллардаги нотекисликлар ҳисобига ҳосил бўладиган шикастланишлар концентрацияси даражаси аниқланди;

техник диагностика натижалари асосида эксплуатациядаги темир йўл металл оралиқ қурилмаларнинг қолдиқ ресурсини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган.

эксплуатация жараёнида ҳосил бўлган шикастланишларни ҳисобга олган ҳолда оралиқ қурилмалар ресурсини ҳисоблаш усули, шикастланишлар

тўпланиш назарияси асосида такомиллаштирилган;

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

эксплуатацияга топширишдан олдин дастлабки нуқсонларга эга кўприкларнинг металл оралиқ қурилмалари ресурсини ҳисоблашнинг мавжуд усуллари такомиллаштирилган;

эксплуатация қилинаётган кўприкларнинг металл оралиқ қурилмаларини техник диагностика натижалари асосида қолдиқ ресурсини ҳисоблашнинг мавжуд усуллари такомиллаштирилган;

аналитик боғланишлар асосидаги моделлаштириш ва ҳисоблаш услубиятлари ҳамда тажрибавий тадқиқ этиш натижалари металл оралиқ қурилмаларни қолдиқ ресурсини ҳисоблаш учун қўлланма ва мавжуд сунъий иншоотларни текшириш ва техник холатини аниқлаш тавсиялари ишлаб чиқиш, йўл хўжалигига тегишли кўприкларни таъмирлашни оптимизация қилиш имконини яратди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий услуб ва воситалардан фойдаланилган ҳолда синов намуналарини лабораторияда синаш маълумотлари ва оралиқ қурилмалар ресурсига нуқсон ва шикастларнинг таъсирини баҳолаш бўйича назарий формулаларни кўприкларнинг эксплуатация қилинаётган оралиқ қурилмаларини текшириш ва синаш маълумотлари, шунингдек, турли илмий конференцияларда муаммонинг кенг муҳокамаси, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестация комиссиясининг тақриз қилинадиган илмий журналларида тадқиқот натижаларининг нашрлари билан таққослаш воситасида изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот бўйича олинган натижаларнинг илмий аҳамияти, эксплуатация вақтида оралиқ қурилмалар элементларида шикастланишларнинг тўпланиш жараёнини ифодаловчи математик формулалар, шунингдек, кўприклардаги оралиқ қурилмалар ресурсини прогноз қилиш бўйича шу базада ҳосил қилинган аналитик боғланишлар ва ҳисобий услублар ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти конструкциянинг диагностика натижаларини ҳисобга олган ҳолда, кўприкларни лойиҳалаш ва реконструкция қилиш учун ресурсни прогноз қилиш орқали эксплуатацион сарф-харажатларни камайтиришга хизмат қилади. Олинган натижалар йўл хўжалигига тегишли кўприкларни таъмирлашдаги харажатларини қисқартириш, таъмирлараро муддатларни тўғри режалаш, ҳамда поездларнинг кўприкдан хавфсиз ва тўхтовсиз ўтишини таъминлашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Темир йўл кўприклари оралиқ қурилмалари ресурсини ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

техник диагностика натижалари асосида темир йўл металл оралиқ қурилмаларнинг ресурсини ҳисоблаш услуби «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасаруфидаги «Тошғузор-Бойсун-Қумқўрғон» темир йўл линиясидаги

бешта металл кўприкларни лойиҳалаш жараёнига жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2017 йил 4 сентябрь НГ/4034-17-сон маълумотномаси). Илмий натижанинг қўлланилиши лойиҳалаш жараёнида кўприк элементлари нуқсонларни тавсифлаш орқали 7-8% оралиғида маблағ тежаш, ҳамда кўприк металл оралиқ қурилмаларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштириш имконини берган;

мавжуд сунъий иншоотларни текшириш ва техник холатини аниқлаш услуби «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ нинг йўл хўжалиги бошқармасига тегишли барча йўл ташкилотларига жорий этилган (Йўл хўжалиги бошқармасининг 2017 йил 10 августдаги 2013-П-сон маълумотномаси). Ушбу тадқиқотларни жорий этиш натижасида таъмирлаш сифатини ошириш, эксплуатация жараёнида харажатларни 10-12%га камайтириш, меҳнат унумдорлигини 15-20% ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 2 та ҳалқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан, 7 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 133 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Металл темир йўл кўприкларини эксплуатация қилишнинг замонавий ҳолати»** деб номланган биринчи бобида металл темир йўл кўприкларини эксплуатация қилишнинг замонавий ҳолати таҳлил қилинган. Тошкент – Самарқанд темир йўл линиясидаги биринчи паррон металл фермалари 1898-1905 йилларда ишлатилган. Паррон металл фермали Сирдарёдан ўтказилган кўприк 1899 йилда қурилган, ҳозирги пайтда карьерга элтадиган шахобча йўлда эксплуатация қилинади. Тўрт оралиқли кўприк 1896 йил ҳисобий меъёрлари бўйича лойиҳаланган бўлиб, ҳисобий оралиқлари 87,4м бўлган оралиқ қурилмалар билан ёпилган. Икки қияламали

фермалар тепаси эгри чизиқли ва пастидан юриладиган икки чизиқли системага эга.

1938 йилда Қорадарёдан темир йўл кўприги ўтказилди. Бу ерда 110 метрли оралиқ қурилма 1918 йил меъёрлари бўйича лойиҳаланган. Фермалар учбурчак панжарали, юқори белбоғлари полигонал шаклда.

Кейинроқ кўтариб турувчи конструкцияларнинг шаклини рационаллаштириш бўйича олиб борилган назарий тадқиқотлар натижасида белбоғлари шаклининг оддийлиги билан ажралиб турадиган бир қатор оралиқ қурилмалар, хусусан, учбурчак панжарали ва параллел белбоғли фермалар ишлаб чиқилди. Натижада эгри чизиқли белбоғлари бўлган кўп қияламали, кўп панжарали фермалар бора-бора замонавий фермаларга ўрин бўшатиб берди.

Энг қизиқ ечимлар Норин дарёсидан ўтган, тепасидан юриладиган кўприкнинг *l*=34м оралиқ қурилмалари, пастдан юриладиган кўприкнинг *l*=44м оралиқ қурилмаларидир. Бу иккала оралиқ қурилмада анча сифатли пўлат ва замонавий технологиялардан фойдаланилган.

Амударёдан ўтган оралиқлари *l*=66м бўлган қўшма кўприкда, шунингдек, Сирдарё ва Амударёдан ўтган, оралиқлари *l*=110м бўлган кўприкларда металл конструкцияларнинг янги технологик ишланмаларидан фойдаланилган. Бу оралиқ қурилмалар Тўйтепадаги металл конструкциялар заводида тайёрланган.

Илк марта мамлакатимиздаги кўприк қурилишида Тошғузор-Қумқўрғон темир йўл линиясида тепасидан юриладиган узлуксиз паррон металл фермалар қурилган.

Диссертация ишида Ўзбекистон Республикасидаги темир йўл кўприкларининг мавжуд ҳажмида 16% га яқин улушни статик схемалари турларининг ҳар хиллиги, қурилиш йиллари ва эксплуатация шароитлари билан фарқ қиладиган металл кўприклар ташкил қилиши аниқланган. Янги темир йўл линиялари қурилиши ҳисобига, жумладан, хорижий инвестициялар ҳисобига қуриладиган металл кўприклар сони йилдан-йилга кўпаймоқда.

Эксплуатация жараёнини ташкил қилишнинг мавжуд холати замонавий талабларга жавоб бермаслиги кўрсатиб берилган. Оралиқ қурилмаларда янги шикастлар пайдо бўлишидан огоҳлантирувчи чора-тадбирлар амалда олиб борилмайди. Оралиқ қурилмаларни доимий эксплуатацияга топширишдан олдин ва уларнинг узоқ хизмат муддати давомида шу қурилмаларнинг мониторинги бўйича ихтисослашган ташкилотлар тузилмаган.

Юзага келган вазиятда кечиктириб бўлмайдиган ечим талаб қиладиган асосий масалалардан бири тайёрлаш, монтаж қилиш жараёни ва эксплуатация қилиш даврида пайдо бўладиган нуқсон ва шикастларни ҳисобга олган ҳолда оралиқ қурилмалар ресурсини ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишдан иборат, деб хулоса чиқарилди.

Диссертациянинг **«Доимий эксплуатацияга қабул қилишдан олдинги металл оралиқ қурилмаларнинг техник диагностикаси натижалари»** деб номланган иккинчи бобида хориждаги ва Ўзбекистондаги замонавий заводларда металл конструкцияли оралиқ қурилмаларни тайёрлаш

технологиясининг мавжуд ҳолати батафсил таҳлил қилинган. Тошғузор-Қумқўрғон линиясидаги кўприклар учун оралиқ қурилмалар тайёрланган NIPPON STEEL (Япония) заводларида робототехника кенг татбиқ қилинган. Тошкент вилоятидаги Тўйтепа металл конструкциялар заводи ҳам замонавий ускуналар билан етарлича жиҳозланган. Барча заводларда паррон фермалар тайёрлашдаги асосий муаммолар қуйидагилардир:

- катта миқдордаги бирлаштирувчи элементларнинг зич туташишини таъминлаш қийин. Амалиётда 4,0 мм гача тирқишлари бўлган маҳаллий зичланмаган жойлар кўп учрайди. Буларнинг пайдо бўлишига фасонкалар, рыбкалар, накладкалар ва варақли элементлардаги бироз букилганлиги, шунингдек, учма-уч уланган жойларда элементлар белбоғлари текислигининг мос келмаслиги сабаб бўлади;
- элементлар бирлашишида юқори мустаҳкамликдаги болтлар ўтказиладиган тешиклар бир-бирига мос келмайди. Бунда болтлар, эксплуатация вақтида қийшайиб қолади. Бу эса уларнинг емирилишига сабаб бўлади;
- пайвандланган қутисимон конструкцияларда кесимлар ромбсимон бўлади. Тайёрлашда пайдо бўлувчи бундай нуқсонлар эксплуатация вақтида янада ривожланиб кетади. Бунга тирқишларда занг пайдо бўлиши, металлнинг занглаши, кўпчиш ва бошқалар сабаб бўлади.

Деворнинг бўйлама букилиши, винт шаклида бўлиши (буралиш деформацияси) ва кўпчиши, токчанинг деворга нисбатан қийшайиши ва пайвандлашдан ҳосил бўладиган деформация натижасида токчаларнинг қўзиқорин шаклида эгилиши каби нуқсонлар рухсат этилган қийматлар чегарасида бўлади. Тадқиқотларнинг кўрсатишича, бундай оғишлар пайвандланган балкалар ва элементларнинг юк кўтариш қобилиятига ёмон таъсир қилмайди.

Шу билан бирга, уланадиган элементлар ўқларининг мос тушмаслиги сабабли кесимларнинг ромб шаклида бўлиши узелларнинг кўтариб туриш қобилияти ва кўпга чидамлилигининг пасайишига олиб келиши мумкин. Оралиқ қурилмалар ишига бу омилнинг таъсирини миқдор жиҳатдан баҳолаш бўйича тадқиқотлар хозиргача ўтказилмаган.

Завод шароитларида қутисимон кесимли пайвандланган элементлар энининг амалдаги ўлчамлари горизонтал варақлар ва кўндаланг кесим диагоналлари сатҳида ўлчанди. Кўндаланг кесим диагоналлари ўлчамларининг мос келмаслиги ромбсимонлик борлигидан далолат беради.

Ҳаммаси бўлиб, паррон фермаларнинг пастки белбоғидаги 68 та элемент кўндаланг кесимининг эни ўлчаб чиқилди.

Кесимнинг лойиҳавий энидан оғишларининг топилган қийматлари +2,65 мм ни ташкил қилади. Бу ҚМҚ 3.03.02-98 «Металл конструкциялар. Ишлаб чиқариш ва ишларни қабул қилиш қоидалари»да рухсат этилган +0; -2 мм дан кўп, лекин ИЖТда (Япония) рухсат этилган ±3 мм дан кам.

Таъкидлаб ўтиш керакки, кўрсатилган оғишларга нафақат конструкция элементларини ясаш технологиясининг даражаси, балки заводларга етказиб бериладиган прокатнинг лойиҳавий ўлчамларидан оғишлар ҳам таъсир қилади.

Шундай қилиб, прокат қалинлигининг кутиладиган оғишларида белбоғнинг горизонтал варағи ясалганда ҳам, ҚМҚ 3.03.02-98 «Металл конструкциялар. Ишлаб чиқариш ва ишларни қабул қилиш қоидалари» талабларида белгиланган +0; -2 мм га риоя қилиб бўлмайди.

Мазкур ишда уланмаларда нотекисликлар ҳосил қиладиган ромбсимонликнинг жоиз катталиги таъсирини баҳолашга харакат қилинган. Шу мақсадда Тошғузор-Қумқўрғон линиясидаги темир йўл кўприги учун Гранспан заводида (Манила) ясалган паррон фермалар элементларини назорат қилиш жараёнида ҳосил қилинган диагоналлар Δ узунлигидаги ҳар хилликни ўлчаш натижалари ишланди.

Диагоналларнинг узунлигидаги ҳар хилликнинг 0,99 ишончлилик билан оғиш эҳтимоли ±2,0мм бўлиб чиқади. Шундай қилиб, конструкцияларни ясашнинг мавжуд технологияси ва диагоналлардаги ҳар хилликларнинг рухсат этилган қийматларида нотекисликлар ҳосил бўлишининг олдини олиб бўлмайди.

16 та металл оралиқ қурилмаларни Тошғузор-Қумқўрғон, Тошкент-Самарқанд ва Тошкент-Ангрен-Поп линияларида доимий эксплуатацияга топширишдан олдин, уларнинг техник текшируви асосида кўрсатиб берилдики, металл конструкцияларни ясаш технологиясининг мавжуд даражасида уланмаларда нотекисликларга бутунлай йўл қўйилмасликнинг иложи йўқ ва уларнинг катталикларини ±3,0 мм қилиб чеклаш қўшимча талабларни тақозо қилади. Бирлаштириладиган элементлардаги нотекисликлар ортганда ишқаланиш коэффициенти камаяди. Уланмалардаги элементларнинг нотекисликлари 3,0 мм гача бўлган тирқишлар ишқаланиш коэффициентига амалда кам таъсир кўрсатади ва бу тирқишларни намлик тушишининг олдини олиш учун жипс беркитиш мумкин. 3,0 мм дан ортиқ тирқишларга рухсат этилмайди. Бундай тирқишлар пайдо бўлганда қўшимча пластинкалар билан тўлдириш тавсия этилади.

Назарий тадқиқотлар асосида шу аниқландики, уланмалардаги нотекисликлар 3,0 мм гача бўлганда, устқўймалардаги кучланишларнинг ортиши, устқўймаларнинг эгилиши ҳисобига 20% дан ошмайди, 3,0 мм дан кўп бўлиш жоизлиги эса, юқорида кўрсатилгандек, мақбул эмас.

Япония ва Ўзбекистон меъёрий талабларининг заводда тайёрланган металл конструкциялар элементлари геометрик параметрларининг оғишига умумий ёндашуви, умуман, мос келади. Бир қатор кўрсаткичларга кўра Япония меъёрлари қатъийроқ ҳисобланади. Бу ерда, чамаси, Японядаги завод шароитларида конструкция элементларини тайёрлашнинг энг юксак даражаси ва оралиқ қурилмаларни монтаж қилиш технологиясининг юқори даражаси эътиборга олинган.

Юқори мустаҳкамликдаги болтларнинг стандарт диаметри катталиги Япония ва Ўзбекистон меъёрлари бўйича фарқ қилмайди, аммо мустаҳкамлиги юқори болтлар учун номинал тешикларнинг керакли катталиклари ҳар хил бўлиб, ҚМҚ 3.03.02-98 «Металл конструкциялар. Ишлаб чиқариш ва ишларни қабул қилиш қоидалари» даги қатъий талабларни асоссиз деб ҳисоблаш мумкин. Шу сабабли бу қоидани, Ўзбекистон Республикасидаги заводларнинг маълум техник ва технологик

таъминланганлигидан келиб чиққан ҳолда қайта кўриб чиқиш лозим. Параметрларнинг бошқа оғишлари бўйича талаблар амалда мос келса-да, Япония мутахассислари металл кўприклар қурилишини келгусида давом эттиришларини ҳисобга олиб, бу кўрсаткичларни давлатлараро стандартларни ишлаб чиқиш орқали бир хиллаштириш зарур.

Диссертациянинг учинчи боби **«Тайёрлаш ва монтаж қилишдаги дастлабки нуқсонларни ҳисобга олган ҳолда металл оралиқ қурилмалар ресурси»** деб номланган. Ресурс – чидамлилик тавсифи, объектнинг, уни ишлатишдан бошлаб чегаравий ҳолат бошлангунга қадар ишлаб бериш захирасидир.

Кўприклардаги металл оралиқ қурилмаларга мувофиқ ресурснинг энг яхши ўлчов бирлиги сифатида конструкция ишончлилик назариясининг таркибий қисми бўлган вақт қабул қилинган.

В.В. Болотиннинг ишларида машина конструкциялари ресурсини прогноз қилишнинг назарий асослари биринчи марта таърифлаб берилди. В.О. Осипов темир йўл кўприкларидаги оралиқ қурилмалар учун мос равишда ресурсни ҳисоблаш принципини асослаб берди. Бу масалалар Л.И. Иосилевский, В.П. Чирков, А.Ю. Клюкин, А.А.Шейкин, Б.Ф. Лесохин, О.В. Смирнова, Е.П. Феоктистова ва бошқаларнинг ишларида ривожлантирилди.

Лойиҳалаш босқичида металл оралиқ қурилмалар ресурсини ҳисоблаш меъёрий хужжатларда қатъий белгиланмаган. Кўприк конструкциялари элементларининг чидамлилигини ҳисоблаш шартларини таъминлаш 80-100 йил чегаралардаги хизмат муддатини кафолатлайди. Бунда муҳим омиллар – тайёрлаш ва монтаж қилишдаги бошланғич нуқсонларнинг таъсири эътиборга олинмайди, эксплуатация вақтида конструкциянинг ишлаш шароитлари эса тўлиқ ҳисобга олинмайди.

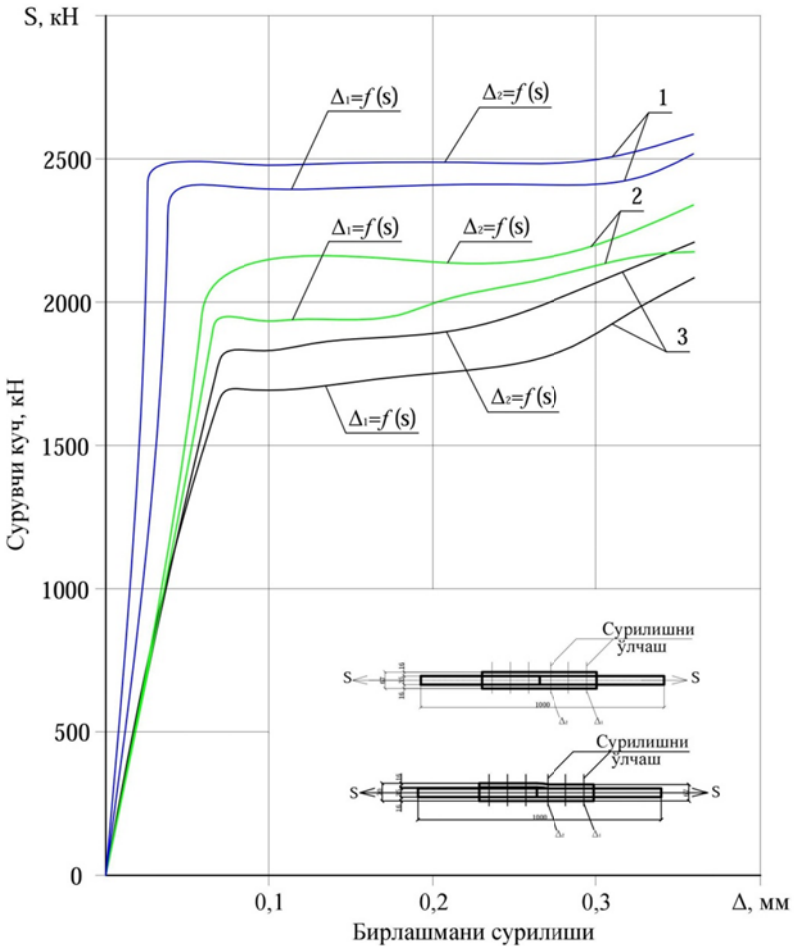
Бошланғич нуқсонларнинг учма-уч уланган бирикмаларнинг юк кўтариш қобилиятига таъсирини рақамлар билан баҳолаш учун “Ўзоғирсаноатлойиҳа” АЖ иштирокида “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ нинг буюртмаси бўйича NIPPON STEEL лабораториясида (Япония) металл паррон фермалар узелларининг бўлаклари экспериментал тадқиқ қилинди.

Бўлак-намуналарнинг 3 та серияси тайёрланди. Ҳар бир серия уланадиган элементларнинг нотекисликлари 3,0 ва 4,5 мм бўлган тўртта намунани ўз ичига олди. Бир вақтнинг ўзида шундай намуналар нотекисликларсиз тайёрланди.

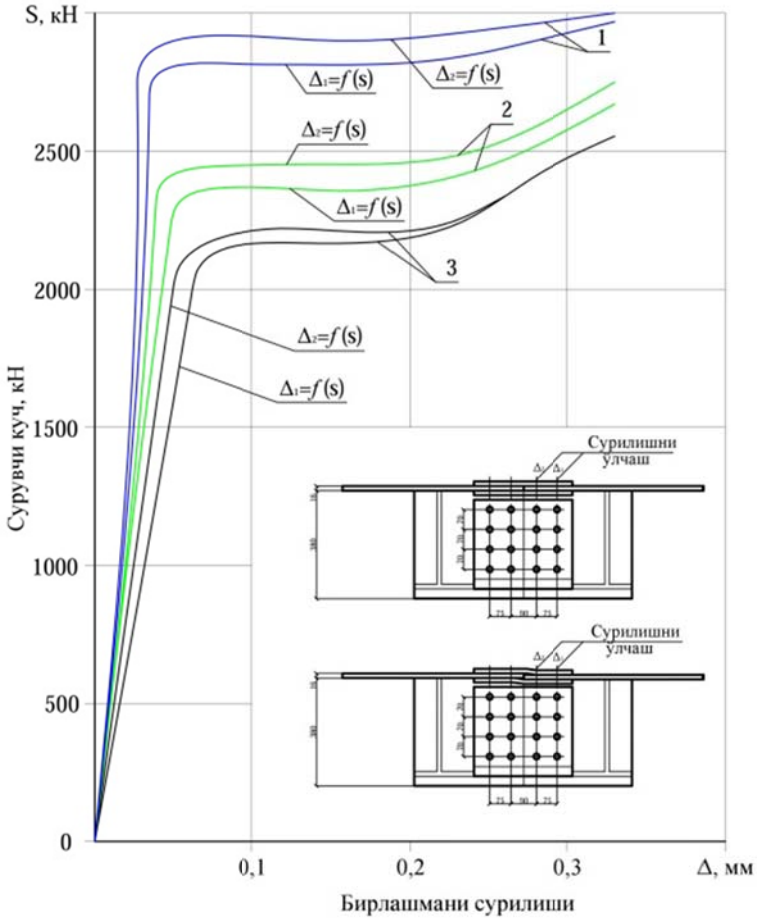
Узелларнинг бўлаклари Ниппон Стил Инжиниринг Ко. Лтд. компаниясининг Саубаку илмий-тадқиқот лабораториясида синовдан ўтказилди.

Синовлар юк кўтариш қобилияти 4000 кН бўлган гидравлик машинада бажарилди. Сирпаниш катталикларини ўлчаш учун маркалар ўрнатилди. Деформацияларни ўлчаш аниқлиги – 0,01 мм.

1- ва 2- расмларда тажриба намуналарини синашда уланмалар ишлаш диаграммаси ва уланмалардаги нотекисликлар катталигида ҳосил бўладиган сурувчи кучларнинг боғлиқликлари берилган.



а)

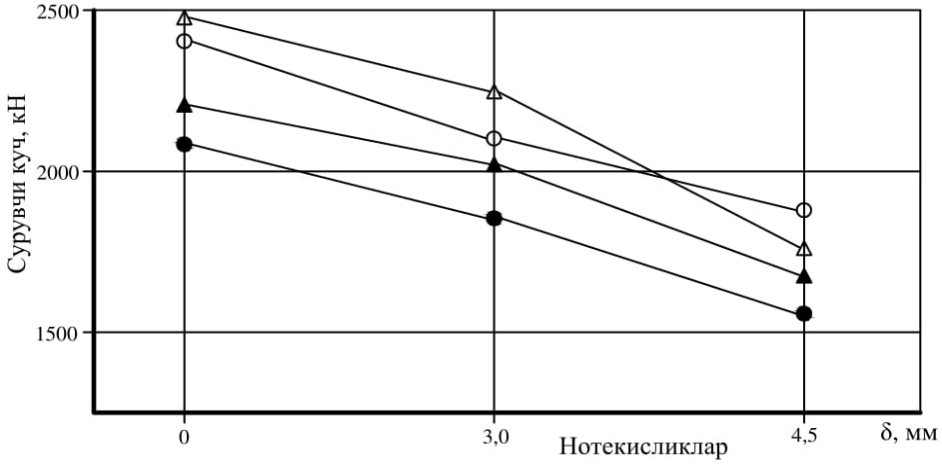


б)

1-расм. Ясси (а) ва ҳажмли (б) тажриба намуналарини синашда нотекисликлар бўлмаган (1) ва нотекисликлар 3,0 (2) ва 4,5 (3) мм бўлган уланмаларнинг ишлаш диаграммаси

1 ва 2-расмлардан кўриниб турибдики, сурувчи кучлар катталиги – Р бирлаштириладиган элементлардаги нотекислигига ва болтларнинг учма-уч уланган жойига жиддий боғлиқ. Сурувчи кучнинг энг кичик бирлаштириладиган элементлардаги нотекисликлар 4,5 мм бўлган ҳолда, болтларнинг учма-уч уланган жойдан энг чеккадаги қаторига мос келади. Бу шуни кўрсатадики, нотекисликлар кўпайганда бирлаштириладиган элементлардаги контакт текислик пасаяди ва болтлар қаторига кучларнинг узатилиши нотекис кечади.

а)

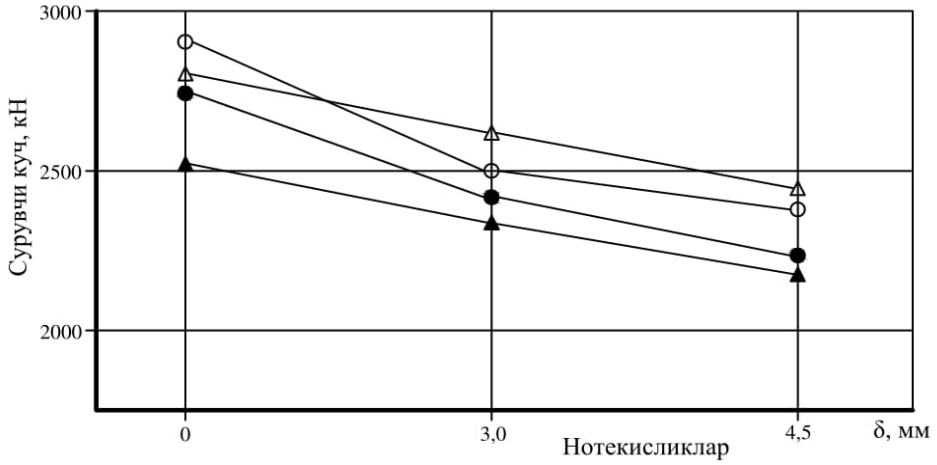


2-бўлак

Δ – болтларнинг учма-уч уланган жойга энг чекка қатори

▲ - болтларнинг учма-уч уланган жойдан энг чекка қатори

б)



1-бўлак

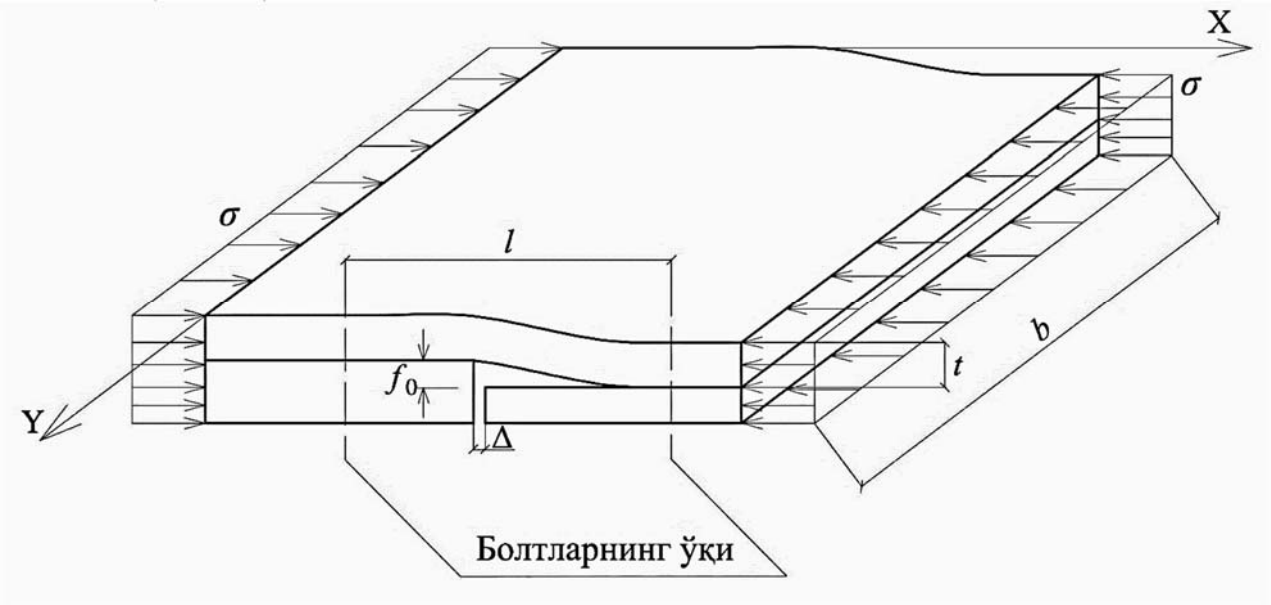
○ – болтларнинг учма-уч уланган жойга энг чекка қатори

● - болтларнинг учма-уч уланган жойдан энг чекка қатори

2-расм. Сурувчи кучларнинг бирлаштириладиган элементлардаги нотекисликларнинг катталигига боғлиқлиги
а) ясси бўлаклар; б) ҳажмли бўлаклар

Узел пластинкасининг зўриқиш-деформацияланиш ҳолатини аниқ топиш мураккаб. Шунинг учун бундай масалаларнинг ечимларида пластинканинг эгилишига сабаб бўладиган юкламанинг марказдан ташқарига тушиш таъсири дастлабки қийшайишнинг ортиши билан ҳисобга олинади.

Ферма узелидаги пластина устқўймасининг ишлаш ҳолати кўриб чиқилди (3-расм)



3-расм. Устқўйманинг дастлабки қийшайган ҳолатида бириктириш схемаси

Умумий ҳолатда контур бўйича таянган тўғрибурчакли плита бўйлама йўналишда бир текис сиқилган тўғри бурчакли плита кўриб чиқилди. Вазифа материалнинг оқувчанлик чегараси билан таққосланадиган келтирилган кучланиш - $\sigma_{пр}$ ни топишдан иборат. Қийшайган пластинадаги критик кучланишнинг математик формуласи қуйидагича ёзилади:

$$\sigma = A + \sigma_0 - \sigma_T + \sqrt{(A + \sigma_0 - \sigma_T)^2 + 4\sigma_T\sigma_0} \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi E f_0 t}{\sqrt{2} l^2} \quad (2)$$

$$\sigma_0 = \frac{k\pi^2 E t^2}{12 b^2} \quad (3)$$

бу ерда: σ_0 – эгрилиги бўлмаган пластина учун критик кучланиш; k – пластина томонларининг оғишига боғлиқ бўлган коэффициент.

Формулалардан кўриниб турибдики, қийшайган пластинадаги критик кучланиш унинг қалинлиги - *t,* болтларнинг ўқлари орасидаги масофа - *l*, уланманинг кенглиги - *b* ва f_0 - қийшайишнинг дастлабки катталигига боғлиқ.

1-жадвалга бошланғич қийшайишлар 0 мм дан 5,0 мм гача бўлган ҳолда дастлабки қийшайишнинг ҳар хил катталиклари - f_0 учун (1) формула бўйича ҳисоблаб чиқилган $\frac{t}{l}$ га боғлиқ ҳолда $\frac{\sigma_0}{\sigma}$ ўзгаришлар натижалари киритилган

1-жадвал

$\frac{t}{l}$ ва f_0 га боғлиқ ҳолда $\frac{\sigma_0}{\sigma}$ нинг ўзгаришлари

$\frac{t}{l}$	Дастлабки қийшайиш катталиги - f_0, *мм*					
	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,3	1,0	0,97	0,85	0,80	0,75	0,70
0,35	1,0	0,98	0,82	0,78	0,72	0,70
0,4	1,0	0,98	0,80	0,73	0,71	0,68

1-жадвалдан кўриниб турибдики, қийшайган пластина критик кучланишининг тўғри чизиқли пластина - σ_0 га нисбатан ортиши пластинанинг дастлабки қийшайиш катталиги – учма-уч уланмалардаги нотекислик (тирқиш)нинг катталигига боғлиқ. Катталиги 5,0 мм бўлган тирқиш пластинадаги кучланишни 30-32% га ошириши мумкин. Кучланишларнинг ўзгариши $\frac{t}{l}$ нисбатларга бироз боғлиқ.

Оралиқ қурилмаларнинг деформацияси уланмаларнинг деформацияланув-чанлигига жиддий боғлиқ бўлиши кўрсатилган. Шу сабабли узелларнинг чегаравий ҳолатини баҳолаш учун уланмаларнинг қуйидаги кўринишга келтирилган диаграммасидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ:

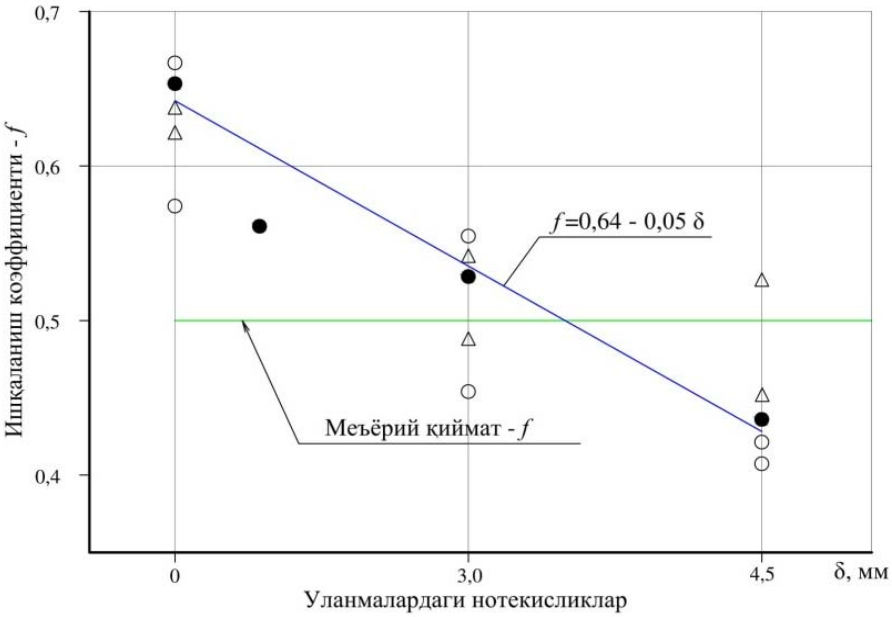
$$\varepsilon_\Delta = \Delta + \varepsilon = \frac{\sigma l}{4E} + \left[\frac{\sigma}{\text{Б}}\left(1 - \frac{m}{n}\right)\right]^k \qquad (4)$$

бу ерда Б – вақт ўлчамлилигига эга бўлган ўзгармас сон; k – ўлчамсиз коэффициент; m – биринчи қатордаги болтлар сони; n – яримустқўймадаги болтлар сони.

Диссертацияда чўзилиш ва сиқилишга ишлайдиган фермалар узелларининг ҳолати кўриб чиқилади. Бундай ҳолатда фрикцион уланишда бирлаштириладиган элементларнинг ўзаро сурилиш деформациялари ривожланади. Бўлакларни синаш натижалари асосида узелли уланмаларни ҳисоблаш учун ишқаланиш коэффициентини аниқлаш формуласи таклиф қилинди.

Уланмалардаги ишқаланиш коэффициенти - f учма-уч уланган жойлардаги элементлар нотекисликлари ортганда ишқаланиш коэффициенти – f камайиши аниқланди. Уланмалардаги нотекисликлар 3,0 мм гача бўлганда ишқаланиш коэффициентининг синов қийматлари амалда ҚМҚ меъёрий катталиклари билан бир хил бўлади. Нотекислик катталикларининг кейинги ортиши f нинг сезиларли камайишига олиб келади (4-расм), шунинг учун бундай ҳолатларда нотекисликларни ясси пластинкалар билан тўлдириш тавсия этилади. 3,0 мм гача бўлган нотекисликлардаги тирқишларни

уланмаларга намлик тушишининг олдини олувчи герметиклар билан тўлдириш тавсия қилинади.



○ – ясси бўлаклар;
Δ – ҳажмли бўлаклар;
▲– элементлар бир-бирига ўтирадиган текисликни ҳисоблаш натижалари бўйича.

4-расм. *f* коэффициентининг уланмалардаги нотекисликларга боғлиқ ҳолда ўзгариши

Ишқаланиш коэффициенти - f нинг бирлаштириладиган элементлар нотекислигига боғлиқ ҳолда ўзгариши синов натижаларини энг кичик квадратлар усули билан ишлаш орқали аниқланди:

$$f = 0{,}64 - 0{,}05\delta \qquad (5)$$

Олинган натижалар орқали фрикцион уланмаларнинг юк кўтариш қобилиятини ҳисоблашни болтларнинг ўрта қатори бўйича қуйидаги формуладан аниқлаш тавсия қилинади:

$$S \leq k \cdot N_H \cdot (0{,}64 - 0{,}05\delta) \qquad (6)$$

бу ерда S – уланмада ҳисобий юкламалардан ҳосил бўладиган сурувчи куч; N_H – болтни таранглашнинг меъёрий кучи; δ – уланмалардаги нотекислик, мм.

(6) формула узелда бирлашувчи элементларда нотекисликлар ҳосил бўлган ҳолатда эксплуатация шароитларига тузатиш киритиш имконини беради.

Мазкур ишда узел бўлакларини қайта-қайта юкланишларга синаш натижалари берилган.

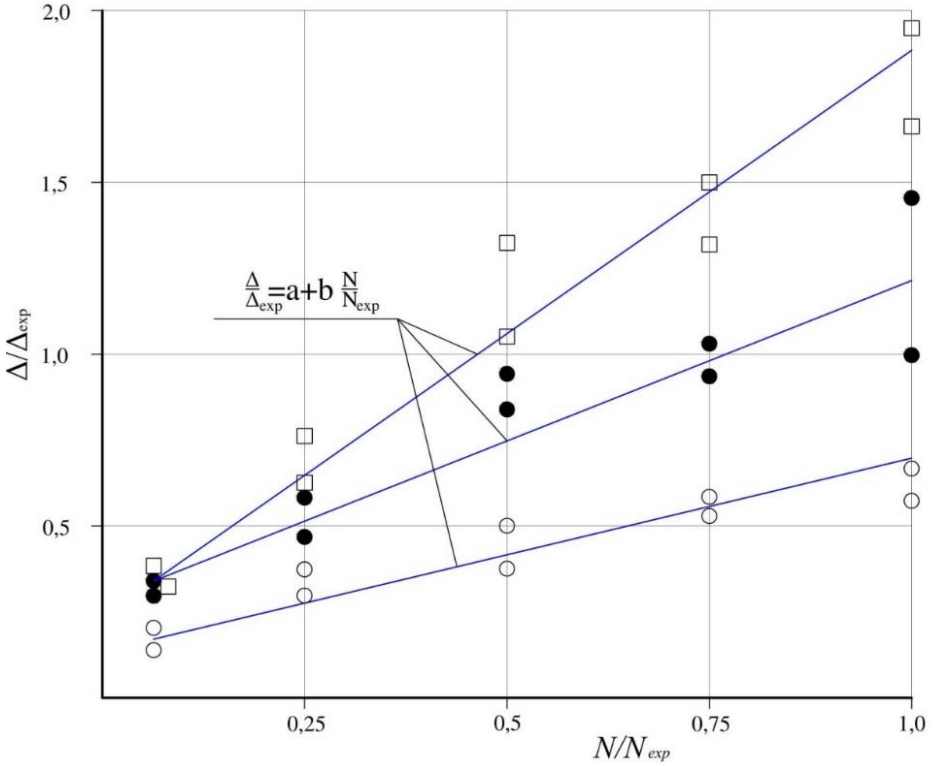
Бирлаштириладиган элементларидаги нотекисликлар 4,5 мм гача бўлган ясси бўлаклар «NIPPON STEEL» компанияси лабораториясида синаб

кўрилди. Ҳаммаси бўлиб бирлаштириладиган элементларидаги нотекисликлар 0; 3 ва 4,5 мм бўлган 6 та намуна тайёрланди.

Қайта-қайта юклаш жараёнида учма-уч уланадиган элементлар ўқининг сурилиши ўлчанди. Юклаш вақтида сурилиш деформацияларини ўлчашлар электротензодатчиклар билан пульсацияли юклашни тўхтатмаган ҳолда ёзиб олинди.

Бўлакларни қайта-қайта юклашнинг амалда эксплуатация шароитларига яқин бўлган параметрлари танлаб олинди. Чўзувчи юкланишларнинг энг катта қиймати - σ_{max} умумий сурилишнинг бошланишига мос келадиган кучланишнинг 0,6÷0,7 улушича, энг кичик қиймати - σ_{min} эса шу кучланишнинг 0,3÷0,4 улуши чегараларига тенг деб қабул қилинди. Циклни қўшиш частотаси – бир минутда 800 та такрорий юклашлардир. Юклаш циклларининг энг кам сони - $2 \cdot 10^6$ цикл.

5-расмда тажриба бўлакларини синаш натижалари кўрсатилган.



○ – нотекислиги бўлмаган элементлар бирикмаси;
● – нотекислиги 3,0 мм бўлган элементлар бирикмаси;
□ – нотекислиги 4,5 мм бўлган элементлар бирикмаси

5-расм. Такрорий юклашларда сурилиш деформациясининг кучайиш боғлиқлиги

5-расмдан кўриниб турибдики, бирлаштириладиган элементлардаги нотекислик ортганда сурилиш деформациясининг кучайиши ортади. Уланмаларида нотекисликлар бўлмаган бўлакларда юкланишнинг $N_0 = 2 \cdot 10^6$ циклидан кейин сурилиш деформациясининг тўпланиши умумий сурилишнинг бошланиш даражасининг салкам 0,6 улушини ташкил қилди, яъни уланма

эластик доирада ишлайди. Элементларнинг нотекислиги 4,5 мм бўлганда деформацияларнинг тўпланиши эластик доирадан чиқиб, пластик зонага ўтди.

Сурилишнинг чегаравий қиймати – Δ сифатида умумий сурилишнинг статик синовлар натижалари бўйича белгиланган бошланғич нуқтаси - Δ_{cr} қабул қилинган.

Қайта-қайта юклашларда сурилиш деформацияси ўзгаришининг ҳосил қилинган формулалари энг кичик квадратлар усули билан аппроксимация қилинди:

$$\Delta = \Delta_{cr}\left(a + b\frac{N}{N_0}\right) \tag{7}$$

бу ерда *a=0,2; b=0,4+δ/3,5; δ* – бирлаштириладиган элементлардаги нотекисликлар катталиги, мм.

Таклиф этилган формула синов натижаларини қониқарли даражада таърифлайди, бунда одатдаги усул билан ҳисоблаб чиқилган корреляция коэффициенти $\rho = 0{,}72$ чегарасида бўлади.

Экспериментал тадқиқотларнинг олинган натижаларидан кўринадики, дастлабки нуқсонларни ҳисобга олган ҳолда, оралиқ қурилмалар ресурсини прогноз қилиш бўйича амалий масалаларни ҳал қилиш учун шикастланишлар тўпланишининг деформация мезони энг мақбул ҳисобланади. Унинг асосий қоидалари юқорида баён этилган. Бунда оралиқ қурилманинг умумий деформацияси узелларнинг деформацияланувчанлигига жиддий боғлиқ бўлади – уланмалардаги сурилиш деформациялари қанча кўп бўлса, бутун оралиқ қурилмадаги деформация шунча кўп бўлади.

Ҳамма параметрларнинг қийматларини лойиҳалаш босқичида, агар монтаждан кейин дастлабки нуқсонлар бўлса, конструкцияни доимий эксплуатацияга киритиш бошланишидан олдин белгилаш мумкин.

Юқоридаги фикрлардан келиб чиққан ҳолда, шикастланишларнинг тўпланиш меъёри сифатида оралиқ қурилмаларнинг узелли уланмаларида сурилиш деформациясининг тўпланишини қабул қиламиз. Таклиф этилган ёндошувнинг асосий афзалликларидан бири – конструкцияни эксплуатация қилиш вақтида бирлаштириладиган элементлардаги сурилиш деформацияларини ўлчаш мумкинлигидир.

Такрорий юклашларда шикастланишлар меъёрининг ўсишини таърифлаш учун шикастланишлар тўпланиш чизиқли назариясининг асосий қоидаларига асосланувчи формулалар ҳосил қилинди.

Ясашда дастлабки нуқсонлари бўлган оралиқ қурилмалар ресурсини прогноз қилиш формуласи қуйидагича бўлади:

$$T_{res} = k\frac{\overline{N_{cr}}}{\overline{\beta n_1}}\frac{1-a}{b} \tag{8}$$

$$k = 1 - \theta\delta_{N_{cr},\beta n_1} \tag{9}$$

$$\delta_{N_{cr},\beta n_1} = \sqrt{\delta^2_{N_{cr}} + \delta^2_{\beta n_1}} \tag{10}$$

бу ерда $\overline{N_{cr}}$ – юклаш циклларининг базавий сони, металлнинг эгри чидамлилиги бўйича қабул қилинади; θ – ҳисобларнинг керакли даражадаги ишончлилигига боғлиқ бўлган коэффициент; $\delta_{N_{cr}}, \delta_{\beta n_1}$ – N_{cr} ва βn_1 нинг вариация коэффициентлари; β – юклаш циклларининг эквивалент сони; n_1 – вақт бирлигида юклаш цикллари сони.

Кўриниб турибдики, ресурсни ҳисоблаш учун ишнинг асосий мезони – юклаш жараёнида элементларнинг сурилиш деформацияси бўлиб, у бирлаштириладиган элементнинг нотекислигига жиддий боғлиқ. Шунинг учун бу кўрсаткич ресурсни ҳисоблашда шикастланишлар меъёри сифатида қабул қилинган. Нотекисликларнинг ресурсга таъсирини рақамлар билан баҳолаш аниқ мисолда кўрсатиб берилди. Учма-уч уланган жойлардаги дастлабки шикастланишларнинг ўз вақтида бартараф қилиниши оралиқ қурилма ресурсини узелларнинг учма-уч уланган жойида меъёрий қийматга яқин бўлишини таъминлаш имконини беради.

Қолдиқ ресурс –конструкция элементи ресурси ва кўриб чиқилаётган вақт онига тўғри келадиган ишлаб бериш орасидаги фарқдир.

Оралиқ қурилмалардаги металл конструкцияларнинг қолдиқ ресурсини прогноз қилиш учун энг мақбули – шикастланишлар тўпланишининг умумий моделидан фойдаланиш эканлиги кўрсатиб берилган. Конструкцияларнинг чегаравий ҳолати шикастланишлар тўпланиб бориши натижасида бошланади. Бу ерда шикастланишларнинг тўпланиш меъёрини танлаш ҳамда эксплуатация вақтида бу параметрнинг назарий тавсифи муҳим аҳамиятга эга бўлади. Мавжуд тавсиялардан шикастланишлар тўпланиш меъёрининг ҳар хил турларини қўллаш дарзлар кўринишидаги шикастланишларнинг маълум ривожланишининг оралиқ қурилмалардаги элементлар ресурсига таъсирини тўлиқ акс эттирмайди. Конструкциялар физик ҳолатини тўлиқ ифодалаш учун ҳисобларда қабул қилинадиган, шикастланишлар меъёри параметри техник диагностика жараёнида ўлчанадиган аниқ мезонга эга бўлиши керак.

Емирилиш механикаси принципларидан фойдаланган ҳолда оралиқ қурилмалар элементларининг ўртача қолдиқ ресурсини аниқлаш учун қуйидаги ифода олинди:

$$\overline{\Delta T_{res}} = \frac{\overline{N_{cr} - N_1}}{\overline{\beta n_2}} \cdot \frac{1-a}{b} \tag{11}$$

бу ерда, $\overline{N_1}$ – конструкция эксплуатацияга топширилган вақтдан диагностика қилинаётган вақтгача бўлган цикллар сони, темир йўл хўжалиги ҳисоботлари асосида аниқланади;

$\overline{\beta n_2}$ – техник диагностика вақтидан бошлаб кутилаётган вақт бирлигидаги цикллар сони.

Қолдиқ ресурснинг ўртача катталигидан мавжуд оғишларни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\Delta T_{res} = k\,\frac{\overline{(N_{cr} - N_1)}}{\overline{\beta n_1}} \cdot \frac{1-a}{b} \tag{12}$$

$$k = 1 - \theta \frac{\delta}{N_{cr} - N_1} \beta n_1 \quad (13)$$

$$\delta_{N_{cr}-N_1 \beta n_1} = \sqrt{\delta^2_{N_{cr}-N_1} + \delta^2_{\beta n_1}} \quad (14)$$

бу ерда, θ – ҳисобларнинг талаб этилган ишончлилик даражасига боғлиқ коэффициент; $\delta_{N_{cr}-N_1}$, $\delta_{\beta n_1}$ - $N_{cr} - N_1$ ва βn_1 ларнинг вариацияси.

Олинган формулани амалда қўллаш конкрет мисолда кўрсатилган.

Диссертациянинг тўртинчи боби «**Оралиқ қурилмаларнинг таъмирлараро муддатларини режалаш усули ва тадқиқот натижаларининг техник-иқтисодий самарадорлиги**» деб номланган. Бу бобда кўприклар учун ишончлилик назарияси қоидаларини қўллаш масаласини ҳал қилишда эксплуатация қилинаётган оралиқ қурилмалар учун керакли даражадаги ишончлиликни белгилаш асосий ҳисобланиши кўрсатиб берилган. Керакли ишончлилик даражаси ишончлиликнинг меъёрий даражаси бўлиб, техник-иқтисодий далиллар асосида белгиланиши керак.

Мўрт емирилиш кўринишидаги бузилиш бошланганда меъёрий авариявий хатар қуйидаги формула билан аниқланади

$$\mathrm{H}_* = 1 - \mathrm{H} \quad (20)$$

Ҳисоблардан кўринадики, ҳисобий параметрлар ўзгарганда ишончлилик қиймати *H*, ишончлиликнинг меъёрий қиймати *H=0,98* бўлган ҳолда, 0,988 чегараларида бўлади.

Эксплуатация вақтида шикастланишлар тўпланиши ҳисобига ишончлилик даражаси - *H* пасая бошлайди. Таъмирлараро муддатларни аниқлаш методикаси таклиф қилинади.

Шикастланган элементнинг техник ҳолатини тиклаш чора-тадбирларини бажариш ишончлилик даражасини H_1 гача кўтарилиши кўриб чиқилаётган элементни алмаштириш муддатини чўзиш имконини бериши кўрсатилган. Бунда таъмирлараро муддатнинг давомийлиги ҳар бир таъмирдан кейин камаяди, яъни ишончлиликнинг меъёрий даражасини сақлаб туриш учун, оралиқ қурилманинг ёши ошиши капитал маблағ сарфлаш муддати камаяди. Шу сабабли навбатдаги таъмирнинг мақсадга мувофиқлиги техник-иқтисодий ҳисоблар асосида ҳал этилиши керак.

Ишлаб чиқилган «МОСТ» мониторинг дастури, шунингдек, шуни ҳам тахмин қиладики, оралиқ қурилма ҳолатининг қониқарсиз баҳоланиши унинг кейинги меъёрида эксплуатация қилиб бўлмаслигини билдиради ва иншоотни реконструкция қилиб, оралиқ қурилманинг алоҳида элементларини алмаштириш ёки кучайтириш зарурияти туғилади.

Оралиқ қурилманинг таъмирлараро муддатларини аниқлаган ҳолда мониторингнинг режа асосида ташкил этилиши ҳақиқий ишончлиликнинг меъёрий қийматларидан пасайишига йўл қўймаслик имконини беради. Шундай қилиб, масалани ҳал қилишнинг иккита варианти юзага келади: элементлар ёки яхлит оралиқ қурилмани алмаштириш ёки ишончлиликнинг меъёрий қийматларидан паст бўлмаган шароитларини сақлаш ва бунда реконструкцияга йирик капитал маблағ қуйилишини узоқлаштирувчи махсус

чора-тадбирларни ташкил этиш.

Оралиқ қурилмани эксплуатацион ишончлилигини меъёрий даражасигача тиклашда қолдиқ ресурс ва кейинги таъмирлараро муддатлар ҳисоблаб чиқилади. У ҳолда капитал маблағлар, оралиқ қурилма алмаштириладиган ҳолатдагидан анча кам бўлади. Аммо ΔT_{res} вақтдан кейин ҳисобий ресурс тугаб битгандан кейин таъмирлаш-тиклаш ишларининг кейинги босқичи келади. Асосий самарадорликга эксплуатация вақтида капитал маблағ қўйилишини янада рационал узоқлаштириш ҳисобига эришилади.

Қолдиқ ресурсни ҳисоблаш мисоли ва тадқиқоднинг иқтисодий самарадорлиги бўйича маълумотлар келтирилади.

ХУЛОСА

«Темир йўл кўприклари оралиқ қурилмалари ресурсини ҳисоблаш усулларини техник диагностика натижалари асосида такомиллаштириш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Ўтказилган изланишлар шуни кўрсатадики, металл оралиқ қурилмалар элементларини тайёрлашда, улар геометрик параметрларининг оғиш қийматлари хорижий мамлакатлар ва Ўзбекистондаги меъёрий ҳужжатлар талабларига мос келади. Бу ерда ҚМҚ 3.03.02-98 «Металл конструкциялар. Ишлаб чиқариш ва ишларни қабул қилиш қоидалари» талаблари етарлича асосланмаганлиги, бу қоидаларни республикамиздаги заводларнинг реал технологик жиҳозланганлигидан келиб чиққан ҳолда, қайта кўриб чиқиш лозим эканлигини кўрсатди.

2. Заводларда тайёрланган оралиқ қурилмалар элементларини текшириш натижаларига кўра аниқландики, бирлаштириладиган элементлардаги нотекисликлар кўринишидаги нуқсонларни амалда олдини олишнинг имкони йўқ. Нотекисликларнинг учма-уч уланган жойларнинг юк кўтариш қобилиятига таъсирини миқдорий баҳолаш усули ишлаб чиқилди. Бунда уланмалардаги нотекисликлар 3,0 мм гача бўлганда, устқўймалардаги кучланишларнинг ортиши, уларнинг букилиши ҳисобига 20% дан ошмаслиги аниқланди.

3. Паррон фермалар узелларининг бўлакларини табиий шароитлардаги синовлари асосида, бирлаштириладиган элементлардаги нотекисликларнинг катталиклари ҳар хил бўлган уланмаларининг ишлаш диаграммаси тузилди. Учма-уч уланган жойларнинг кучланиш-сурилиш диаграммасини ифодалаш учун математик боғлиқликлар аниқланди.

4. Оралиқ қурилмалар элементлари ресурсини прогноз қилиш учун, шикастланишлар тўпланишининг чизиқли назарияси базасида, уланмаларда нотекисликлар кўринишидаги дастлабки нуқсонлари бўлган оралиқ қурилмалар ресурсини топиш формулалари такомиллаштирилди. Дастлабки нуқсонларни конструкция эксплуатация қилина бошлангунича ўз вақтида бартараф қилиш, меъёрга яқин ресурсни таъминлаш имконини берди.

5. Эксплуатация қилинаётган оралиқ қурилмалар қолдиқ ресурсини шикастланишларнинг ривожланиш меъзони бўйича, ҳисобий формулаларга кирувчи параметрларнинг тасодифий ёйилишини ҳисобга олиб прогноз қилиш усули ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усулдан фойдаланиш натижасида лойиҳалаш жараёнида кўприк элементлари нуқсонларини тавсифлаш орқали 7-8% оралиғида маблағ тежаш, ҳамда реконструкция даврида ресурсни прогноз қилиш орқали эксплуатацион сарф-харажатларни камайтириш имконини берди.

6. Оралиқ қурилмаларнинг таъмирлараро даврларини, эксплуатацион ишончлиликнинг меъёрий даражасини таъминлаш шартлари бўйича, элементларнинг қолдиқ ресурсини берилган ишончлилик қиймати билан ҳисоблашга асосланган прогноз қилиш усули ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усулдан фойдаланиш таъмирлаш сифатини ошириш, эксплуатация жараёнида харажатларни 10-12%га камайтириш, меҳнат унумдорлигини 15-20% ошириш имконини берди.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc.27.06.2017.T.09.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, А ТАКЖЕ ПРИ ТУРИНСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ В ГОРОДЕ ТАШКЕНТЕ

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

МАМАЖАНОВ РУСТАМ РАХИМЖАНОВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РЕСУРСА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

05.09.02 – Основания, фундаменты и подземные сооружения. Мосты и транспортные тоннели. Дороги, метрополитены

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ

Ташкент– 2017

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2017.1.PhD/T123.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.

Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский) размещен на веб-странице по адресу www.tayi.uz и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель:	**Ишанходжаев Абдурахман Асимович** доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	**Рашидов Турсунбай** доктор технических наук, профессор, академик
	Рузиева Мафура Васиковна Кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	**Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта**

Защита дисертации состоится «____» _____ 2017 года в 10^{00} часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.09.01 при Ташкентском институте по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог и Туринском политехническом университете в городе Ташкенте (Адрес: 100060, г. Ташкент, проспект А.Темура, 20. Тел./факс: (99871) 232-14-79, e-mail: tadi_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог (зарегистрирована № _____). (Адрес: 100060, г. Ташкент, проспект А.Темура, 20. Тел.: (99871) 232-14-79).

Автореферат диссертации разослан «____» _____ 2017 года.
(реестр протокола рассылки № ____ от «____» _____ 2017 года).

А.А. Рискулов,
Председатель Научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

А.М. Бабаев,
Ученый секретарь Научного совета по присуждению
учёных степеней, к.т.н.

А.А.Ашрабов,
Председатель Научного семинара при Научном
совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире по обеспечении нормального функционирования железных дорог важная роль отводится мостам - самым ответственным и дорогостоящим сооружениям. В таких странах, как США, Япония, Германия, Китай[1] с развитой железнодорожной инфраструктурой, доля железнодорожных мостов составляет 70% от общей протяженности дорог. Это в свою очередь вызывает необходимость организации эксплуатационного процесса металлических пролетных строений мостов путем создания обоснованной системы постоянного мониторинга. Поэтому в зарубежных странах особое внимание уделяется на направление прогнозирования ресурса элементов мостовых конструкций.

С приобретением независимости нашей республики в системах транспортных коммуникаций особое внимание уделяется качественному совершенствованию процессов проектирования, строительства и эксплуатации надземных сооружений. На основе осуществленных мероприятий, в том числе повышена прочность, надежность надземных сооружений железных дорог при помощи сложных металлических конструкций. Наряду с этими, в настоящее время требуется совершенствование методов расчета для повышения ресурса искусственных сооружений в системах транспортных коммуникаций. В Стратегии действий дальнейшего развития Республики Узбекистан, в том числе определены следующие задачи « … осуществления целевых программ по развитию и модернизации дорожно-транспортных, инженерно-коммуникационных и социальных инфраструктур, … ». В этом направлении приобретает важное значение проведение широких научных исследований по расчету ресурса мостов, повышению их эксплуатационной надежности, по обеспечению надежности вновь строящихся, а также эксплуатируемых на железнодорожных линиях мостов.

В мире расчет ресурса металлических пролетных строений, их оценка на основе технической диагностики, при этом проведение целевых научных исследований в направлениях учета дефектов при изготовлении и монтажа, а также определение ресурса с учетом повреждений при длительной работе приобретает особое значение. В этом отношении, в том числе проведение целевых научных исследований определения причин появления дефектов при изготовлении, монтажа и эксплуатации пролетных строений, разработка способов определения влияния дефектов и повреждений на ресурс пролетных строений, разработка удобного для практического применения методов расчета ресурса пролетных строений является одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №ПП-2313 от 6 марта 2015 г. «О Программе развития и модернизации инженерно-коммуникационной и дорожно-транспортной инфраструктуры на 2015-2019 годы», №ПП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по

[1] https://ru.wikipedia.org/wiki/высокоскоростные_наземный_транспорт_по_странам

дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-5066 от 1 июня 2017 г. «О мерах по коренному повышению эффективности системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» и Постановлением Кабинета Министров №242 от 24 августа 2001 г. «О дальнейшем совершенствовании государственной системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики IV. «Математика, механика, сейсмодинамика сооружений и информатика» и XIV. «Сейсмология, сейсмобезопасность зданий и сооружений и строительство».

Степень изученности проблемы. Научные исследования в области расчета пролетных строений с дефектами, возникающими при изготовлении и монтаже металлических конструкций мостов, а также в процессе их эксплуатации, выполнялись такими известными в мире исследователями как В.О.Осипов, Т.М.Богданов, А.И.Васильев, Е.Е.Гибшман, П.П.Ефимов, Э.С.Карапетов, Ю.Г.Козьмин, Б.Ф.Лесохин, Г.А.Мамлин, Hisayuki AKIYAMA, MitsuruKIMURA, Murakami, KatsuroOZAWA, Nobuo NISHIMURA и др.

В нашей стране рядом отечественных ученых проведены научно-исследовательские работы в области развития расчетов, испытаний и совершенствования металлических конструкций железнодорожных мостов. Положительные результаты исследований в этой области получены в различные годы Т.Р.Рашидовым, А.А.Ашрабовым, А.А.Ишанходжаевым, Г.Х.Хожметовым, Р.Мамажановым, М.В.Рузиевой, Р.З.Низамутдиновой, Ч.С.Рауповым, Н.А.Красиным, Х.А.Байбулатовым и др.

На сегодняшний день в действующем нормативном документе ШНК 2.03.02-12 «Мосты и трубы» отсутствует научно-обоснованный способ оценки влияния на работу металлических пролетных строений начальных дефектов изготовления и монтажа, а также повреждений на стадии эксплуатации. В математических формулах для прогнозирования остаточного ресурса эксплуатируемых пролетных строений, не в полном объеме учитываются на рассматриваемый момент времени такие повреждения, как наличие трещин, коррозия металла и др. Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что на сегодняшний день методы расчета существующих металлических пролетных строений мостов на основе технической диагностики достаточно не изучены.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских проектов Ташкентского института по проектированию,

строительству и эксплуатации автомобильных дорог, прикладного научного гранта на тему А-14-25 «Эксплуатационная надежность металлических пролетных строений железнодорожных мостов» (2015-2017), а также в рамках договоров с компанией АО «Узбекистон темир йуллари», «NIPPON STEEL» (Япония) (2008-2010).

Целью исследования является совершенствование методов расчета ресурса эксплуатируемых металлических пролетных строений железнодорожных мостов на основе результатов технической диагностики.

Задачи исследования:

определение причин появления дефектов при изготовлении и монтаже пролетных строений, а также в процессе их длительной эксплуатации;

разработка методов оценки влияния различных дефектов и повреждений на ресурс пролетных строений;

разработка удобных для практического применения методов расчета ресурса пролетных строений;

разработка рекомендаций по обследованию и оценке технического состояния эксплуатируемых пролетных строений, числящихся на балансе путевого хозяйства.

Объектом исследования являются металлические пролетные строения мостов на железных дорогах.

Предмет исследования состоит из метода расчетного определения ресурса металлических пролетных строений железнодорожных мостов при установлении условий пропуска поездов и планировании межремонтных сроков во время их эксплуатации.

Методы исследования. В процессе исследования металлических пролетных строений железнодорожных мостов применены экспериментально-теоретические методы оценки состояния, теоретические зависимости, полученные на базе метода линейной механики разрушения, изучение резултатов построеннқх мостов, метод испытания фрагментов узлов пролетных строений на многократно повторные нагружения, близкие к реальным условиям воздействий поездов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны методы определения причин появления дефектов и повреждений в стадиях строительства и эксплуатации пролетных строений на основе результатов технической диагностики;

на основе коэффициента трения f определена степень концентрации появляемых за счет неровностей в узлах дефектов;

разработан способ расчета остаточного ресурса эксплуатируемых железнодорожных металлических пролетных строений на основе результатов технической диагностики;

на основе теории накопления повреждений усовершенствован метод расчета ресурса пролетных строений с учетом повреждений, возникших в процессе эксплуатации.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

усовершенствованы существующие методы определения ресурса металлических пролетных строений мостов, имеющих начальные дефекты до эксплуатации;

усовершенствованы существующие методы определения остаточного ресурса эксплуатируемых металлических пролетных строений по данным технической диагностики;

на основе методологии моделирования и расчета аналитических зависимостей, а также результатов экспериментальных исследований была создана возможность разработать руководство для расчета остаточного ресурса металлических пролетных строений мостов и рекомендации по обследованию и оценке технического состояния существующих искусственных сооружений, которые дали возможность оптимизировать ремонтые работы мостов принадлежащих путевому хозяйству.

Достоверность результатов исследования подтверждается сопоставлением данных лабораторных испытаний опытных образцов и теоретических зависимостей по оценке влияния дефектов и повреждений на ресурс пролетных строений с данными обследования и испытания эксплуатируемых пролетных строений мостов, а также широким обсуждением проблемы на различных научных конференциях и публикациями результатов исследований в рецензируемых научных журналах Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования состоит в разработке математических зависимостей, отражающих процесс накопления повреждений в элементах пролетных строений в процессе эксплуатации, а также полученных на этой базе зависимостей по прогнозированию ресурса пролетных строений мостов.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке удобных для проектирования и реконструкции мостов методов прогнозирования ресурса с учетом результатов диагностики конструкций, которые позволят уменьшить эксплуатационные расходы. Полученные результаты позволят снизить затраты при ремонтах, правильно планировать межремонтные сроки и обеспечить безопасность и бесперебойность пропуска поездов по мосту.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по усовершенствованию способов расчета ресурса пролетных строений железнодорожных мостов:

метод расчета ресурса металлических пролетных строений железнодорожных мостов по данным технической диагностики были внедрены при проектировании пяти металлических железнодорожных мостов АО «Узбекистон темир йуллари» на линии «Ташгузар-Байсун-Кумкурган» (справка от 4 сентября 2017 г. №НГ/4034-17 АО «Ўзбекистон темир йўллари»). Применение научных результатов в процессе проектирования пу-

тем характеристики дефектов элементов мостов позволило экономию средств в пределах 7-8%, а также усовершенствования методов расчета металлических пролетных строений мостов.

метод по осмотрам и определениям технического состояния эксплуатируемых искусственных сооружений внедрены во всех дорожных службах путевого хозяйства АО «Узбекистон темир йуллари» (справка от 10 августа 2017 г. №2013-П Управления путевого хозяйства). Внедрение этих исследовний позволило повысить качество ремонта, снизить на 10-12% расходов в процессе эксплуатации, повысить производительность труда на 15-20%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования апробированы на 2 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 14 научных работ. Из них 9 научных статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), в том числе 7 в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 133 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, определены объект и предмет исследования, показано соответствие темы диссертации приоритетным направлениям развития науки Республики Узбекистан, обоснована научная новизна, достоверность исследований, практическая ценность полученных результатов, приведены материалы по внедрению результатов исследования, результаты апробации и данные по опубликованным работам.

В первой главе **«Современное состояние эксплуатации металлических железнодорожных мостов»** проанализировано современное состояние эксплуатации металлических железнодорожных мостов.

Первые металлические сквозные фермы на железнодорожной линии Ташкент - Самарканд применены в 1898-1905 годах. Мост через р. Сырдарья с металлическими сквозными фермами возведен в 1899 году, в настоящее время эксплуатируется на подъездной дороге к карьеру. Четырехпролетный мост перекрыт пролетными строениями с расчетным пролетом 87,4 м, запроектированным по расчетным нормам 1896 г. Фермы двухраскосной системы с криволинейным верхним поясом и ездой понизу.

В 1938 году возведен железнодорожный мост через р. Карадарья. Здесь пролетное строение длиной 110 м запроектировано по нормам 1918 года.

Фермы с треугольной решеткой с полигональным очертанием верхних поясов.

Позднее в результате теоретических исследований по рационализации очертания несущих конструкций разработан ряд пролетных строений, отличающихся простотой форм очертания поясов, в частности, фермы с треугольной решеткой и параллельными поясами. В результате многораскосные, многорешетчатые фермы с криволинейными поясами постепенно уступили место более современным фермам.

Наиболее интересными решениями являются пролетные строения l=34 м моста с ездой поверху через р. Нарын, l=44 м моста с ездой понизу через р. Кашкадарья и др. В этих пролетных строениях использованы стали более высокого качества и современные технологии изготовления конструкций.

На совмещенном мосту через р. Амударья с пролетами l=66 м, а также на мостах через р. Сырдарья и р. Ангрен с пролетами l=110 м применены совершенно новые технологические разработки металлоконструкций. Эти пролетные строения изготовлены на Той-Тепинском заводе металлоконструкций.

Впервые в отечественном мостостроении возведены металлические пролетные строения с неразрезными сквозными фермами с ездой поверху на железнодорожной линии Ташгузар-Кумкурган.

Установлено, что в существующем объеме железнодорожных мостов Республики Узбекистан значительную долю, около 16%, составляют металлические мосты, отличающиеся большим разнообразием статических схем, годов строительства и условий эксплуатации. С каждым годом количество металлических мостов увеличивается за счет строительства новых железнодорожных линий, в том числе возводимых за счет иностранных инвестиций.

Показано, что существующее состояние организации эксплуатационного процесса не отвечает современным требованиям. Профилактика предупреждения появления повреждений в пролетных строениях практически не проводится. Специализированные организации по мониторингу пролетных строений перед сдачей их в постоянную эксплуатацию и в процессе длительного срока их службы не созданы.

Сделан вывод, что в сложившейся ситуации одним из основных вопросов, требующих неотлагательного решения, является разработка методов расчета ресурса пролетных строений с учетом дефектов и повреждений, появляющихся в процессе изготовления, монтажа и в период эксплуатации.

Во второй главе **«Результаты технической диагностики металлических пролетных строений перед приемкой в постоянную эксплуатацию»** выполнен подробный анализ существующего состояния технологии изготовления металлических конструкций пролетных строений на современных заводах за рубежом и в Узбекистане. На заводах NIPPON STEEL (Япония), где изготовлены пролетные строения для мостов на линии Ташгузар-Кумкурган, широко внедрена робототехника. Достаточную оснащенность современными оборудованиями имеет также Той-Тепинский завод металлоконструкций в

Ташкентской области. Основными проблемами при изготовлении сквозных ферм на всех заводах являются:

- сложность обеспечения плотного соприкасания большого количества объединяемых элементов. На практике часто образуются местные неплотности с зазорами до 4 мм. Эти неплотности появляются в результате небольших погнутостей накладок, фасонок, рыбок и листов элементов, а также несовпадения плоскостей элементов поясов в стыках;

- несовпадение отверстий для установки высокопрочных болтов (чернота) в соединениях элементов. При этом болты получают перекосы в процессе эксплуатации, вызывающие их разрушение;

- ромбовидность сечений в сварных коробчатых конструкциях.

В процессе эксплуатации отмеченные дефекты при изготовлении получают дальнейшее развитие из-за появления ржавчины в щелях, коррозии металла, выпучивания и др.

Такие дефекты как продольный выгиб, винтообразность (деформация скручивания) и выпучивание стенки, перекос полки относительно стенки и грибовидный изгиб полок, появляющиеся в результате деформации от сварки, находятся в пределах допустимых величин. Эти отклонения, как показали исследования, отрицательного влияния на несущую способность сварных балок и элементов не оказывают.

Вместе с тем, ромбовидность сечений из-за несовпадения осей соединяемых элементов может привести к снижению несущей способности узлов и их долговечности. До настоящего времени исследования по количественной оценке этого фактора на работу пролетных строений не проводились.

В заводских условиях были произведены измерения фактических размеров ширины сварных элементов коробчатого сечения на уровне горизонтальных листов и диагоналей поперечного сечения. Несовпадение размеров диагоналей поперечного сечения свидетельствовало о наличии ромбовидности.

Всего замерены величины ширины поперечных сечений 68 элементов нижнего пояса сквозной фермы.

Полученные значения отклонений от проектной ширины сечения составляют +2,65 мм, что больше допустимых КМК 3.03.02-98 «Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ» +0; -2 мм, но меньше допустимых ИЖТ ±3 мм.

Следует отметить, что на указанные отклонения влияет не только уровень технологии изготовления элементов конструкций, но и отклонения от проектных размеров проката, поставляемого на заводы.

Таким образом, при возможных отклонениях толщины проката даже при обеспечении точности изготовления горизонтального листа пояса не удастся соблюсти требования КМК 3.03.02-98«Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ» +0; -2мм.

В работе сделана попытка оценить влияние допустимых величин ромбовидности на появление перепадов в соединениях. С этой целью обработаны результаты измерения разности длин диагоналей Δ, полученные в процессе

инспекции изготовленных элементов сквозных ферм на заводе Гранспан (Манила) для железнодорожного моста на линии Ташгузар-Кумкурган.

Вероятное отклонение разности длин диагоналей с надежностью 0,99 получается ±2,0 мм. Таким образом, при существующей технологии изготовления конструкций и допустимых величинах разностей диагоналей, появление перепадов исключить невозможно.

На основании технического обследования 16 металлических пролетных строений перед сдачей их в постоянную эксплуатацию на линиях Ташгузар-Кумкурган, Ташкент-Самарканд и Ташкент-Ангрен-Пап показано, что полностью исключение перепадов в соединениях при существующем уровне технологии изготовления металлоконструкций практически невозможно и ограничение их величин 0,3 мм требует дополнительного обоснования. С увеличением перепада соединяемых элементов коэффициент трения уменьшается. Зазоры при перепаде элементов в соединениях до 3,0 мм практически мало влияют на коэффициент трения, и эти зазоры могут быть загерметизированы для предотвращения попадания влаги. Зазоры более 3,0 мм недопустимы, и при появлении таких зазоров их рекомендуется заполнить дополнительными пластинками.

На основании теоретических исследований установлено, что при перепаде в соединениях до 3,0 мм увеличение напряжений в накладках за счет их изгиба не превышает 20%, а допуск перепадов более 3,0 мм, как указано выше, нежелателен.

Общий подход требований норм Японии и Узбекистана к отклонениям геометрических параметров изготовленных на заводе элементов металлических конструкций в целом совпадает. По ряду показателей более жесткими являются нормы Японии. Здесь, по-видимому, учитывались наиболее высокий уровень изготовления элементов конструкций в заводских условиях Японии и высокий уровень технологии монтажа пролетных строений.

Величины стандартных диаметров высокопрочных болтов по нормам Японии и Республики Узбекистан не отличаются, однако требуемые величины номинальных отверстий под высокопрочные болты разные, причем жесткие требования КМК 3.03.02-98 «Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ» можно считать необоснованными. Поэтому рекомендуется пересмотреть это положение, исходя из реальной технической и технологической обеспеченности заводов Республики Узбекистан. Требования по остальным отклонениям параметров практически совпадают, но учитывая дальнейшее продолжение строительства металлических мостов специалистами Японии необходимо унифицировать эти показатели разработкой межгосударственных стандартов.

Третья глава **«Ресурс металлических пролетных строений с учетом начальных дефектов изготовления и монтажа».** Ресурс - характеристика долговечности, показывающая запас возможной наработки объекта от начала его применения до наступления предельного состояния.

Применительно к металлическим пролетным строениям мостов наилучшей единицей измерения ресурса принято время, являющееся составной частью теории надежности конструкций.

В трудах В.В. Болотина впервые сформулированы теоретические основы прогнозирования ресурса конструкций машин. В.О.Осипов обосновал принципы расчета ресурса применительно для металлических пролетных строений железнодорожных мостов, и эти вопросы получили дальнейшее развитие в работах Л.И. Иосилевского, В.П. Чиркова, А.Ю. Клюкина, А.А.Шейкина, Б.Ф. Лесохина, О.В. Смирновой, Е.П. Феоктистовой и др.

Расчет ресурса металлических пролетных строений на стадии проектирования нормативными документами не регламентирован. Предполагается, что обеспечение условий расчета выносливости элементов мостовых конструкций гарантирует срок службы в пределах 80-100 лет. При этом не учитываются важнейшие факторы - влияние начальных дефектов изготовления и монтажа, а условия работы конструкций в процессе эксплуатации учитываются не в полной мере.

Для получения количественной оценки влияния начальных дефектов на несущую способность стыковых соединений были проведены экспериментальные исследования фрагментов узлов металлических сквозных ферм в лаборатории NIPPON STEEL (Япония) по заказу АК «Узбекистон темир йуллари» с участием АО «Узогирсаноатлойиха».

Были изготовлены 3 серии образцов-фрагментов. Каждая серия включала по 4 образца с перепадами соединяемых элементов 3,0 и 4,5 мм. Одновременно изготовлены такие же образцы без перепада.

Испытания фрагментов узлов проведены в научно-исследовательской лаборатории Саубаку компании Ниппон Стил Инжиниринг Ко. Лтд.

Испытания проведены на гидравлической машине грузоподъемностью 4000 кН. Для измерения величин скольжения установлены марки. Точность измерения деформаций – 0,01 мм.

На рис. 1 и 2 приведены диаграммы работы соединения при испытании опытных образцов и зависимости сдвигающих усилий от величины перепада в соединениях.

Из рис. 1 и 2 видно, что величина сдвигающих усилий P существенно зависит от перепада соединяемых элементов и места расположения болтов от стыка. Наименьшее значение сдвигающего усилия соответствует для крайнего ряда болтов от стыка при перепаде соединяемых элементов 4,5 мм. Это показывает, что при увеличении перепадов снижается контактная плоскость в соединяемых элементах и передача усилий на ряды болтов происходит неравномерно.

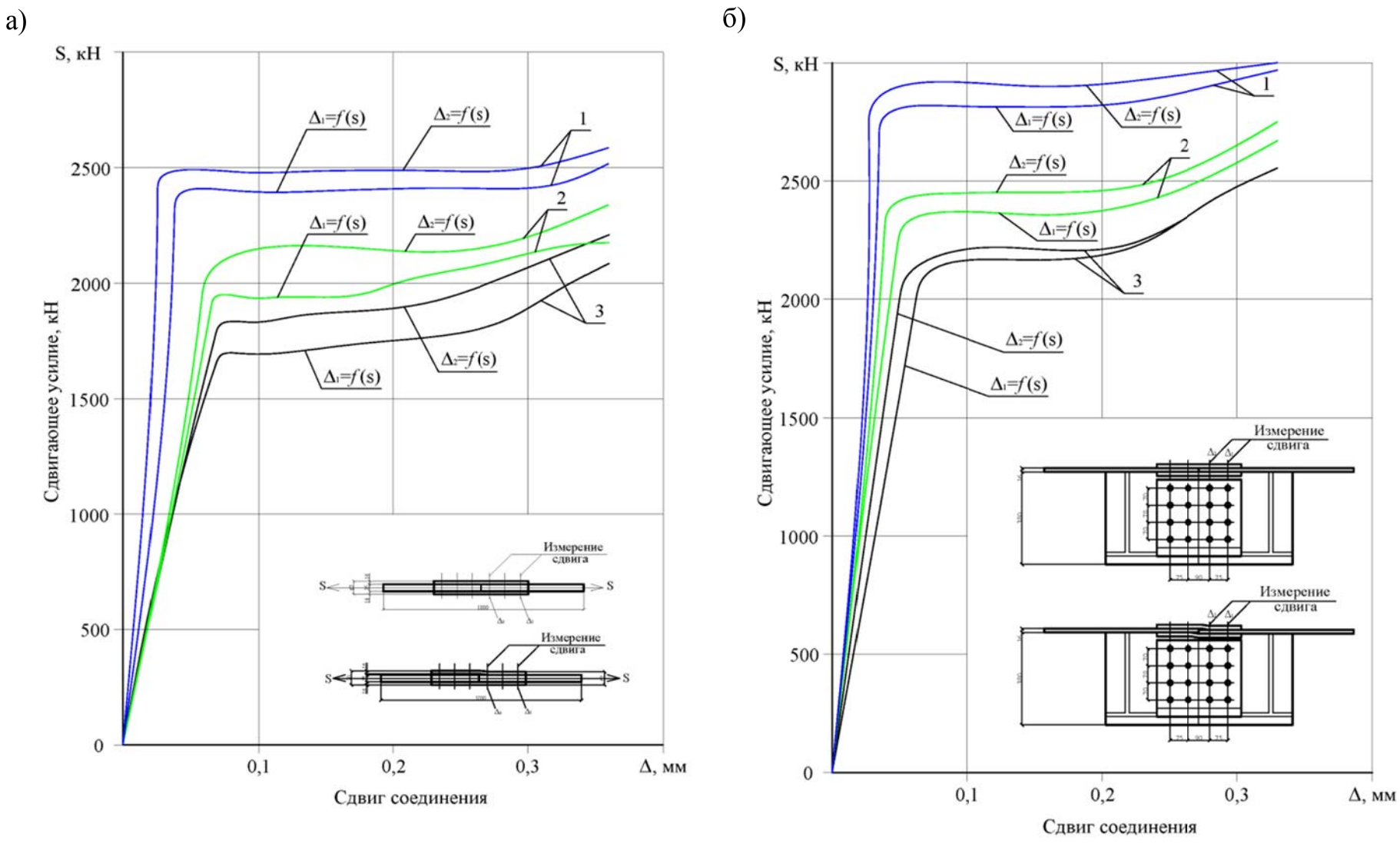
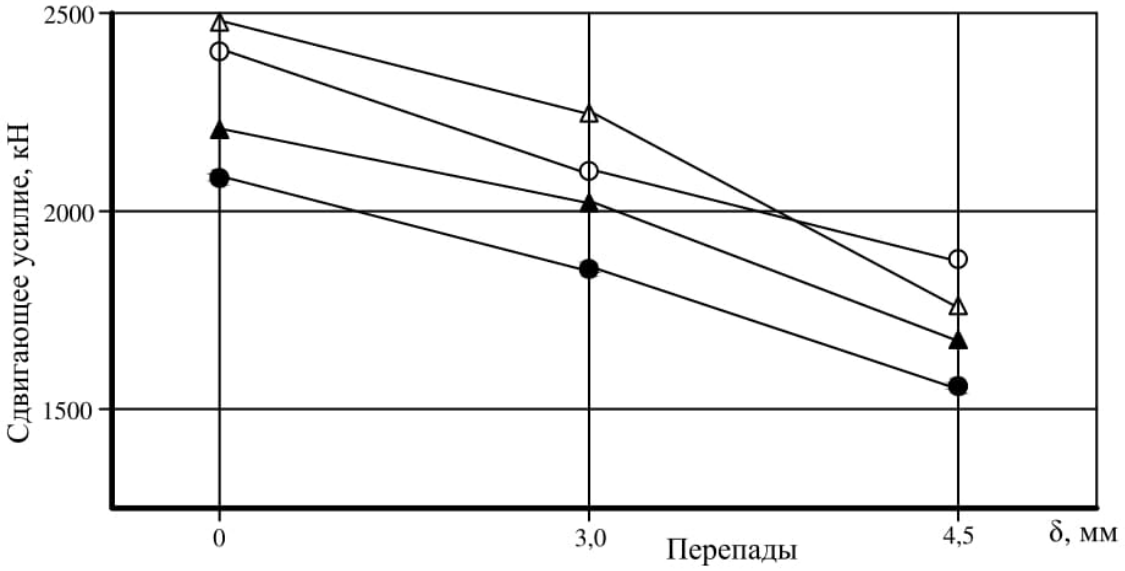


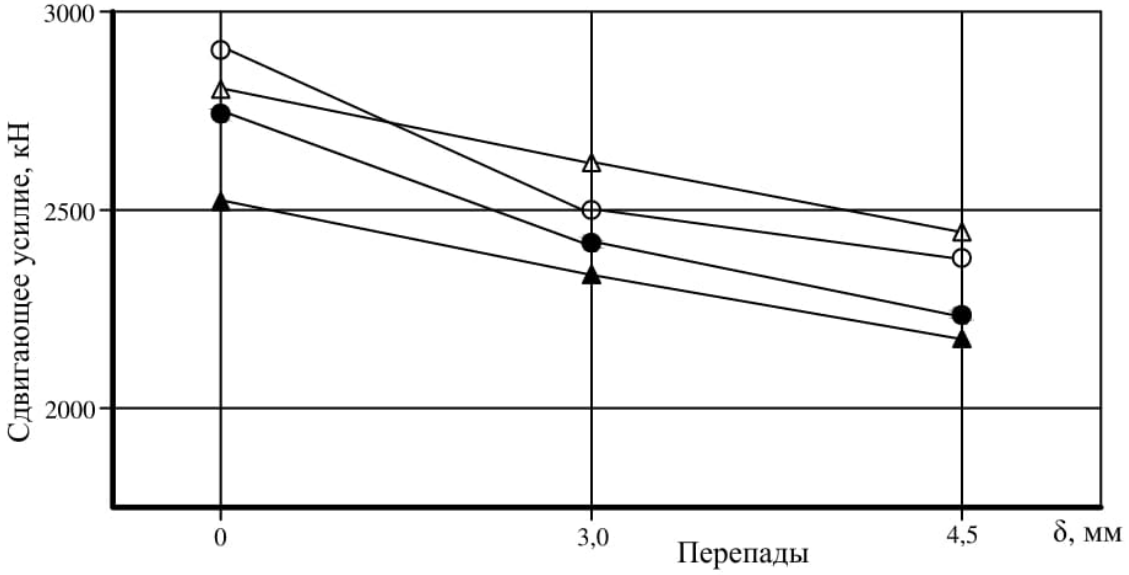
Рис. 1. Диаграмма работы соединения при испытании опытных плоских (а) и объемных (б) образцов без перепада (1) и с перепадами 3,0 (2) и 4,5 (3) мм

а)



Фрагмент №2
Δ – крайний ряд болтов к стыку
▲ – крайний ряд болтов от стыка

б)



Фрагмент №1
○ – крайний ряд болтов к стыку
● - крайний ряд болтов от стыка

Рис. 2. Зависимость сдвигающих усилий от величины перепада соединяемых элементов
а) плоские фрагменты; б) объемные фрагменты

Точное определение напряженно-деформированного состояния пластины узла представляет сложную задачу. Поэтому в решениях таких задач вли-

яние внецентренности приложения нагрузки, вызывающей изгиб пластинки, учитывается увеличением начального искривления.

Рассмотрен случай работы накладки пластины узла фермы, показанной на рис.3.

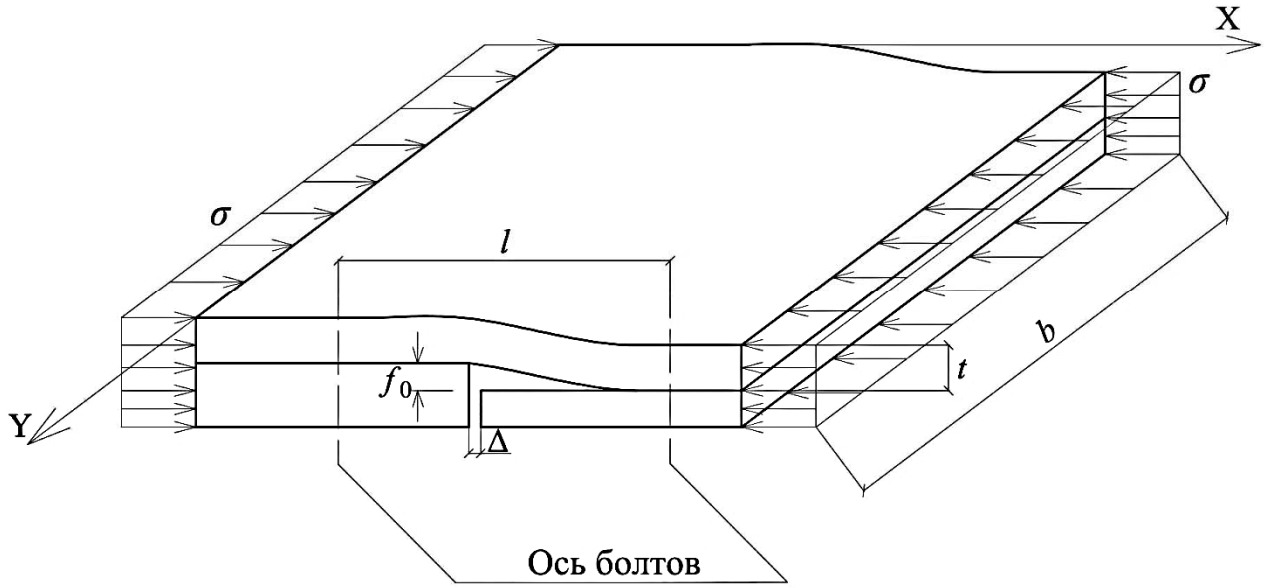


Рис. 3. Схема соединения с начальным искривлением пластинки-накладки

В общем случае рассмотрена прямоугольная плита, опертая по контуру, равномерно сжатая в продольном направлении. Задача заключается в определении критического напряжения σ соответствующее предельному состоянию. Получена математическая зависимость критического напряжения в искривленной пластине в следующем виде:

$$\sigma = A + \sigma_0 - \sigma_T + \sqrt{(A + \sigma_0 - \sigma_T)^2 + 4\sigma_T\sigma_0} \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi E f_0 t}{\sqrt{2} l^2} \quad (2)$$

$$\sigma_0 = \frac{k\pi^2 E t^2}{12 b^2} \quad (3)$$

В полученных формулах: σ_0 - критическое напряжение для пластины, не имеющей кривизны; σ_T – предел текучести; k – коэффициент, зависящий от отклонения сторон пластины.

Из полученных выражений видно, что критическое напряжение в искривленной пластине зависит от ее толщины *t,* расстояний между осями болтов *l*, ширины соединения *b* и f_0 – начальной величины искривления.

В табл. 1 занесены результаты изменения $\frac{\sigma_0}{\sigma}$ в зависимости от $\frac{t}{l}$, вычисленные по (1) для различных величин начального искривления f_0 при начальных искривлениях от 0 до 5,0 мм.

Таблица 1

Изменения $\frac{\sigma_0}{\sigma}$ в зависимости от $\frac{t}{l}$ и f_0.

$\frac{t}{a}$	Значения начального искривления f_0, *мм*					
	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,3	1,0	0,97	0,85	0,80	0,75	0,70
0,35	1,0	0,98	0,82	0,78	0,72	0,70
0,4	1,0	0,98	0,80	0,73	0,71	0,68

Как видно из табл.1 увеличение критического напряжения σ искривленной пластины относительно σ_0– прямолинейной пластины существенно зависит от величины начального искривления пластины - перепада (зазора) в стыковых соединениях. Зазор величиной 5 мм может увеличить напряжение в пластине на 30-32%. Изменение напряжений незначительно зависит от отношений $\frac{t}{l}$.

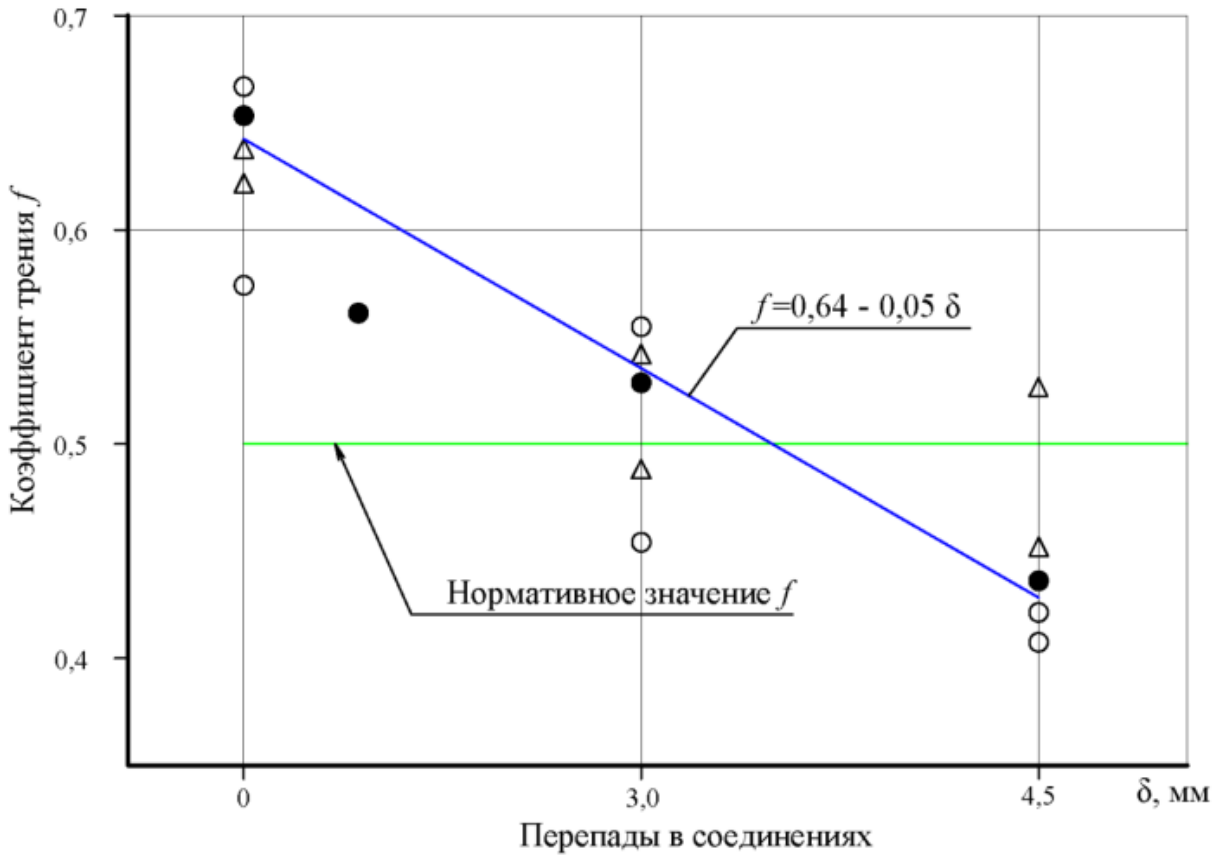
Показано, что деформация пролетных строений существенно зависит от деформативности соединений. Поэтому целесообразно для оценки предельного состояния узлов использовать реальную диаграмму соединения, полученную в работе в виде:

$$\varepsilon_\Delta = \Delta + \varepsilon = \frac{\sigma l}{4E} + \left[\frac{\sigma}{\text{Б}}\left(1 - \frac{m}{n}\right)\right]^k \qquad (4)$$

где, ε_Δ – деформация соединения; Δ – деформация относительного сдвига; ε – относительная упругая деформация элементов соединения; Б – постоянная, имеющая размерность времени; k – безразмерный коэффициент; m – число болтов первого ряда; n – число болтов в полунакладке.

В диссертации рассматривается состояние узлов ферм, работающих на растяжение и сжатие. В этом случае во фрикционном соединении развивается деформация взаимных смещений соединяемых элементов. На основании результатов испытаний фрагментов предложена зависимость для определения коэффициента трения для расчета узловых соединений.

Установлено, что коэффициент трения f в соединениях уменьшается с увеличением перепадов элементов в стыках. При перепаде в соединениях до 3,0 мм опытные значения коэффициента трения практически равны нормативным величинам по КМК. Дальнейшее увеличение величин перепада приводит к заметному снижению f (рис. 4), поэтому в этих случаях рекомендованы перепады заполнить плоскими пластинами. Зазоры при перепадах до 3,0 мм рекомендуется заполнить герметиками, предотвращающими попадание влаги в соединения.



○ – плоские фрагменты;
Δ – объемные фрагменты;
▲– по результатам расчета плоскости прилегания элементов

Рис. 4. Изменение коэффициента *f* в зависимости от перепада в соединениях

Изменение коэффициента трения *f* в зависимости от перепада соединяемых элементов определено обработкой результатов испытаний методом наименьших квадратов

$$f = 0{,}64 - 0{,}05\delta \qquad (5)$$

Исходя из полученных результатов, расчет несущей способности фрикционных соединений предлагается выполнить по среднему ряду болтов по зависимости

$$S \leq k \cdot N_H \cdot (0{,}64 - 0{,}05\delta) \qquad (6)$$

где S - сдвигающее усилие на соединение от расчетных нагрузок; N_H - нормативное усилие натяжения болта; δ – перепад в соединениях, мм.

Зависимость (6) позволяет внести корректировку в условия эксплуатации в случае возникновения перепадов в соединяемых элементах узлов.

В работе приводятся результаты испытания фрагментов узлов на многократно-повторные нагружения.

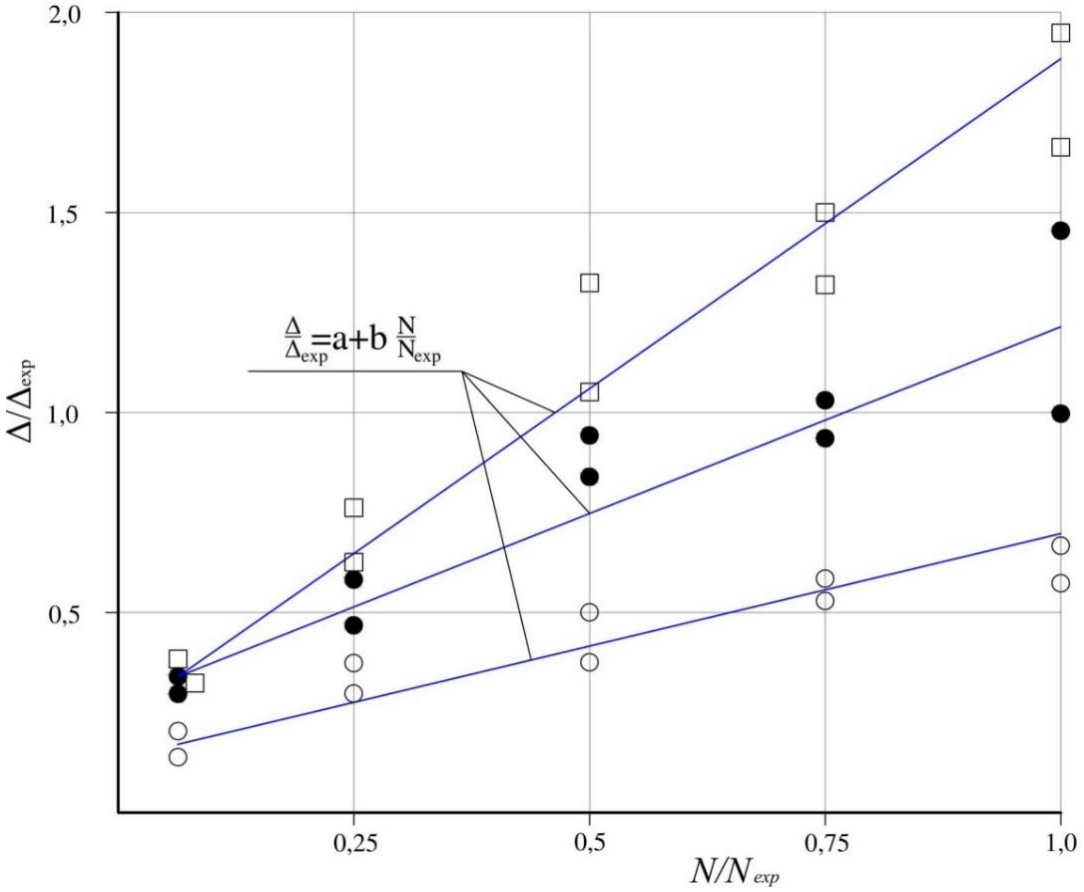
Испытаниям подвергались плоские фрагменты с перепадами соединяемых элементов до 4,5 мм в лаборатории компании "NIPPON STEEL". Всего

было изготовлено 6 образцов с перепадами соединяемых элементов 0; 3 и 4,5мм.

В процессе многократно повторного нагружения измеряли сдвиг оси стыкуемых элементов. Измерения деформаций сдвига в процессе нагружения записывались без остановки пульсационного нагружения электротензодатчиками.

Параметры многократно-повторного нагружения фрагментов выбирали близкими к фактическим условиям эксплуатации. Максимальное значение растягивающих напряжений σ_{max} принимали равным 0,6÷0,7 от напряжения, соответствующего началу общего сдвига, а минимальное значение σ_{min} было равно в пределах 0,3÷0,4 от этого напряжения. Частота приложения цикла - 800 повторных нагружений в минуту. Минимальное количество циклов нагружения - $2 \cdot 10^6$ циклов.

На рис. 5 показаны результаты испытаний опытных фрагментов.



○ – соединение элементов без перепада;
● – соединение элементов с перепадом 3,0 мм;
□ – соединение элементов с перепадом 4,5 мм

Рис. 5. Зависимость нарастания деформаций сдвига при повторных нагружениях

Как видно из рис.5, с увеличением перепада соединяемых элементов нарастание деформаций сдвига увеличивается. В фрагментах без перепадов в соединениях после $N_0 = 2 \cdot 10^6$ циклов нагружения накопление сдвиговой деформации составляло около 0,6 от уровня начала общего сдвига, т.е. со-

единение работает в упругой области. При перепаде элементов 4,5 мм накопления деформаций вышли из упругой области и перешли в пластическую зону.

За предельное значение сдвига Δ принята начальная точка общего сдвига Δ_{cr}, установленная по результатам статических испытаний.

Полученные зависимости изменения деформаций сдвига при многократно-повторных нагружениях аппроксимированы методом наименьших квадратов.

$$\Delta = \Delta_{cr}\left(a + b\frac{N}{N_0}\right) \tag{7}$$

где *a=0,2; b=0,4+δ/3,5; δ* - величина перепадов в соединяемых элементах, мм.

Предлагаемая зависимость удовлетворительно описывает опытные результаты, при этом коэффициент корреляции, вычисленный обычным способом находится в пределах $\rho = 0{,}72$.

Полученные результаты экспериментальных исследований показали, что для решения практических задач прогнозирования ресурса пролетных строений с учетом начальных дефектов наиболее приемлемым является деформационный критерий накопления повреждений, основные положения которого изложены выше. При этом общая деформация пролетного строения существенно зависит от деформативности узлов - чем больше сдвиговые деформации в соединениях, тем больше деформации пролетного строения в целом.

Значения всех параметров могут быть установлены на стадии проектирования, а в случае, если после монтажа имеются начальные дефекты, то перед началом ввода конструкции в постоянную эксплуатацию.

Исходя из вышесказанного, за меру накопления повреждений принимаем накопление деформаций сдвига в узловых соединениях пролетных строений. Одним из основных преимуществ предлагаемого подхода является возможность измерения деформаций сдвига в соединяемых элементах в процессе эксплуатации конструкций.

Получены зависимости для описания нарастания меры повреждения при многократно повторных нагружениях, базирующиеся на основных положениях линейной теории накопления повреждений.

Зависимость для прогнозирования ресурса пролетных строений, имеющих начальные дефекты изготовления, имеет вид:

$$T_{res} = k\frac{\overline{N_{cr}}}{\overline{\beta n_1}}\frac{1-a}{b} \tag{8}$$

$$k = 1 - \theta\delta_{N_{cr},\beta n_1} \tag{9}$$

$$\delta_{N_{cr},\beta n_1} = \sqrt{\delta_{N_{cr}}^2 + \delta_{\beta n_1}^2} \tag{10}$$

где $\overline{N_{cr}}$ – базовое количество циклов нагружения, принимаемое по кривой выносливости металла; θ - коэффициент, зависящий от требуемого уровня

надежности расчетов; $\delta_{N_{cr}}, \delta_{\beta n_1}$ - коэффициенты вариации N_{cr} и βn_1; β – эквивалентное количество циклов нагружения; n_1 – количество циклов нагружения в единицу времени.

Как видно, для расчета ресурса основным критерием работы является деформация сдвига элементов в процессе нагружения, существенно зависящая от перепада соединяемых элементов, и поэтому этот показатель принят в качестве меры повреждения при расчете ресурса. На конкретном примере показана количественная оценка влияния перепадов на ресурс. Установлено, что своевременное устранение начальных повреждений в стыках позволяет обеспечить ресурс пролетного строения по стыку узлов, близкий к нормативному.

Остаточный ресурс – разница между ресурсом элемента конструкции и наработкой к рассматриваемому моменту времени.

Показано, что для прогнозирования остаточного ресурса металлических конструкций пролетных строений наиболее приемлемым является использование общей модели накопления повреждений. Предельные состояния конструкций наступают в результате постепенного накопления повреждений. Здесь принципиально важное значение приобретает выбор меры накопления повреждения и теоретическое описание изменения этого параметра в процессе эксплуатации. В существующих рекомендациях применение различных видов меры накопления повреждений не полностью отражает влияние реального развития повреждений в виде трещин на ресурс элементов пролетных строений. Для полного отражения физического состояния конструкций принимаемый в расчетах параметр меры повреждений должен иметь четкий критерий, измеряемый в процессе технической диагностики.

Для определения среднего значения остаточного ресурса элементов пролетного строения с использованием принципов механики разрушения получена зависимость

$$\overline{\Delta T_{res}} = \frac{\overline{N_{cr} - N_1}}{\overline{\beta n_2}} \cdot \frac{1-a}{b} \tag{11}$$

где, $\overline{N_1}$ – количество циклов нагружения с момента ввода в эксплуатацию до момента технической диагностики, определяется по данным путевого хозяйства;

$\overline{\beta n_2}$ – ожидаемое количество циклов после проведения технической диагностики.

Отклонения от средних величин остаточного ресурса учитывается по следующей зависимости:

$$\Delta T_{res} = k\frac{\overline{(N_{cr} - N_1)}}{\beta n_1} \cdot \frac{1-a}{b} \tag{12}$$

$$k = 1 - \theta\frac{\delta}{N_{cr} - N_1}\beta n_1 \tag{13}$$

$$\delta_{N_{cr}-N_1\beta n_1} = \sqrt{\delta^2_{N_{cr}-N_1} + \delta^2_{\beta n_1}} \tag{14}$$

где, θ – коэффициент зависящий от требуемого уровня надежности расчетов; $\delta_{N_{cr}-N_1}$, $\delta_{\beta n_1}$ - вариации $N_{cr} - N_1$ и βn_1;

Выполненный конкретный пример по полученным формулам представлен в дссертации.

Четвертая глава **«Метод планирования межремонтных сроков пролетных строений и технико-экономическая эффективность результатов исследований».** Показано, что главным в решении вопроса применения положений теории надежности для мостов является назначение требуемого уровня надежности для эксплуатируемых пролетных строений. Требуемый уровень надежности называется нормативным уровнем надежности, который должен устанавливаться на основе технико-экономических обоснований. Принимается, что при наступлении отказа в виде хрупкого разрушения нормативный аварийный риск определяется выражением

$$H_* = 1 - H \qquad (20)$$

Как показали расчеты, при изменениях расчетных параметров значение надежности *H* находится в пределах 0,988 при ее нормативной величине *H=0,98*.

В процессе эксплуатации за счет накопления повреждений уровень надежности *H* начинает снижаться. Предложена методика определения межремонтных сроков.

Показано, что выполнение необходимых мероприятий по восстановлению технического состояния поврежденного элемента позволяет поднять уровень надежности до H_1 и продлить срок замены рассматриваемого элемента. При этом продолжительность межремонтного срока после каждого ремонта уменьшается, т.е. для поддержания нормативного уровня надежности с увеличением возраста пролетного строения срок капитального вложения уменьшается. Поэтому целесообразность очередного ремонта должна решаться на основе технико-экономических расчетов.

Разработанная автором мониторинговая программа "МОСТ" также предполагает, что неудовлетворительная оценка состояния пролетного строения означает невозможность его дальнейшей нормальной эксплуатации, и возникает необходимость проведения реконструкции сооружения с заменой или усилением отдельных элементов пролетного строения.

Планомерная организация мониторинга с определением межремонтных сроков пролетных строений позволяет не допускать снижения фактической надежности от ее нормативных величин. Таким образом, возникает два варианта решения вопроса: замена элементов или пролетного строения в целом или разработка мероприятий по сохранению условия надежности не ниже нормативных величин организацией специальных мероприятий, отдаляющих крупное вложение капиталовложений на реконструкцию.

При восстановлении пролетного строения до нормативного уровня эксплуатационной надежности вычисляются остаточный ресурс и дальнейшие межремонтные сроки. Тогда капитальные вложения существенно ниже, чем в случае замены пролетного строения, однако после исчерпания расчетного ре-

сурса через ΔT_{res} времени будет следующий этап ремонтно-восстановительных работ. Показано, что основная эффективность достигается за счет более рационального отдаления капитальных вложений в процессе эксплуатации.

Приводится пример расчета остаточного ресурса и данные по экономической эффективности исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, проведенных по теме «Совершенствование методов расчета ресурса металлических пролетных строений железнодорожных мостов по результатам технической диагностики» диссертации доктора философии (PhD) представлено следующее заключение:

1. Как показывают результаты проведенных исследований, требования ряда нормативных документов зарубежных стран и Узбекистана к величинам отклонений геометрических параметров при изготовлении элементов металлических пролетных строений совпадают. Здесь недостаточная обоснованность требований КМК 3.03.02-98 «Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ» показало необходимость пересмотрения этих требований, исходя из реальной технологической обеспеченности заводов республики.

2. По результатам обследования изготовленных на заводах элементов пролетных строений установлено, что практически невозможно избежать дефектов в виде перепадов в соединяемых элементах. Разработана методика количественной оценки влияния перепадов на несущую способность стыкового соединения. При этом установлено, что при перепаде в соединениях до 3,0мм увеличение напряжений в накладках за счет их изгиба не превышает 20%.

3. На основе натурных испытаний фрагментов узлов сквозных ферм получены диаграммы работы соединений с различными величинами перепадов соединяемых элементов. Предложена математическая зависимость для описания диаграммы напряжение - сдвиг стыков.

4. Для прогнозирования ресурса элементов пролетных строений, на основе линейной теории накопления повреждений усовершенствованы формулы для оценки ресурса пролетных строений, имеющих начальные дефекты в виде перепадов в соединениях. Своевременное устранение начальных дефектов до начала эксплуатации конструкций, позволяет обеспечить ресурс, близкий к нормативному.

5. На основе учета остаточного ресурса эксплуатируемых пролетных строений по критерию развития повреждений, разработан метод прогнозирования с учетом случайного разброса параметров, входящих в расчетные формулы. Применение разработанного метода в процессе проектирования путем характеристики дефектов элементов мостов позволило экономию средств в

пределах 7-8%, а также путем метода прогнозирования ресурса конструкций при реконструкции позволило уменьшить эксплуатационные расходы.

6. По условиям обеспечения нормативного уровня эксплуатационной надежности, разработан метод планирования межремонтных периодов пролетных строений, основанный на расчетах остаточного ресурса элементов с заданной надежностью. Применение разработанного метода позволило повысить качество ремонта, снизить на 10-12% расходов в процессе эксплуатации, повысить производительность труда на 15-20%.

SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.27.06.2017.T.09.01 AT TASHKENT INSTITUTE OF DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF AUTOMOTIVE ROADS AND TURIN POLYTECHNICAL UNIVERSITY IN TASHKENT

TASHKENT INSTITUTE OF DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF AUTOMOTIVE ROADS

MAMAJANOV RUSTAM RAXIMJANOVICH

IMPROVEMENT OF CALCULATION METHODS OF THE METAL SUPERSTRUCTURES RESOURCE OF RAILWAY BRIDGES ON THE TECHNICAL DIAGNOSTICS RESULTS

05.09.02 – Basements, foundations and underground structures. Bridges and transport tunnels. Roads, subways

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

Tashkent– 2017

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.PhD/T123

The dissertation has been prepared at the Tashkent Institute of Design, Construction and Maintenance of Automotive Roads.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tayi.uz and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific superviser:	**Ishankhodjaev Abdurahman Asimovich** doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	**Rashidov Tursunbay** doctor of technical sciences, professor, academician
	Ruzieva Mafura Vasikovna philosophy doctor, docent
Leading organization:	**Tashkent Railway Engineering Institute**

The defense will take place "____" _____ 2017 at _____ at the meeting of Scientific council No.DSc.27.06.2017.T.09.01 at Tashkent Institute of Design, Construction and Maintenance of Automotive Roads (Address: 100060, Tashkent city, Mirabad district, A.Temur prospect, 20. Tel./fax: (+99871) 232-14-39; e-mail: tadi_info@edu.uz.)

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent Institute of Design, Construction and Maintenance of Automotive Roads (is registered number No._____). (Address: 100060, Tashkent city, Mirabad district, A.Temur prospect, 20. Tel.: (+99871) 232-14-45.)

Abstract of the dissertation sent out on "____" _____ 2017 y.
(mailing report No. ____ on "____" _____ 2017 y.).

A.A.Riskulov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

A.M.Baboev
Scientific secretary of scientific souncil
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy

A.A.Ashrabov
Chairman of the academic seminar under
the scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

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

Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to improve calculation methods of the resource of metal span structures operated in railway bridges on the basis of technical diagnostics of the actual state of the structures.

The tasks of research work are the following: to determine the causes of defects in the manufacture and installation of span structures, as well as during their long-term operation; to develop of methods for assessing the impact of various defects and damages on the resource of span structures; to put forward convenient methods for resource calculation of span structures; to compose recommendations for the survey and assessment of the technical condition of operated span structures in road facilities.

The object of the work is the metal span structures of bridges on railways.

The scientific novelty of the dissertation research is the following: there has been improved methods for determining the causes of defects and damages during the construction and operation of span structures with solid scientifical ground on their bases; there has been an improvement of dependencies for the description of the measure of damage accumulation on the basis of the experimentally determined friction coefficient *f*; formulas for calculating the resource of span structures have been improved with application of the main provisions of the theory of damage accumulation; there has been a development of the method of estimating the residual life of the exploited metal span structures from the data of technical diagnostics of the actual state of structures.

The outline of the thesis. Based on the conducted research on the thesis of the doctor of philosophy (PhD) on "Improvement of calculation methods of the metal superstructures resource of railway bridges on the technical diagnostics results", the following conclusions are presented:

The results of the conducted studies show that, requirements of a number of documents of foreign countries and Uzbekistan, the magnitude of deviations of geometric parameters in the manufacture of elements of metal span structures coincide. Here, the insufficient reasonabless of requirements KMK 3.03.02-98 «Metal constructions. Production rules and acceptance of works» showed the need to review these requirements, based on this from real technological provision of factories of the republic.

Based on the inspection results of the elements of the span structures manufactured at plants before acceptance for permanent operation, it has established that it is practically impossible to avoid defects in the form of deviations in the connecting elements. A methodology has been developed to quantify the effect of differences on the bearing capacity of the butt joint. It was found that with a drop in

joints up to 3.0 mm, the increase in stress in the patches due to their bending does not exceed 20%.

On the basis of full-scale tests of node fragments of through trusses, there has been obtained diagrams of the work of compounds with different values of the deviations of the connected elements. A mathematical dependence has been proposed to describe the stress-shear diagram of joints.

For forecasting the resource of elements of span structures, on the basis of the linear theory of damage accumulation, formulas for estimating the resource of span structures, having initial defects in the form of differences in the compounds. Elimination of initial defects before the beginning of operation of structures, allows to provide a resource close to the normative one.

On the basis of accounting for the residual life of operated span structures, by the development damage criterion, method of forecasting has been developed taking into account a random spread of the parameters entering into the calculation formulas. The application of developed method on process of design by means of defect characteristics of bridge elements has alloved to save resources within 7-8%, as well as in reconstruction maintenance costs were reduced by the using of forecasting method of service life of structures.

Under the conditions of ensuring the normative level of operational reliability, it has been developed a method of planning the overhaul periods of span structures, based on the calculation of the residual life of elements with a given reliability. The application of developed method has alloved to increase repairing quality, decrease expenses to 10-12% on maintenance process and raise of labour capacity up to 15-20%.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Мамажанов Р.Р. Ишанхаджаев А.А. Об особенностях проектирования металлических мостов по нормам различных стран. // Ташкент: Вестник ТАДИ. – 2009. – №1. – С. 58-63. (05.00.00; №15).
2. Мамажанов Р.Р. Расчет продольного профиля металлических пролетных строений мостов на скоростных линиях. // Ташкент: Вестник ТАДИ. – 2011. – №3-4. – С. 71-77. (05.00.00; №15).
3. Мамажанов Р.Р. Испытание натурных узлов металлических ферм // Ташкент: Проблемы механики. – 2012. – №2. – С.66-69. (05.00.00; №6).
4. Мамажанов Р.Р. Результаты испытания пролетных строений со сквозными фермами // Ташкент: Вестник ТАДИ. – 2012. – №1-2. – С.89-95. (05.00.00; №15).
5. Mamajanov R.R. The results of testing of perforating metal trusses units to many times repeated loading // Austria, Vienna: European Science Review. – 2016. – №5-6. – P.183-185. (05.00.00; №3).
6. Mamajanov R.R. The effect of changes in mating elements on the bearing capacity of Nodes // Austria, Vienna: European Science Review. – 2016. – №9-10. – P.189-191. (05.00.00; №3).
7. Мамажанов Р.Р. Диаграмма работы стыкового соединения элементов сквозных металлических мостовых ферм. // Ташкент: Arxitektura. Qurilish. Dizayn. – 2016. – №3-4. – С. 99-102. (05.00.00; №4).
8. Мамажанов Р.Р. Расчет узловых соединений сквозных ферм имеющих начальные дефекты // Ташкент: Вестник ТАДИ. – 2016. – №4. – С.46-49. (05.00.00; №15).
9. Мамажанов Р.Р. Результаты технической диагностики металлических пролетных строений эксплуатируемых старых железнодорожных мостов // Ташкент: Вестник ТАДИ. – 2016. – №4. – с. 50-54. (05.00.00; №15).
10. Мамажанов Р.Р. Влияние начального изгиба накладок соединения узлов на его устойчивость // Ташкент: Сборник трудов ТАДИ. – 2011. – С. 152-154.
11. Мамажанов Р.Р., Ишанходжаев А.А. Влияние перепадов в соединениях металлических конструкций пролетных строений моста на величины коэффициента трения // Алматы: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – 2011. – Том I. – С.94-96.
12. Мамажанов Р.Р., Ишанходжаев А.А., Кенжебаев Ж.. Современные конструкции узлов металлических ферм пролетных строений мостов // Нукус: «Архитектура ва курилиш сохаси учун кадрлар тайёрлаш муаммолари республика илмий-амалий конференция материаллари туплами». – 2012. – С.241-242.
13. Мамажанов Р.Р., Ишанходжаев А.А. О состоянии строительства больших металлических железнодорожных мостов // Ташкент: Сборник ма-

териалов Республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых. – 2012. – С. 332-334.
14. Mamajanov R.R. Calculation of resource of cross-cutting steel girder elements with initial defects // Austria, Vienna: European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences. – 2017. – P.145-148.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари
«ТАЙИ Хабарномаси» илмий-техник журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди.

Бичими 60x84 1/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи: 3,5. Адади 100. Буюртма № 25.

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