

Министерство высшего и среднего образования республики узбекистан

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Электромеханический факультет



**Допускается к защите
Заведующий кафедрой
«Вагоны и вагонное хозяйство»**

_____ **Файзибаев Ш.С.**
«__» _____ 20__ г.

выпускная квалификационная работа

**На тему: Математик моделлаштириш асосида юк вагонлари кузовлари
конструкцияларини лойиҳалаштириш ва модернизацияси**

<u>Автор</u>	<u>Рахмонов М.И.</u>
<u>Руководитель</u>	<u>Заирова Д.Н.</u>
<u>Консультанты</u>	<u>Алиев О.Т.</u>
	<u>Исмоилходжаев А.И.</u>
	<u>Соболева И.Ю.</u>
<u>Рецензент</u>	<u>Зайнитдинов Н.С</u>

Ташкент – 20__ г.

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

“ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ” АКЦИЯДОРЛИК ЖАМИЯТИ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Кўл ёзма ҳуқуқида

УДК 629.4.027:656.085.1

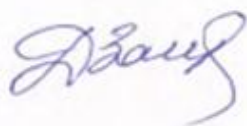
Раҳмонов Миртемир Илҳомиддин ўғли

**“Математик моделлаштириш асосида юк вагонлари кузовлари
конструкцияларини лойиҳалаштириш ва модернизацияси ”**

5A310603 – “Темир йўл транспорти (вагонлар)”

Магистр

**академик даражасини олиш учун ёзилган
диссертация**



**Илмий раҳбар:
т.ф.и. Заирова Д.Н.**

Тошкент – 2018

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА-МАЎСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

“ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ” АКЦИЯДОРЛИК ЖАМИЯТИ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУЎАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

«Электромеханика»
факультети

«Вагон ва вагон хўжалиги»
кафедраси

Ўқув йили: 2016–2018

Магистратура талабаси:
Раҳмонов М.И.

Илмий раҳбар: к.т.н., доцент
Заирова Д.Н.

Мутахассислик: 5A310603 –
Темир йўл транспорти
(вагонлар)

МАГИСТРЛИК ДИССЕРТАЦИЯ ИШИГА АННОТАЦИЯ

Мавзунинг долзарблиги. Ўзбекистонда ишга тушиб, ўз фаолиятини давом эттираётган “Қуюв механика заводи” ШКда янги турдаги Ёпик вагонини ишлаб чиқарилиши ва эскиларининг модернизацияланиши ҳозирда мамлакатимизда юк вагонларини валютага сотиб олмай, ўзида ишлаб чиқарилишини йўлга қўйишда катта самарали меҳнат қилинмоқда. 11-9923 моделидаги ёпик вагонларни ишлаб чиқарилиши шулар жумласидандир.

Қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги масалалар ечимини топиш керак бўлади:

- 11-9923 моделидаги ёпик вагон рамаси ва кузовининг мавжуд моделини мустаҳкамликка текшириш;
- замонавий SolidWorks ва Ansys дастурларида математик моделини яратиш;

– янги турда ишлаб чиқарилувчи моделларни мустаҳкамликка текшириш ва уларнинг янги моделларини ишланмасини бажаришдир.

Ишнинг мақсади: ишнинг илмий янгилиги эшик ўйими кенгайтирилган 11-9923 моделидаги тўрт ўқли янги ёпик вагон кузови конструкциясини текшириш ҳамда сарфланувчи металллар ўрнига нисбатан мустаҳкамроқ ва коррозияга чидамли материалларни қўллаш билан уларнинг тарасини камайишини кўриб чиқишдир.

Тадқиқотнинг асосий вазифалари:

– ёпик вагон кузовини математик моделлаштириш усулларини тадқиқ қилиш;

– ёпик вагон кузови рамасини математик моделлаштириш;

– ёпик вагон кузовини ҳисобини бажариш;

– ёпик вагон кузови ҳисобларини математик моделлаштириш натижалари билан солиштириш;

– математик моделлаштириш асосида ёпик вагон кузови конструкциясига ўзгартиришлар киритиб, янги моделдаги юк вагон кузовларини ишлаб чиқиш ва мустаҳкамлигини таъминлаган ҳолда хизмат муддатини узайтириш бўйича таклифлар ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти: ёпик вагон кузови конструкцияси ва модернизацияси.

Тадқиқот предмети: математик моделлаштириш асосида Ёпик вагон кузови модернизацияси.

Ишнинг илмий янгилиги.

1. Ёпик вагон кузовини конструкциясини ўзгартирган ҳолда, ҳозирги кунда замон таълабларига жавоб берувчи янги замонавий Ёпик вагони ишлаб чиқишнинг статистик таҳлили;

2. Ёпик вагон кузови хизмат муддатига таъсир қилувчи омилларни ўрганиш ва хизмат муддатини узайтириш усулларини тадқиқ қилиш;

3. Ёпик вагон кузови конструкциясини лойихалаштириш бўйича ҳисоблар ва уларни ишланмаси.

4. Ёпик вагон кузови конструкциясини моделлаштириш ишланмаси.
5. Ёпик вагон кузови конструкциясини модернизациялаш ишланмаси.

Илмий раҳбар

т.ф.и., доцент



Заирова Д.Н.

Магистратура талабаси



Рахмонов М.И.

**5A310603 – Темир йўл транспорти (вагонлар) мутахассислиги бўйича
MV-32 гуруҳи магистранти Миртемир Илҳомиддин ўғли Раҳмоновнинг
«Математик моделлаштириш асосида юк вагонлари кузовлари
конструкцияларини лойиҳалаштириш ва модернизацияси
(Проектирование и модернизация конструкции кузовов грузовых вагонов на
основе математического моделирования)»
мавзусидаги магистрлик диссертация иши юзасидан**

ТАҚРИЗ

Магистрант М. И. Раҳмонов ўзининг магистрлик иши бўйича фаолиятини 2016 йил сентябридан магистратура бўлими томонидан тасдиқланган шахсий календар иш режасига мувофиқ «Математик моделлаштириш асосида юк вагонлари кузовлари конструкцияларини лойиҳалаштириш ва модернизацияси (Проектирование и модернизация конструкции кузовов грузовых вагонов на основе математического моделирования)» мавзусидаги диссертация иши бўйича бошлаган.

Диссертация ишининг биринчи боби номи «I-боб. Ёпик вагон кузовини конструкцияларини тадқиқ қилишнинг шарҳи ва таҳлили» бўлиб, бу бўйича ёпик вагон кузовини конструкцияси ва уларни чизикли ўлчамларининг шарҳи ва таҳлилини бажарди, кузов конструкциясини ўзига хослиги, унга қўйилган талаблар ва конструкциясини шарҳи, юк вагон кузовлари конструкциясини тадқиқ этиш шарҳи ва таҳлили; тадқиқот мақсади, вазифалари ва тадқиқот йўналишлари белгилаб олиш вазифаси қўйилган эди, уларни бажарди.

Диссертация ишининг иккинчи боби номи «II-боб. Ёпик вагон кузови конструкцияларини лойиҳалаштириш» бўлиб, бу бўйича маълумотларни ишлаб чиқариш корхоналари (юк вагонларини таъмирлаш депоси (ВЧД-1), ҚМЗ-куюв механика заводи) да тўплаб, ёпик вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш методикалари, ёпик вагон кузови рамаларини лойиҳалаштириш ишланмаси ва ёпик вагон кузовларини ҳисоби йўналишлари белгилаб олиш вазифаси қўйилган эди, уларни бажарди.

Диссертация ишининг учинчи боби номи «III-боб. Ёпик вагон кузови конструкцияларини математик моделлаштириш» бўлиб, бу бўйича маълумотларни Ansys ва SolidWorks дастурида математик моделини яратди, у бўйича ҳисобларни бажарди, ёпик вагон кузови рамасини математик моделлаштириш ва ёпик вагон кузовини математик моделлаштириш бўйича маълумотлар тўплаб, йўналишлари белгилаб олиш вазифаси қўйилган эди, уларни бажарди.

Диссертация ишининг тўртинчи боби номи «IV БОБ. Ёпик вагон кузови конструкцияларини модернизацияси» бўлиб, бу бўйича маълумотларни Ansys ва SolidWorks дастурида математик моделини яратдим, ҳисобларни бир-бирига солиштириб, янги моделдаги универсал вагон ишлаб чиқиб, ёпик вагон кузовлари хизмат муддатига таъсир қилувчи омилларни ўрганди ва хизмат муддатини ошириш усулларни жорий этиш методикаси таклиф этди. Ёпик вагон кузови

рамасини модернизацияси ва ёпик вагон кузови конструкциясини модернизацияси хақида маълумотлар тўплаб, йўналишлари белгилаб олиш вазифаси қўйилган эди, уларни тўлиқ бажариб тегишли хулосалар берилди.

Ўтган давр мобайнида магистрлик диссертацияси мавзусига доир қуйидаги мақолалар шахсий календар иш режасига кўра чоп этди:

1. “Илмий-педагогик ишлардаги долзарб муоммолари”. Магистратура талабалари ва ёш олимларнинг XIII-институтлараро илмий-услубий анжумани “Замонавий педагогик технологияларнинг амалиётда қўлланилишига доир”. ТошТЙМИ. 21- ноябрь 2016 й. 6-7 апрель 48-49 б.

2. Диссертация устида иш якунлари бўйича магистратура талабаларининг XI – илмий амалий конференциясидаги “Юк вагонлари рама ва кузовларини конструкцияларини тадқиқ қилишнинг шарҳи ва таҳлили”. ТошТЙМИ. 9-октябрь 2017 й. 48-49 б.

3. “Илмий-педагогик ишлардаги долзарб муоммолари”. Магистратура талабалари ва ёш олимларнинг XIV-институтлараро илмий-услубий анжумани “Замонавий педагогик технологияларидан фойдаланиб лаборатория ишларини олиб боришдаги афзалликлар”. ТошТЙМИ. 27- ноябрь 2017 й. 17-18 б.

4. “Автомобиль йўллари ва транспорти комплексида инновацион гояларни амалга оширишда ёш мутахассисларнинг ўрни”. 2018-Фаол тадбиқкорлик, инновацион гоялар ва технологияларни қўллаб-қувватлаш йилига бағишланган иктидорли ёшларнинг илмий-техник анжумани “Математическое моделирование кузовов грузовых вагонов”. ТошАЙЛҚЭИ. 18-19-май 2018 й. 173-176 б.

Магистратура талабаси М.И Раҳмоновни 5A310603 - Темир йўл транспоти (вагонлар) магистратура мутахассислиги бўйича магистр даражасини олиш учун магистрлик диссертациясини ДАК олдида ҳимоя қилишга тавсия этаман.

Илмий раҳбар: т.ф.н., доцент



Д.Н.Заирова

**5A310603 – Темир йўл транспорти (вагонлар) мутахассислиги бўйича
MV-32 гуруҳи магистранти Миртемир Илхомиддин ўғли Раҳмоновнинг
«Математик моделлаштириш асосида юк вагонлари кузовлари
конструкцияларини лойиҳалаштириш ва модернизацияси
(Проектирование и модернизация конструкции кузовов грузовых вагонов на
основе математического моделирования)»
мавзусидаги магистрлик диссертация иши юзасидан**

ТАҚРИЗ

Магистрант М. И.Раҳмонов ўзининг магистрлик иши бўйича фаолиятини 2016 йил сентябридан магистратура бўлими томонидан тасдиқланган шахсий календар иш режасига мувофиқ «Математик моделлаштириш асосида юк вагонлари кузовлари конструкцияларини лойиҳалаштириш ва модернизацияси (Проектирование и модернизация конструкции кузовов грузовых вагонов на основе математического моделирования)» мавзусидаги диссертация иши бўйича бошлаган.

Диссертация ишида юк вагонлари кузовларини конструкцияларини тадқиқ қилишнинг шарҳи ва таҳлили келтирилган, юк вагонлари кузовларининг конструкцияси ва уларни чизикли ўлчамларининг шарҳи ва таҳлили бажарилган, кузов конструкциясини ўзига хослиги, унга қўйилган талаблар ва конструкциясини шарҳи, юк вагон кузовлари конструкциясини тадқиқ этиш шарҳи ва таҳлили; тадқиқот мақсади, вазифалари ва тадқиқот йўналишларида иш олиб борилган. Диссертация иши доирасида, юк вагонлари кузовлари конструкцияларини лойиҳалаштирилган, юк вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш методикалари, юк вагон кузови рамаларини лойиҳалаштириш ишланмаси ва юк вагон кузовларини ҳисоби бажарилган.

Илмий иш мақсади юк вагон кузовлари конструкцияларини математик моделлаштириш бўлиб, бу бўйича маълумотларни Ansys ва SolidWorks дастурида математик моделини яратди, у бўйича ҳисобларни бажарди, юк вагон кузовидаги рамасини математик моделлаштириш ва юк вагон кузовини математик моделлаштирилган.

Диссертация ишида юк вагонлари Ansys ва SolidWorks дастурида математик модели яратилган, янги моделдаги универсал вагон, юк вагон кузовлари хизмат муддатига таъсир қилувчи омилларни ва хизмат муддатини ошириш усулларни жорий этиш методикаси таклиф этилган.

Магистратура талабаси М,И Раҳмоновнинг 5A310603 – Темир йўл транспорти (вагонлар) магистратура мутахассислиги бўйича магистр даражасини олиш учун магистрлик диссертацияси ДАК олдида химоя қилишга тавсия этилади.

“Ўзбекистон темир йўллари” АЖ
Саноат фаолиятини ташкил этиш
ва назорати бошқармаси бош муҳаррири



т.ф.п., Н.С. Зайниддинов

МУНДАРИЖА

	Кириш.....	4
	..	
I-БОБ.	Ёпиқ вагон кузовини конструкциясини тадқиқ қилишнинг шарҳи ва таҳлили.....	8
1.1	Юк вагонлари ва уларга қўйиладиган талаблар.....	8
1.2	Ёпиқ вагон кузови рамасини ўзига хослиги ва унга қўйиладиган талаблар.....	11
1.3	Ёпиқ вагон кузови конструкциясининг шарҳи ва таҳлили.....	14
1.4	Ёпиқ вагон кузови конструкцияларини моделлаштиришнинг шарҳи ва таҳлили.....	22
1.5	Биринчи боб бўйича хулосалар. Тадқиқот мақсади, вазифалари ва йўналишлари.....	28
II БОБ.	Ёпиқ вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш	30
2.1.	Ёпиқ вагон кузови рамасини лойиҳалаштириш ишланмаси.....	30
2.2	Ёпиқ вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш методикалари.....	35
2.3	Ёпиқ вагон кузовини ҳисоби.....	53
2.3.1	Ёпиқ вагон кузови элементлари кесими геометрик параметрларининг ҳисоби.....	57
2.3.2	Ёпиқ вагон кузови мустаҳкамлик ҳисоби ва услублари.....	60
2.3.3	Ёпиқ вагон кузовини ҳисоблаш схемасини тузиш ва асослаб бериш.....	61
2.3.4	Ёпиқ вагон кузови узеллари берилган юкламалардан зўриққан-деформацияланган ҳолатини аниқлаш.....	62
2.4	Иккинчи боб бўйича хулосалар.....	70
III БОБ.	Ёпиқ вагон кузови конструкциясини математик моделлаштириш.....	71
3.1	Ёпиқ вагон кузови рамасини математик	71

	моделлаштириш.....	
3.1.1	Ёпиқ вагон кузовини мустаҳкамликка ҳисоблаш.....	73
3.1.2	Қабул қилинган кучланишларни лойиҳалаш схемаси.....	80
3.2	Ёпиқ вагон кузовини математик моделлаштириш.....	81
3.3	Учинчи боб бўйича хулосалар.....	97
IV БОБ.	Ёпиқ вагон кузови конструкциясини модернизацияси	98
4.1	Ёпиқ вагон кузови рамасини модернизацияси.....	98
4.2	Ёпиқ вагон кузовини конструкциясини модернизацияси.....	99
4.2.1	Ёпиқ вагон кузови мустаҳкамлигини аниқлаб хизмат муддатни амалга ошириш самарадорлигини аниқлаш.....	102
4.3	Тўртинчи боб бўйича хулоса.....	104
	Умумий хулосалар.....	105
	Адабиётлар.....	106
	.	

Кириш

«Ўзбекистон темир йўллари» АЖ олдида мамлакатнинг талабини қондиришда халқ хўжалиги юкларини ташиш бўйича масала қўйилган. Ўтажиддий масъулиятли масала тармоқни ислоҳ қилиш, сифатни ошириш ва уни дунё стандартлари даражасига кўтаришни талаб этади. Ушбумураккаб масалалар ҳаётга кенг қўламли техник ва технологик ўзгартиришлар киритишни талаб этади, Ўзбекистон Республикаси ҳукуматининг доимий қўллаб-қувватлаши билан ушбу муаммолар ҳал этиб келинмоқда.

Давлатимиз раҳбари мустақилликнинг илк йиллариданоқ ҳар томонлама темир йўл тармоғини мамлакатнинг иқтисодиётида қон томир тизими сифатида қўллаб-қувватлади. Моддий техник базани ривожлантириш ва мустаҳкамлаш шароитлари яратилди, дунёнинг барча темир йўл компаниялари билан ҳамкорлик ишлари, ички манбаалардан самарали фойдаланиш, хорижий инвесторларнинг инвестицияларини жалб қилиш, ҳаракат таркиби ва тортув техникаларини модернизация қилиш ишлари йўлга қўйилди [1 – 4].

Ҳозирги кунда темир йўл транспорти халқаро ташиш воситалари орасида еткази ўринларни эгаллаб келмоқда. Темир йўл транспортировканинг ихчам воситаларидан бири ҳисобланади. Темир йўлнинг асосий бирлиги – бу вагон. Вагоннинг функционал имкониятлари турлича, у одамларни ташиш учун мўжалланган бўлиши мумкин, шунингдек унда маълум даражадаги юклар транспортировка қилинади определенные. Ҳозирда темир йўл траснпорти ҳар хилтурдаги вагонлардан фойдаланади: йўловчи яхлитметалли, багажли яхлитметалли, ёпиқ вагон, яримвагон, цистерна, рефрижератор вагонлари ва рефрижератор секциялари, махсус вагонлар.[5 – 6].

Мавзунинг долзарблиги. Ёпиқ вагон кузови тузилиши унинг юк ташишдаги қулайлиги, юк айланмасини оширишда ва таъмирлашда комплекс механизация ва автоматизацияни кенг тадбиқ қилиш имкониятининг мақсадга мувофиқлиги, шунингдек, ундан фойдаланиш (поездлар тузилиши, жойлаштирилиши ва бошқалар), капитал сарфларнинг миқдори ва ташиш таннархи – катта аҳамиятга эга ҳамда вагонлар белгиланишига боғлиқ ҳолда иссиқлик изоляцияси, иситиш ва совутиш ускуналари билан жиҳозланади ва қулайлиги билан ажралиб туради.

Ёпиқ вагондан фойдаланиши, параметрлари ва ўлчамлари, габарит, иқлимий шароитларини, вагонлар элементлари мустаҳкамлигини, энг маъсулиятли узеллари (тележкалари, автоацепка ускуналари, тормоз ускуналари ва бошқалар) парамини, кузов конструкциясини, бўёқлаш, назорат синовларининг турлари, методлари ва даврийлигини, шунингдек алоҳида элементлари конструкциясини регламентлайди.

Тадқиқот объекти: Ёпиқ вагон кузови конструкцияси ва модернизацияси.

Тадқиқот предмети: математик моделлаштириш асосида ёпиқ вагон кузови модернизацияси.

Ишнинг мақсади: математик моделлаштириш асосида ёпиқ вагон кузови чизикли ўлчамларига ўзгартиришлар киритиб ҳамда замонавий, ўта мустаҳкам пўлатларни қўллаган ҳолда, ёпиқ вагон кузови конструкциясини модернизациялаш ва янги моделдаги вагон конструкциясини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг асосий вазифалари:

- ёпиқ вагон кузовини математик моделлаштириш усулларини тадқиқ қилиш;
- ёпиқ вагон кузови рамасини математик моделлаштириш;
- ёпиқ вагон кузовини ҳисобини бажариш;

– ёпиқ вагон кузови ҳисобларини математик моделлаштириш натижалари билан солиштириш;

– математик моделлаштириш асосида ёпиқ вагон кузови конструкциясига ўзгартиришлар киритиб, янги моделдаги ёпиқ вагон кузовини ишлаб чиқиш ва мустаҳкамлигини таъминлаган ҳолда хизмат муддатини узайтириш бўйича таклифлар ишлаб чиқиш.

Тадқиқот методлари. Шунга биноан ушбу ишда қўйилган мақсад ва вазифаларидан келиб чиқиб қуйидаги вазифаларни амлаг ошириш йўлга қўйилган:

- 18-100 модели тележкадаги рессора устки рама ва ён рамаларнинг уч ўлчовли модели муҳандислик SolidWorks дастуридан фойдаланиб ишлаб чиқиш;

- тележкадаги рессора устки балка ва ён рамаларнинг статик мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун охириги-элемент модели ишлаб чиқиш.

- 18-100 модели юк рессора устки рама ва ён рамаларининг бикиржисмли компьютер модели ишлаб чиқиш.

Ишнинг илмий янгилиги.

1. Ёпиқ вагон кузовини конструкциясини ўзгартирган ҳолда, ҳозирги кунда замон таълабларига жавоб берувчи янги замонавий ёпиқ вагон ишлаб чиқишнинг статистик таҳлили;
2. Ёпиқ вагон кузови хизмат муддатига таъсир қилувчи омилларни ўрганиш ва хизмат муддатини узайтириш усулларини тадқиқ қилиш;
3. Ёпиқ вагон кузови конструкциясини лойихалаштириш бўйича ҳисоблар ва уларни ишланмаси.
4. Ёпиқ вагон кузови конструкциясини моделлаштириш ишланмаси.
5. Ёпиқ вагон кузови конструкциясини модернизациялаш ишланмаси.

Ишнинг амалий аҳамияти. Поездлар ҳаракати хавфсизлигини таъминлаш вагон хўжалигининг замонавий ва устувор талабларидан биридир. Темир йўл транспорти барча турдаги транспортлар қаторида етакчи ўринни эгаллайди. Саноат ва қишлоқ хўжалигининг ривожланиши,

инсонларнинг фаровон ҳаёти доимо юк ва йўловчиларни ташиш ҳажмини оширишни талаб этиб келган.

Ишнинг апробацияси. Дессертация ишнинг асосий натижалари куйидаги конференцияларда акс эттирилган:

1. “Илмий-педагогик ишлардаги долзарб муоммолари”. Магистратура талабалари ва ёш олимларнинг XIII-институтлараро илмий-услубий анжумани “Замонавий педагогик технологияларнинг амалиётда қўлланилишига доир”. ТошТЙМИ. 21- ноябрь 2016 й. 6-7 апрель 48-49 б.

2. Диссертация устида иш якунлари бўйича магистратура талабаларининг XI – илмий амалий конференциясидаги “Юк вагонлари рама ва кузовларини конструкцияларини тадқиқ қилишнинг шарҳи ва таҳлили”. ТошТЙМИ. 9-октябрь 2017 й. 48-49 б.

3. “Илмий-педагогик ишлардаги долзарб муоммолари”. Магистратура талабалари ва ёш олимларнинг XIV-институтлараро илмий-услубий анжумани “Замонавий педагогик технологияларидан фойдаланиб лаборатория ишларини олиб боришдаги афзалликлар”. ТошТЙМИ. 27- ноябрь 2017 й. 17-18 б.

4. “Автомобиль йўллари ва транспорти комплексида инновацион ғояларни амалга оширишда ёш мутахассисларнинг ўрни”. 2018-Фаол тадбиркорлик, инновацион ғоялар ва технологияларни қўллаб-қувватлаш йилига бағишланган иқтидорли ёшларнинг илмий-техник анжумани “Математическое моделирование кузовов грузовых вагонов”. ТошАЙЛҚЭИ. 18-19-май 2018 й. 173-176 б.

Ишнинг тузилиши ва ҳажми: Диссертация иши кириш, тўрт бўлим, ҳисобий тадқиқот материаллари бўйича тавсиялар, фойдаланилган адабиётлар, иловадан иборат бўлиб ____ та бет, ____ та расм, ____ та жадвални ташқил этади.

I БОБ. Ёпиқ вагон кузовини конструкциясини тадқиқ қилишнинг шарҳи ва таҳлили

1.1. Юк вагонлари ва уларга қўйиладиган талаблар

Юк вагонлари турига платформа, яримвагонлар, ёпиқ вагонлар, цистерналар ва махсус вагонлар киради [4].

Юк вагонларига қўйиладиган талаблар давлат стандартларида белгилаб қўйилган. Улар қуйидагиларни қамраб оладилар: умумий талаблар, материаллар, ишончилиikka, хизмат кўрсатадиган ишчи-хизматчилар, меҳнат хавфсизлигига, маркировкалаш ва ташишга қўйиладиган талаблар, шунингдек ишлаб чиқарувчи заводнинг кафолат мажбуриятлари [5].

Умумий талаблар эксплуатациянинг иқлим шароитларини, вагонлар параметрлари ва ўлчамларини, вагон элементлари габарити, мустаҳкамлигини, энг маъсул узеллар (аравачалар, автоилашиш қурилмаси, тормоз ускуналари ва бошқалар) параметрларини, кузов конструкциясини, бўйлиш рангини, назорат синовлари турлари, услублари ва даврийлигини, шунингдек айрим элементлар конструкциясини тартибга соладилар.

Юк вагонлари +40 дан –50°С гача ҳароратга эга бўлган мўътадил иқлим учун, у ижросида тайёрланади. Вагон параметрлари (юк кўтариш имконияти, ҳисобий тезлик, ғилдирак жуфтлигидан рельсга тушадиган юклама, кузова ҳажми ва габарит) шундай танланганки, уларда вагонларнинг энг тежамкор эксплуатацияси таъминланади. Магистрал темир йўллар юк вагонларининг барча асосий типлари 120 км/с гача тезликлар билан эксплуатация қилиш учун мўлжалланган.

Нazorat синовларининг белгиланган турлари, услублари ва даврийлиги вагонни лойиҳалаштириш ва тайёрлаш сифатини ошириш, унинг мустаҳкамлик, юришининг динамик ва эксплуатация кўрсаткичларини, шунингдек темир йўлларнинг ўзгариб турган эксплуатация шароитларида

ишончилилик ва узоқ муддат хизмат қилиш кўрсаткичларини яхшилашга қаратилган.

Ишончилигига кўра талаблар вагонларнинг фойдаланишдан ишлаб чиқаришигача белгиланган муддати ҳамда биринчи депо ва капитал таъмирга кадар эксплуатация муддати билан белгиланади. Вагонлар ишончилиги нафақат ишлаб чиқарувчи заводга, балки таъмирлаш корхоналарига; техник хизмат кўрсатиш тизими ва эксплуатация шароитларига ҳам боғлиқлиги сабабли, вагонларга шунингдек давлат умумий стандартларида қайд этилган вагонлар бутунлигини таъминлаш бўйича талаблар ҳам ўрнатилади[7].

Айрим элементларнинг конструкцияси бўйича талаблар вагонларнинг типлари билан белгиланадилар. Мисол учун, универсал усти ёпиқ вагонлар учун ён эшиклар, деворга илинадиган ечилмайдиган ускуналар, ён девордаги вентиляция панжарали люклар, универсал ярим вагонлар учун полда юк тушириладиган люклар, универсал платформалар учун – узун ва кўндаланг бортлар мавжуд бўлиши талаб этилади.

Юк вагонлари “Темир йўл транспорти юк ва йўловчи вагонларини лойиҳалаштириш ва қуриш учун техника хавфсизлиги ва ишлаб чиқариш санитарияси бўйича намунавий талаблар”га мувофиқ келиши шарт [8].

Хавфсизлик талаблари вагонларнинг зина поялар, оёқ қўйгичлар, тутқичлар, сигналфонарлари учун кронштейнлар, домкратларни ўрнатиш учун ғадир-будур планкалар билан жиҳозланишини, шунингдек вагонлардан хавфсиз фойдаланишни таъминлайдиган хавфсизлик белгилари ва огоҳлантирувчи ёзувлар туширилишини кўзда тутадилар.

Ишлаб чиқарувчи заводнинг кафолат мажбуриятлари юк вагонларини мавжуд ва истиқболдаги эксплуатация ва таъмирлаш шароитларига риоя қилинганида заводнинг вагон тайёрланиш сифати учун масъулият муддатлари билан белгиланади.

Юк паркининг асосий типдаги замонавий вагонлари кузовлари пайванд конструкцияси асосан қуйи легирланган пўлатлардан, озуқа маҳсулотлари эса кислоталар, газлар ва бошқа шу каби юкларни ташиш учун мўлжалланган

бўлиб алоҳида вагон типлари эса зангламайдиган пўлатлар, алюмин қотишмалари ва полимер материаллардан тайёрланади. Кузовлар конструкциясида шунингдек ёғоч ҳам кенг қўлланилиб, у пол тўшамаси, деворларини ички, баъзан эса ташқи тарафдан қоплаш учун ишлатилади. Ёғочнинг хизмат қилиш муддати анча қисқа бўлиб, шу сабабли замонавий вагонсозликда кузовларнинг яхлит металл конструкциялари тобора кўпроқ тарқалмоқда. Улар каттароқ мустаҳкамлиги, турғунлиги ва эксплуатацияда узок муддат ишлаши, шу билан бирга нисбатан камроқ массаси ва соз ҳолатда сақлаш учун камхаражатлилиги билан фарқ қиладилар.

Вагон кузовининг турли элементлари учун материал танлаш уларнинг ишлаш режимлари, шароитлари, ҳамда ишончилиқни, конструкцияси тежамкорлигини, тайёрлаш ва таъмирлашнинг технология боплигини таъминлаш талабларига боғлиқ бўлади. Иш режимлари нуқтаи назаридан барча юк кўтарадиган элементлар уч гуруҳга бўлинади. I гуруҳга рама балкалари ва девор каркаси деталлари каби чегаравий ҳолати мустаҳкамлиги билан белгиланадиган юк кўтарадиган қалин деворли элементлар киради. Шу сабабли уларнинг метали юқори механик тавсифларига эга бўлиши шарт. Шу билан бирга ана шу элементлар деворларининг қалинлигига боғлиқ равишда металлнинг коррозия мустаҳкамлиги бўйича ҳам уларни нисбатан пастроқ талаблар қўйилади. II гуруҳга юпқа деворли элементлар – том ёйлари, баъзи тиргаклар, кўндаланг балкалар ва кузовнинг бошқа юк тушадиган элементларининг чегаравий ҳолати ҳам улар мустаҳкамлигини ошириш учун хизмат қилади. Ана шу элементлар металига ўта юқори мустаҳкамлик ва коррозияга қарши талаблар тақдим этилади. III гуруҳга юпқа деворли элементлар оид ҳисобланади [9].

Кузов қопламаси ва маҳкамловчи, ҳамда баъзи бошқа қисмларнинг чегаравий ҳолати турғунликни йўқотишдан иборат. Ана шу элементлар анча юпқалиги сабабли уларнинг юк кўтариш имкониятига коррозияли шикастланишлар жиддий таъсир кўрсатади. Шу туфайли III гуруҳ металига

коррозияга қарши ҳамда мустаҳкамлик бўйича ўта юқори хоссалар тақдим этилади.

Юк вагонларининг кузовлари учун авваллари ишлатилган Ст3 углеродли пўлати ўрнига асосан 09Г2Д, 09Г2СД ва 10ХНДП маркали қуйи легирланган пўлатлар қўлланадилар. 09Г2Д ва 09Г2СД пўлатлари рамалар ҳамда девор ва томни мустаҳкамлаш элементларини тайёрлаш, 10ХНДП пўлати эса кузов қопламаси учун ишлатилади. Буни 09Г2Д ва 09Г2СД пўлатлари 10ХНДП га нисбатан анча арзонлиги, шу сабабли улар кузовнинг кўпроқ металл сарфланадиган элементларида қўлланиши билан изоҳлаш мумкин. 10ХНДП пўлати коррозияга қарши тахминан икки баробар чидамлироқ бўлгани сабабли, у кузов қопламасида анча самаралироқ қўлланади. Бироқ I гуруҳ элементлари бўйича вагонлар ишончилигига қўйиладиган талаблар ортганлиги билан боғлиқ равишда меъёрларда ижобий кўрсаткичга эга легирланган 10Г2БД янги маркали пўлат тавсия этилган. Бу пўлат 09Г2Д га нисбатан 20% га мустаҳкамроқ бўлиб, худди ўшандай мустаҳкамлик кўрсаткичларига эга бўлган ҳолда кузов массасини 2% га камайтириш имконини беради.

1.2. Ёпиқ вагон кузови рамасини ўзига хослиги ва унга қўйиладиган талаблар

Юк вагонлари кузовлари конструкцияларини тадқиқ этиш мақсадида шу вагон турларидан ёпиқ юк вагони турини танлаб оламиз.

2012 йили “Қуюв-механика заводи” ШК да янги модели ёпиқ вагонлар 11-9923, кузовининг ҳажми 158 м³ га катталаштирилган усти ёпиқ вагонни ишлаб чиқариш ўзлаштирилиб, бу юк ташишлар ҳажмини кўпайтириш имконини беради. Ана шу вагонларнинг ишлаб чиқилган конструкция технологик ҳужжатлари экспертизадан муваффақиятли ўтиб, тегишли сертификатларни олдилар [5].

Кузовининг ҳажми 158 м³, габарити 1-ВМ бўлган 11-9923 модели универсал тўрт ўқли ёпик вагон (1.1-расм) усти ёпилишини ва ёғин-сочинлар таъсиридан сақлашни талаб қиладиган донали, идиш-донали, пакетланган ва сочма юкларни ташиш учун мўлжалланган.



1.1 - расм. Кузовининг ҳажми 158 м³ бўлган 11-9923 модели универсал ёпик вагоннинг умумий кўриниши

Кўриб чиқиладиган вагоннинг турли-туман юкларни ташиш учун хизмат қилиш муддати 32 йилга тенг. Унинг техник тавсифлари 1.1-жадвалда тақдим этилган [7]

1.1-жадвал. 11-9923 модели ёпик вагоннинг техник харақтристикаси

№	Номланиши	Қиймати
1.	ГОСТ бўйича габарити	1-ВМ (0-Т)
2.	Узунлиги, мм	18900
3.	Эни, мм	3266
4.	Баландлиги, мм	4688
5.	Вагон массаси, т	27,5
6.	Юк кўтариш имконияти, т	65
7.	Тезлиги, км/с	120
8.	Ўқдан рельсга тушадиган юклама, кН	230,5
9.	Вагон базаси, мм	14170

10.	кузов ҳажми тўлиқ, м ³	158
11.	Колея эни, мм	1520

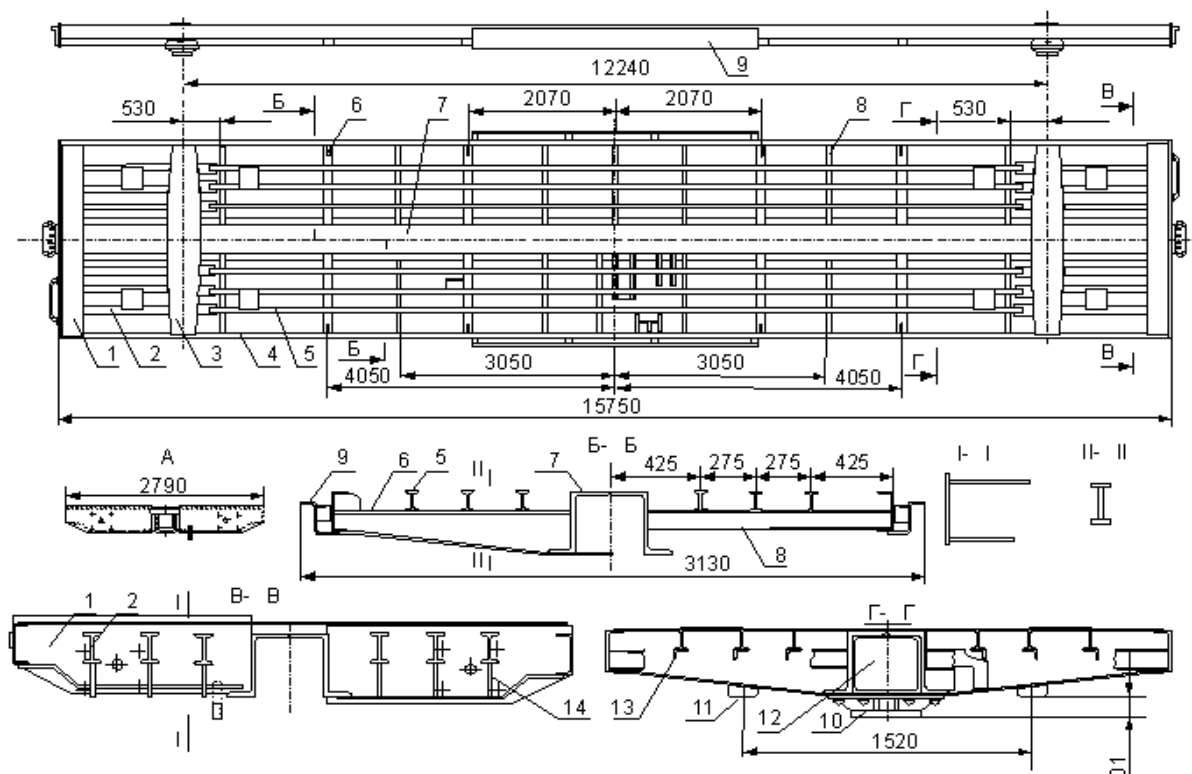
Ана шу типдаги вагон кузовларининг конструкциялари рамаси, ён ва олд деворларига, томига ҳамда юкларни ортиш ва тушириш учун эшиклари ёки люкларига эга бўладилар.

Ўз мақсадига кўра ёпиқ вагонлар икки типга бўлинадилар: универсал ва ихтисослаштирилган. Универсал усти ёпиқ вагонлар кузовларининг фарқли хусусияти ён эшиклари, деворга илинадаган ечилмайдиган ускуналари ва ён деворларида вентиляция панжараларига эга бўлган люклари мавжудлиги [4].

Вагоннинг рамаси, пол тўшамаси, деворлари, томи ва ички ускуналари конструктив жиҳатдан бошқа модели вагонлар билан бир хил бажарилган. Бироқ йиғув бирликларидан ҳар бири кейинчалик ўзгача тараққий этиб борди [5].

Кўриб чиқиладиган 11-9923 модели ёпиқ вагоннинг рамаси 1.2-расмда келтирилган. Рама узайиши оқибатида унда иккита асосий кўндаланг балка 6 ўрнига тўртта балка кўзда тутилган. Бунда уларнинг профиллари ўзгаришсиз қолиб (II–II кесими), кўмакчи кўндаланг балкаларнинг 8 II-симон профиллари эса №10 двутаврлари билан алмаштирилган. Балкалар 5 пол тўшамасини тутиб туриш мақсадида шунингдек №10 икки даврдан ишланган. Балка 5 нинг шкворен балкасига 3 пол тўшамасини тутиб туриш учун уголок (бурчак)лар 13 (Г – Г) ёрдамида маҳкамланади. Уч қисм балкалари 1 (I–I кесим) рамаси автоилашма розеткаси учун чуқурчаларсиз бажарилган бўлиб, олд томон листида уларни ҳамдўстлик иштирокчилари бўлган мамлакатлар темир йўлларининг винтли стяжка билан жиҳозланган ҳаракатланувчи таркиби билан улаш зарурати юзага келганида вагонда буфер стаканларини қўйиш учун ўтқазиш (кўндириш) жойларига эга. Бундан ташқари, раманинг консолли қисмларида раскослари йўқ. Улар ўрнига раманинг консолли қисмларини кучайтириш учун уч қисм ва шкворен балкалари орасида №20 икки даврдан ясалган олтитадан бўйлама балкалар 2 қўйилган.

Улар уч қисм ва шкворен балкасига косинкалар 14 воситасида бириктириладилар. Шкворен балкасида 3 пятник 10, пятник усти қутиси 12 ва сирпанғичлар 11 жойлашган. Хребет балкаси 7 иккита №31 зетдан бажарилган. Ёнлама балкалар 4 швеллер №20 дан тайёрланган. Эшик оралиғи ҳудудида уларга эшик бўсағалари 9 пайвандланган.



1 – уч қисм балкаси; 2 – бўйлама балка; 3 – шкворенбалкаси; 4 – ён балка; 5 – пол тўшамасини тутиб туриш учун балка; 6 – асосий кўндаланг балка; 7 – хребет балкаси; 8 – кўмакчи кўндаланг балка; 9 – эшик бўсағаси; 10 – пятник; 11 – сирпанғич (скользун); 12 – пятник усти қутиси; 13 – уголок; 14 – косинка

1.2-расм. Кузов ҳажми 158 м³ бўлган ёпиқ вагоннинг рамаси:

1.3. Ёпиқ вагон кузови конструкциясининг шарҳи ва таҳлили

Ёпиқ вагонлар кузови қуйидаги асосий узеллардан ташкил топган: рама, ён, олд деворлар ва том қисми [4].

Ён деворларда юкларни ортиш ва тушириш учун мўлжалланган эшиклар, ҳамда мева ва сабзавотларни ташишда кузовни ёритиш ва ҳавосини алмаштириб туриш, зарур ҳолларда эса сочилма юкларни ортиш учун люклар жойлашган. Вагон томида одатда, вагонга дон маҳсулотлари ортиш, шунингдек иситиш печлари трубаларини ўрнатиш учун люклар мавжуд бўлади [8].

Ён девор фермаси юқори обвязкага, бурчак, шкворен, оралик ва эшик тиргакларига, шунингдек ўрта, оралик ва уч қисм раскосларига, люк тешиги угольнигига, эшик рельсига, зонт ва бўсағасига эга.

Қирра (чекка) девор фермаси юқори обвязка ва икки тиргакдан ташкил топган. Ён люклар қопқоқлари ва вентиляция панжаралари 2 мм ли пўлат листдан ясалган. Қопқоқни вавентиляция панжарасини ёпиш учун тутқич, уларни қулфлаш учун эса – пружинали зулфин типигаги иккита қулф мавжуд.

Ёпиқ вагон томи ёйлар, бўйлама элементлар(стрингерлар),иккита фрамуга (қирра тарафлардан) ва кўндаланг гофрли 1,5 мм қалинликдаги металл лист қопламадан иборат. Листларни ўзаро бирлаштириб турган пайванд чоклари, бир вақтнинг ўзида уларни том ёйлари ва стрингерларига ҳам маҳкамлаб туради. Томни ташкил қилган листлар ён тарафидан ён девор фермалари обвязкаларига, қирра (чекка) тарафдан эса фрамугаларнинг қуйи обвязкалари қирра (чекка) девор фермаларининг обвязкаларига пайвандлаб қотирилади. Иситиш печлари трубаларини ўрнатиш учун патрубк ва қопқоқли икки тирқиш мавжуд бўлиб, улар печ бўлмаган ҳолларда қопқоқларни маҳкамлаш учун винтли тикин билан жиҳозланган. Томда шунингдек тикинлар билан таъминланган қопқоқли тўртта юк ортиш люклари ҳам бор. Люкка етиб бориш учун вагон бош (оёқ) қисмида зинапоя ва сахна билан жиҳозланган.

Юқори қисмидан илинадиган металл эшик ўз-ўзича зичланадиган, ташқи тарафидан пўлат лист билан, ичкарасидан эса 8 мм қалинликдаги фанера билан ишлов берилган пайвандланган каркасдан иборат. Эшик

каркасининг олд ва қуйи обвязкалари қайноқ юмалоқланган махсус профилдан, юқори ва ўртадагиси эса мос равишда зетали ва бурчакли профилдан ишланган. Эшикнинг ташқи қопламаси қалинлиги 1,4 мм ли тўлқинсимон листдан ишланган. Каркасининг ўрта қисмида букилган тоғорасимон профилдан иккита вертикал тиргаклар жойлашган. Юк тушириш ёки унга меъёрдан ортиқ юк ортилганида эшикни босимдан бўшатиш мақсадида сочма юкларни тўкиб олиш учун эшикнинг ўрта қисмида 500x500 мм ўлчамли, қопқоқ билан ёпиладиган люк кўзда тутилган. Эксцентрикли тутқич ёрдамида қопқоқ рамкага босилади ва унга парчинланган резина қистирма билан қўшимча тарзда зичланади. Люкнинг кожухда жойлашган пружина ёрдамидаги зулфини, ҳамда тортув зулфини эшик зулфини билан қўшилган (блокланган) бўлиб, бу сим билан бураб маҳкамлаш заруратини истисно этади. Эшикни илгак билан беркитишда бир вақтнинг ўзида люк ҳам тортув орқали беркитилиб, унинг орқа учи эксцентрик тутқич “қулоғи” орқали ўтади. Эшик ташқаридан очиш ва ёпиш учун тутқичлари, эшикни лабиринт зичлашма билан илашишдан чиқариш ва уни кейинчалик вагон ичкарасидан очиш учун махсус мосламага, эшикни икки оралик ҳамда тўлиқ очиқ ҳолатларда қайд этиш учун лўкидонига эга[8].

Эшикнинг очилганида унинг йўналтирувчи рельсдан сирғалиб тушиб кетишининг олдини олиш мақсадида вагон кузовнинг оралик тиргагида ва эшик рельсининг охирида ўрнатилган тиргаклар билан жиҳозланган. Эшик рельс бўйлаб кронштейнлар билан маҳкамланган роликлар ёрдамида ҳаракатлантирилади. Эшик осонроқ ҳаракатланиши учун унинг орқа обвязкасига скобалар, кузов каркасига эса тирқишли металл полосалар пайвандланган. Бу мосламалар зарур ҳолларда эшикни силжитиш мақсадида кичик ломдан фойдаланиш имконини яратиб, уни скоба орасидан ўтказиб, полоса тирқишларидан бирига киритадилар ва рычаг сифатида қўллайдилар. Эшикни зичлаш уни ташилаётган сочилма юк босими остида эшик оралиғи олд ва орқа тиргаклари элементларига, бўсаға кронштейнига сиқиб қўйиш билан амалга оширилади.

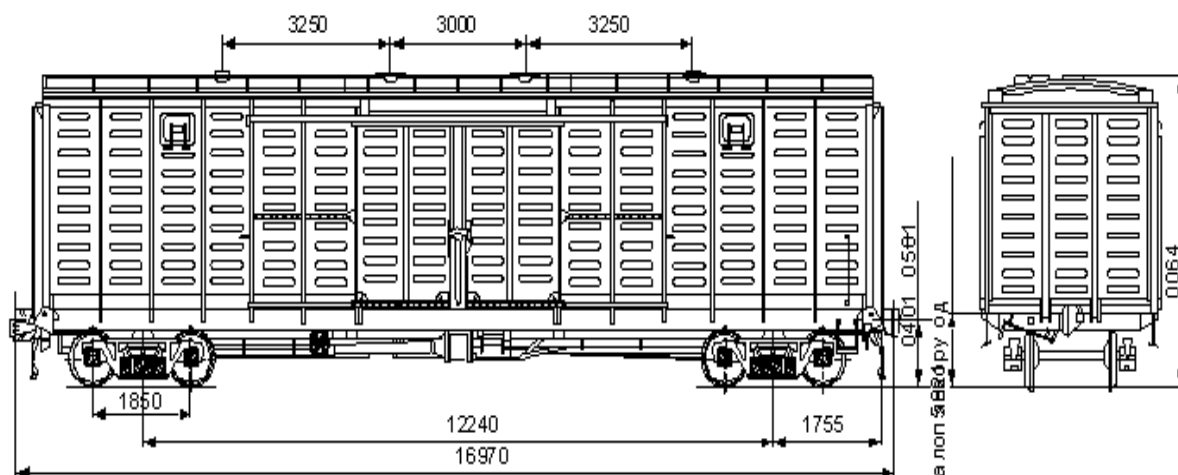
Эшикни ишончлироқ зичлаш учун унинг орқа обвязкаси ва эшик оралиғининг орқа пайвандланма угольниги орасида болтлар билан маҳкамланган, махсус профили резина қистирма (прокладка) жойлаштирилган.

Эшик бўсағаси қиррасида орқа ёпма (притвор) томонидаги узелда вагонни ювишда тушадиган сувни оқизиш юбориш учун тешик бўлиб, у эшикнинг қуйи паст бурчагига пайвандланган зичловчи қўйилма (вкладыш) билан ёпилади. Ёпиқ вагон эшик оралиғининг эни 2000 мм тенг.

Вагонларни лебедка билан ҳаракатлантириш учун кузов рамаси ён балкасининг ҳар бир учида махсус скобалар пайвандланади.

Вагоннинг барча юк тушадиган элементлари 09Г2Д маркали қуйи легирланган пўлатдан, том ва эшиклари қопламаси эса 10ХНДП маркали пўлатдан бажарилган.

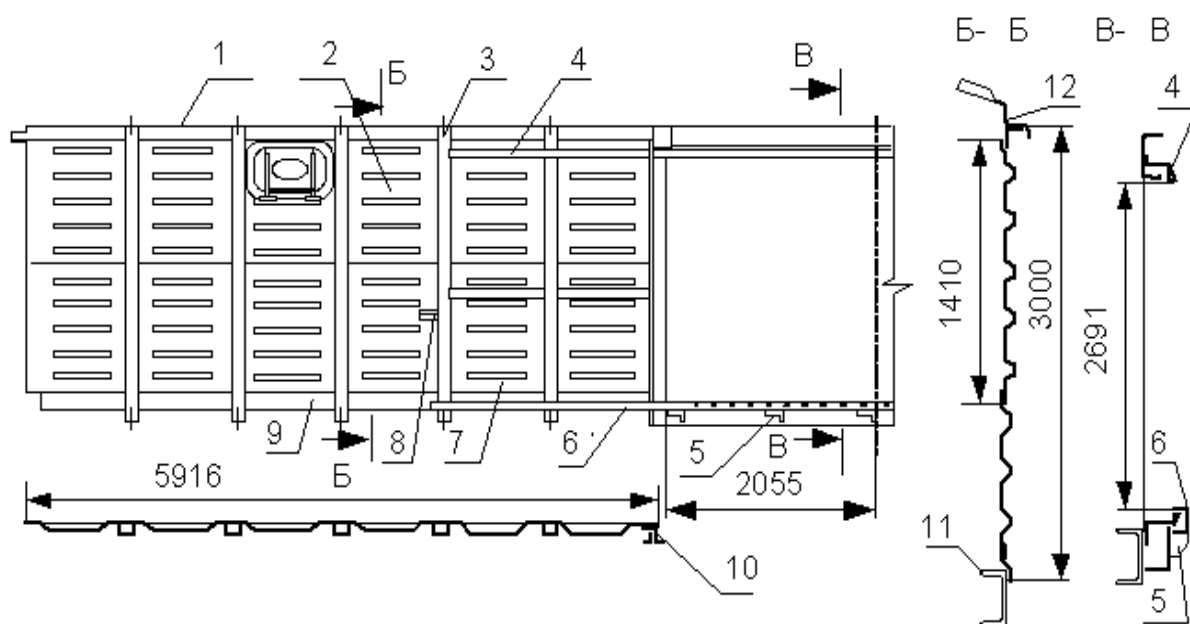
11-9923 модели универсал ёпиқ вагон 11-217 модели вагон билан ўхшаша бўлиб, вагондан (1.3-расм) унинг ҳажми 158 м^3 гача катталашгани, деворлари ва томининг ички ёғоч қопламаси полимер қоплам билан алмаштирилгани, эшик оралиғи эни 3825 дан 3973 мм гача катталашгани, эшик рельси юқоридан пастга қўчирилгани ва эшик оралиғи остонасида жойлашиши, девор тиргакларининг Ω -симон букилма профиллари П-симонлари билан алмаштирилгани ва ён деворнинг икки лист қопламаси ўрнига баландлиги бўйича учта қўйилгани билан фарқ қилади [5].



1.3-расм. Эскиз модели 11-9923 ёпик вагон кузов ҳажми 158 м³

Шу каби ўзгартиришлар вагон юк кўтаришидан яхшироқ фойдаланиш, бу билан ундан эксплуатация фойдаланиш самарадорлигини, шунингдек кузовнинг ишлаш ишончилигини ошириш, ҳамда вагоннинг юк ортиш-тушириш операцияларига мосланганлигини яхшилаш имконини берди. Бундан ташқари, раманинг консолли қисмларида раскослар йўқ. Улар ўрнига раманинг консолли қисмларини кучайтириш учун уч қисм ва шкворен балкалари орасида №20 икки таврдан ясалган олтитадан бўйлама балкалар 2 қўйилган. Улар уч қисм ва шкворен балкаларига косинкалар 14 воситасида бириктирилади. Шкворен балкасида 3 пятник 10, пятник усти қутиси 12 и сирпанғичлар 11 жойлашган. Хребет балкаси 7 иккита №31 зетдан бажарилган. Ёнлама балкалар 4 швеллер №20 дан тайёрланган. Эшик оралиғи зонасида уларга эшик бўсағаси 9 пайвандлаб қўйилган.

Кузовнинг ён деворлари (1.4-расм) яхлит металлдан, пайвандлаб, ички ёғоч қопламасиз ишланган. Уларнинг металл қопламаси уч листдан ташкил топган: қуйи лист 9 қалинлиги 5мм, ўрта лист 7 (3 мм) ва юқори лист 2 (2,5 мм).



1 – юқори обвязка; 2 – юқори лист обшивкаси; 3 – оралик тиргак (стойка); 4 – эшик усти пояси; 5 – кронштейн; 6 – эшик рельси; 7 – ўрта листи обшивки; 8 – амортизатор;

9 – қопламанинг қуйи листи; 10 – эшик тиргаги; 11 – бўйлама ён балка;

12 – обвязка

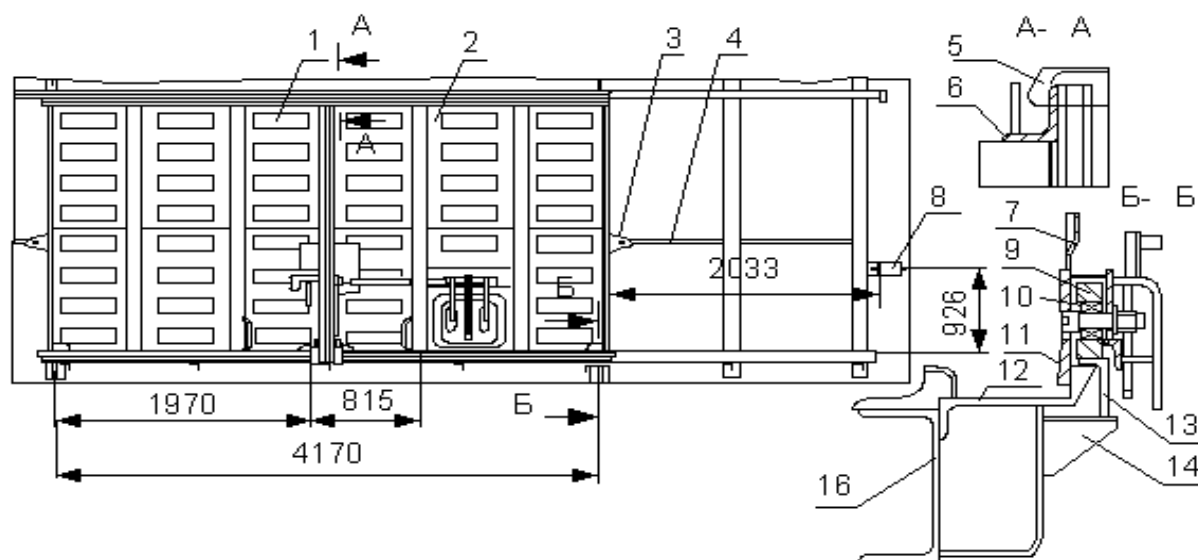
1.4-расм. Кузови ҳажми 158 м^3 бўлган ёпик вагоннинг ён девори:

Юқори обвязка 1 букилган уголокдан, оралик тиргаклар 3, П-симон букилган профилдан, эшик усти пояси 4, Z-симон элемендан, эшик рельси 6 – Г-симон профилдан ишланган. Эшик рельси 6 эшик оралиғидаги Z-симон остонага пайвандланиб, уголок профилли кронштейнлар 5 билан қотирилган.

11-9923 модели кузов деворларида амортизаторлар 8 эшик тавақалари очилиб-ёпилишида улар урилишини юмшатиш мақсадида эшик оралиғининг нафақат ўнг, балки чап тарафида ҳам ўрнатилади. Девордаги эшик тиргаклари вагоннинг аввалги моделларидаги каби 10 Z- ва Г-симон профиллардан пайвандлаб ишланган. Деворларнинг ички металл юзасига ички қоплама ўрнига пуркаш йўли билан 5 – 6 мм қалинликдаги полимер материал туширилади. Девор рама билан бўйлама ён балка 11 орқали, том билан эса обвязка 12 орқали уланади [5].

Кузов эшигининг тавақалари 1 ва 2 (1.5-расм) тузилишига кўра асосан юқори обвязкаси 6 ва эшик рельсидаги таянч узеллари конструкциясига кўра фарқланадилар. Эшикнинг юқори обвязкаси 6 уголки профилга эга бўлиб, унинг вертикал токчаси П-симон эшик усти брусининг 5 йўналтирувчи томонига киради ва унда эшикнинг юқори қисмини тутиб туради (А-А кесими). Сикилиб қолганда ҳаракатланиб кетишни таъминлаш учун уларнинг чекка обвязкаларига иккита тирқиши бўлган кронштейнлар 3, кузовга эса шунингдек ричаг таянчлари тарзида ишлатиладиган ва тирқишлари бўлган металл полосалар 4 пайвандланган бўлади. Эшиклар 1 ва 2 роликларнинг 9 бўсағага 12 пайвандланган рельс 13 (Б-Б кесими) ҳаракатлантириш йўли билан силжитилади. Роликлар 9 қўзғалмас ўқларга маҳкамланган шарикли

подшипникларга 10 ўтказилган. Эшик рельси 13 кронштейнларга 14 таяниб, бўсаға 12 эса раманинг ён бўйлама балкаси 16 билан яхлит қилиб пайвандланган балка 15 билан тутиб турилади. Роликларнинг 9 рельсдан 13 тушиб кетишининг олдини олиш ва эшик тагини зичлашишига сочилма юкнинг панелга 7 босими ҳамда эшикни тушиб кетишдан сақлайдиган обвязканинг 11 бўсағага 12 жипс қапишиб туриши билан таъминланади.



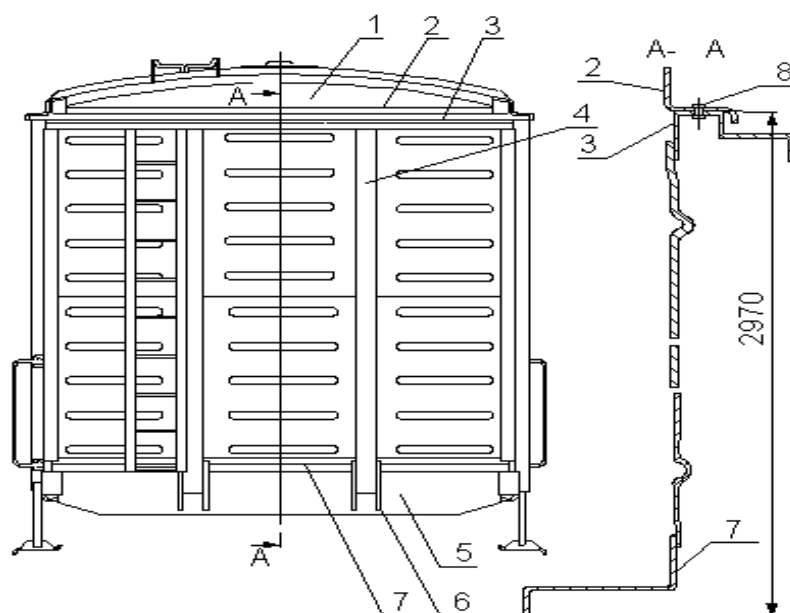
1, 2 – эшик тавақалари; 3, 14 – кронштейн; 4 – металл полоска; 5 – эшик усти бруси; 6 – юқори обвязка; 7 – панель; 8 – амортизатор; 9 – ролик; 10 – шарикли подшипник; 11 – обвязка; 12 – остона; 13 – рельс; 15 – тутиб турувчи балка; 16 – ён бўйлама балка

1.5-расм. Кузовининг ҳажми 158м^3 бўлган ёпиқ вагон эшиклари:

Кузовнинг чекка деворлари (1.6-расм) каркасэлементлари профиллари билан фарқ қилади. Чекка деворнинг юқори обвязкаси 3 буклама махсус профилдан ишланган. Унга парчинлар 8 ёрдамида том фрамугасининг 1 қуйи обвязкаси 2 маҳкамланган. Деворнинг ўрта тиргаклари 4 икки даврдан №20 бажарилган. Паст қисмидан улар раманинг уч қисм балкаси 5 билан пайвандлаш ва қўйилмалар 6 ёрдамида уланган. Деворнинг қуйи обвязкаси 7

букилган Z-симон профилга эга. Деворлар металл қопламасининг ички юзаси полимерматериал билан қопланган.

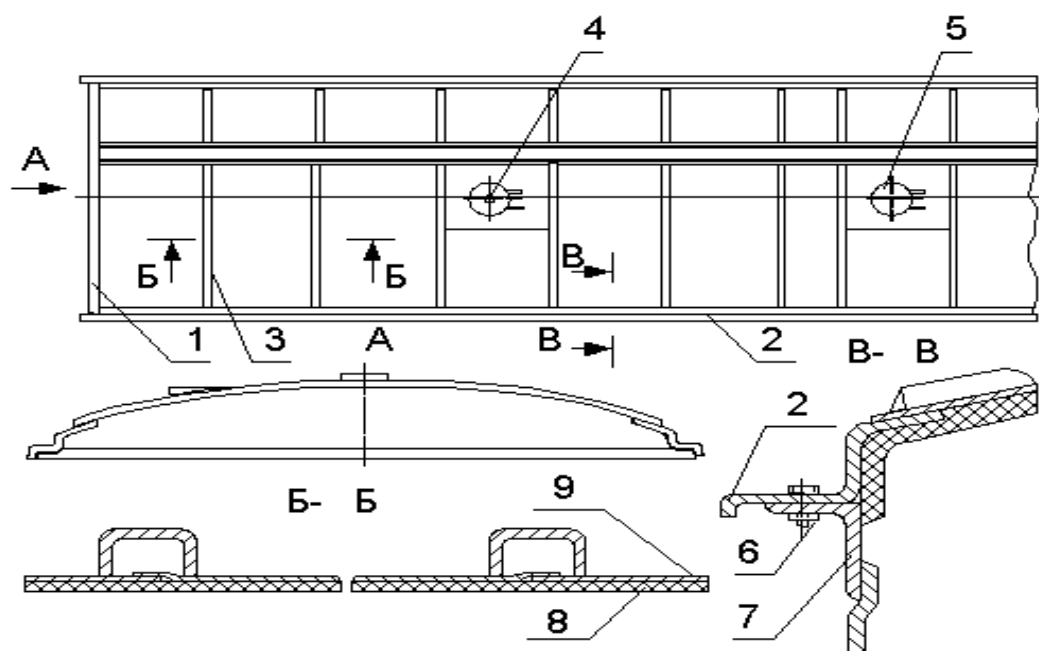
Кузов томи (1.7-расм) яхлит метали, пайвандланган, тўртта юк ортиш люки 5 ва иккита печ ажратмаси 4 бўлиб, улар юк ортиш люкларининг икки чекка қопқоғида жойлашади. Тайёрлаш технологиясини соддалаштириш ва полимер материални пуркаш 8 сифатини таъминлаш мақсадида ёйлар 3 том қопламасининг 9 ташқи тарафида жойлаштирилган. Кузовнинг ён деворларига 7, чекка деворларига каби, томпарчинлар 6 ёки диаметри 10 мм ли болтлар билан қотирилган. Томнинг бўйлама ён 2 ва кўндаланг уч қисм 1 обвязкалари букилган Z-симон профиллардан, оралиқ 3 ёйлар эса П-симон элементлардан ясалган.



1 – фрамуга; 2 – томнинг қуйи обвязкаси; 3 – юқори обвязка; 4 – ўртача тиргак;

5 – уч қисм балкаси; 6 – қўйилма; 7 – уч қисм деворининг қуйи обвязкаси; 8 – парчин

1.6-расм. Кузови ҳажми 158 м³ бўлган усти ёпик вагоннинг чекка девори:



1 – охирги (уч) қисм обвязкаси; 2 – бўйлама ён обвязка; 3 – ёй; 4 – печ ажратмаси;

5 – юк ортиш люки; 6 – болт; 7 – ёндевор; 8 – полимер материал; 9 – томнинг ташқи қопламаси.

1.7-расм. Кузовининг ҳажми 158 м^3 бўлган ёпиқ вагон томи:

1.4. Ёпиқ вагон кузови конструкцияларини моделлаштиришнинг шарҳи ва таҳлили

Оптималлаштириш жараёни юк кўтарадиган тизимни кўп маротаба ҳисоб-китоб қилиш билан боғлиқ бўлиб, табиийки, ҳисоб-китоб алгоритми ЭХМда амалга ошириш учун қулай, шу билан бирга бутун оптималлаштириш жараёнига кетадиган вақт йўл қўйиладиган меъёрлардан чиқиб кетмаслиги учун бир мунча содда бўлиши талаб этилади [12].

Оптималлаштириш натижасида оптимал параметрлар вектори йўл қўйиладиган соҳа чегарасида бўлиб қолади. Бунда қатор юк кўтарадиган элементлардаги зўриқишлар йўл қўйиладиган даражага тенг. Бу эса ҳисоб-китоб алгоритми аниқлигига алоҳида юқори талабларни қўяди. Ҳисобий модель ва ҳисоб-китоб алгоритми ҳеч қандай соддалаштирувчи фаразларни

олмаслиги керак бўлиб, чунки улар охир-оқибатда зўриқишлар пасайиб кетишига олиб келишлари мумкин.

Ҳисобий моделга қўйиладиган муҳим талаблар шу билан бирга вагон кузови элементларини оптималлаштириш хусусиятлари билан ҳам боғлиқ. Бу ўзига хослик қатор элементлар, хусусан, кузов қопламаси, эксплуатацион ва технологик мулоҳазаларга кўра, одатда, вариацияланиши мумкин эмас. Коррозияланиш шартларига кўра, кўпинча қоплама қалинлиги камайтирилиши мумкин эмас. Рама, девор ва томнинг стерженли элементларида металл сарфини камайтириш резервлари бор деб айтиш мумкин. Шундай қилиб, ҳисобий модель кузов маҳкамланмаларининг дискрет тарзда ҳисобга олинишини таъминлаши шарт.

Шундай қилиб, оптималлаштириш жараёнида ҳисобий моделга ва ҳисоб-китоб алгоритмига зиддиятли талаблар қўйилади: бир тарафдан, оптималлаштириш жараёни давомийлиги мақсадга мувофиқ бўлиши учун алгоритм етарли даражада содда бўлиши керак; бошқа тарафдан, ҳисобий моделда кузовнинг маҳкамлайдиган элементлари дискрет тарзда ҳисобга олиниши, ҳисоб-китоб алгоритми ҳисобий катталикларнинг юқори даражадаги аниқлигини таъминлаши шарт.

Бугунга келиб кенг тарқалган чекли элементлар услуги (МКЭ) баён этилган талабларни қондиради [13].

Узоқ давр мобайнида вагонлар юк кўтарадиган тизимлари ҳисоби кучлар услуги асосида бажарилиб келди. Ҳисобий схемалар ана шу услубга мослаштирилган бўлиб, уларни мақсадга мувофиқ тарзда соддалаштириш бўйича тажриба жамланди. Аммо МКЭ силжитишлар услуги асосига қурилган бўлиб, бу услубда ҳисобий схемани ва асосий тизимни қуриш тамойиллари кучлар услубидан анча фарқ қилади.

Ёпиқ вагонларнинг юк кўтарадиган қисмларига нисбатан МКЭ нинг мақсадга мувофиқ ҳисобий схемалари масаласи ҳам бир мунча жиддий ҳисобланади. Бу ерда нотўғри ҳисобий схема танланганида МКЭ нафақат натижаларга аниқлик киритишдан ташқари, балки ташқи кучларнинг

қўлланишига қаратилган, узоқ муддат қайта ишланиб, тузатишлар киритилган анъанавий ҳисобий схемаларга нисбатан каттароқ хатолик келтириб чиқариши мумкинлигини ҳам қайд этиб ўтиш лозим.

Бизлар бажарган тадқиқотлар МКЭ ларни ёпиқ вагон кузовининг юк кўтарадиган тизимларига нисбатан ва оптималлаштиришда мақсадга мувофиқ ҳисобий моделларда қўлланиш хусусиятларига доир қуйидаги хулосаларни чиқариш имконини берадилар.

МКЭ ҳисобий моделида ёпиқ вагон кузовларига нисбатан олганда, стерженли мустаҳкамловчи элементларни мустақил чекли элементлар сифатида киритиш талаб қилинади. Стерженли мустаҳкамловчи элементлар эксцентриситетини устки қопламага нисбатан ҳисобга олиш ҳам мақсадга мувофиқ. Ана шу мақсадда чекли элемент сифатида учларида қаттиқ консолли стержендан фойдаланиш керак бўлади. Рама кўндаланг балкаларининг эгилувчанлиги хребет балкаси энига тенг участкада (хребет балкали кузовларда) нолга яқин бўлганлиги сабабли, ҳисобий схемада кўндаланг балкалар инерциянинг ўқ моментлари хребет балкаси тўлиқ узунлигининг унинг энини ҳисобга олмаган ҳолда узунлигига нисбатига пропорционал тарзда катталаштирилиши керак бўлади [14].

Умуман олганда, МКЭ ҳисобий моделини шакллантиришда чекли элементлар ва улар моделлаштириб келган конструктив элементлар қаттиқликлари бир хиллигини (айнан) таъминлаш зарур. Ана шу мақсадда ўзгарувчан кесимли балкалар ва тиргаклар учун инерциянинг эквивалент моментини аниқлаб олиш талаб этилади. Уни аниқлашнинг амалиётда қўлланадиган тавсиялари кучлар услуби ёрдамида бажариладиган ҳисоб-китобларга оид ҳисобланадилар. МКЭ дан фойдаланишда инерциянинг эквивалент моментини (1.1) қуйидаги формула бўйича аниқлаш мақсадга мувофиқ.

$$J_{\text{эkv}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{J_i}} \quad (1.1)$$

бунда n – инерциянинг эквивалент моментини аниқлаш учун балка бўлиб юбориладиган бир хил узунликдаги участкалар сони;

J_i – уч қисмида кесимлар i -чи участкада инерция моментларининг ўртача арифметик қиймати.

Ўзгарувчан кесимли балканинг бўлиб юборилиши шарт бўлган участкалари сони параметрлари балка баландлигининг ўзи, ёки бир вақтнинг ўзида унинг баландлиги ва эни ўзгаришига боғлиқ. Ёпиқ вагон рамасининг кўндаланг балкалари учун балка узунлиги узунлигининг ярмида, тўрт-беш участканинг ўзи етарли [15].

Участка узунлиги ва мос равишда участкаларнинг керакли сонини қуйидаги шартлардан келиб чиқиб аниқлаш мумкин: участка уч қисмлари бўйича кесимлар инерцияси моментларининг ўртача арифметик қиймати участка ўрта қисми инерция моментидан 5% дан камроқ даражада фарқ қилиши керак.

Ёпиқ вагон балкасининг эшилишидаги инерциянинг эквивалент momenti ва чўзилиш-сиқилишдаги кесимнинг эквивалент майдони ҳам шу тарзда аниқланади.

Келтирилган ёндашув МКЭ бўйича (1.2) ҳисоб-китоб юритишда ўзгарувчан кесимли балкалар қаттиқлигини амалиёт учун тўғри келадиган (мақбул) аниқлик билан моделлаштириш имконини беради. Бироқ бу ҳолда зўриқишларга ўзгартиришлар киритиш талаб этилади. уларни аниқлаш учун ўз кесимли балкаларда МКЭ ҳисобидан балкани моделлаштириб келган чекли элементларнинг уч қисмлари бўйлаб ички кучлар (букувчи моментлар ва нормал кучлар) интеграл тавсифлари қийматларини қўллаб, сўнг қуйидаги кўринишдаги зўриқишларни аниқлаш мақсадга мувофиқ:

$$\sigma_l = \frac{M_{хизу}}{J_{хл}} \pm \frac{M_{уизх}}{J_{ул}} \pm \frac{N}{F_l} \quad (1.2)$$

бунда M , N – чекли элементнинг бир (масалан, чап) учидаги ички кучларнинг тегишли интеграл тавсифлари;

J_L, F_L – инерциянинг тегишли ҳақиқий ўқ моментлари ва чап учидаги кўндаланг кесимнинг майдони.

Ёпиқ вагон кузови қопламасини моделлаштириш жараёнини кўриб чиқамиз (МКЭ дан фойдаланганда). Тўлқинсимон металл қоплама асосий юк тушадиган элемент бўлиб ҳисобланади. Бироқ қоплама юпқалиги унинг сиқувчи кучлар таъсирида турғунлигини йўқотишига олиб келиб, бунда қоплама кўп жиҳатдан ишламай қўяди. Кучлар услуби ёрдамида амалга ошириладиган анъанавий ҳисоб-китобларда айтиб ўтилганлар қопламани редукциялаш орқали ҳисобга олинади.

МКЭ да қоплама панеллари тўғри бурчакли ва учбурчакли палстиналар билан моделлаштирилади. Бунда, биринчи навбатда, пластина ҳамда қоплама панеллари қаттиқлик параметрларининг тенглигини таъминлаш талаб этилади [16].

Қоплама ҳам гофрларга эга бўлиб, улар туфайли гофрлар бўйлаб қаттиқлиги кўндаланг йўналишга нисбатан анча юқори бўлиб, қопламани моделлаштиришнинг икки эҳтимолий варианты мавжуд.

Биринчи вариантда ҳар бир гофр МКЭ ҳисобий моделига чекли элемент-стерженлар кўринишида киритилади. Гофрлар орасидаги қоплама панеллари ортотроп пластинкалар билан моделлаштирилиб, уларнинг гофрларга кўндаланг йўналишдаги қайишқоқ тавсифлари гофрларнинг ишлов берилувчанлигини ҳисобга оладилар. Шунингдек гофрлар орасидаги қоплама участкаларининг ҳам турғунликни йўқотиши оқибатида яхши ишламаслиги ҳам ҳисобга олинади.

Ана шу мақсадда ҳисоб-китобларга гофрлар орасидаги қопламанинг тўлиқ энини эмас, балки лойиҳалаштириш меъёрларига мувофиқ қоплама қалинлигининг қирқта қийматига тенг деб олинадиган бир қисминигина киритадилар.

Шундай қилиб, гофрлар (1.3) орасидаги қопламани моделлаштириб келган пластина, гофрлар бўйлаб йўналишда келтирилган қалинликка эга бўлади

$$\delta_{\text{пр}} = 40\delta^2/b \quad (1.3)$$

бунда δ – қоплама қалинлиги;

b – қўшни гофрлар ўқлари орасидаги масофа (гофрлаш қадами).

E_x ва G модуллари қоплама (1.4) материали модулларига тенг.

Гофрларга кўндаланг йўналишдаги модул

$$E_y \cong E_{\text{мат}}\delta^2/6H^2 \quad (1.4)$$

бунда H – гофр баландлиги.

Ёпиқ вагон кузови МКЭ да ҳисоб-китоб бўйича қопламанинг ўрта қисмидаги зўриқишлар ҳақиқий қийматларга, фақат ўртачалаштирилган режада, мувофиқ келадилар. Шу сабабли қопламадаги зўриқишлар тўғрисида гофр асоси яқинидаги нукталардаги зўриқишлар бўйича фикр юритиш мақсадга мувофиқ. Қопламадаги букилиш зўриқишлари бу вариантда МКЭ бўйича ҳисоб-китобларда етарлича аниқлик билан акс эттирилади.

Ҳар бир гофрни чекли элементлар йиғиндиси кўринишида (1.5) тақдим этиш ҳисобий моделни анчагина мураккаблаштиргани сабабли, МКЭ даги қопламани моделлаштиришнинг иккинчи, яъни гофрлар “суркалиб кетган” вариантыни кўриб чиқамиз. Бу уларнинг қаттиқлик тавсифлари ўртачалаштирилган тарзда ҳисобга олинишини англатади. Гофрланган панел эквивалент ортотроп пластина билан моделлаштирилади. Бу пластинанинг келтирилган қалинлиги

$$\delta_{\text{пр}} = F_{\text{гоф}}/b \quad (1.5)$$

бунда $F_{\text{гоф}}$ – гофрнинг ҳар тарафдан эни 206 га тенг қоплама участкаларига эга бўлган кўндаланг кесими майдони;

b – гофрировкалаш қадами.

МКЭ ҳисобий моделини шакллантиришда шунингдек МКЭ да элементлар фақат узелларда бирлаштирилишини ҳам ҳисобга олиш шарт. Масалан, вагон кузовлари асосий балкасининг барча кўндаланг балкалари ҳам тиргаклар билан уланган эмас. Агар шундай балка учун узелни фақат

раманинг бўйлама балка билан уланиш жойида киритилса, у ҳолда кўндаланг балка учи ён девор қопламаси билан боғланмай, катта букилишга эга бўлиб чиқади. Аслида бу нарсанинг ўзи мавжуд эмас. шунинг учун қопламани чекли элементларга шундай ажратиш керакки, улардан бири номи келтирилган узелга боғланган бўлиб чиқсин [17].

Маълумки, МКЭ даги ҳисоб-китоблар аниқлиги чекли элементлар ўлчамлари кичрайиши билан ортиб боради. Бироқ чекли элементларнинг мақсадга мувофиқ ўлчамлари масаласи вагонларнинг юк кўтарадиган тизимларига нисбатан оддий (содда) масала деб айтиш қийин.

Ҳисобий моделдаги чекли элементлар сонининг ортиши туфайли ҳисоб-китоблар кўпроқ меҳнат талаб қилади ва уларнинг вақти узаяди, ҳамда бунда чекли элементлар катталигини ўта кичрайтириб юбориш рақамли хатоликлар жамланиши сабабли мақсаддаги аниқликни бермаслиги ҳам мумкин.

Тадқиқотлар вагонларнинг юк кўтарадиган тизимини оптималлаштириш учун барча стерженли мустаҳкамлик элементларини дискрет тарзда ҳисобга олиш, деворлар ва том қопламасини эса кузовнинг кўндаланг кесими бўйлаб 2-3 қисмга ажратиш етарли эканлигини кўрсатдилар.

МКЭ ҳисобий моделида объектни маконда мустаҳкамлайдиган олтига боғлиқлик жорий этилади. вагон кузови учун тўртинчи қисмни кўриб чиқиш мақсадга мувофиқ, шунда беш турдаги боғлиқлик тўртинчисини ажратиб олишда амалга оширилади. Вертикал бўйича силжишдан олтинчи боғлиқликни эса пятник зонасида кўзда тутган мақсадга мувофиқдир.

1.5. Биринчи боб бўйича хулосалар. Тадқиқот мақсади, вазифалари ва йўналишлари

Хулоса қилиб айтганда, замонавий вагонлар парки уларнинг турлари ва тузилишининг хилма-хиллиги билан ажралиб туради. Бу эса ташишдаги турли талабларни қониқтириш заруратидан келиб чиқади: замонавий ва енгил, аммо вагон мустаҳкамлигини таъминлаш эвазига тарасини

енгиллатиш, буни эвазига эса юкламасини ошириш ва ундан максимал фойдаланиш, темир йўлдаги энг катта ўтказиш қобилияти, мўрт юкларни урилишлардан сақлаш, баъзи юкларни атмосфера таъсиридан сақлаш, универсаллилиги ва бошқалардан иборат.

Ишнинг мақсади Ўзбекистонда қурилиши йўлга қўйилган ёпик вагон модернизацияси бўйича танланган параметрлар ва ишлаб чиқилган асосий техник ечимларни илмий асослаш ҳисобланади.

Ўзбекистонда ишга тушиб, ўз фаолиятини давом эттираётган “Қуюв механика заводи” ШКда янги турдаги юк вагонларининг ишлаб чиқарилиши ва эскиларининг модернизацияланиши ҳозирда мамлакатимизда юк вагонларини валютага сотиб олмай, ўзида ишлаб чиқарилишини йўлга қўйишда катта самарали меҳнат қилинмоқда. 11-9923 моделидаги ёпик вагонларни ишлаб чиқарилиши шулар жумласидандир.

Қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги масалалар ечимини топиш керак бўлади:

- 11-9923 моделидаги ёпик вагон рамаси ва кузовининг мавжуд моделини мустаҳкамликка текшириш;
- замонавий SolidWorks ва Ansys дастурларида математик моделини яратиш;
- янги турда ишлаб чиқарилувчи моделларни мустаҳкамликка текшириш ва уларнинг янги моделларини ишланмасини бажаришдир.

Ишнинг илмий янгилиги эшик ўйими кенгайтирилган 11-9923 моделидаги тўрт ўқли янги ёпик вагон кузови конструкциясини текшириш ҳамда сарфланувчи металллар ўрнига нисбатан мустаҳкамроқ ва коррозияга чидамли материалларни қўллаш билан уларнинг тарасини камайишини кўриб чиқишдир.

Ишнинг вазифаси темир йўл миқёсида 11-9923 моделидаги тўрт ўқли янги ёпик вагон конструкциясини чизиқли ўлчамларини ўзгартирган ҳолда кузов материалларини яънада мустаҳкамроқ материалдан фойдаланиб, унинг хизмат муддатини оширишдан иборатдир.

Вагон рамалари кузовининг асоси бўлиб, унинг асосий материаллари 09Г2Д, 10Г2БД маркали пўлатлардан, 2001 йилдан бошлаб эса Россияда янада мустаҳкам бўлган 10ХСНД ва 16Г2АФД материаллардан тайёрланади.

Ҳозирда юк вагонлари кузовларини математик моделлаштириш асосида лойиҳалаштириш ва модернизацияси бўйича ишлар олиб борилмоқда. Демак, изланишлар тўхтамаган бўлиб, мавжуд қурилаётган юк вагонлари қаторида янгиларини ишлаб чиқариш устида ҳам ишлар олиб борилмоқда.

Ишнинг йўналиши ёпиқ вагон кузовининг конструкциясига ўзгартиришлар киритган ҳолда, ҳозирги кундаги замон таълабларига жавоб берувчи янги замонавий ёпиқ юк вагонини ишлаб чиқиш, унинг кузови хизмат муддатига таъсир қилувчи омилларни ўрганиш ва хизмат муддатини узайтириш усулларини тадқиқ қилиш, ёпиқ вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш бўйича ҳисобларни бажариш ва ёпиқ вагон кузови конструкциясини моделлаштириш ва модернизациялаш бўйича ишланмасини бажариш ҳисобланади.

II БОБ. Ёпиқ вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш

2.1. Ёпиқ вагон кузови рамасини лойиҳалаштириш ишланмаси

Ёпиқ вагон кузови рамасини лойиҳалаштирилишини ишлаб чиқиш учун ёпиқ вагон рамасининг ҳисобини амалга ошириш талаб этилади. Усти ёпиқ вагон кузови рамасининг вертикал брутто юклама таъсиридан ҳисоб-китобини кўриб чиқайлик [19]. Рама иккита зет профилли хребет балкасидан №31, обвязка – швеллер №16, П-симон кесимли уч қисм балкасидан, шкворен балкасидан, суваққат кесимли иккита кўндаланг зет балкаларидан I ва швеллер №16 дан ишланган кесимли ўрта қисм кўндаланг балкасидан иборат. Ҳисоб-китоблар батафсил МКЭ пластинкасимон схемаси ёрдамида ва стерженли схема бўйича сиқилган эшилишни ҳисобга олган ҳолда бажарилган (2.1-расм).

Вертикал юклама 624 кН хребет балкаси (9,03 т/м) ва обвязка (5,43 т/м) бўйлаб бир текис тақсимланган. Кўрсатилган юкламанинг таъсиридан раманинг кўндаланг балкалари букилиш, нормал чўзилиш, сиқилиш ва эшилишга дуч келадилар (ўрта балкадан ташқари).

Ёпиқ вагон кузови рамасини симметрик қисмининг пластинкасимон схемаси МКЭ ўз ичига 5583 та тўғрибурчак 5х5 см ўлчамли пластинкасимон туга 6020 узелга бирлаштирилган элементлардан иборат (2.1-расм фрагмент); стерженли МКЭ схемаси 57 узелга бирлаштирилган 60 стерженли тугал элементлардан иборат бўлган. Ҳисоб-китоблар саноат дастурий мажмуаси ёрдамида амалга оширилган.

Мисол тариқасида шкворен балкасига энг хос бўлган, унинг хребет балкасига пайвандланиш жойидаги А – А кесими бўйича нормал зўриқишларнинг ҳисоб-китоблар натижалари кўриб чиқилган (2.2-расм).

2.2-расмда шкворен балкасининг А – А кесими бўйича нормал зўриқишларнинг стерженли ва аниқлаштирилган МКЭ пластинкасимон схемаси ёрдамида олинган эпюраларини қиёслаш амалга оширилган (мас равишда штрихпунктирли чизик 1 ва яхлит чизик 3). Шу ернинг ўзида стерженли МКЭ схемаси ёрдамида сиқилган эшилишни ҳисобга олиб ҳисобланган нормал зўриқишлар эпюраси курилган (штрихли чизик 2).

ёрдамида сиқилган эшилишни ҳисобга олинган ҳолдаги олинган, кесим бўйича нормал зўриқишлар эпюраларининг тақсимланиши, сифат ва миқдор жиҳатидан бир-бирига яқин. Бунда стерженли схема бўйича ҳисоблаб топилган нормал зўриқишларнинг ясси кесимлар гипотезаси асосида ҳисоблаб аниқланган максимал қийматлари (МКЭ саноат дастурий мажмуи) аниқлаштирилган қийматлардан 30-40 % га кичик бўлиб чиққан. Стерженли элементларнинг сиқилган эшилишини ҳисобга олиш бу фарқни 4-8 % га камайтиради.

Бугунги кунда анъанавий вагонларни лойиҳалаштиришни такомиллаштириш учун янги имкониятлар пайдо бўлиб, улар конструкцияларни оптимал лойиҳалаштириш ва автоматлаштирилган лойиҳалаштириш тизимларининг тараққий этиши билан боғлиқ.

Анъанавий лойиҳалаштиришда структураси вагон кузови конструкцияси тузилмасини (юк кўтарадиган элементлар сони, улар шакли, жойлаштирилиш координаталари), шунингдек юк тушадиган элементлар ўлчамларини конструктор тайинлайди. Агар конструкция иш қобилияти мезонлари бажарилмаса, норматив ҳисоб-китоблар натижаларига кўра тайинланган ўлчамларга ўзгартиришлар киритилади. Бундай ёндашув оқибатида айрим юк кўтарадиган элементлар ишга тўлиқ жалб этилган бўлиб чиқадилар, аммо ҳар доим тўлиқ юкланмаган ва конструкцияларнинг ортиқча металл сарфлашига олиб келадиган элементлар мавжуд бўлади. Вагон кузовлари мураккаб статик аниқлаб бўлмайдаган тизимлардан иборат бўлганлиги сабабли анъанавий лойиҳалаштириш услублари ёрдамида барча юк кўтарадиган элементларнинг интенсив ишини таъминлаш ва мос равишда кам металл талаб қиладиган конструкцияга эга бўлиш анча қийин вазифа [16].

Бу масалани нисбатан яқинда пайдо бўлган конструкцияларни оптимал лойиҳалаштириш (ОПК) назарияси асосида ҳал қилиш мумкин.

Оптимал лойиҳалаштириш деганда конструкцияларнинг улар берилган чекловларни ҳисобга олган ҳолда барча эҳтимолий вариантлардан энг яхшиси бўлиб қоладиган лойиҳа параметрларини излаб топиш тушунилади. Аниқланадиган лойиҳа параметрлари каторига конструкция тузилмасини (тузилмавий *оптималлаштириши*), юк кўтарадиган элементлар ўлчамлари (*параметрик оптималлаштириши*) ёки ҳар иккала параметрни бирга (*тузилмавий ва параметрик оптималлаштириши*) аниқлайдиган параметрлар *кириши мумкин*.

Шундай қилиб, оптимал лойиҳалаштиришда параметрлар тайинланмай, балки оптималлаштириш натижасини топиладилар. Бунинг учун мақсад функцияси – *лойиҳалаштириш сифат мезонини, масалан конструкциядаги металл ҳажмини ифодалаб келадиган лойиҳалаштиришнинг аниқланаётган параметрлари функцияси шакллантирилади*. Мақсад функциясидан ташқари, параметрларга етарлича мустаҳкамлик, қаттиқлик, турғунлик, ишончлилик ва бошқа кўрсаткичлар бўйича чекловлар ёзиб қўйилади.

Оптимал лойиҳалаштириш вазифаси қўйилган чекловларни қондирадиган, ҳамда уларни қўллаганда мақсад функцияси экстремал қийматга эга бўладиган лойиҳалаштириш параметрларини излаб топишдан иборат (масалан, конструкциядаги металл ҳажми минимал бўлади).

Бу масалани ҳал қилиш учун параметрларга қўйилган чекловларни ҳисобга олган ҳолда математик дастурлашнинг экстремал масалаларини ҳал қилишнинг рақамли услубларидан иборат бўлган махсус излаш услубларидан фойдаланадилар. Вагон кузовлари юк кўтарадиган элементларининг мустаҳкамлик, турғунлик ва ишончлилик бўйича чекловлар функциялари лойиҳалаштириш параметрларига нисбатан нозичли бўлиб, шу сабабли уларни аниқланаётган параметрлар орқали яққол кўринишда ифодалаш бироз қийин. Шунинг учун рақамли алгоритмлардан фойдаланиб, изланаётган параметрларни аниқлаш жараёни итерацион жараён деб номланади.

Вагон кузовларини оптимал лойиҳалаштиришнинг кенг тарқалган услубларидан бири дискрет жиҳатдан бир хил зўриктирилган конструкцияни лойиҳалаштириш услуби бўлиб, унинг моҳияти қуйидагилардан иборат. Вагон кузови конструкциясининг бошланғич варианты ихтиёрий тарзда шакллантирилади. Ушбу вариант учун норматив ҳисоб-китоблар бажарилиб, улар натижаларига кўра юк кўтарадиган (тушадиган) элементлари кўндаланг кесимларининг ўлчамлари ўзгартирилади (агар юк кўтарадиган элементлардаги зўриқишлар йўл қўйиладиган даражадан кам бўлса, ўлчамлар кичрайтирилади, ёки зўриқишлар йўл қўйилганидан юқори бўлса, катталаштирилади).

Кесимларнинг янги ўлчамларида вагон кузовининг норматив ҳисоб-китобларини такрорлаб, зўриқишларнинг янги қийматлари аниқлайдилар. Шундан кейин юк кўтарадиган элементлар кесимларининг ўлчамларини яна шу тарзда ўзгартирадилар.

Оқибатда оптимал лойиҳалаштириш жараёни икки марталик итерацион жараёндан иборат бўлади: ташқи цикл норматив ҳисобнинг такрорланишини кўзда тутса, ҳар бир ҳисоб-китобдан сўнг кўндаланг кесимлар ўлчамларини ички ўзгартириш циклини амалга оширадилар. Барча юк кўтарадиган элементлар учун қўйилган чекловлар бажарилиб, қўшни итерациялардаги конструкция метали ҳажми сезиларсиз ўзгарганида итерацион жараён тўхтайди. Оптимал лойиҳалаштириш оқибатида юк кўтарадиган элементлар ўлчамлари ва конструкцияни тавсифлаб келадиган, уларда лойиҳалаштириш сифати мезони берилган чекловларни ҳисобга олиб энг мақбул бўладиган бошқа параметрларга ҳам эга бўладилар.

Таърифдан кўриниб турибдики, оптимал лойиҳалаштириш анъанавий жараёнга нисбатан анча мураккаб. Оптимал лойиҳалаштиришда норматив ҳисоб-китобни кўп маротаба такрорлаш, ҳар бир итерацияда кузовнинг юк кўтарадиган (тушадиган) тизимини ўзгартириш учун норматив ҳисоб-

китобни ўзгартириш талаб этилиб, бу конструкциянинг турли ва кўп сонли эҳтимолий вариантларини кўриб чиқиш билан тенг.

Бироқ, вариантли лойиҳалаштиришдан фарқли равишда, бу ерда вариантлар маълум мақсад асосида танланиб, бу кам самарали эканлиги аввалдан маълум вариантларни кўриб чиқмаслик имконини яратиб беради.

Вариантли лойиҳалаштиришда энг яхши вариант ҳам кўриб чиқилмаганлар қаторига тушиб қолиши мумкин, чунки бу кўп меҳнат талаб қилганлиги сабабли кўп миқдордаги вариантларни кўриб чиқишнинг имкони йўқ. Оптимал лойиҳалаштиришда бу камчилик бартараф этилади, бироқ бу ҳолда ҳам жараён катта меҳнат талаб қилганлиги сабабли замонавий электрон ҳисоблаш машиналаридан (ЭҲМ) фойдаланган ҳолда оптимал лойиҳалаштиришни автоматлаштириш талаб этилади.

2.2. Ёпиқ вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш методикалари

Ёпиқ вагон кузовини лойиҳалаштириш параметрлари ихтиёрий тарзда ўзгартирилиши мумкин бўлмай, улар конструкцияга қўйилган, берилган чекловларни қондиришлари лозим. Ўзгарувчан лойиҳалаштириш параметрларининг турли бирикмалари кўплаб эҳтимолий конструкцияларга мос келади. Агар бундай конструкция қўйилган чеклов талабларини қондирса, у йўл қўйилади, акс ҳолда – қўл қўйиб бўлмайдиган деб ном олади [20].

Анъанавий лойиҳалаштириш мақсади – мавжуд вагон-прототип асосида унинг конструктив элементларини такомиллаштириш бўлиб, бу унинг эксплуатацияси билан боғлиқ қатор муаммоларни ҳал қилиш имконини беради.

Лойиҳалаштириш вазифалари қуйидагилардан иборат:

- берилган вагон-прототипнинг мавжуд аналоглари билан танишиш;
- ёпиқ вагони кузови асосий узелларини лойиҳалаштириш хусусиятларини ўрганиш;
- турли эксплуатация режимларида юкламалар остидаги конструкция ўзгариши ва ҳисоб-китоб натижалари таҳлили;
- ЭХМ дан фойдаланиб, вагон таркибий қисмларининг ҳисобини амалга ошириш, лойиҳалаштириш услубиёти бўйича кўникмаларни эгаллаш.

Биринчи навбатда, ёпиқ вагон кузовини лойиҳалаштириш сифатини яхшилаш учун баҳоланадиган мезон танлаб олинади. Ёпиқ вагон кузови учун қуйидаги мезон турларини олиш мумкин: тара минимуми, тайёрлаш ва эксплуатация қиймати ва харажатлари (биринчи мезонга нисбатан у шунингдек тайёрлаш сарф-харажатларини ҳам ҳисобга олади). Сўнгги мезон энг умумий ҳисобланиб, бироқ лойиҳалаштиришнинг дастлабки босқичларида технологиябоплик ва ишонччилик кўрсаткичлари тўғрисида ахборот йўқлиги сабабли иккинчи ва учинчи мезонларни қўллашнинг иложи йўқ, шунинг учун номи келтирилган мезонларни фақат зарур бошланғич ахборот мавжуд бўлганидагина қўллаш мақсадга мувофиқ.

Эскизли лойиҳалаштириш босқичида конструкция массаси минимуми ёки конструкцияда ишлатилган металл ҳажми мезони жуда қулай ҳисобланади. Ёпиқ вагон кузови учун металл сарфи (сифими) муҳим мезон бўлиб, у нафақат вагонни тайёрлашда, балки уни эксплуатация қилишда ҳам харажатлар қиймати билан боғлиқ.

Ёпиқ вагон кузовини лойиҳалаштириш параметрлари рақамли ва функционал бўлиши мумкин: улардан биринчиси материалларнинг механик константаларини, нуқталар координаталарини ва шу кабиларни тавсифлаб келса, иккинчиси ўзгарувчан кесимли стерженлар кесимлари ўлчамлари ва

геометрик тавсифларининг ўзгаришлари қонуниятлари ва шу кабиларни таърифлаб келадилар.

Шундай қилиб, кўплаб эҳтимолий конструкциялар икки кичик кўпликларга бўлинади: йўл қўйиладиган ва йўл қўйилмайдиган конструкциялар. ОПК масаласи йўл қўйиладиган конструкциялар кичик кўплиги биттадан кўп конструкциядан иборат бўлганида маънога эга бўлади.

Мақсад функцияси ёзиб олинганидан сўнг ОПК да бажарилиши керак бўлган чекловлар аналитик кўринишда ёзиб олинади. Ёпиқ вагон кузови учун кўйидаги чеклов турлари хос бўлиб ҳисобланади:

а) *геометрик* – одатда тенгсизлик шаклига эга бўлган, ҳамда конструкциянинг геометрик ўлчамлари муайян чегарадан чиқиб кетмаслигини назарда тутадиганлар;

б) мустаҳкамлиги бўйича;

в) қаттиқлик бўйича – кузовнинг деформацияланиш элементлари шундай бўлиши керакки, деформацияланган ҳолатда юк кўтарадиган элементлар ўлчамлари биринчи чекловни қондирадиган бўлишини кўзда тутадиган;

г) *турғунлигига кўра*;

д) *конструктив* – элементларнинг ўзаро уланиши зарурати билан боғлиқ.

ОПК масаласини математик нуқтаи назардан шакллантириш, мақсад функцияси ва чекловларни ёзиб олишдан ташқари масала моҳиятини кўрсатиб ўтишни ҳам ўз ичига олиб, у мақсад функциясининг экстремум (минимум)ига эришиш имконини берадиган лойиҳа бўйича параметрларининг шундай қийматларини излаб топишдан иборат бўлади.

Анализдан маълум бўлишича, санаб ўтилган чекловлардан асосийлари мустаҳкамлик бўйича ҳамда юк кўтарадиган элементлар габарит ўлчамларига қўйиладиган чекловлар бўлиб, улардан сўнггиси лойиҳалаштириш параметрлари орқали аналитик жиҳатидан осонлик билан ифодаланадилар. Аксинча, элементларнинг мустаҳкамлик бўйича чекловларни лойиҳалаштириш параметрлари орқали ифодалаш ўта қийин бўлиб, бу боғлиқликлар нозичли бўлиб ҳисобланади.

Оптимал лойиҳалаштириш масаласига нисбатан олинганида вагоннинг юк кўтарадиган тизимида қуйидаги геометрик интерпретацияни бериш мумкин. Лойиҳалаштириш параметрларининг йиғиндисини n та нукта координатаси ўлчови сифатида олиш мумкин. Бу ҳолда айтиб ўтилган макон(бўшлиқ)нинг ҳар бир нуктаси вагоннинг муайян конструкциясини тавсифлаб келади. Лойиҳалаштириш параметрларига қўйиладиган мустаҳкамлик бўйича чеклов параметрларнинг бутун макони (бўшлиғи)дан унинг бир қисмини ажратиш олади.

Айтиб ўтилган қисмни ажратиш олиш юз бераётган текислик бутун параметрлар маконини йўл қўйиладиган ва мустаҳкамлик бўйича чекловларга жавоб бермайдиган йўл қўйилмайдиган конструкцияларга мувофиқ соҳаларга бўлиб турган текислик (юза) гипертекислик деб номланади. Бунда гипертекислик ўзида ётган нукталар юк кўтарадиган элементларидаги максимал зўриқишлари йўл қўйиладиган даражага тенг бўлган йўл қўйиладиган конструкцияларга мувофиқ келадилар.

Параметрлар маконининг ҳар бир нуктасига мақсад функциясининг маълум катталиги тўғри келади. Оптимал лойиҳалаштириш масаласи (вазифаси) параметрлар ўлчовлари маконининг унинг учун мақсад функцияси энг кичик бўладиган n нуктасини излаб топишдан иборат. Бу каби экстремал нукта йўл қўйиладиган соҳанинг ичида, ёки гипертекисликда жойлашиши мумкин.

Ёпиқ вагон кузовини оптималлаштириш масаласи мураккаб масалалар каторига оид ҳисобланади. Уни амалий жиҳатдан ҳал қилиш учун вагон эксплуатация шароитлари билан боғлиқ бўлган конструкцияларнинг ўзига хослигини ҳисобга олиш шарт. Кузовнинг аравачаларга таяниши кузов рамасининг шкворен балкалари зарурлигини келтириб чиқаради. Зарб ютиш аппаратлари, автоилашиш ускуналари элементларини жойлаштириш рама уч қисм конструкциясини белгилаб беради. Усти ёпиқ юк вагонлари учун рамалар, тиргаклар ва ёйлар турлича бўлиши ҳам мумкин.

Конструкция тузилмаси аниқлаб бўлинган эскизли лойиҳалаштириш босқичида итерацион лойиҳалаштириш услуби қўлланиши мумкин бўлиб, у дискрет нуқтаи назардан зўриқтирилган конструкцияга тенг бўлади [16].

Ҳар бир итерацияда бу ҳолда юк кўтарадиган элементлардаги максимал зўриқишларни аниқлаган ҳолда мустаҳкамлик ҳисоби амалга оширилиши талаб қилиниб, уларнинг қиймати бўйича йўл қўйиладиган қийматларга солиштириш билан кесим кўрсаткичларига ўзгартириш киритиб борилади. Бироқ гап шундаки, кесимнинг айнан қайси элементларини ва қанчага ўзгартириш кераклиги масаласи асло осон деб бўлмайди. Уни ҳал қилиш учун улар асосида максимал зўриқишлар аниқланган кесимдаги ички зўриқишлар кесимга ўзгартиришлар киритиш жараёнида ўзгармайдилар деб фараз қилинади. Аслида эса айтиб ўтилган кучлар ўзгаради ва бу ҳол навбатдаги итерацияда мустаҳкамлик ҳисобини яна такрорлашга мажбур қилади.

Мазкур итерацияда ўзгармас бўлиб қолган ички кучларда кесим ўлчамларини шундай қилиб ўзгартириш керакки, бунда максимал зўриқишлар йўл қўйиладиган даражага анча яқин бўлиб қолади. Бунда кўндаланг кесим майдони минимал бўлиши талаб этилади.

Шуни ҳам ҳисобга олиш зарурки, ёпик вагон кузовининг кўпгина элементлари юкланиш жараёнида икки текисликда юкланиш(зўриқиш)ларга дуч келадилар – чўзилиш-сиқилиш ва эшилиш зўриқишлари. Шу сабабли юқорида билдирилган фикрларни ҳисобга олган ҳолда кесимга ўзгартиришлар киритиш нозичлики дастурлашнинг мустақил мураккаб вазифасидан иборат бўлади. Унда кўндаланг кесим майдонининг қиймати мақсад функцияси вазифасини бажаради. Кесим элементлари ўлчамларига конструктив жиҳатдан, ҳамда қуйидаги каби чекловлар мавжуд бўлганида кўндаланг кесимнинг минимал майдонини аниқлаб олиш талаб этилади $\sigma_{max} = [\sigma]$, бунда σ_{max} – кесимдаги максимал зўриқиш; $[\sigma]$ – йўл қўйиладиган зўриқиш.

Чекловларнинг нозичлики характери масалани ҳал қилишни қийинлаштиради. Бироқ вагон кузовига хос бўлган хусусиятларнинг ҳисобга олиниши ечимни қуйидаги тарзда соддалаштириш имконини беради. Биринчи навбатда, кузовда юк кўтарадиган элементларни, улардаги максимал зўриқишлар асосан бир текисликдаги букилишдан, ҳамда чўзилиш-сиқилишдан юзага келадиган юк кўтарадиган элементларни ажратиб олиш мумкин. Бундай элементлар сифатида хребет балкаси ва тиргакларни кўрсатиш мумкин. Бир текисликда букиладиган профиллар оптимал параметрларининг тадқиқоти кўрсатишича, баландлик конструктив шартларга кўра мумкин бўлган максимал қийматга, кесим элементлари қалинлиги эса минимал кўрсаткичга интилганида кўндаланг кесимининг майдони минимал бўлишини кўрсатди.

Ёпик вагон кузови юк кўтарадиган элементлари кесимларининг ўлчамлари аввалдан номаълум бўлган принципиал янги конструкцияларни лойиҳалаштиришда масала нозичлики дастурлаш характерини сақлаб қолади. Бу ҳолда уни ҳал қилиш учун координатали оптималлаштириш услубини қўллаш мумкин. Оптималлаштириш ҳисоби ички жараённинг ҳар бир

итерациясида кесим элементларининг ўлчамлари олдинма-кетин, бироқ кесим майдони берилган қийматга ўзгарадиган қилиб келиши лозим. Бирон-бир ўлчамнинг ҳар бир ўзгаришидан сўнг кесимнинг геометрик тавсифлари ва ундаги зўриқишлар аниқланиши керак. Ишчи ўзгариши учун вариацияланганда кесимдаги зўриқишлар минимал бўлган ўлчамлар устувор бўлади.

Оптималлаштиришнинг баён этилган услуби юк кўтарадиган тузилмаси берилган ва вариацияланиши керак бўлмаганида қўлланиши мумкин.

Юк кўтарадиган тизимнинг оқилона тузилмаси аниқланиши талаб этилиб, янги конструкцияларни лойиҳалаштиришда, оптималлаштириш масаласи мураккаблашади, чунки бир вақтнинг ўзида юк кўтарадиган тизим тузилмавий схемасини ва юк кўтарадиган элементлар параметрларини оптималлаштириш масалаларини ўз ичига олади. Бу ҳолда тузилмавий ёндашув мақсадга мувофиқ: аввал юк кўтарадиган тузумнинг рационал тузилмаси излаб топилиб, бу ҳолда параметрик оптималлаштириш тахминан амалга оширилади. Шундан сўнг олинган рационал тузилмавий схема берилган деб ҳисобланиб, параметрларни аниқлаштирилган усул билан оптималлаштириш амалга оширилади. Шундан кейин олинган оптимал вариант тузилмасини юк кўтарадиган элементлардаги максимал зўриқишлар даражасини пасайтирадиган қилиб ўзгартиришга уринишлар амалга оширилади. Агар бу уринишлар муваффақиятли чиқса, яна параметрик оптималлаштириш жараёни такрорланади.

Ундан сўнг ортиқча тузилмали ана шу вариантни ортиқча элементлар кесимларининг минимал ўлчамларига чекловларсиз параметрик оптималлаштиришни бажариш керак бўлади. Оқибатда айрим элементлар олиб ташланиб, қолганлари эса оптимал тузилмани белгилаб берадилар.

Ёпиқ вагон кузовини автоматлаштирилган лойиҳалаштириш тизими (вагон САПР) – лойиҳалаштиришни автоматлаштириш воситалари мажмуидан иборат бўлган ташкилий-техник тизим, унга вагоннинг автоматлаштирилган лойиҳалаштирилишини бажарадиган мутахассислар жамоаси томонидан хизмат кўрсатилиши шарт. Айтиш лозимки, САПР – лойиҳалаштиришни автоматлаштириш воситаси эмас, балки автоматлаштирилган лойиҳалаштиришни амалга ошириш тизими бўлиб, бунда лойиҳани ишлаб чиқишда лойиҳачилар фаолияти узвий компонентлардан бири ҳисобланади [19].

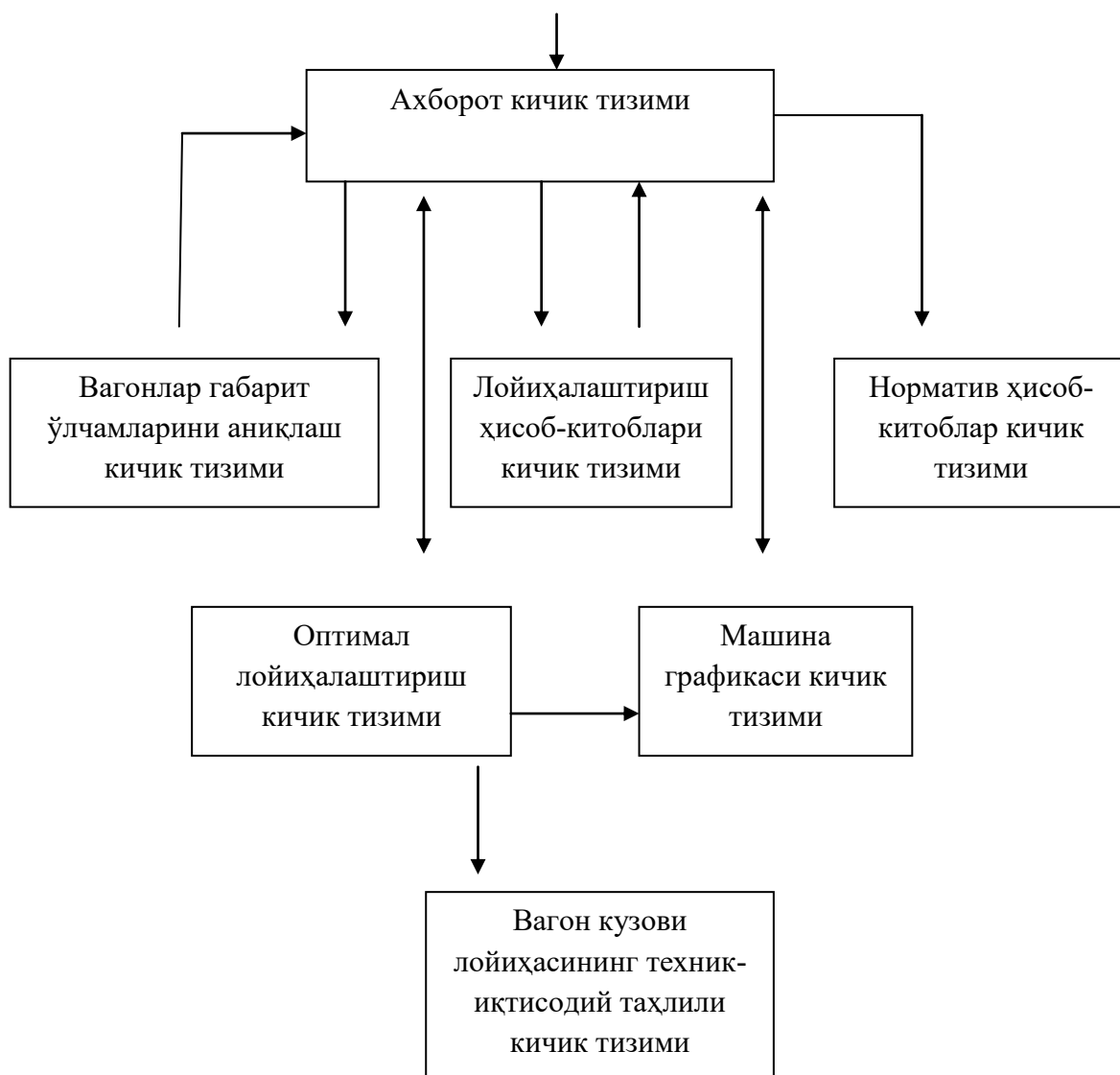
Ёпиқ вагон кузови САПР лойиҳалаштиришни ташкиллаштиришдан мақсад вагоннинг рақобат бардош конструкциясини ишлаб чиқариш учун ўта қисқа муддатларда автоматлаштирилган тарзда лойиҳа ҳужжатларини олишдан иборат.

САПР лойиҳалаштиришни ташкиллаштириш шаклидан иборат бўлиб, унда вагонларни лойиҳалаштиришнинг сифат жиҳатидан янги технологияси рўёбга чиқарилади.

Ёпиқ вагон кузови конструкцияларини автоматлаштирилган лойиҳалаштириш тизимлари вагон габарит ўлчамларини автоматлаштирилган тарзда аниқлаш ва вагон кузовининг юк кўтарадиган элементлари параметрларини оптималлаштириш учун мўлжалланган.

Ёпиқ вагон кузовини автоматлаштирилган лойиҳалаштириш тизими ўз ичига бир нечта кичик тизимни олади.

Кичик тизимнинг тузилмавий бирлиги компоненталар орасидаги алоқалар, кичик тизимларни ягона тизимга бирлаштириш эса – кичик тизимларнинг бир турдаги компоненталари орасидаги алоқалар ҳисобига таъминлайди. Вагонлар кузовларининг тузилмавий схемаси САПР 2.1-схемада кўрсатилган.



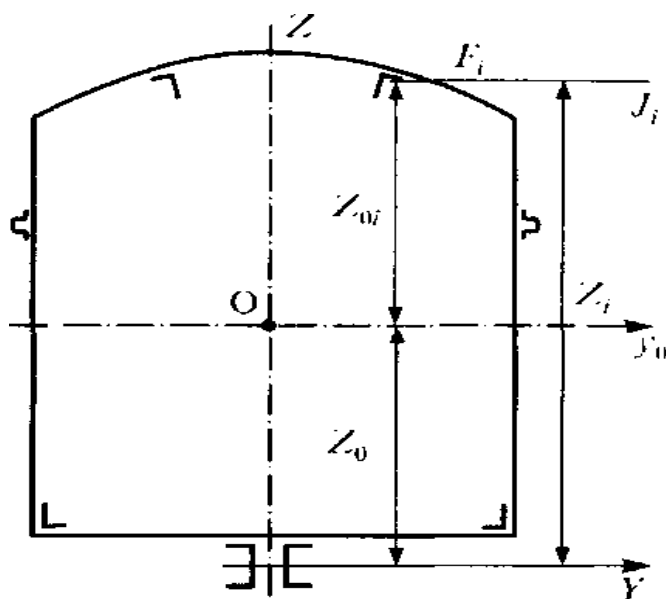
2.1-схема. Вагонлар кузовлари САПР нинг тузилмавий схемаси

Ёпиқ вагон кузови рамасини бақувват стерженли элементлари (хребет, шкворен, ён ва кўндаланг балкалар) ва девор ва томнинг стерженли қалин сеткаси мавжудлиги сабабли анчаги қаттиқ кўндаланг кесимлар контурларига эга.

Листли қоплама, букилишга кичик қаттиқликка эга бўлгани билан, ўз юзаларида силжишга қарши яхши қаршилик кўрсата олади. Бу кузовлар кесиклари асосан, эшик оралиқларига тўғри келади.

Рефрижератор вагонларида “сэндвич – конструкциялар” қўлланиши улар қаттиқлигини яна ҳам оширади.

«а», «б», «в», «е», «з», «и» юкланиш схемалар учун (2.3-расмга қаранг) бу вагон кузовларини кўндаланг кесимининг контури деформацияланмайдиган балка сифатида кўриб чиқиш мумкин бўлиб, у эшик кесиги зонасида қаттиқлиги сакраб ўрғайиш хусусиятига эга: EJ_{Σ} – букилишга ва EF_{Σ} – чўзилиш-сиқилишга. « Σ » индекси вертикал текисликлаги букилишдаги инерция моменти J ва кесим майдони F ўз ичига қоплама ва бўйлама стерженлар ва гофрлар кесимлари тавсифларини ўз ичига олишига эътибор қаратади. Улардан сўнггиси бўйлама тутиб турувчи (мустаҳкамловчи), яъни стрингерлар тўпламиданг ташкил топади.



2.3-расм. Ёпиқ вагон кузови кўндаланг кесимининг шартли схемаси

Кузовнинг муайян шартли кўндаланг кесимини келтириб (у одатда, Z ўқиға нисбатан симметрик бўлади), унинг геометрик тавсифлари қандай ҳисоблаб топилишини эслатиб қўямиз (2.3-расмга қаранг).

Аввал кесим марказий ўқининг бирон-бир олдиндан танлаб олинган ҳисоблаш ўқига (масалан Y) нисбатан ҳолати, (2.1) яъни координатага нисбатан аниқланади:

$$Z_0 = \frac{\sum_0^i F_i Z_i}{\sum_0^i F_i}, \quad (2.1)$$

бунда i – кузов кўндаланг кесими майдонини ҳосил қилган элементлар сони;

F_i – i -нчи элементнинг кесими майдони;

Z_i – координаталарнинг ихтиёрий у ўқигагача бўлган i -нчи элемент кесими масофаси;

$$\begin{aligned} \sum_0^i F_i &= F_{\Sigma}; \\ J_{\Sigma} &= \sum_0^i F_i Z_{0i}^2 + \sum J_i, \end{aligned} \quad (2.2)$$

бунда J_i – i -чи элемент кесимининг у ўқига нисбатан параллел ва ана шу кесим марказидан ўтган ўз инерция моменти;

Z_{0i} – i -чи элементнинг бутун кесим марказидан u_0 ўқи орқали ўтган масофа.

x ўқни кузов бўйлаб кесимлар марказлари орқали йўллаймиз ва барча юкламаларни юқорида санаб ўтилган схемалар бўйича ана шу ўққа келтирамиз. Фикримизга кўра, ана шундай юкламалар таъсир қилганида кузовнинг кўндаланг кесимларида зўриқишлар ўзгариши мумкин бўлган чегараларни белгилаб қўйган мақсадга мувофиқ бўлади. Бунинг учун икки схемани кўриб чиқиш лозим, улардан бирида эшик кесиклари йўқ деб, иккинчисида эса бутун кузов узунлиги бўйича эшик кесиги мавжуд деб фарз қиламиз.

Дастлабки схема зўриқишларнинг юқори чегараси, иккинчи схема эса – қуйи чегараси олинишини таъминлаб беради.

Томлар учун ҳисобланган сиқувчи зўриқишларнинг юқори чегараси бўйлаб унинг турғунлик захирасини аниқлаш мумкин.

“Нормалар” ортотроп қобиклардаги критик зўриқиш $\delta_{кр}$ ни қуйидаги (2.3) формулалар бўйича аниқлашни тавсиф қиладилар [16]

$$\delta_{кр} = \frac{0,4}{\delta R(1 + v_x)} \sqrt{\frac{E\delta D_{\text{ПР}}}{\eta}}$$

$$\delta_{кр} = \frac{0,45}{\delta(1+v_x)} \left(\frac{D_{\text{ПР}}\pi^2}{a^2} - 0,125 \frac{E\delta a^2}{R^2\pi^2\eta} \right) \quad (2.3)$$

Ана шу формулалардан (2.4) фойдаланиш учун, аввалига параметрни аниқлаб олиш талаб қилинади

$$C = \pi^4 \sqrt{\frac{D_{\text{ПР}}R^2\eta}{E\delta}} \quad (2.4)$$

Агар $c < a$ (a – том фрамугалари орасидаги қадам) бўлса, у ҳолда биринчи формула (2.4), агар $c > a$ бўлса, иккинчи формула (2.4) қўлланади.

Келитрилган (2.3) ва (2.4) формулаларда

$$D_{\text{ПР}} = (1 + \mu) \left(2D + \frac{EJ_y}{b} \right) + \frac{G\delta^3}{3}; \quad \eta = (1 - \mu) \left(\frac{1}{1+v_x} + 1 \right) + 2(1 + \mu);$$

$$D = \frac{E\delta^3}{12(1-\eta^2)} - \text{том қопламасининг цилиндрсимон қаттиқлиги};$$

$$v_x = \frac{F_{x_i}}{b\delta}; \quad \delta - \text{қоплама қалинлиги};$$

b – стрингерлар орасидаги қадам;

J_y – стрингернинг қоплама ўрта қисми юзаси текислигига нисбатан кесимининг инерция моменти;

F_x – стрингер кўндаланг кесими майдони; R – томнинг эгрилик радиуси;

E, G, η – мос равишда қоплама материали ва стрингерларнинг биринчи ва иккинчи турдаги қайишқоқлик модуллари ва Пуассон коэффиценти.

Биз тўлиқ кесим ва эшик кесигини ҳисобга оладиган кесим учун геометрик тавсифлар аниқладик деб фараз қиламиз.

Ёпиқ вагон кузовини юқорида келтирилган схемалар бўйича юкланган, шкворен кесимларида таянчлари бўлган икки консолли балка деб қараб (марказлан чеккада бўйлама юкланишга учраган ва кўндаланг юкламалар таъсирида букиладиган балка), зўриқишларни топамиз.

$$\sigma_{\Sigma} = \pm \frac{M_{z_{oi}}}{J_{\Sigma}} + \frac{N}{F_{\Sigma}} \quad (2.5)$$

бунда M ва N – юк вагонлари

Букувчи момент ва мос равишда юкламаларнинг энг нохуш бирикмасидан тушадиган бўйлама куч.

Зўриқишларни энг катта момент M ва куч N га эга бўлган кесимлардан излаймиз.

Бу зўриқишларни йўл қўйиладиган ва тегишли зоналар учун олинган, масалан, боғлиқликлар бўйича ҳисоблаб топилган критик зўриқишлар билан солиштириб кўрамиз (2.4).

Агар формулада (2.5) тўлиқ кесим учун J_Σ ва F_Σ деб қабул қилинса, бу пастдан туриб баҳолаш, кесмаларни ҳисобга олган ҳолда – юқоридан баҳолаш бўлади.

Турғунлик захираси

$$n_y = \frac{\sigma_{кр}}{\sigma_\Sigma} \geq [n_y] \quad (2.6)$$

Йўл қўйиладиган қийматлар $[n_y]$ техник вазифада берилади. J_Σ ва F_Σ ларни билиб, кузовлар ўз тебранишлари қуйи частотаси тахминий қийматларининг n_s , Гц чегараларини олиш мумкин бўлади:

$$n_s = \frac{1}{2\pi} \frac{\alpha_s^2}{L_p^2} \sqrt{\frac{E J_\Sigma g}{Q_z}} \quad (2.7)$$

бунда $\alpha_s = \frac{n_k}{L_p}$; нисбатига боғлиқ параметр; тўрт ўқли вагонлар учун кўпинча

$\frac{n_k}{L_p} \approx 0,3$, в унда [13] га мувофиқ $\alpha_s = 2,2$;

Q . – вагон кузови узунлиги массаси бирлиги;

g – эркин тушиш тезлашиши.

Ёпиқ вагон кузови кўндаланг кесимининг контури қаттиқ эканлигига қарамай, кузов шпангоутларини ҳосил қилган стерженли элементлар, яъни раманинг кўндаланг балкаларида, томнинг уларга мувофиқ бир кесимда жойлашган тиргаклари ва фрамугаларидаги букувчи моментларнинг қийматларини тахминан баҳолаш мумкин. Кўндаланг кучлар кўтарилиб-тушиши пятника реакцияга мос келадиган шкворен кесими шпангоутига энг катта юк тушади деб фараз қилиш мумкин. Соддалаштирилган ҳолда бу реакция кузов кесими вертикал деворлари бўйлаб бир текис тақсимланган

уринма кучлар оқими билан мувозанатланади деб қабул қилиш мумкин (2.2.4-расм).

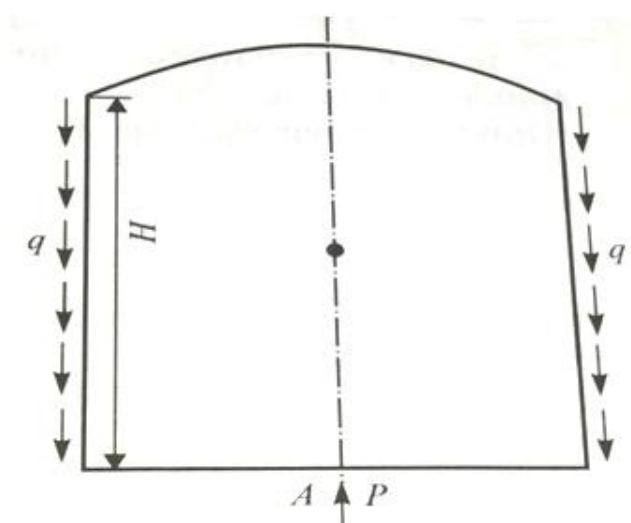
Погонли кучлар

$$q = \frac{P}{2H} \quad (2.8),$$

бунда P – пятника реакция;

H – вертикал деворлар баландлиги.

Кучларнинг қурилиш механикаси услубидан фойдаланамиз ва ҳисобий схема сифатида A нуқтада мустаҳкамланган рамани, кўриб чиқамиз (2.4-расмга қаранг).



2.4-расм. Таянч кесими шпангоути стерженларига юк тушиш схемаси

Асосий тизим сифатида симметрияни ҳисобга олган ҳолда қуйидаги схемани олиш мумкин (2.5-расм).

Унга ишлов бериш (2.9) кучлар услуги тенгламаларининг анъанавий тизимини келтириб чиқаради:

$$\begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta_{1p} \\ \Delta_{2p} \end{bmatrix} = 0 \quad (2.9)$$

$$\text{бунда } \delta_{11} = \frac{1}{EJ_{\text{ст}}} \frac{H^3}{3} + \frac{1}{EJ_{\text{шк}}} H^2 B; \quad \delta_{22} = \frac{1}{EJ_{\text{ф}}} B + \frac{1}{EJ_{\text{ст}}} H + \frac{1}{EJ_{\text{шк}}} B;$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EJ_{\text{ст}}} \frac{H^2}{3} + \frac{1}{EJ_{\text{шк}}} HB; \quad \Delta_{1p} = \frac{1}{EJ_{\text{шк}}} \frac{HB^2 P}{4}; \quad \Delta_{2p} = \frac{1}{EJ_{\text{шк}}} \frac{B^2 P}{4};$$

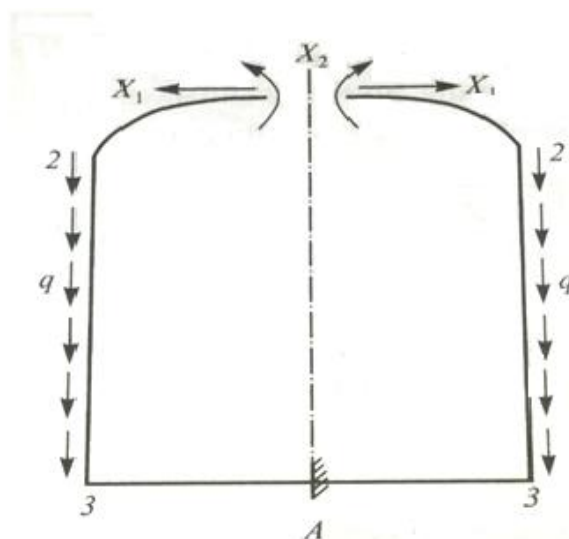
бунда $J_{\text{ф}}$, $J_{\text{ст}}$, $J_{\text{шк}}$ – мос равишда фрамуга, тиргак ва шкворен балкаси кесимларининг кузов кўндаланг кесимида юзада букилгандаги инерция моментлари;

$2B$ – вагон кузовининг эни.

X_1 ва X_2 номаълумларини аниқлаб, қуйидагиларни оламиз:

$$M_{\text{ф}} = X_2; \quad M_{\text{ст}} = X_2 + X_1 Z; \quad M_{\text{шк}} = \frac{P}{2} Z + X_1 H + X_2, \quad (2.10)$$

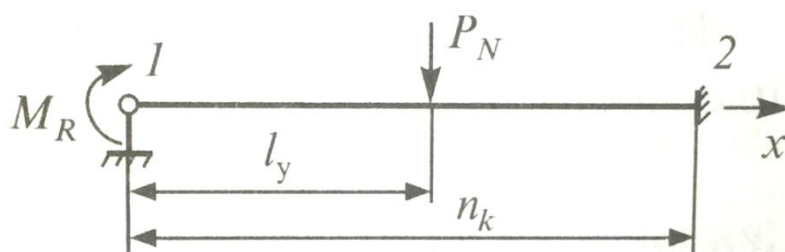
бунда $M_{\text{ф}}$, $M_{\text{ст}}$, $M_{\text{шк}}$ – мос равишда фрамуга, тиргак ва шкворен балкасидаги букувчи моментлар; Z – тиргак учун, тиргак учун 2 узелдан 3 узелга координата, шкворен балкаси учун ҳисобланадиган – 3 узелдан узелга 4.



2.5-расм. Таянч кесим шпангоути учун асосий тизим

«г» ва «д» юкланиш схемалари (2.5-расмга қаранг) кўп жиҳатдан хребет балкалари консолли қисмларининг маҳаллий мустаҳкамлигига таъсир қиладилар. Шу сабабли таъсирларнинг ана шу турлари учун бошланғич ҳисоб-китобларда консол узелини ажратиб оладиган бирон-бир соддалаштирилган ҳисобий схемани танлаб олиш мумкин.

Масалан, бу шкворен балкаси томонидан қўзғалмас қилиб маҳкамланган ва бурилишлардан қайишқоқ ҳамда раманинг уч қисм балкаси билан чизиқли силжишларга нисбатан қаттиқ боғланган стержен бўлиши ҳам мумкин (2.6-расм).



2.6-расм. Хребет балкаси консолининг ҳисобий схемаси

Бу расмда l_y – уч қисм балкасидан тегишли угольникларнинг таянч юзасига қадар бўлган масофа, а M_R – бурчак боғланиши қайишқоқлиги.

Шунда:

$$M_R = \frac{8EJ_{z\text{кб}}}{B} \quad (2.11)$$

бунда $J_{z\text{кб}}$ – уч қисм балкаси кесимининг у рама юзасида букилганидаги инерция моменти;

B – вагоннинг рама бўйича ярим эни.

Узелнинг мувозанат тенгламаси 1 (кўчиришлар услубининг анъанавий тенгламаси – чекли элементлар услубининг стерженли варианты) кўриб чиқиладиган ҳолда қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\alpha \left(\frac{8EJ_{z\text{кб}}}{B} + \frac{4EJ_{z\text{хб}}}{n_k} \right) + P_N l_y \frac{(n_k - l_y)^2}{n_k^2} = 0 \quad (2.12)$$

бунда $J_{z\text{хб}}$ – хребет балкаси у рама юзасида букилганидаги кесимининг инерция моменти;

a – узел 1 бурилиши номаълум бурчаги.

(2.12) тенгламадаги иккинчи қўшилувчи – кўчиришлар услубининг (ёки чекли элементлар услуби стерженли вариантынинг) “юк” коэффициенти бўлиб, у узелдаги P_N кучдан тушадиган, у тўлиқ олинганидаги, букувчи моментдан иборат бўлади.

(2.12) тенгламадан қуйидагиларни топамиз

$$\alpha = - \frac{l_y (n_k - l_y)^2 B}{4En_k (2J_{z\text{кб}} n_k + 2J_{z\text{хб}} B)} P_N \quad (2.13)$$

Рама юзасидаги букилган (2.14) консолнинг исталган кесимидаги букувчи момент

$$M_{\text{хб}} = \frac{l_y (n_k - l_y)^2 B J_{z_{\text{кб}}}}{4 n_k (2 J_{z_{\text{кб}}} n_k + 2 J_{z_{\text{кб}}} B)} P_N \left(-\frac{4}{n_k} + \frac{6x}{n_k^2} \right) + P_N l_y \frac{(n_k - l_y)}{n_k^2} \quad (2.14)$$

Формула (2.14) биринчи қўшилувчисининг сўнгги қавси ичидаги ифода Эрмит полиномлари V букилиш аппроксимациясида а бурчакка эга бўлинганидаги базис функциясидан иккинчи ҳосила.

Моментни билиб туриб, зўриқишларни ҳам топиш мумкин.

Таклиф этилган схема бўйича ҳисоб-китоблар бироз юқори натижалар олинишини таъминлаши керак, чунки унда пол тўшамасининг, сўнг бошқа элементларнинг ҳам маҳкамловчи, тутиб турувчи таъсири ҳисобга олинмайди. Шу билан бирга стерженли схема маҳаллий шикастловчи самараларни баҳолаш имконини бермайди.

«ж» схемасига кўра юклашда (2.6-расмга қаранг) кузовда эшилишга боғлиқ силжиш зўриқишлари юзага келади. Кузов қаттиқлигининг, унинг эшилиш, айланишга қаршилиқ қиладиган асосий улуши қопламага тўғри келади. Аёнки, сирпанғичлардаги зазорларни танлаш ва рельс изи отводларига реакция, асосан, эшик кесикларининг бўшашган зонаси ҳисобига амалга ошади.

Эслатиб ўтамиз, шкворенли кесимнинг тўлиқ бурилиш бурчаги эшилишда чизикли тарзда ўзгариб, айлантирувчи момент билан куйидаги боғлиқлик орқали боғланган [20]:

$$\varphi = \frac{M_{\text{кр}} l_B}{G J_d} \quad (2.15)$$

бунда l_B – эшик кесиги узунлигининг ярми;

G – силжитиш модули;

J_d – эшилишдаги инерция моменти, очик юпка деворли профил учун

$$J_d = \beta \sum \frac{1}{3} l_i \delta_i^3$$

бунда $\beta > 1$ – элементлар (уголок, тавр, двутавр) профилини ҳосил қиладиган турли бирикмалар ҳисобига қаттиқлик ортишини ҳисобга оладиган коэффициент;

$\delta_i = \frac{\sum F_i}{\sum l_i}$ – элементнинг келтирилган қалинлиги;

l_i – кесим контурини ҳосил қиладиган i -та элементлар узунлиги;

F_i – кесимни ҳосил қиладиган i -та элементлар майдони.

Тахминан эшик оралиғининг юқори ва қуйи пояслари учун инерция моменти J_d ни листли элементларнинг ўртачалаштирилган қийматига кўра ҳисоблаб топиб, бунда умумий кесим майдонини унинг узунлигига келтириш лозим.

Сирпанғичлардаги зазор Δ ни танлашда (2.16) тўлиқ эшилиш (бурилиш) бурчаги

$$\varphi = \frac{\Delta}{b} \quad (2.16)$$

бунда $2b$ – сирпанғичлар орасидаги масофа.

“Нормалар” $\Delta = 0,5$ см ни танлашни тавсия қиладилар. (2.16) формула асосида қуйидагиларга эга бўламиз

$$M_{\text{кр}} = \frac{GJ_d \Delta}{l_b b} \quad (2.17)$$

$$\tau_i = \frac{M_{\text{кр}}}{\frac{1}{3} \delta_i^2 b_i} \quad (2.18)$$

Сўнгги формула $M_{\text{кр}}$ нинг пояслар таркибига (2.19) кирган содда элементлар бўйича тақсимланганидан кейин, уларнинг инерция моменти J_d га қўшган улушига пропорционал, мувофиқ олинган:

$$M_{\text{кри}} = M_{\text{кр}} \frac{J_{d_i}}{J_d} \quad (2.19)$$

бунда J_{d_i} – пояслар кесимлари таркибига кирган i -чи элементнинг эшилишдаги инерция моменти.

Очиқ профилли поясларнинг ёпиқ отсеклар билан уланиш зонасида сиқилган эшилиш туфайли юзага келадиган қўшимча бўйлама зўриқишларни, жуда бўлмаса, тахминан бўлса ҳам баҳолаш мақсадга мувофиқ. Бунинг учун айлантирувчи момент горизонтал текисликда очиқ пояслар букилиши билан мувозанатланади деб фараз қиламиз.

Агар очиқ кесимлар қаттиқлик марказлари орасидаги масофа қабул қилинса, у ҳолда вагоннинг ўқи бўйлаб кўндаланг йўлланган уланиш кесимлари Q бўйлаб кўндаланг кучларни бир амаллаб топиш мумкин бўлади:

$$Q_{\text{п}} = \frac{M_{\text{кр}}}{h_1} \quad (2.17)$$

уларга мувофиқ тегишли букувчи моментлар

$$M_{\text{изп}} = Q_{\text{п}} l_p = \frac{M_{\text{кр}} l_p}{h_1} = \frac{GJ_d \Delta}{h_1 b} \quad (2.18)$$

Кесимлар моменти ва тавсифларини билиб туриб, зўриқишларни топиш мумкин:

$$\sigma = \pm \frac{M_{изп} y_i}{J_i} \quad (2.19)$$

бунда J_i – кузов симметрик кўндаланг кесими ўқининг вертикал ўқ тегишли поясига нисбатан инерция моменти;

y_i – симметрия ўқидан кўриб чиқиладиган поясларнинг кўриб чиқиладиган кесими нуқтасигача бўлган масофа (кўндаланг йўналишда ҳисобланади).

Ён деворлар ва раманинг чўзилиш-сиқилишга қаттиқлигини ва раманинг усти ёпиқ вагон кузови юқори обвязкасининг эшилишга мойиллигини ҳисобга олиб, эгилиш W ни чекка тиргаклар баландлиги бўйича, уларнинг ён деворларга нисбатан ҳолатини ҳисобга олиб (чекка девор кўчишлари майдони), қуйидаги ифода билан тақдим (2.20) этиш мумкин деб фарз қиламиз

$$W = \theta \left(1 - \cos \frac{2\pi y}{2B} \right) \left(z - \frac{2}{H} z^2 + \frac{1}{H^2} z^3 \right) \quad (2.20)$$

Бу ерда y – чап бурчак тиргакдан ўнгига томон ҳисобланади,

z – юқори обвязкадан тиргак баландлиги бўйича;

$2B$ ва H – мос равишда чекка девор эни ва баландлиги; θ – юқори обвязка эшилиш номаълум бурчагининг амплитудаси.

Амплитуда θ ни топиш учун Ритц услубидан фойдаланамиз. Бунда при подсчете энергии девор қопламаси деформацияланиш энергиясини

ҳисоблашда фақат эгриликни z йўналишда ўзгариш компонентасини ҳисобга оламиз, яъни девор тиргаклари бўйлаб (цилиндрсимон эгилиш).

2.3. Ёпиқ вагон кузовини ҳисоби

Вагон кузовининг ҳисобида қуйидагилар юкламалар ҳисобга олинади: статик юклама, вагон тебранишида массалар тезлашиши туфайли келиб чиққан инерцион кучлар, вагон эгрилик ва стрелкали ўтказгичлардан ҳаракатланишида юзага келадиган кучлар, аэродинамик кучлар.

Кучлар улар қўйиладиган асосий ҳисобий схемаларга келтирилади:

- вертикал P_z ;
- ёнлама P_y ;
- бўйлама P_x ;
- юк таъсирида юзага келадиган кучлар.

Вертикал юкламалар:

- ўз оғирлик кучи (тара);
- юкнинг оғирлик кучи ва унинг қўйилиш характери – фойдали юклама;
- вагонларнинг эгриликларда ўзаро ишлаш ёнлама кучлари.

Бўйлама юкламалар:

- сиқувчи ва чўзувчи кучлар;
- поезд ҳаракати давомида юзага келадиган, шунингдек инерция бўйлама кучлар.

Кузовнинг юк кўтарадиган элементлари, шунингдек вагонларнинг бошқа юк тушадиган узеллари ва деталларининг ҳисобий асоси материаллар қаршилиги, машинасозлик конструкцияларининг қурилиш механикаси, амалий қайишқоқлик назарияси каби фундаментал муҳандислик фанлари базасида амалга оширилади. Вагонсозликда, лойиҳаларни экспертизадан ўтказиш тизимларида, эксплуатациядаги конструкциялар шикастланиш сабабларини таҳлил қилиш билан боғлиқ масалаларда тармоқда тажрибадан

ўтган, юқорида санаб ўтилган илмий фанларнинг кенг тарқалган қоидалари қўлланади.

Қўплаб ташкилотлар ва мутахассислар вагонларнинг юк қўтарадиган узеллари ҳисоб-китоби мақсадида турли универсал дастурий комплекслардан (сертификатланган ва сертификатланмаган) фойдаланадилар. Универсал дастурий мажмуаларда, шунингдек вагон узелларининг юк қўтарадиган узелларининг ихтисослаштирилган ҳисоб-китоб алгоритмларида сўнгги пайтларда чекли элементлар услуги (МКЭ) кенг қўлланиб келмоқда.

Бу услуб замонавий ҳисоблаш техникасида рўёбга чиқариш учун юқори даражадаги алгоритмик қулайликларга эга.

Статик зўриққан-деформацияланган ҳолатни тадқиқ этиш масалаларида Ритц услубини қўллаш учун тўлиқ потенциал деформация энергияси тушунчаси ишлатилади. У билан кўриб чиқиладиган объект деформацияланган ҳолатдан бошланғич деформацияланмаган ҳолатга қайтишида таъсир кўрсатаётган ички ва ташқи кучлар номланади. Мувозанат ҳолатидаги тизимлар учун бу энергия минимал даражада бўлади.

Чизиқли-қайишқоқ жисмнинг потенциал энергияси деформацияларнинг квабратик функциясидан иборат. Деформацияни чекли элементли моделлаштиришда чекли элемент эгаллаган кичик соҳа меъёрида кўчишлар майдонини аппроксимациялайдиган функциялар орқали аниқлайдилар. Аппроксиялайдиган функциялар элемент чегарасида муайян текислик шартларига жавоб бериб, қўшни элементлар билан уланиш узелларида эса кўчишлар узлуксизлигини таъминлайдилар. Шундай қилиб, узел кўчишлари уларга кўра моделнинг деформацияланиш энергияси минималлаштириладиган оғирлик коэффициентларини ҳосил қилиб, улар чекли элементларнинг соҳалари бўйича тақсимланиш функциялари эса Ритц-Галёркин услубининг координата функцияларидан иборат бўладилар.

Номаълумлар қошидаги коэффициентлар матричасини ва бутун объект алгебраик тенгламаларнинг ўнг қисмини алоҳида чекли элементнинг реакция матрицалари ва юк коэффициентларидан шакллантириш қулайроқ бўлиб чиқади.

Маълумки, улар қуйидагилар формулаларга биноан олинадилар

$$[r] = \int B^T D B dV \quad u \quad \overrightarrow{R_p^T} = \int \Phi^T \overrightarrow{q_i} dV \quad (2.21)$$

бунда B – деформациялар майдонини аппроксимациялайдиган функциялар матричаси;

D – элемент қаттиқлик тавсифлари матричаси;

Φ – кўчиришлар майдонини аппроксимациялайдиган функциялар матричаси;

$\overrightarrow{q_i}$ – юкламалар параметрлари вектори;

V – ҳажм;

T – транспонирлашни билдирадиган индекс.

“Нормалар” [21] кузовларнинг асосий узелларига нисбатан ана шу узел тайёрланган материални ва тегишли ҳисоб режимини ҳисобга олган ҳолда зўриқишлар қийматларини кўзда тутадилар.

Мустаҳкамлик баҳосидан ташқари кузовлар элементлари ҳисобида турғунлик захиралари белгиланади.

Ташилаётган сочма ва уйиб ташиладиган юкдан вертикал юклама бутун пол майдони бўлаб бир текис тақсимланган деб олинади. Яхлит пол тўшамали вагонларда фойдали юклама кесилмайдиган, статик аниқланмайдиган тизимлар сифатида топиладиган қайишқоқ балка реакцияларига пропорционал тақсимланади.

Реакциялар (2.22) катталиги қуйидагига тенг:

$$P_{xp}^{(\Gamma)} = \frac{3}{8} qb = 0,187 P_{\Gamma}; \quad P_{\sigma}^{(\Gamma)} = \frac{10}{8} qb = 0,625 P_{\Gamma}, \quad (2.22)$$

бунда P_{Γ} – ташилаётган юкдан тушадиган юклама.

Юкламалар $P_{\delta}^{(\Gamma)}$ ва $P_{xp}^{(\Gamma)}$ ён девор ва хребет (2.23) балкаси бўйича бир текис тақсимланган деб ҳисобланадилар.

$$q_{xp}^{(\Gamma)} = \frac{P_{\delta}^{(\Gamma)}}{2l}; \quad q_{\delta}^{(\Gamma)} = \frac{P_{\delta}^{(\Gamma)}}{2l}, \quad (2.23)$$

бунда $2l$ – вагон кузовининг узунлиги;

$q_{xp}^{(\Gamma)}$ – ташилаётган юк оғирлигидан хребет балкасига тушадиган погонли юклама;

$q_{\delta}^{(\Gamma)}$ – ташилаётган юк оғирлигидан ён бўйлама балкага тушадиган погонли юклама.

Ўз оғирлигидан юкламалар ҳам ён элементлар узунлиги ва раманинг хребет балкаси бўйича бир текис тақсимланган деб ҳисобланадилар. Бундай фараз натижага бирон-бир таъсир кўрсатмаган ҳолда ҳисоб-китобни соддалаштиради, чунки усти ёпиқ вагон кузовининг ўз оғирлиги ташилаётган юк оғирлигидан бир неча маротаба енгил.

Ўз оғирлигидан ҳисобий юкламалар, (2.24) ва (2.24) ёпиқ вагонлар учун қуйидаги формулалар бўйича аниқланади:

$$q_{xp}^{(C)} = \frac{P_{\delta}^{(C)}}{2l} = \frac{P_{\kappa} - 2q_{\delta}^{(C)} \cdot 2l}{2l}; \quad (2.24)$$

$$q_{\delta}^{(C)} = \frac{P_{\delta}^{(C)}}{2l} = \frac{P_{\delta,c} + 0,187(P_{n\delta} + P_n + P_{mc}) + 0,5P_{\kappa p}}{2l}, \quad (2.25)$$

бунда $P_{\delta}^{(C)}$ – рама ён девори ва ён балкасининг оғирлиги;

$P_{\kappa p}$ – том оғирлиги;

$P_{\delta,c}$ – балка оғирлиги;

$P_{n\delta}$ – пол оғирлиги;

P_n – чекка (қирра) деворлар оғирлиги;

P_{mc} – кузовнинг ўз оғирлиги.

Ўз оғирлигидан ҳисобий юкламаларни аниқлашда, том оғирлиги ён элементлар ва хребет балкаси бўйлаб икки таянчли балкалар реакцияларига пропорционал тақсимланиб, кўндаланг балкалар, чекка (қирра) деворлар ва

пол оғирлиги эса – кесилмайдиган уч таянчли балкалар реакцияларига пропорционал тақсимланган.

$$P_{xp}^{(\Gamma)} = 0,187 \cdot 63000 \cdot 9,8 = 115,453(\kappa H);$$

$$P_{\sigma}^{(\Gamma)} = 0,625 \cdot 63000 \cdot 9,8 = 385,875(\kappa H).$$

Тақсимланган юклама қуйидагига тенг бўлади:

$$q_{xp}^{(\Gamma)} = \frac{385,875}{2l} = 13,9(\kappa H/м); \quad q_{\sigma}^{(\Gamma)} = \frac{115,453}{2l} = 4,16(\kappa H/м);$$

$$q_{xp}^{(C)} = \frac{1765 \cdot 9,8}{2 \cdot 13,87} = 0,623(\kappa H/м);$$

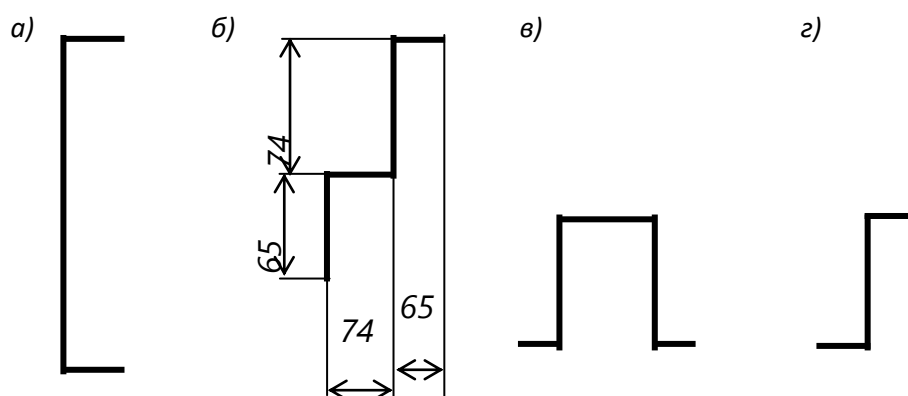
$$q_{\sigma}^{(C)} = \frac{(4034 + 0,187 \cdot (4229 + 699,2) + 0,5 \cdot 1602,6) \cdot 9,8}{2l} = 2,03(\kappa H/м).$$

Кузов ва юкнинг оғирлигидан тақсимланган юклама қуйидагига тенг бўлади

$$q_{xp} = 13,9 + 0,623 = 14,523(\kappa H/м); \quad q_{\sigma} = 4,16 + 2,03 = 6,19(\kappa H/м),$$

2.3.1. Ёпиқ вагон кузови элементлари кесими геометрик параметрларининг ҳисоби

Чўзилиш – сиқилиш деформациясига дуч келган балкалар кесимлари майдони (2.7-расм).



а) раманинг ён балкаси; б) юқори обвязка;

в) шкворен ва оралиқ тиргаклари; з) ён деворнинг раскоси

2.7-расм – Чўзилиш – сиқилиш деформациясига учраган балкалар
кесимлари

Майдонни аниқлаш учун, мазкур кесимни оддий фигураларга бўламиз ва ҳар бир фигуранинг майдонини топамиз. Кесим майдони оддий фигуралар майдонлари суммасига тенг бўлади.

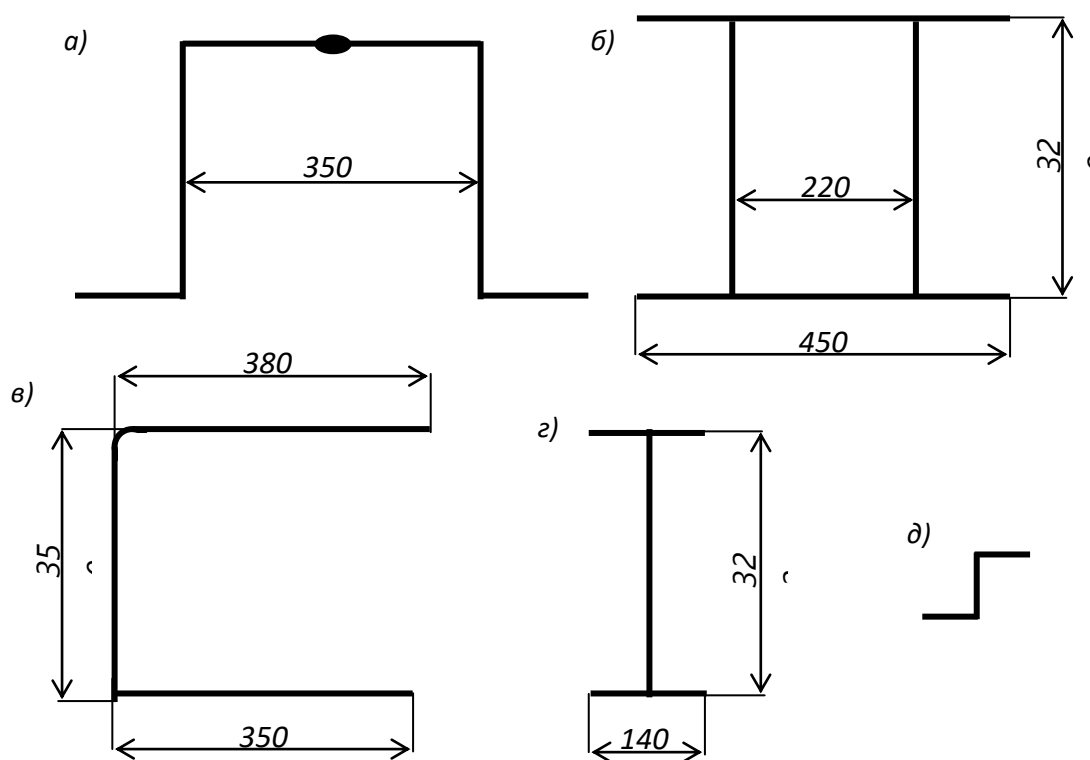
1. Раманинг ён балкаси (2.7, *а*-расмга қар.) – прокат $200 \times 76 \times 5,2$, кесими майдони $A=1776,3 \text{ мм}^2$ га тенг;

2. Юқори обвязка (2.3.1, *б*-расмга қар.) – прокат қалинлиги 6 мм, кесими майдони $A=1560 \text{ мм}^2$ га тенг;

3. Шкворен ва оралиқ тиргак (2.3.1, *в*-расмга қар.) – букилган профил $120 \times 80 \times 50 \times 7$, кесими майдони $A=2562 \text{ мм}^2$ га тенг;

4. Ён деворнинг раскоси (2.3.1, *г*-расмга қар.) – прокат $80 \times 65 \times 6$, кесим майдони $A=1188 \text{ мм}^2$ га тенг.

Букилишга дучор бўлган балкалар кесими инерция моментларини аниқлаш (2.8-расм).



а) хребет балкаси; б) шкворен балкаси; в) уч қисм балкаси;

г) асосий кўндаланг балка; д) қўшимча кўндаланг балка

2.8-расм. Букилишга учраган балкалар кесимлари

Балкаларнинг инерция моментини «SolidWorks» дастури ёрдамида аниқлаймиз, версия 13.1, дастур ишлаб чиқувчиси, ҳисоб-китоб намунаси келтирилган.

1. Хребет балкаси (2.8, *а*-расмга қаранг) – иккита Z-симон 310×9×183×10,5×130×16 прокат профилларидан пайвандлаб ишланган, кесими майдони $A=131,1 \text{ см}^2$ га тенг, кесимнинг инерция momenti $I_z=20434,1 \text{ см}^4$, ўқ бўйича оғирлик маркази координатаси $Y=15,2 \text{ см}$;

2. Шкворен балкаси (2.8, *б*-расмга қаранг) – пайвандланган, учта листдан иборат, юқори лист қалинлиги 8 мм, қалинлиги 6 мм ли вертикал листлар, қуйи лист қалинлиги 10 мм, кесими майдони $A=118,2 \text{ см}^2$ га тенг, кесимнинг инерция momenti $I_z=23421,6 \text{ см}^4$, ўқ бўйича оғирлик маркази координатаси $Y=15,3 \text{ см}$;

3. Уч қисм балкаси (2.8, *в*-расмга қаранг) – пайвандланган, қалинлиги 6 мм ли пўлатдан, кесими майдони $A=63,3 \text{ см}^2$ га тенг, кесимнинг инерция momenti $I_z=13206,4 \text{ см}^4$, ўқ бўйича оғирлик маркази координатаси $Y=16,9 \text{ см}$;

4. Асосий кўндаланг балка (2.8, *г*-расмга қаранг) – пайвандланган, қалинлиги 6 мм ли учта листдан, кесими майдони $A=35,4 \text{ см}^2$ га тенг, кесимнинг инерция momenti $I_z=5684 \text{ см}^4$ ўқ бўйича оғирлик маркази координатаси $Y=16,1 \text{ см}$;

5. Қўшимча кўндаланг балка (2.8, *д*-расмга қаранг) – прокат 80×65×6, кесими майдони $A=11,9 \text{ см}^2$ га тенг, кесимнинг инерция momenti $I_z=122,7 \text{ см}^4$, ўқ бўйича оғирлик маркази координатаси $Y=4 \text{ см}$.

2.3.2. Ёпиқ вагон кузови мустаҳкамлик ҳисоби ва услублари

Ёпиқ вагон кузовини статик аниқланмайдиган тизимлар ҳисобининг бир нечта услуби мавжуд. Улардан қуйидагилар кенг тарқалган:

– кучлар услуби;

- силжишлар услуби;
- чекли элементлар услуби (МКЭ).

Статик аниқланмайдиган тизимларни кучлар услуби билан ҳисоблаш кетма-кетлиги:

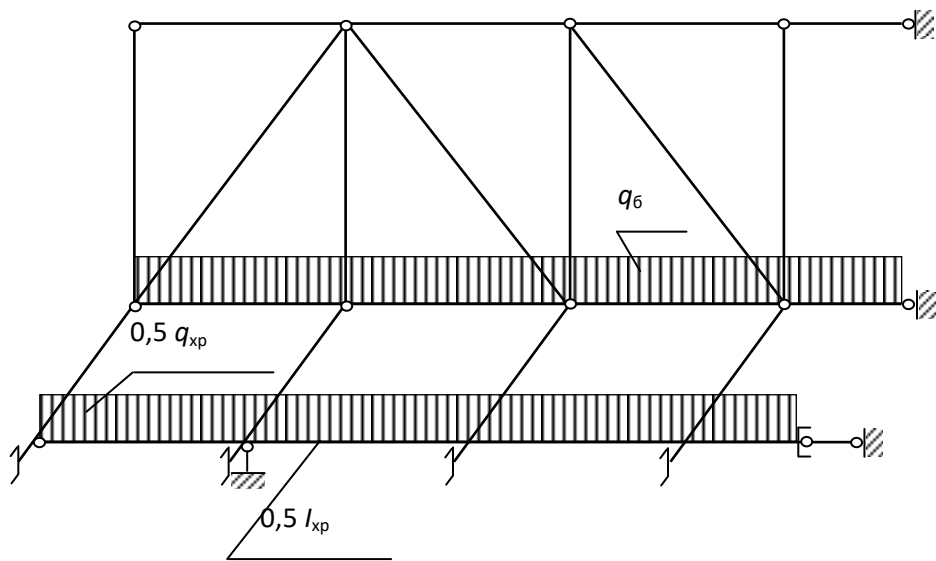
- тизим n нинг статик аниқланмаслик даражасини аниқлаб оламиз;
- берилган ноаниқ тизимдан аввалига асосий, ундан кейин эквивалент тизимни ҳосил қиламиз;
- кучлар услубининг асосий тизимида ички кучлар эпюраси x_i ни ва берилган юкламалардан юк эпюраларини кураамиз;
- кучлар услубининг анъанавий (каноник) тенгламалари тизимининг коэффициентлари ва эркин ҳадларини ҳисоблаб аниқлаймиз;
- анъанавий тенгламалар тизимини ҳал қиламиз;
- берилган иншоотдаги ички кучларни аниқлаймиз;
- M , Q , N эпюраларини кураамиз.

Кўчиришлар услуби билан ҳисоб-китоб қилиш алгоритми:

- берилган тизим статик аниқланмаслиги даражасини топамиз;
- асосий тизимни, барча чизиқли кўчишларни танлаймиз;
- кўчириш услубининг анъанавий (каноник) тенгламаларини ёзиб оламиз;
- асосий тизим учун букувчи моментларнинг якка ва юк эпюраларини кураамиз;
- анъанавий (каноник) тенгламалар тизимининг коэффициентлари ва эркин ҳадларини аниқлаймиз;
- анъанавий (каноник) тенгламалар тизимининг коэффициентлари ва эркин ҳадларининг тўғри ҳисобланганлигини текшираамиз;
- кўчиришлар услуби номаълумлари қийматини ҳисоблаб топамиз;
- берилган тизим учун N , Q , M эпюраларини кураамиз;
- узил-кесил эпюраларнинг тўғри қурилганлигини текшираамиз.

2.3.3. Ёпиқ вагон кузовини ҳисоблаш схемасини тузиш ва асослаб бериш

Вертикал юкламалар кузов симметриясининг бўйлама ва кўндаланг юзаларига нисбатан симметрик бўладилар. Шунинг учун кузовнинг ҳисобий схемаси сифатида унинг тўртдан бир қисмини қабул қиламиз. Ҳисобий эпюра 2.9-расмда келтирилган.

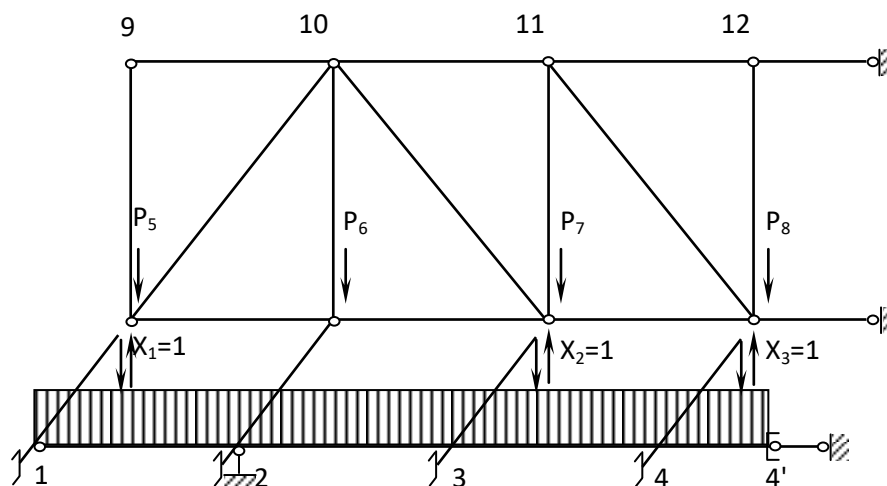


2.9-расм. Ёпиқ вагон кузовининг ҳисобий эпюраси

2.3.4. Ёпиқ вагон кузови узеллари берилган юкламалардан зўрикқан-деформацияланган ҳолатини аниқлаш

Вагон кузовининг ҳисобини амалга оширамиз:

- $n=3$ тизимининг статик жиҳатдан аниқланмаслик даражасини аниқлаймиз;
- эквивалент тизимни ҳосил қиламиз;



2.10-расм. Эквивалент тизим

Кучлар услубининг анъанавий тенгламасини тузамиз:

$$\begin{cases} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1P} = 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2P} = 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3P} = 0; \end{cases}$$

Берилган юкламалар ва якка кучлардан М ва N эпюраларини қурамиз.

Берилган юкламалардан эпюрани қуриш учун ён девор фермасининг узелларида қўйилган кучларни қуйидаги формула бўйича ҳисоблаб топиш зарур:

$$P_i = q_{\sigma}(0,5l_{ki} + 0,5l_{ij}) \quad (2.26)$$

бунда l_{ik} , l_{ij} – ён деворнинг тиргаклари орасидаги масофа;

i, k, j – тиргак рақамлари.

$$P_5 = 6,19 \cdot 0,5 \cdot 1,935 = 5,99(\kappa H);$$

$$P_6 = 6,19 \cdot (0,5 \cdot 1,935 + 0,5 \cdot 1,894) = 11,85(\kappa H);$$

$$P_7 = 6,19 \cdot (0,5 \cdot 1,894 + 0,5 \cdot 2,047) = 12,20(\kappa H);$$

$$P_8 = 6,19 \cdot (0,5 \cdot 2,047 + 1,059) = 12,89(\kappa H).$$

Ён деворнинг стерженларидаги реакциялар узелларни кесиб олиш услуби билан ҳисоблаб топилади. Бу услубни 5 ва 9 узеллар мисолида X_1 эпюрасини қуриш учун кўриб чиқамиз. 9-узелни кўриб чиқамиз:

$$\sum F_y = 0 = N_{9,5}, \Rightarrow N_{9,5} = 0; \sum F_x = 0 = N_{9,10}, \Rightarrow N_{9,10} = 0.$$

5-узелни кўриб чиқамиз:

$$\sum F_y = 0 = -N_{5,9} + X_1 - N_{5,10} \cdot \cos \alpha, \Rightarrow N_{5,10} = 1,17;$$

$$\sum F_x = 0 = -N_{5,10} \cdot \sin \alpha + N_{5,6}, \Rightarrow N_{5,6} = 0,6.$$

Номаълумлардаги коэффициентларни Мор формуласи бўйича эркин ҳадларни ҳисоблаб топамиз:

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_1^2}{EI_Z} dx = \\ &= \left(\frac{1}{13206,4 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 + \frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,935 \cdot 1,935}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,935 + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 1,935 \cdot 5 \cdot 1,935 \right) = \\ &= \frac{11153,7 + 6289,1 + 23637,3 + 183235}{E} = \frac{224315,1}{E} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{22} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_2^2}{EI_Z} dx = \\ &= \left(\frac{1}{122,7 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 + \frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,894 \cdot 1,894}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,894 + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 1,894 \cdot 3,106 \cdot 1,894 \right) = \\ &= \frac{12004938 + 6289,1 + 22166,4 + 1090531}{E} = \frac{13380024}{E} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{33} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_3^2}{EI_Z} dx = \\ &= \left(\frac{1}{5684 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 + \frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{3,941 \cdot 3,941}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3,941 + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 3,941 \cdot 1,059 \cdot 3,941 \right) = \\ &= \frac{25914,9 + 6289,1 + 199698,4 + 160985}{E} = \frac{392887,4}{E} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{12} = \delta_{21} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_1 M_2}{EI_Z} dx = \\ &= \left(\frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 1,935 \cdot 1,894 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,894 - \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 3,106 \cdot 1,935 \cdot 1,894 \right) = \\ &= \frac{6289,1 - 33969,4 - 1114138}{E} = \frac{-1390941}{E} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta_{13} = \delta_{31} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_1 M_3}{EI_Z} dx = \\
&= \left(\frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 - \right. \\
&\quad \left. - \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 1,935 \cdot 3,941 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3,941 - \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 1,059 \cdot 1,935 \cdot 3,941 \right) = \\
&= \frac{6289,1 - 1470755 - 78500,8}{E} = \frac{-219287,2}{E}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta_{32} = \delta_{23} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_3 M_2}{EI_Z} dx = \\
&= \left(\frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,641 + \right. \\
&\quad \left. + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{3,941 \cdot 3,941}{2} \cdot 1,894 + \frac{1}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot 3,941 \cdot 1,059 \cdot 1,894 \right) = \\
&= \frac{6289,1 + 143959,2 + 77367,6}{E} = \frac{227615,9}{E}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{1P} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_1 M_P}{EI_Z} dx = \\
&= \left(-\frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 42,93 + \right. \\
&\quad \left. + \frac{1,935}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot E} \cdot \left(4 \cdot 1,935 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6,8 + 1,935 \cdot 27,4 \right) + \frac{5}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot E} \cdot (27,2 \cdot 1,935 - 4 \cdot 1,935 \cdot 32,2 - 1,935 \cdot 154,4) \right) = \\
&= \frac{-164528,2 + 250405,5 - 40398356}{E} = \frac{-39539583}{E}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{2P} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_2 M_P}{EI_Z} dx = \\
&= \left(-\frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 42,93 + \right. \\
&\quad \left. + \frac{1,894}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot E} \cdot \left(4 \cdot 1,894 \cdot \frac{1}{2} \cdot 32,2 + 1,894 \cdot 84,3 \right) + \frac{3,106}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot E} \cdot (84,3 \cdot 1,894 + 4 \cdot 1,894 \cdot 136,9 + 1,894 \cdot 154,4) \right) = \\
&= \frac{-164528,2 + 870037,5 + 75296509}{E} = \frac{82351604}{E}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta_{3P} &= \sum_{k=1}^n \int_0^l \frac{M_3 M_P}{EI_Z} dx = \\
&= \left(-\frac{1}{234216 \cdot 10^{-8} \cdot E} \cdot \frac{1,641 \cdot 1,641}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 42,93 + \right. \\
&\quad \left. + \frac{3,941}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot E} \cdot \left(4 \cdot 3,941 \cdot \frac{1}{2} \cdot 84,3 + 3,941 \cdot 146,3 \right) + \frac{1,059}{10217 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot E} \cdot (146,3 \cdot 3,941 + 4 \cdot 3,941 \cdot 152,4 + 3,941 \cdot 154,4) \right) \\
&= \frac{-164528,2 + 79791563 + 61974527}{E} = \frac{140120808}{E}
\end{aligned}$$

Анъанавий тенгламалар тизимини ҳал қиламиз

$$\begin{cases} 224315,1X_1 - 139094,1X_2 - 219285,2X_3 - 39539583 = 0; \\ -139094,1X_1 + 1388002,4X_2 + 227615,9X_3 + 82351604 = 0; \\ -219287,2X_1 + 227615,9X_2 + 392887,4X_3 + 140120808 = 0; \end{cases}$$

$$X_1 = -38;$$

$$X_2 = -0,5;$$

$$X_3 = -56,6.$$

Берилган тизим учун узил-кесил эпюрани курамиз

Қуйидаги тенгламалардан фойдаланиб умумий эпюрани курамиз

$$M = M_1X_1 + M_2X_2 + M_3X_3 + M_p;$$

$$N = N_1X_1 + N_2X_2 + N_3X_3 + N_p.$$

Бундай рама ҳисоби бошқа таянчларга (2.27) қуйидаги қаттиқлик билан таянади деган фараз билан хребет балкасининг ҳисобига келтирилади

$$C_i = \frac{48EJ_i}{(2a)^3} \quad (2.27)$$

бунда J_i – i -чи кўндаланг балка кесимининг инерция моменти кесимлари вертикал юклар билан ҳолатида, при изгибе из плоскости рамы J_y рама текислигида букилишида бўйлама кучлар J_i таъсир қилганида;

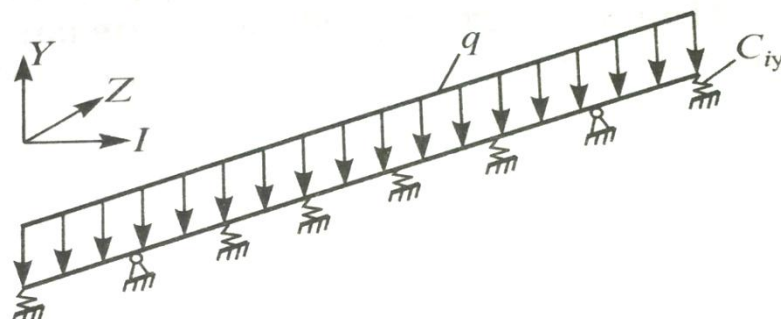
E – рама юзаси J_z даги букилишда инерция моменти;

a – усти ёпиқ вагон рамаси энининг ярми.

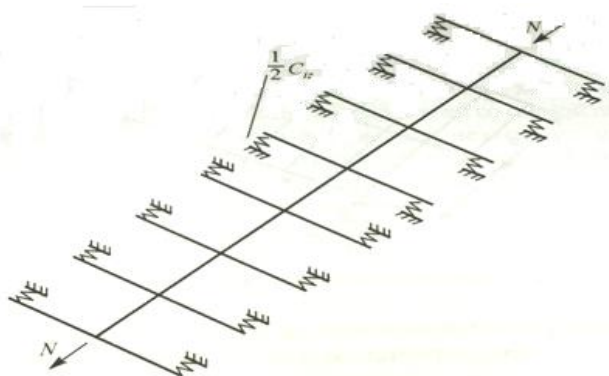
Балканинг вертикал юклар билан ҳисобий схемаси 2.11-расмда, бўйлама юклар билан эса – 2.12-расмда кўрсатилган кўринишга эга бўлади.

Юкланиш турига боғлиқ равишда аниқланадиган балкалар таянчларида юклар q дан (2.11-расмга қар.) эгилишида номаълум реакцияларни излаб топиш учун кучлар услубидан фойдаланамиз. Асосий тизим, агар қайишқоқ

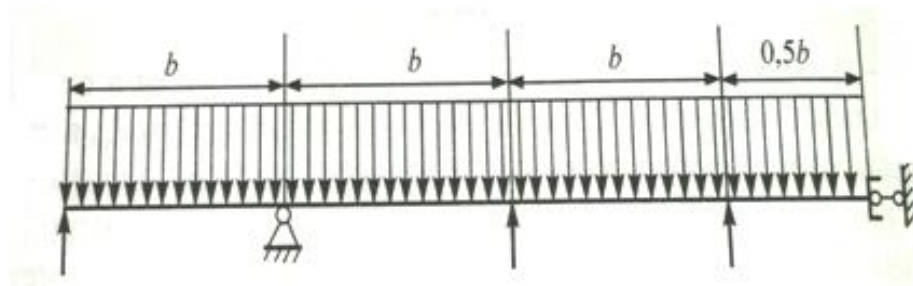
таянчларни олиб ташлаб, улар таъсирини реакциялар билан алмаштирилса, 2.11-расмдаги ҳисобий схемадан ҳосил бўлади. Конструкция симметрияси ва юкламаларни ҳисобга олиб у қуйидаги кўринишга эга бўлади (2.12-расм).



2.11-расм. Вертикал юклама билан юклангандаги хребет балкасининг ҳисобий эпюраси



2.12-расм. Хребет балкасининг бўйлама кучлар билан юкланганидаги ҳисобий эпюраси

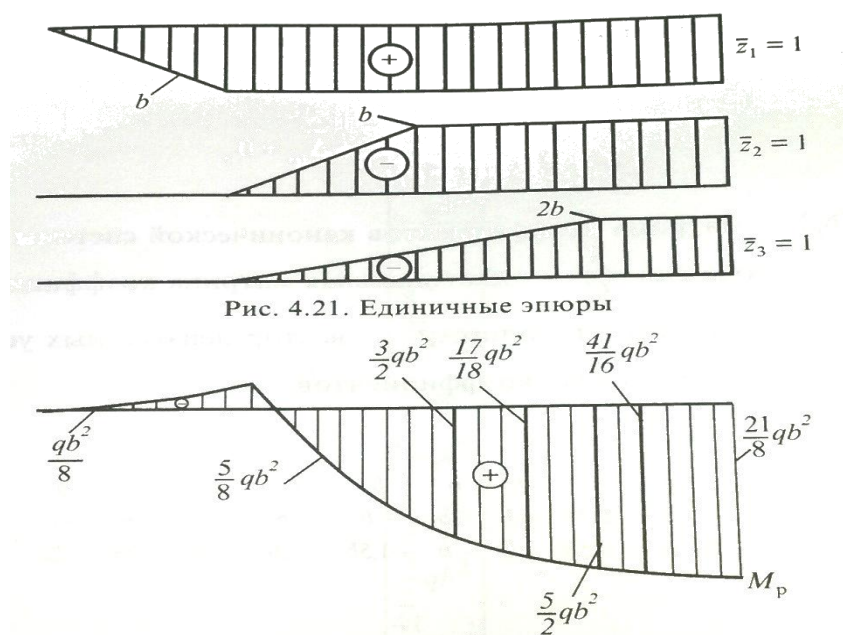


2.13-расм. Вертикал юкламаларга ҳисоблашда асосий тизим эпюраси

Ана шу асосий тизим учун якка эпюралар 2.14-расмдаги, юк эпюраси эса 2.15-расмда кўрсатилган кўринишга эга бўлади.

Кучлар услуби анъанавий тенгламалари тизими коэффициентларини ҳисоблашда Симпсон формулаларига кўра Мор интегралларини ҳисоблашнинг матрицали интерпретациясидан фойдаланамиз:

$$\int_l \frac{M_i M_j}{EJ} dl = |L_{i1} \quad L_{i2} \quad \dots \quad L_{in}| \begin{bmatrix} B_1 & & & \\ & B_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & B_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overrightarrow{L_{j1}} \\ \overrightarrow{L_{j2}} \\ \vdots \\ \overrightarrow{L_{jn}} \end{bmatrix}$$



2.14-расм. Ёпиқ вагон эпюраси

бунда $L_{in} = |M_{in1} \quad M_{in2} \quad \dots \quad M_{ink}|$ – матрица i -чи якка номаълум куч ординаталарининг эпюралари сатри, n -интеграциялаш участкасининг бош қисмида M_{in1} ўртасида – M_{in2} ва охирида – M_{ink} (l узунлик n та участкага бўлинган деб фараз қилинади);

$$B_n = \frac{l_n}{6EJ_n} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \text{узунлиги } l_n \text{ га тенг бўлган } n \text{ участка}$$

мойилликлари матрицаси;

$$\overrightarrow{L_{jn}} = \begin{bmatrix} M_{nH} \\ M_{nc} \\ M_{nk} \end{bmatrix} - \text{матрица } j\text{-чи якка номаълум куч ординаталарининг}$$

эпюралари устуни (вектори),

Кучлар услуги тенгламалари анъанавий (2.28) тизими қуйидаги кўринишда тақдим этилиши мумкин:

$$\left\{ [\delta_{ij}] + \frac{1}{c_i} \right\} \overrightarrow{Z_i} + \overrightarrow{\Delta_{ip}} = 0 \quad (2.28)$$

бунда $[\delta_{ij}]$ – кучлар услуги тенгламалари анъанавий тизимининг коэффициентлар матрицаси;

$\frac{1}{c_i}$ – қайишқоқ таянчлар ишловга мослиги коэффициентларининг диагонал матрицаси;

$\overrightarrow{Z_i}$ – номаълум кучлар вектори;

$\overrightarrow{\Delta_{ip}}$ – юк коэффициентлари вектори.

Матрицаларни киритамиз:

$$|B_n| = \begin{bmatrix} \frac{b}{6EJ} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & & & \\ & \frac{b}{6EJ} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & & \\ & & \frac{b}{6EJ} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & \\ & & & \frac{0,5b}{6EJ} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{bmatrix};$$

Матрица $|L_n|$ уч сатрдан иборат бўлиб, элемент(участка)ларнинг чегаравий ва ўрта кесимларига тегишли бўлган якка кучлар моментлар эпюралари ординаталари уларнинг элементлари бўлиб келадилар.

Матрица $|B_n|$ блокли тузилмага эга ва қайд этилганидек, ажратилган тўрт участкаларидан ҳар бирининг ишловга келувчанлигини тавсифлайди.

Вектор компонентлари $\vec{M}_p$ – элемент(участка)ларнинг чегаравий ва ўрта кесимларидаги юк эпюраси ординаталари.

Кўриб чиқиладиган ҳисобий схеманинг (2.29) матрицасини $[\delta_{ij}]$ олиш учун қуйидаги операция бажарилиши шарт:

$$[\delta_{ij}] = |L_n| |B_n| |L_n|^T \quad (2.29)$$

бунда $|L_n|^T$ – транспонирланган матрица.

$$\vec{M}_p = \begin{vmatrix} 0 \\ qb^2 \\ -\frac{8}{8} \\ qb^2 \\ -\frac{2}{2} \\ qb^2 \\ -\frac{2}{2} \\ \frac{5}{8}qb^2 \\ \frac{3}{2}qb^2 \\ \frac{3}{2}qb^2 \\ \frac{17}{8}qb^2 \\ \frac{5}{2}qb^2 \\ \frac{5}{2}qb^2 \\ \frac{41}{16}qb^2 \\ \frac{21}{8}qb^2 \end{vmatrix}$$

$$\left| \frac{1}{C_i} \right| = \begin{vmatrix} \frac{(2a)^3}{48EJ_{\kappa 6}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{(2a)^3}{48EJ_{\text{пр.6}}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{(2a)^3}{48EJ_{\text{пр.6}}} \end{vmatrix}$$

Агар қуйидаги формуладан фойдалансак, векторга эга бўламиз:

$$\vec{\Delta}_{ip} = |B_n| \vec{M}_p \quad (2.30)$$

Оралик балка учун қуйидаги (2.31) формуладан фойдалансак, момент учун умумий схемавий кўринишини аниқлаймиз:

$$\vec{M}_n = |L_n|^T \vec{Z}_i + \vec{M}_p \quad (2.31)$$

Кўндаланг балкалар ўрта кесимида юклама $\vec{Z}_i$ тушадиган икки таянчли балка сифатида ҳисобланадилар, яъни улардаги максимал букувчи момент
$$\vec{M}_n = \frac{Z_i a}{2}$$

Ҳисоб-китобларнинг бажарилган қисмини дастлабки яқинлашиш (фараз) тарзида кўриб чиқиш мумкин.

2.4. Иккинчи боб бўйича хулосалар

Диссертация ишимнинг иккинчи бобида ёпиқ вагон кузови конструкцияларини лойиҳалаштириш бўлиб, бу бўйича зарур маълумотларни ишлаб чиқариш корхоналари (ҚМЗ-қуюв механика заводи)да тўплаб, ёпиқ вагон кузови конструкциясини лойиҳалаштириш методикаси танланди, чизиқли ўлчамларига керакли ўзгартиришлар киритиб янги универсал ёпиқ вагон кузови ва рамаларини (горизонтал, вертикал, динамик ва статик) лойиҳалаштириш ишланмаси бажарилди.

III БОБ. Ёпиқ вагон кузови конструкциясини математик моделлаштириш

3.1. Ёпиқ вагон кузови рамасини математик моделлаштириш

Усти ёпиқ вагон кузовининг мустаҳкамлиги “Нормалар...”га мувофиқ биринчи ва учинчи ҳисобий режимларда баҳоланган [22]:

а) биринчи ҳисобий режим бўйича экстремал (фавқулодда) юкламаларнинг нисбатан кам учрайдиган бирикмаси кўриб чиқилади. Ана шу режим бўйича мустаҳкамлик ҳисобида қўйиладиган асосий талаб – узел ёки деталда қолдиқ деформациялар (шикастланишлар) пайдо бўлишига йўл қўймаслик. Ана шу режим бўйича йўл қўйиладиган зўриқишлар оқувчанлик чегарасига ёки юкламанинг таъсир қилиш характери (квазистатик, зарбий ва

ҳ.к.) ва материал хоссаларини ҳисобга олган ҳолда материал мустаҳкамлик чегарасига яқин қилиб танланадилар. Эксплуатацияда, биринчи ҳисоб-китоб режимиға қўйидагилар мувофиқ келади:

- оғир вазнли таркибни ортга олиш ва жойидан қўзғатиш;
- вагонларнинг манёврларда ўзаро урилиб кетиши, шу жумладан саралаш тепаликларида тарқатишда;
- поездлар кичик тезликларидаги фавқулодда тормозланиш.

б) учинчи ҳисобий режим бўйича ҳаракатланаётган поезддаги вагоннинг нормал иши учун хос бўлган, катталигига кўра нисбатан мўътадил, тез-тез учраб турадиган юклар маси бирикмаси кўриб чиқилди. Ана шу режим бўйича қўйиладиган асосий талаб – узел ёки деталнинг толиқиш туфайли емирилишиға йўл қўймаслик. Ана шу режим бўйиға йўл қўйиладиган зўриқишлар материалнинг чидамлилиқ чегараларидан келиб чиқиб, квазистатик, вибрацион ва зарбий юклар маси, коррозия ва шу кабиларнинг таъсирини ҳисобга олган ҳолда танланади. Эксплуатация шароитларида учунчи ҳисобий режим қўйидагиларға мувофиқ келади:

- вагоннинг поезд таркибида йўлнинг тўғри ва эгри участкаларидан ва стрелкали ўтказгичлардан йўл қўйиладиган, конструкцион тезликка қадар бўлган тезлик билан ўтиб кетиш ҳолатлари;
 - даврий хизмат мақсадидаги ростлаш тормозлашларида;
 - даврий мўътадил силкиниш ва турткиларда; вагон механизмлари ва узелларининг штатли ишида [8].
- Ҳисоб-китоблар учун бошланғич маълумотлар 3.1-жадвалда берилган.

3.1-жадвал. – Ёпиқ вагоннинг техник тавсифлари

№	Параметр	Белгиланиши	Катталиги
1	Масса (тара), т	m	42
2	Юк массаси, т	m _{гр}	65
3	Вагон массаси (брутто), т	m _{ваг}	27,5

4	Вагон базаси, мм	2l	14170
5	Вагон узунлиги, мм – раманинг уч қисм балкалари бўйича - автоилашмалар илашиш ўқлари бўйича	2L 2L _c	18900 20060
6	Кузов ҳажми (кўпи билан), м ³	V	158
7	Конструкция ҳаракат тезлиги, км/с	v	120
8	Аравача массаси, т	m	4,75
9	Аравачанинг статик букилиши, мм	f _{ст}	68

«Нормалар...»га мувофиқ қўлланадиган пўлатлар учун қайишқоқлик модули $2,1 \cdot 10^5$ МПа га, Пуассон коэффиценти эса 0,3 га тенг деб олинди.

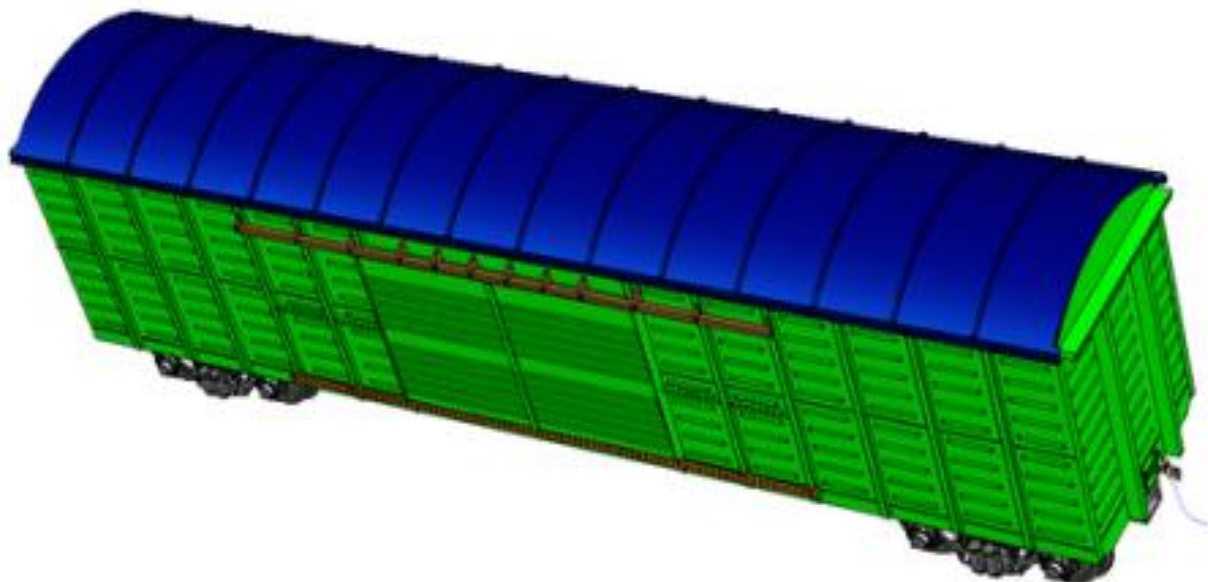
Ёпиқ вагон кузовини элементлари пўлатларининг қабул қилинган маркалари, ҳамда кузовнинг ушбу маркали элементларидаги йўл қўйиладиган зўриқишлар «Нормалар...»га мувофиқ қабул қилинган бўлиб, 3.2-жадвалда бериб ўтилган.

3.2-жадвал – Материаллар ва кузов элементларининг йўл қўйиладиган зўриқишлари

Конструкция элементи номи	Пўлат маркаси	Йўл қўйиладиган зўриқишлар, МПа			
		I режи м (зарб, силик иниш)	I режим (сиқилиш , чўзилиш)	III режим	II режим
хребет балкаси Ω	375-10Г2БД ГОСТ 5267.0-90	375	337,5	230	337,5
Шкворенли балка	345-09Г2С ГОСТ 19281-89	345	310,5	210	310,5
Кузовнинг қолган элементлари	345-09Г2С ГОСТ 19281-89	345	327,75	220	327,75

3.1.1 Ёпиқ вагон кузовини мустаҳкамликка ҳисоблаш

“Нормалар...”га мувофиқ ёпиқ вагон кузови биринчи (зарб, силкиниш, сиқилиш ва чўзилиш), укинчи (зарб, силкиниш, сиқилиш ва чўзилиш) режимларида мустаҳкамликка ҳисобланган.



3.1-расм. Ёпиқ универсал вагон математик моделининг умумий кўриниши

Ёпиқ вагон кузовига биринчи ва учинчи ҳисобий режимларда таъсир қиладиган юкламалар бирикмаси “Нормалар...”га мувофиқ аниқланди. Биринчи ҳисобий режим бўйича ҳисоб-китоб қилишда зарб ва силкинишда ёпиқ вагон кузовига таъсир қиладиган, 3.3-жадвалда келтирилган, юкламаларнинг қуйидаги бирикмаси қабул қилинган. Бўйлама юклама N “Нормалар...” тавсияларига биноан қабул қилинди.

3.3-жадвал – Ёпиқ вагон кузовига биринчи ҳисобий режимда таъсир қиладиган юкламалар

№	I режим	Сиқилиш	Чўзилиш	Зарб	Силкиниш
1	Бўйлама кучлар, МН	-2,5	2,0	-3,5	2,5
2	Оғирлик брутто кучи, кН	800	800	800	800
3	Автолашмаларнинг марказий	125	100	175	125

	бўлмаган ўзаро таъсирлашишида вертикал куч, кН				
4	Аравачанинг ўз инерция кучи, кН	-	-	184	132
5	Юкнинг ўз инерция кучи, кН	-	-	1889	1889
6	Бўйлама квазистатик кучнинг кўндаланг таркибий қисми, кН	239	102	-	-

Автолашмаларнинг марказий бўлмаган ўзаро таъсирлашишида вертикал куч қуйидаги формулага биноан аниқланди

$$P = N \frac{e}{b} \quad (3.1)$$

бунда N – автолашма таянчларига қўйилган ташқи бўйлама куч, биринчи ҳисобий режим учун зарбда $N=3,5$ МН, силкинишда $N=2,5$ МН (сиқилишда $N=2,5$ МН, чўзилишда $N=2$ МН) деб олинган;

e - автолашмалар ўқлари даражаларидаги фарқ; “Нормалар...”га мувофиқ биринчи ҳисобий режим учун $e= 0,1$ м га тенг деб олинган;

b – иккита ўзаро илашган автолашмалар билан ҳосил қиланган қаттиқ стержен узунлиги; “Нормалар...”га мувофиқ СА-3 автолашмалари учун зарбда (сиқилишда) $b = 2$ м га, силкинишда (чўзилишда) $b= 1,81$ м га тенг деб олинган.

Ушбу кучларнинг қўйилиш нуқтаси автолашманинг маҳкамланган таянчи ҳисобланади.

Ёпиқ вагон кузови ва аравачалари инерциясининг бўйлама кучи вагон кузови массасини бўйлама тезлашиш қийматига кўпайтириш орқали аниқланган. Биринчи ҳисобий режим учун бўйлама тезлашиш катталиги қуйидаги формула (3.2) бўйича топилган

$$a = \frac{N}{m_{бр}}, \quad (3.2)$$

бунда $m_{бр}$ – вагоннинг брутто массаси.

Зарбда тезлашиш қиймати – 3,86g, силкинишда эса – 2,76g га тенг бўлган.

Конструкциянинг ўз инерция кучи бўйлама ва вертикал тезлашишни кўрсатиш орқали берилган.

Аравача инерциясининг бўйлама кучи шкворенли узелда амал қилиб, қуйидаги формула (3.3) бўйича аниқланган

$$I_T = m_T \cdot a \quad (3.3)$$

бунда m_T – масса тележки модели 18-100, $m_T = 4850$ кг.

Юк инерциясининг бўйлама кучи N_u , қуйидаги формула (3.4) бўйича аниқланган

$$N_u = N \frac{m_{гр}}{m_{ваг}}, \quad (3.4)$$

бунда $m_{гр}$, $m_{ваг}$ – 3.1 – жадвалга қаранг.

Юк тнерцияси бўйлама (35% юк инерцияси кучларидан; юкламани бутун чекка девор майдонига тақсимлаш билан қўйилди) ва вагон рамаси (65 % юк инерцияси кучлари; вагон рамаси узелларига тақсимланган юклама сифатида қўйилган) кучи чекка девор элементлари орасида тақсимланди.

Юк массасидан вертикал юклама қуйидаги (3.5) формула бўйича аниқланган

$$P_{тяж}^{гр} = m_{гр} \cdot g, \quad (3.5)$$

тақсимланган юклама сифатида бутун пол майдонига қўйилади.

Шунингдек чўзилиш-сиқилишда I режимда квазистатик кучлар таъсиридан пайдо бўладиган кўндаланг (3.6) таркибий қисмлари сиқилишда қуйидаги формулалар бўйича ҳисоблаб аниқланган

$$P_n = N \left[\frac{\delta \cdot L}{l^2} \left(1 + \frac{L}{a} \right) + \frac{L_c}{R} \right] \frac{l}{L}; \quad (3.6)$$

– чўзилишда

$$P_n = N \frac{L_c}{R} \quad (3.7)$$

бунда N – автоиашмага қўйилган ташқи бўйлама куч, биринчи ҳисобий режим учун сиқилишда N = 2,5 МН, чўзилишда N = 2 МН;

a – автоиашма корпусининг ҳисобий узунлиги, «Нормалар...»га мувофиқ a= 1 м га тенг деб олинади;

R – эгрилик радиуси, “Нормалар...”га мувофиқ R= 250 м тенг деб олинди;

δ – вагон кузови шкворен кесимининг рельс колеясидаги зазорлар, букса йўналтиргичларидаги зазорлар, пятниклар ва рессораларнинг қайишқоқ деформацияси ҳисобига эҳтимолий ёнлама кўчиши, “Нормалар...”га мувофиқ δ= 40 мм га тенг деб олинган.

Учинчи ҳисобий режим бўйича ҳисоб-китобларда зарб ва силкинишда юкламанинг усти ёпиқ вагон кузовига таъсир қиладиган қуйидаги бирикмалари қабул қилинган бўлиб, улар 3.4-жадвалда келтирилган.

3.4-жадвал – III режимда вагон кузовига таъсир кўрсатадиган юкламалар

№	III режим	Сиқилиш	Чўзилиш	Зарб	Силкиниш
1	Бўйлама кучлар, МН	–1	+1	–1	+1
2	Брутто оғирлик кучи, кН	700	700	700	700
3	Автоиашманинг марказий бўлмаган ўзаро ишлашида вертикал куч, кН	25	25	25	25
4	Аравачанинг инерция бўйлама кучи, кН	-	-	53	53
5	Конструкциянинг ўз инерция кучи, кН	-	-	348	348

6	Юкнинг ўз инерция кучи, кН	-	-	540	540
7	Марказдан қочма куч, кН	40,5	40,5	40,5	40,5

Автолашманинг марказий бўлмаган ўзаро ишлашида вертикал куч вертикал куч қуйидаги қуйидаги (3.8) формулага биноан аниқланган

$$P = N \frac{e}{b}, \quad (3.8)$$

бунда N – автолашма таянчларига қўйилган ташқи бўйлама куч, учинчи режим учун $N=1$ МН;

e – автолашмалар ўқлари даражасидаги фарқ; “Нормалар...”га мувофиқ учинчи режим учун қуйидагича олинди: $e = 0,05$ м;

b – иккита ишлашган автолашмалар ҳосил қилган қаттиқ стержен узунлиги; “Нормалар...”га га мувофиқ СА-3 автолашмалари учун зарбда (сиқилишда) $b = 2$ м, силкинишда (чўзилишда) $b = 1,81$ м деб қабул қилинган.

Ушбу кучларнинг қўйилиш нуқтаси бўлиб автолашманинг маҳкамланган таянчи ҳисобланади.

Ёпиқ вагон кузови ва аравачалари инерциясининг бўйлама кучи вагон кузови массасини бўйлама тезлашиш қийматига кўпайтириш йўли билан аниқланди. Учинчи ҳисобий режим учун бўйлама тезлашиш катталиги қуйидаги формулага биноан аниқланди

$$a = \frac{N}{m_{бр}}, \quad (3.9)$$

бунда $m_{бр}$ - вагоннинг брутто массаси.

Зарбда ва силкинишда тезлашиш қиймати – $1,1g$ га тенг бўлди.

Вертикал тезланиш $g \cdot (1+k_{дв})$ га тенг.

Вертикал динамика коэффиценти $K_{дв}$ “Меъёрлар ...” га мувофиқ қуйидагилар (3.10) формулага биноан аниқланган

$$K_{\partial\epsilon} = \frac{K_{\partial\epsilon}^{cp}}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \frac{1}{1-P(K_{\partial\epsilon})}}, \quad (3.10)$$

бунда $K_{\partial\epsilon}^{cp}$ – вертикал динамика коэффицентининг ўртача эҳтимолий

қиймати, (3.11) формулага биноан ҳисоблаб топилади;

β – тақсимланиш параметри, «Нормалар...»га мувофиқ $\beta = 1,13$;

$P(K_{\partial\epsilon})$ – ишонарли эҳтимолийлик, унинг ёрдамида вертикал динамика коэффиценти аниқланади, «Нормалар...»га мувофиқ $P(K_{\partial\epsilon}) = 0,97$.

Ўртача эҳтимолий қиймат $K_{\partial\epsilon}^{cp}$ қуйидаги формула бўйича аниқланган

$$K_{\partial\epsilon}^{cp} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot \epsilon \cdot \frac{v-15}{f_{cm}}, \quad (3.11)$$

бунда a – кузов элементлари учун мўлжалланган

коэффицент, «Нормалар...»га мувофиқ 0,05 га тенг деб олинган;

V – конструкцион ҳаракат тезлиги (см.);

ϵ – экипажнинг бир учидаги аравача ўқлари n сони таъсирини ҳисобга оладиган коэффицент, қуйидаги формулага биноан аниқланган

$$\epsilon = \frac{n+2}{2 \cdot n}, \quad (3.12)$$

f_{cm} – рессорали осилманинг статик букилиши, м (1-жадв. қар.).

Маълумотларни (3.10) формулага қўйиш билан $K_{\partial\epsilon} = 0,29$ га эга бўлинди.

Конструкциянинг ўз инерция кучи бўйлама ва вертикал тезлашишни кўрсатиш орқали берилган.

Аравача инерциясининг бўйлама кучи шкворен узелида амал қилиб, қуйидаги формулага биноан аниқланган

$$I_T = m_T \cdot a, \quad (3.13)$$

бунда m_T – аравача массаси 18-100, $m_T = 4850$ кг.

Юкнинг инерция бўйлама кучи N_n қуйидаги (3.14) формулага биноан аниқланган

$$N_u = N \frac{m_{ep}}{m_{ваг}}, \quad (3.14)$$

бунда m_{ep} , $m_{ваг}$ – 3.1-жадвалга қаранг.

Юкнинг инерция бўйлама кучи вагон рамаси орқали узатилади (вагон рамаси узелларига тақсимланган юклама сифатида қўйилган).

Юк массасидан тушадиган вертикал юклама бутун пол майдонига тақсимланган юклама сифатида қўйилади ва қуйидаги формулага биноан аниқланади

$$P_{тяж}^{ep} = m_{ep}(1 + k_{dv}) \cdot g, \quad (3.15)$$

бунда k_{dv} – вертикал динамика коэффиценти.

Вагон узун базали бўлганлиги сабабли, шунингдек ўз-ўзини мувозанатлайдиган вертикал қия симметрик (3.16) кучларни ҳам ҳисобга олиш керак, қуйидаги формулага биноан аниқланган

$$P_{\kappa} = \left(\frac{z}{4} - \delta\right) \cdot \frac{C_{вк} \cdot C_{кр}}{C_{вк} + C_{кр}}, \quad (3.16)$$

бунда z – аравача битта ғилдирагининг вертикал эквивалент силжиши, бир рельс изи (ипи)нинг 3 мм га тенг бўлган вертикал отводига тўғри келади; $z=54$ мм;

δ – ҳар бир сирпанғичлар жуфтлигидаги умумий зазор, $\delta=5$ мм;

$C_{вк}$ – рессоалар комплекти қаттиқлиги, $C_{вк} = 4250$ кН/м,

$C_{кр}$ – конструкциянинг эшилишга қаттиқлиги, $C_{кр} = 40000$ кН/м.

Қия симметрик кучларни сирпанғичларга қўямиз. Шунингдек вагон кузовига ёнлама марказдан қочма куч (ён деворга тақсимланган юклама кўринишидаги) таъсир қилиб, у қуйидаги формулага биноан аниқланган

$$P_{бок} = 0,075 \cdot m_{гр} \cdot g \quad (3.17)$$

3.1.2. Қабул қилинган кучланишларни лойиҳалаш схемаси

Ҳисоблаш "Ansys" 13.0 версиясида сонли элемент услубидан фойдаланиб ҳисоб-китоб амалга оширилди. Ҳисоблаш учун қопланган ёпик вагон кузовини қисмини сонли элементли модели ишлатилди. сонли элемент услуби 59420 элемент ва 66220 тугунни ўзичига олади.

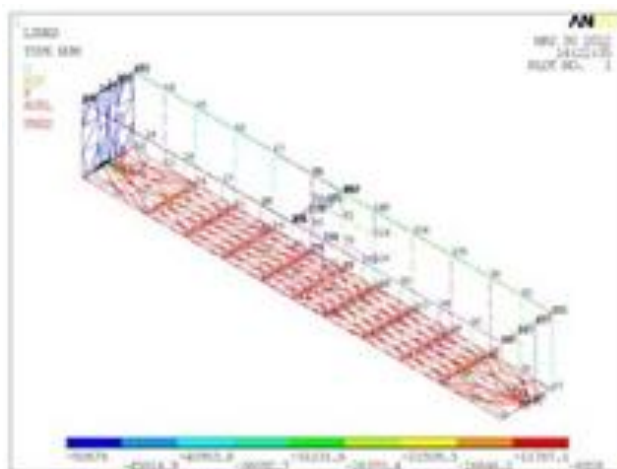
Шаффоф тавсиф учун, SHELL181 типигаги пластикли сонли элементлари тавсифи учун BEAM189 типигаги стержинли элементлари ишлатилган. Ёпик вагон қисмининг сонли элементли модел шакли 3.1-расмда келтирилган.

Кинематик чегара шартлари сифатида биз қуйидагиларни қабул қилдик: чегарадаги вертикал ва кўндаланг иўзгаришларни чизикли атрофидаги нуқталарида, бўйлама екса атрофида айланишни чеклаш; орқа ва олдинги тўхташ жойларида узунлиги бўйича жой алмаштиришни чеклаш.

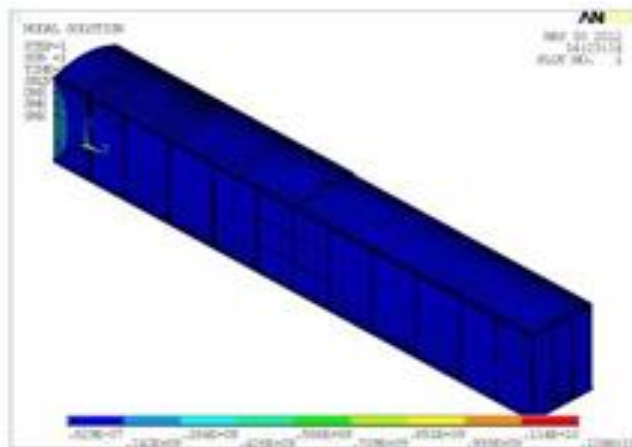
3.2. Ёпик вагон кузовини математик моделлаштириш

3.2.1. I режимида кучланиш ва қувватни ҳисоблаш

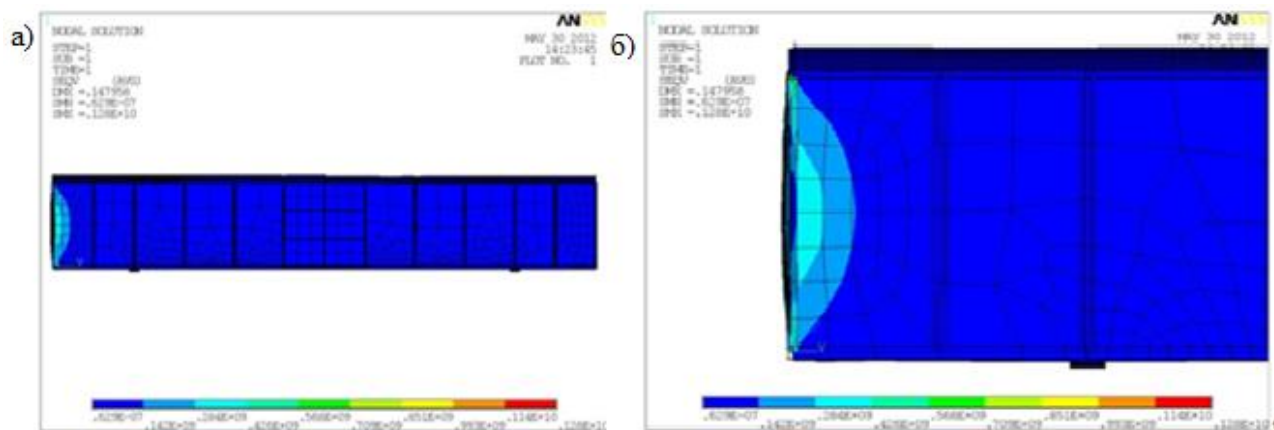
3.2.1.1. Динамик юкланиш (I режим таъсир)



3.2- расм. Кинематик ва чегара шартлари

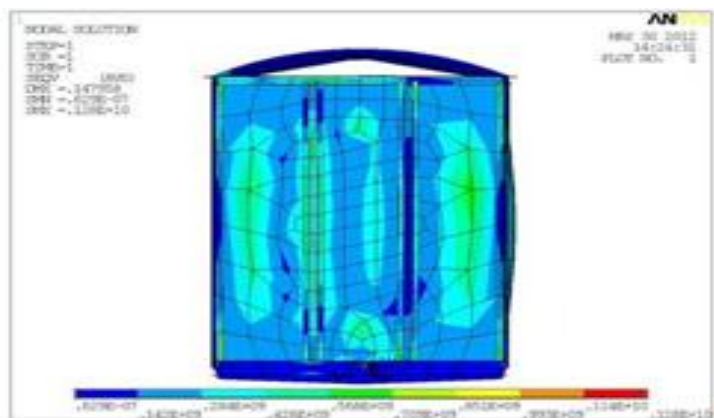


3.3-расм. Ёпик вагон кузовида тенг кучланишли тақсимлаш



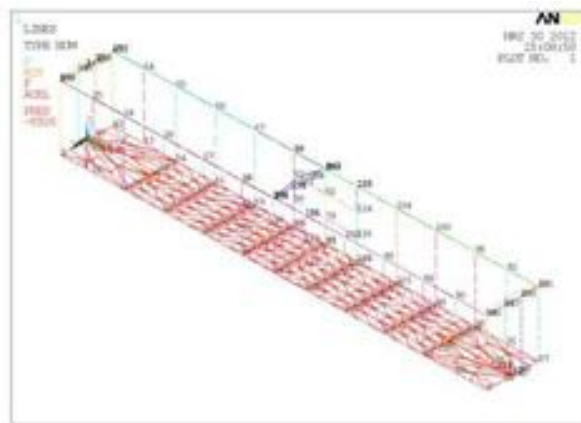
3.4- расм. Ёпик вагон кузови ён деворида эквивалент стрессларни тақсимлаш

а) умумий кўриниш; б) максимал стрессли қисм

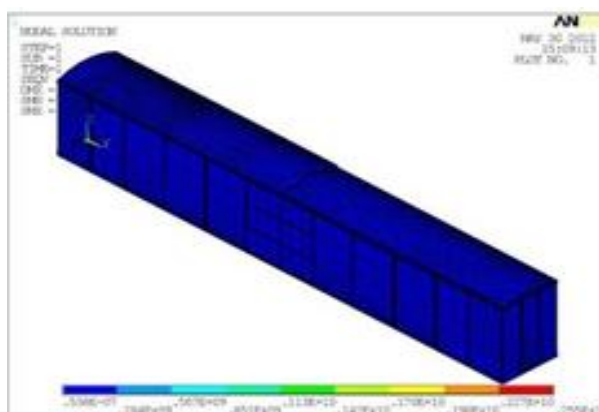


3.5-расм. Ёпик вагон кузови орқа деворидаги эквивалент стрессларни тақсимлаш (боғлаш)

3.2.1.2. Квазистатик юкланиш (I сиқиш режими)

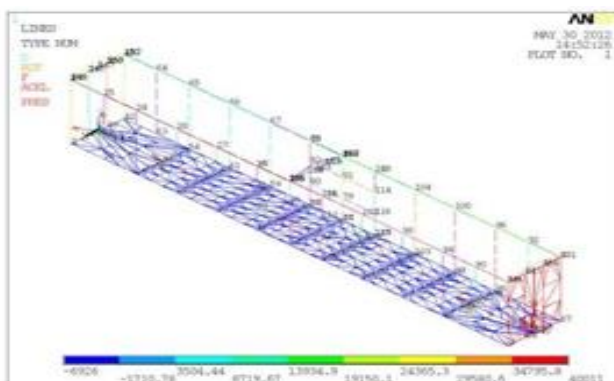


3.6- расм. Моделнинг кинематик ва чегара шартлари

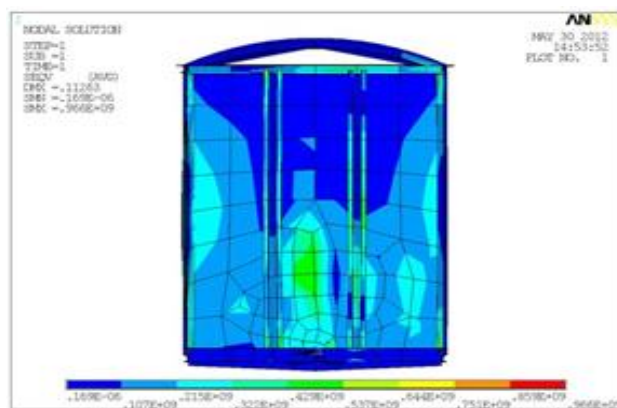


3.7-расм. Ёпиқ вагон кузовидаги эквивалент стрессларни тақсимлаш

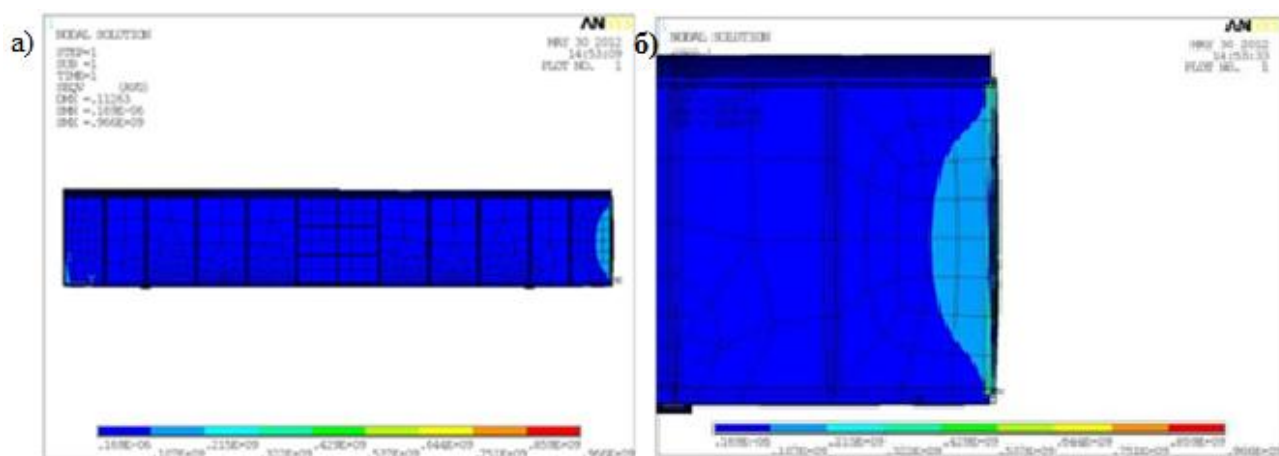
3.2.1.3. Динамик юкланиш (I тақиқлаш режими)



3.8- расм. Моделнинг кинематик ва чегара шартлари



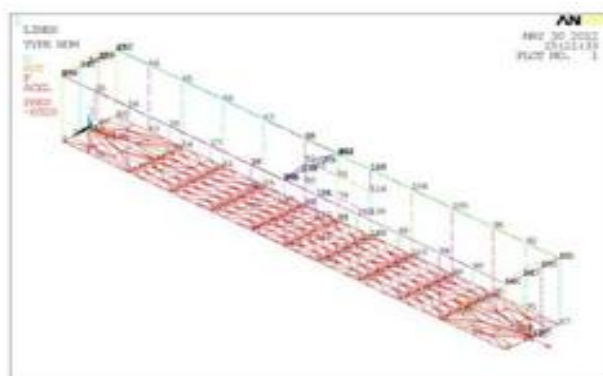
3.9-расм. Орқа девордаги эквивалент стрессларни тақсимлаш (боғлаш)



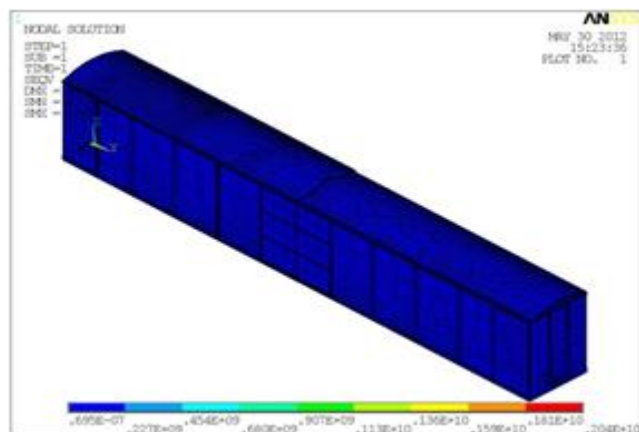
3.10 - расм. Ёпиқ вагон кузови ён деворида эквивалент босимларни тақсимлаш

а) умумий кўриниш; б) максимал стрессли қисм

3.2.1.4. Квазистатик юкланиш (I сиқилиш режимида)



3.11- расм. Кинематик ва чегара шартлари



3.12-расм. Ёпиқ вагон кузовида эквивалент сиқилишларни тақсимлаш

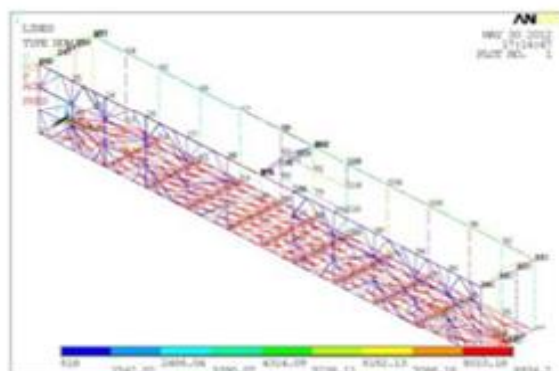
3.2.1.5. Режим I учун хулоса

Максимал кучланишлар охирги девор зонасида динамик қувватни ўрнатиш вақтида (зарба-қўниш) содир бўлади. Аммо, амалда, бу сиқилишлар юзага келмайди,

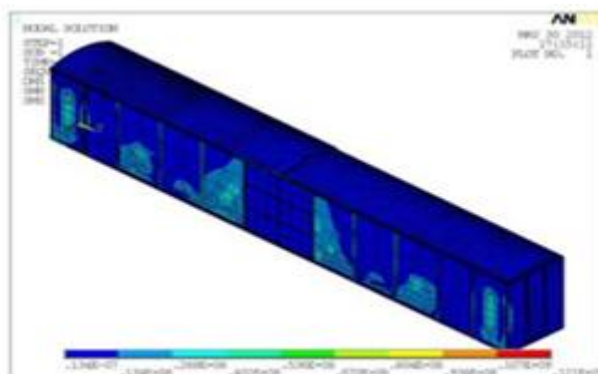
Ёпиқ вагон кузовининг қолган қисмларида ҳисоблашнинг оғирлиги 350 МПа рухсат етилган қийматдан ошмайди. Бунга қўшимча равишда, ҳисоб-китоблардан кўриниб турибдики, уйингизда шипдаги сиқилишлар дизайн режимидан тушиб кетмайди.

3.2.2. III режимда қувватни ҳисоблаш

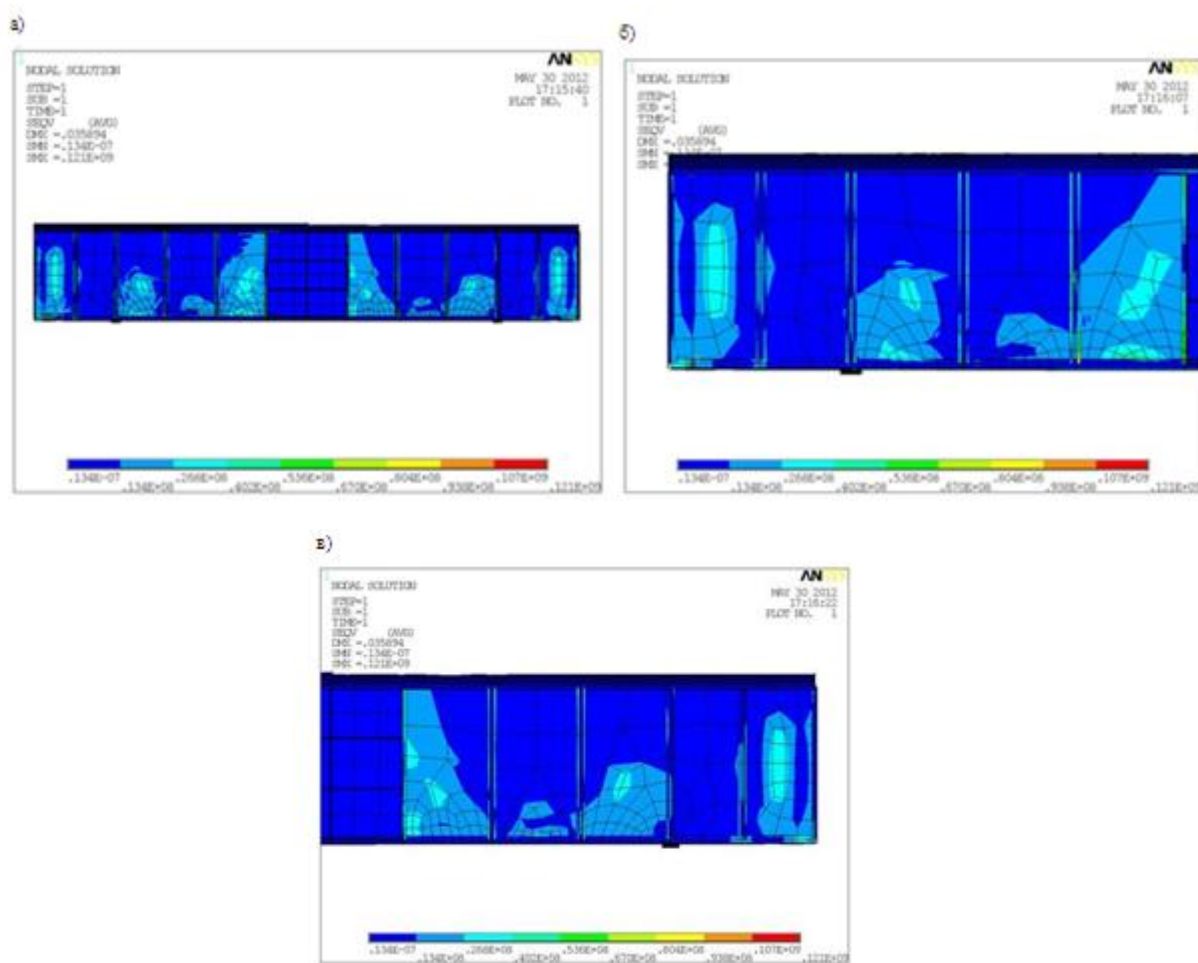
3.2.2.1. Динамик юкланиш (III режим, таъсир)



3.13- расм. Кинематик ва чегара шароитлари

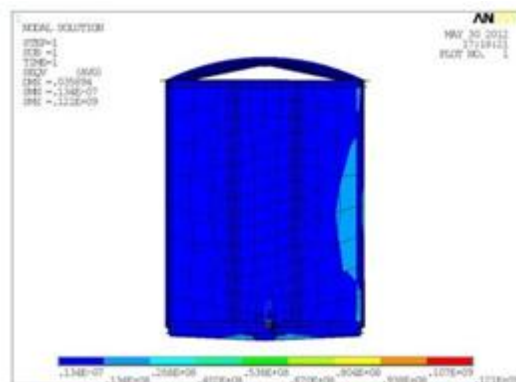


3.14-расм. Ёпик вагон кузовидаги эквивалент сиқилишларни тақсимлаш



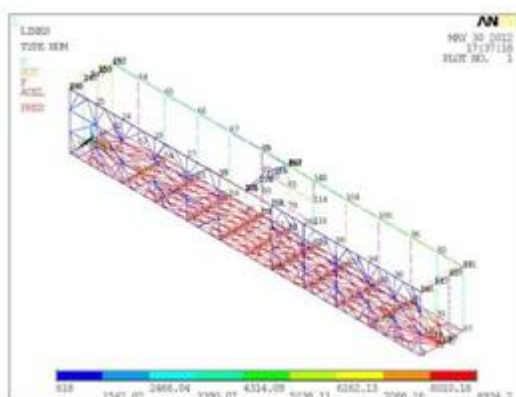
3.15 - расм. Ёпик вагон кузови ён деворда эквивалент сиқилишларни тақсимлаш

а) умумий кўриниш; б), в) максимал сиқилишли жойлар

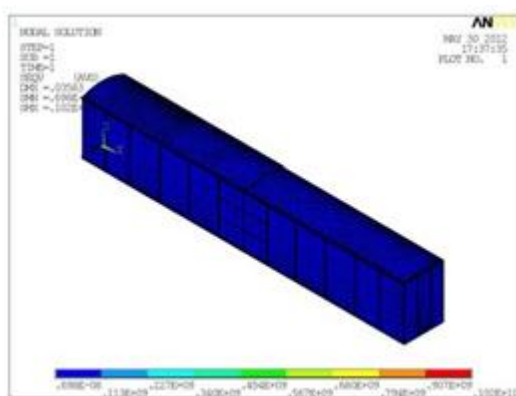


3.16 –расм. Ёпик вагон кузовининг орқа деворидаги эквивалент сиқилишларни тақсимлаш (боғлаш)

3.2.2.2. Квazистатик юкланиш (III режими, сиқиш)

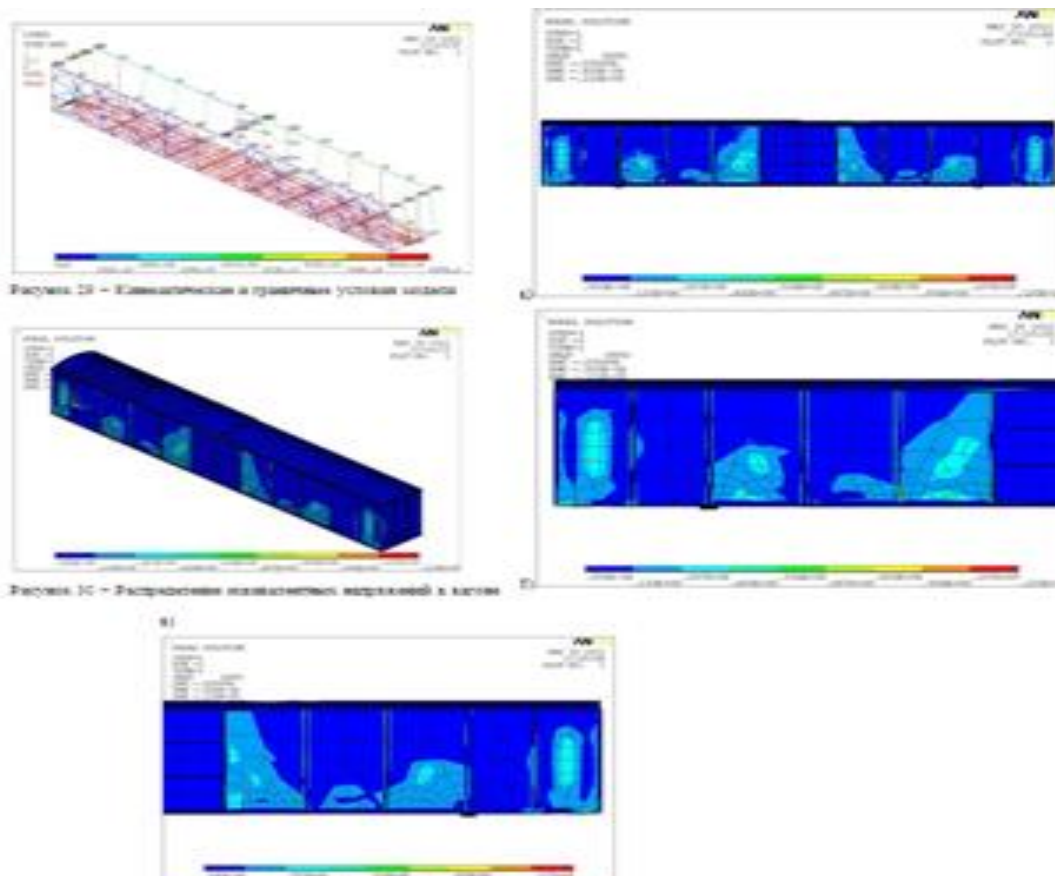


3.17- расм. Моделнинг кинематик ва чегара шартлари



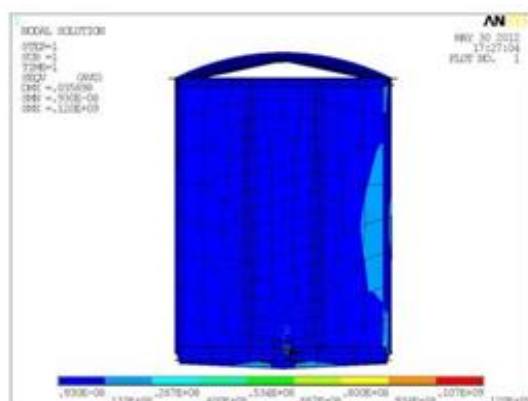
3.18-расм. Ёпик вагон кузовида тенг кучланишли тақсимлаш

3.2.2.3. Динамик юкланиш (III тартиб, қўзғалиш)

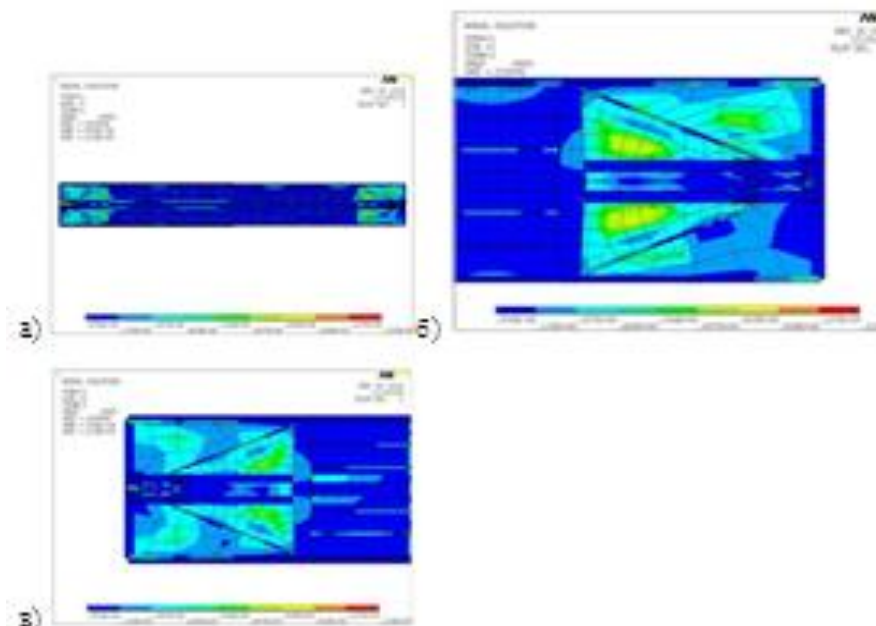


3.19- расм. Ёпиқ вагон кузови ён деворида эквивалент сиқилишларни тақсимлаш

а) умумий кўриниш; б), в) максимал сиқилишли жойлар

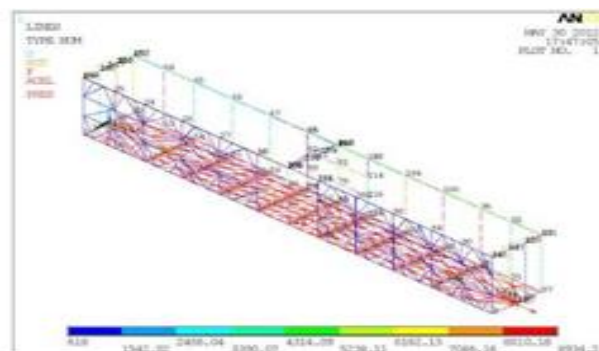


3.20 - расм. Ёлик вагон кузови олқа деворидаги эквивалент сиқилишларни тақсимлаш (боғлаш)

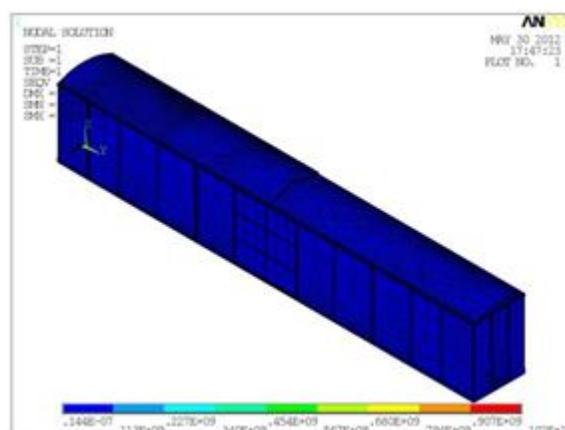


3.21 - расм. Ёлик вагон кузовининг рамкаси бўйлаб эквивалент сиқилишларни тақсимлаш ва қоплама элементлари
а) умумий кўриниш; б), в) максимал сиқилишли жойлар

3.2.2.4. Квазистатик юкланиш (III режими, сиқиш)



3.22 – расм. Моделнинг кинематик ва чегара шартлари



3.23 – расм. Ёпиқ вагон кузови тенг кучланишли тақсимлаш

3.2.2.5. III режим учун хулоса

Максимал кескинликлар, ён девор зонасида танани динамик равишда (зарб) зичликда ва модел пол учи ва сўнги чироғи орасида пайдо бўлганда пайдо бўлади. Дизайн сиқилишининг катталиги ҳатто енг юқори қийматда ҳам рухсат етилган қийматдан ошмайди. Шунини таъкидлаш керакки, учинчи дизайн режими юклари ёпиқ вагон кузови томига таъсир қилмайди.

3.2.3. Структураларни такомиллаштиришнинг кейинги йўналишини танлаш

Мустаҳкамликка ҳисоблашдан кўринадик, томдаги сиқилиш юкларининг бирикмасидан келиб чиқмайди. Шунинг учун томни кўшимча ҳисоблашни кучайтириш керак. Шиша толали томни яратиш самарадорлигини аниқлаш учун пўлат ва шиша толали томга мустаҳкамлик ва барқарорликни ҳисоблаб чиқамиз ва олинган натижаларни таққослаймиз.

Эластиклик модули учун якуний қувват (металлар учун, оқим кучи) $[σ]_T = 1700$ МПа. Эластиклик модули кескинлик остида $5,5 \cdot 10^{10}$, эгилувчанлик ва оқсоқланиш учун $4,1 \cdot 10^{10}$, Пуассон нисбати еса 0,39 га тенг.

3.2.4. Чидамлилик ва барқарорлик учун мустаҳкамликка ҳисоблаш ва натижа олиш

10 мм қалинликдаги пўлат Ст3СП ГОСТ 16523-97 саҳифалар учун ҳосил чегараси қабул қилинган натижаларини таҳлил: $[σ]_T = 255$ МПа.

1 кН биринчи ҳисоблаш режимида кучланиш, ҳар-бир амалий ва 0,25х0,25 м қачон биринчи тахмин режимида учун жоиз сиқиш томида ҳар қандай қисмида бир-биридан 0,5 м масофада емиш статик юкларни каби "... нормалар" кўра олинади $[σ] = 0.95$ учинчи ҳисоблаш ҳолатига, том барча элементлар учун $[σ]_T = 242,25$ МПа рухсат этилган сиқишлар 155 МПа тенг деб ҳисобланади.

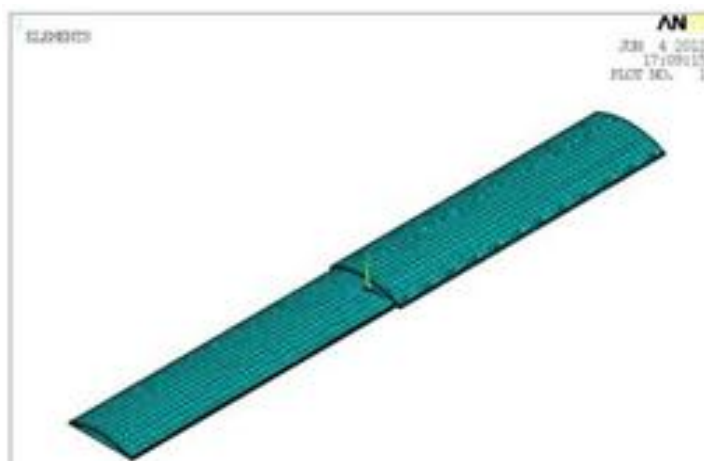
Мувофиқ "Стандартлар ..." пўлат Ст3СП ГОСТ 16523-97 модули учун 105 МПа, Пуассоннинг нисбати 0,3 га тенг қабул қилинади.

3.2.5. Ҳисоблаш схемаси ва рухсат этилган кучланиш

"Нормалар ..." нинг тавсияларига мувофиқ, ҳисоблаш маълум ANSYS ҳисоблаш пакетини, 13.0 версиясини ишлатиб, сонл элемент усули ёрдамида амалга оширилади. Ҳисоблаш учун сонл элемент модели ишлатилади.

BEAM189 чекланган элементлар том таркибини мустаҳкамлаш ва қўллаб-қувватлаш унсурларни тасвирлаш учун ишлатилган. SHELL181 тури элементлари томини тасвирлаш учун ишлатилган. Чекланган элемент модел бир 3895 чекланган элементларни ҳамда 9884 тугунлари ўзичига олади.

Чекланган элемент модели 3.24 – расмда кўрсатилган.



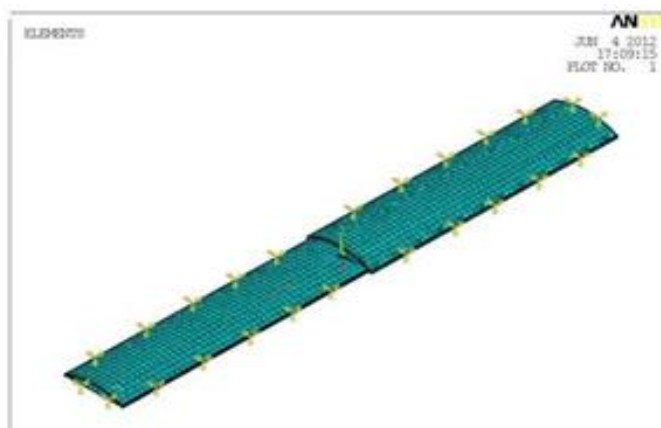
3.24-расм. Сонли элементмодели том қисм намунаси

3.2.6. Сиқиш ва кучланишни баҳолаш ҳисоби

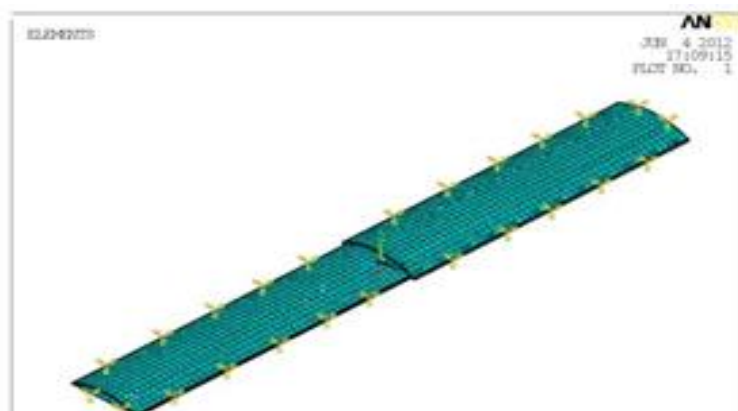
"Нормалар ..." ёпиқ вагон томида ва янада ҳисоблаш ҳар қандай қисмида бир-биридан 0,5 м масофада 0,25х0,25 м қўлланиладиган 1 кН, икки режим кучланиш таъсири остида кучланиш ва барқарорлик бўйича ҳисоблаб, Учинчи режим (энг хавфли) асосида ҳисоблаш қачон томида бажарувчи юкларни қуйидаги бирлашмасидан қабул қилинади:

- тортишиш кучи томи;
- вертикал динамик кучланиш қувват ёпиқ вагон кузовининг вертикал динамикаси бир томонидан тортишиш урилиб белгиланади.

Том қисмида тушадаган кучланиш схемаси 3.25 - расмда кўрсатилган.

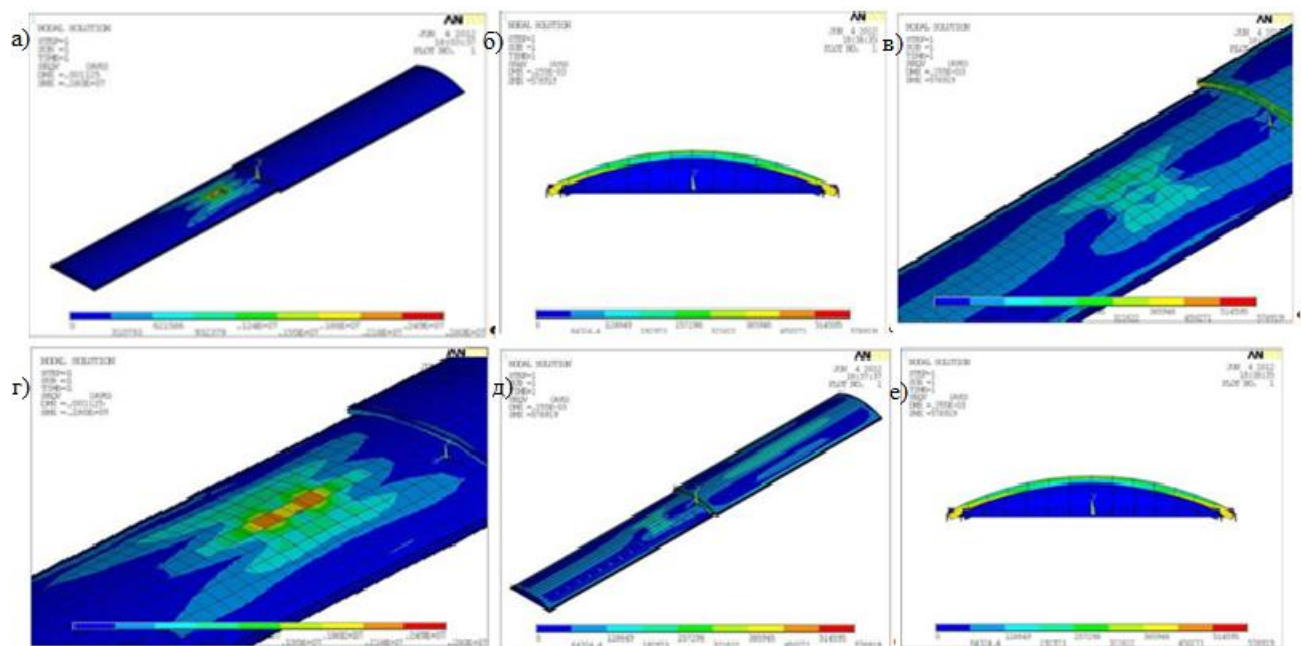


3.25-расм. Биринчи режимда юкларни қўллаш схемаси

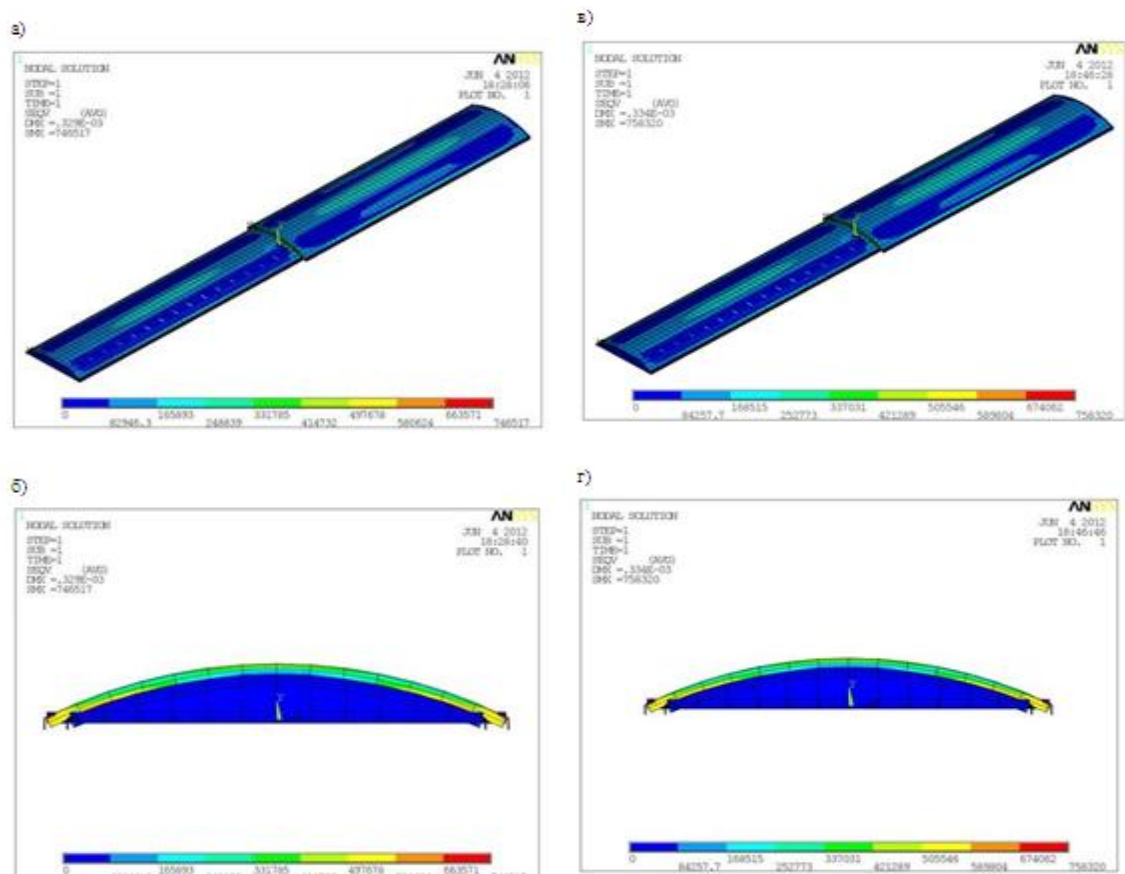


3.26-расм. Учинчи режимда юкларни қўллаш схемаси

Ҳисоблаш натижасида томнинг чуқурлашган ҳолати кўриб чиқиляётган кучларнинг таъсиридан олинган. Мизесу бўйлаб эквивалент стрессларни тақсимлаш шакллари 39-40 да кўрсатилган.



3.27-расм. а), б), с) режимлари бўйича эквивалент босимларни тақсимлаш; д), э), э) фиберглас уйингизда учун



3.28-расм. Учинчи режимда эквивалент сиқилишларни а), б) металл уйингизда учун тақсимлаш; в), г) стеклопластина учун ҳар бири

1 кН бўлган иккита кучнинг таъсири остида томнинг максимал эквивалентлиги 0,5 м бўлган масофада 0,25 x 0,25 м бўлган жойда рухсат етилган сиқилишларни ошиб кетмайди.

Учинчи режим учун томдаги максимал эквивалент сиқилишлар рухсат етилган кучланишдан ошмайди. Бундан ташқари, пўлатдан ясалган томнинг томида ҳам айрим ҳолатларда улар дизайни максимал даражада бўлган сиқилишлар мавжуд, лекин улар ҳам рухсат етилган доирада. Кейинчалик барқарорликни ҳисоблаш учун ANSYS дастурий таъминот версияси 13.0 да автоматик режимда ҳисобланган томнинг материал зичлиги қўлланилади.

3.2.7. Барқарорликни ҳисоблаш

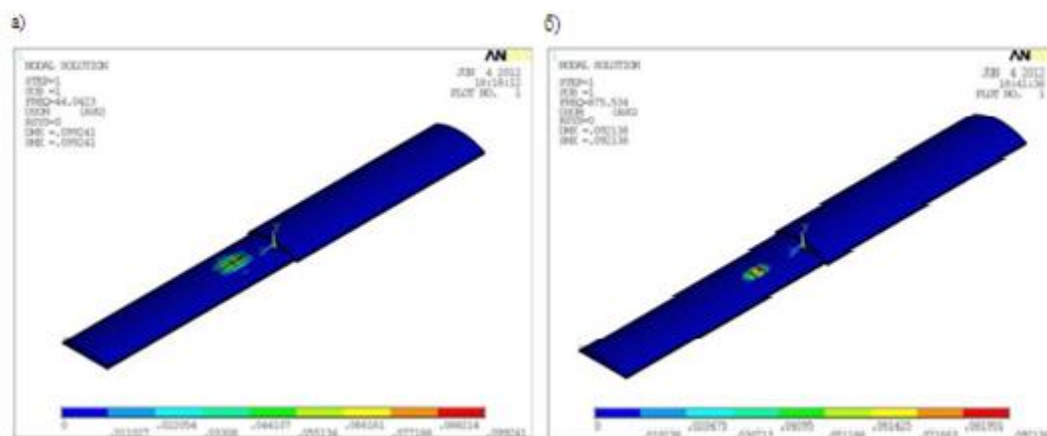
Структураларнинг барқарорлиги ҳисобланган хавфсизлик омили уни рухсат етилган n билан таққослаб текширилади $[n]$:

$$n = \frac{\sigma_{кр}}{\sigma_{сж}} \geq [n], \quad (3.18)$$

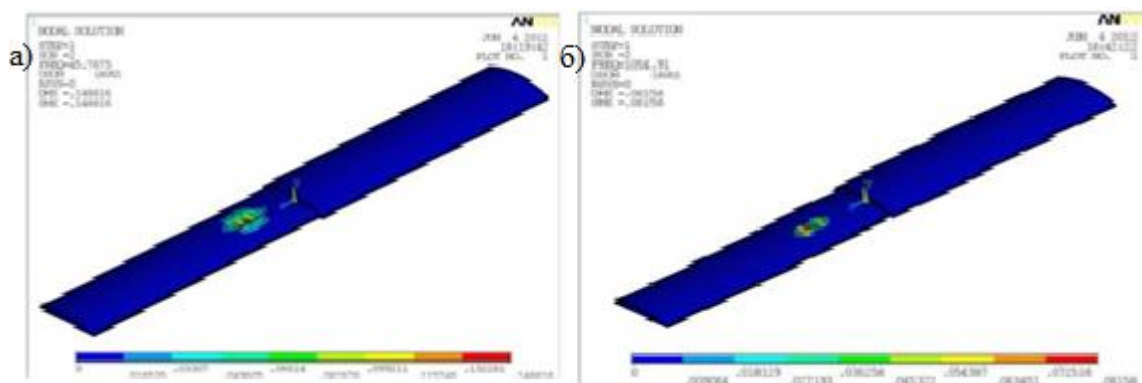
бу ерда $\sigma_{кр}$ – дизайн барқарорликни йўқотадиган муҳим босим кучланиши;

$\sigma_{сж}$ – ANSYS дастурий таъминот версияси 13.0 да автоматик режимда ҳисобланган элементнинг босим кучланишлари

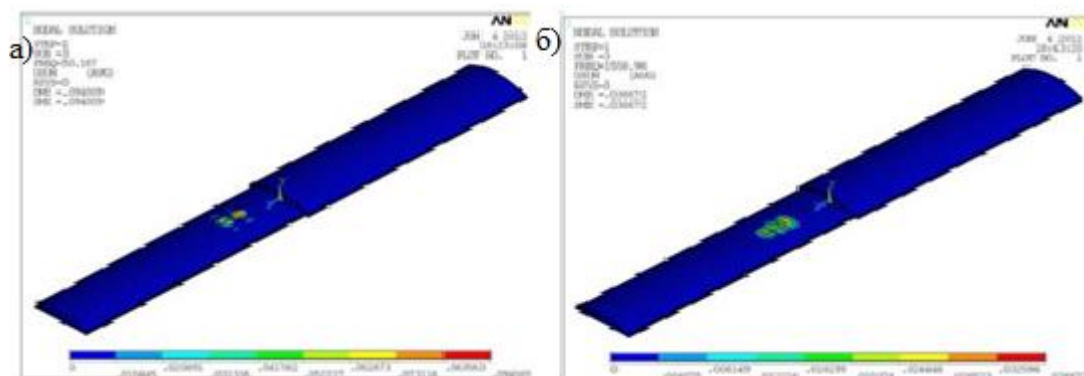
Автоматик режимдаги ANSYS версияси 13.0 дастурий комплексиси қилган кучланиш билан муҳим кескинликларни таққослайди. Ҳисоблаш натижасида барқарорликни йўқотиш шакллари ва барқарор маргин коэффициентлари қўлга киритилди. Биринчи режимда барқарорлик йўқотиш шакли ва мувозанатнинг барқарор коэффитсиенти 3.29-3.31-расмда кўрсатилган.



3.29-расм. Биринчи турғунлик йўқолиши а) металл учун $n = 44,05$;
б) шиша толаси учун $n = 875.53$

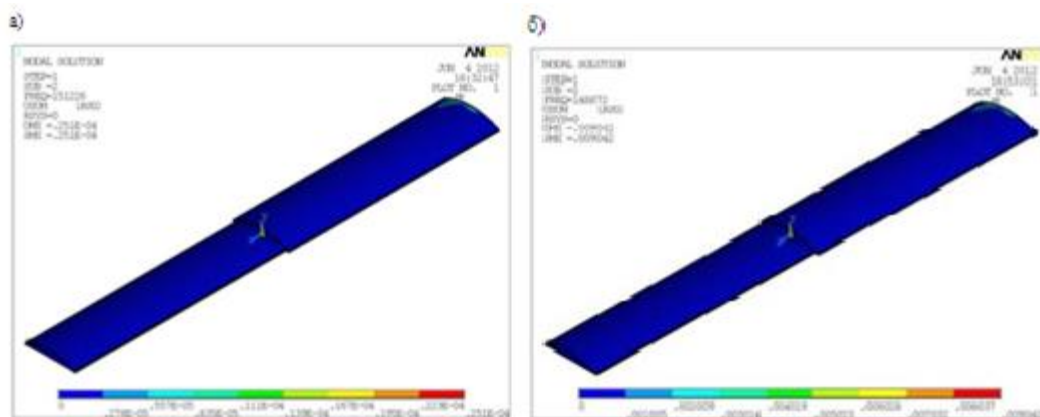


3.30-расм. Барқарорлик йўқотишнинг иккинчи шакли а) металл учун $n = 45,77$;
б) фиберглас $n = 1054.91$ учун



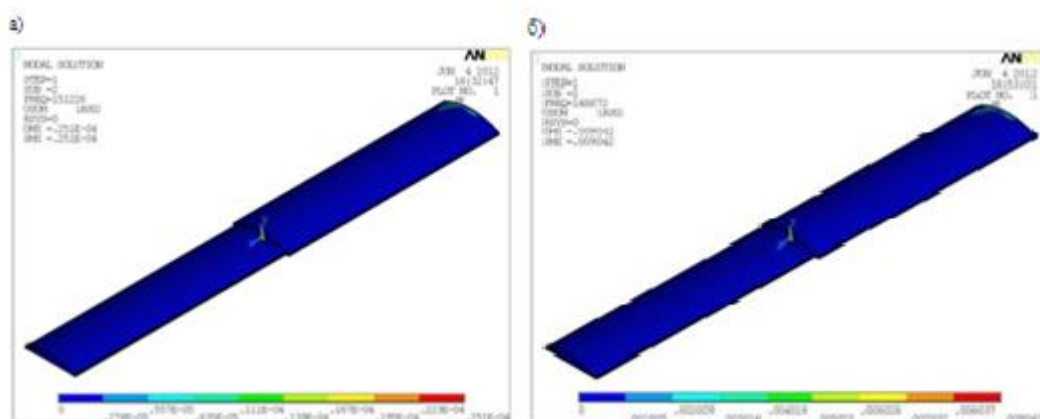
3.31-расм. Барқарорликнинг учинчи шакли а) металл учун $n = 50,17$;
б) шиша толали духовкали пластмасса учун $n = 1558,96$.

Учинчи режим учун барқарорликнинг йўқолиши ва барқарорлик омиллари шакллари 3.31-3.33-расмда кўрсатилган.

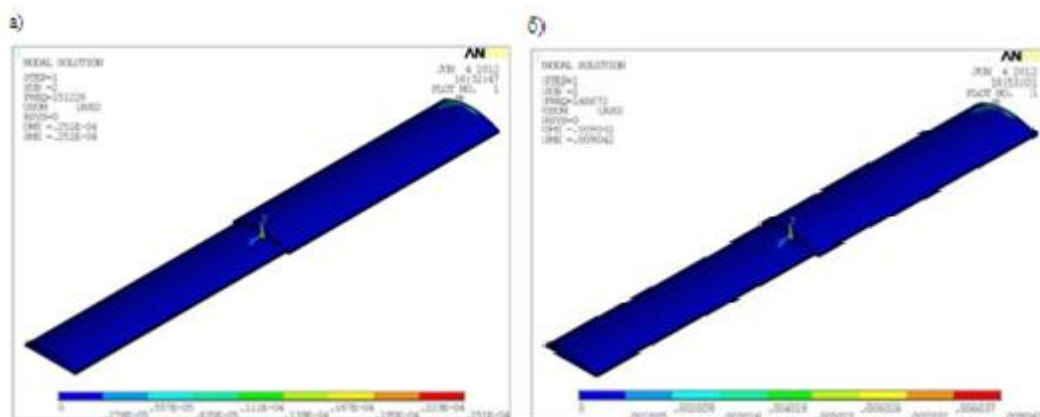


3.32-расм. Биринчи турғунликнинг йўқотиш шакли: а) металл $n = 150698$;

б) фиберглас $n = 148353$ учун



3.33-расм. Барқарорлик йўқотишнинг иккинчи шакли а) металл учун $n = 151226$; б) фиберглас $n = 148872$ учун



3.34-расм. Барқарорлик ҳалокатининг учинчи шакли а) металл учун $n = 156060$;

б) фиберглас $n = 153632$ учун

Металл ва стеклопластик ёпиқ вагон томида таққослаш натижаларини ҳисоблаш натижалари 3.5-жадвалда келтирилган.

Жадвал 3.5. Металл ва стеклопластик томларининг қиёсий хусусиятлари

№	Показатель	том металли	том стеклопластик
1	Масса, кг	1800	350
2	Максимал кучланиш, I режимида, кПа	2180	322
3	Максимал кучланиш, III режимида, кПа	332	253
4	Минимал коэффициент кўрсатиш I режида	44,05	875,53
5	Минимал коэффициент кўрсатиш III режимда	150698	148353

Умумий хулосалар

Ёпиқ вагон кузови тузилиши унинг юк ташишдаги қулайлиги, юк айланмасини оширишда ва таъмирлашда комплекс механизация ва автоматизацияни кенг тadbиқ қилиш имкониятининг мақсадга мувофиқлиги, шунингдек, ундан фойдаланиш (поездлар тузилиши, жойлаштирилиши ва бошқалар), капитал сарфларнинг миқдори ва ташиш таннари $\square$ катта аҳамиятга эга ҳамда вагонлар белгиланишига боғлиқ ҳолда иссиқлик изоляцияси, иситиш ва совутиш ускуналари билан жиҳозланади ва қулайлиги билан ажралиб туради.

Ёпиқ вагондан фойдаланиши, параметрлари ва ўлчамлари, габарит, иқлимий шароитларини, вагонлар элементлари мустаҳкамлигини, энг маъсулиятли узеллари (тележкалари, автоцепка ускуналари, тормоз ускуналари ва бошқалар) парамини, кузов конструкциясини, бўёқлаш, назорат синовларининг турлари, методлари ва даврийлигини, шунингдек алоҳида элементлари конструкциясини регламентлайди.

Адабиётлар

1. И.А Каримов. По пути модернизации страны и устойчивого развития экономики. – Т.: Ўзбекистон, 2008.
2. И.А Каримов. Мирная жизнь и безопасность страны зависят от единства и твердой воли нашевонарода. – Т.: Ўзбекистон, 2004.
3. И.А Каримов. За процветание Родины каждый из нас в ответе. – Т.: Ўзбекистон, 2001
4. Азовский А.П. и др. Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений: Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / А.П. Азовский, Е.В. Александров, В.В. Кобищанов, В.Н. Котуранов, В.П. Лозбинев, М.Н. Овечников, Б.Н. Покровский, В.И. Светлов, А.А. Юхневский; Под ред. В.Н. Котуранова. – М.: Маршрут, 2005. – 490 с.
5. Быков Б.В. Конструкция тележек грузовых и пассажирских вагонов. – М.: Маршрут, 2004. – 36 с.
6. Конструирование и расчёт вагонов. Учебник для вузов ж.д. транспорта. В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.Н. Котуранов, А.Х. Хохлов, П.С. Анисимов / Под ред. В.В. Лукина. – М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.
7. Лукин В.В. и др. Вагоны. Общий курс: Учебник для вузов железнодорожного транспорта / Под ред. В.В. Лукина. – М.: Маршрут, 2004. – 424 с.
8. Мотовилов В.С. и др. Технология производства и ремонта вагонов. – М.: Маршрут, 2003. – 382 с.
9. ГОСТ 24.050.61-82. Проектирование и изготовление стальных сварных конструкций вагонов. Технические требования. 1996. – 72 с.
10. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.

11. Пастухов И.Ф. и др. Вагоны: Учебник для техникумов железнодорожного транспорта / Под ред. В.В. Лукина. – М.: Транспорт, 1996. – 280 с.
12. Хромов С.А. Вагоны. Методические указания для выполнения лабораторных работ. – Т.: ТашиИТ, 2009. – 68 с.
13. Бобровская И. И., Миноваров Р. М. Проектирование вагонов. – Т.: ТашиИТ, 2009. – 140 с.
14. Лукин В.В. и др. Вагоны. Общий курс: Учебник для кузов железнодорожного транспорта / Под ред. В.В. Лукина. – М.: Маршрут, 2004. – 424 с.
15. Соколов М.М., Третьяков А.В., Морчиладзе И.Г. Архитектоника грузовых вагонов. – М.: ИБС-Холдинг, 2006. – 394 с.
16. Морчиладзе И.Г., Никодимов А.П., Соколов М.М., Третьяков А.В. Железнодорожные цистерны. Конструкции, техническое обслуживание и ремонт. Учебное пособие для работников железнодорожного транспорта. – М.: ИБС-Холдинг, 2006. – 516 с.
17. ГОСТ 4835-2006. Колесные пары вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007. – 13 с.
18. Инструктивные указания по эксплуатации и ремонту вагонных букс с роликовыми подшипниками 3-ЦВРК. – М., 2001. – 111 с.
19. Кузьмич Л.Д. Вагоны (Проектирование, устройство и методы испытаний). – М.: Машиностроение, 1998. – 376 с.
20. Ушаков С.С. и др. Транспортная система мира. – М.: Транспорт, 1997. – 216 с.
21. Оформление чертежей в SolidWorks. Учебное пособие.– М.: SolidWorks Russia, 2005. – 190 с.
22. Знакомство с SolidWorks. – М.: SolidWorks Corporation, 2002. – 102 с

23. Виноградов В.В. и др. Расчеты и проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева и др. Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. – М.: Маршрут, 2003. – 486 с.

24. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов. Учебное пособие для студентов сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 352 с.

25. Меланин В.М. и др. Организация, планирование и управление на вагоноремонтных предприятиях. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 383 с.