

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

“ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ” АКЦИЯДОРЛИК ЖАМИЯТИ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

*Қўлёзма ҳуқуқида*  
*УДК 629.4.027.114.115*

Садуллаев Лутфулло Атамуродович

“18-100 модели тележкада юзага келиши мумкин бўлган  
нуқсонларни тадқиқ этиш”

5А310603 – “Темир йўл транспорти (вагонлар)”

Магистр

академик даражасини олиш учун ёзилган  
диссертация

Илмий раҳбар:  
т.ф.и. Рахимов Р.В.

Тошкент – 2016

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «УЗБЕКИСТОН ТЕМИРЙУЛЛАРИ»

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*На правах рукописи*  
УДК 629.4.027.114.115

Садуллаев Лутфулло Атамуродович  
“Исследование вероятности возникновения дефектов в тележке  
модели 18-100”  
5А310603 – Железнодорожный транспорт (вагоны)

Диссертация  
на соискание академической степени  
Магистра

Научный руководитель:  
к.т.н. Рахимов Р.В.

Ташкент – 2016

**Введение**

Перед АО «Ўзбекистон темир йўллари» была поставлена задача по удовлетворению потребностей страны в перевозке народнохозяйственных грузов. Столь ответственная задача требовала реформирования отрасли, поднятия качества и ее работы до уровня мировых стандартов. Эти сложные вопросы, требующие претворения в жизнь масштабных технических и технологических преобразований, трудно было решить без непосредственной поддержки правительства республики.

Глава нашего государства с первых дней независимости всесторонне поддерживал железнодорожную отрасль как кровеносную систему экономики страны. Были созданы условия для развития и укрепления материально-технической базы, сотрудничества с железнодорожными компаниями всего мира, эффективного использования имеющихся внутренних ресурсов, привлечения иностранных инвестиций, модернизации подвижного состава и тяговой техники [1 – 4].

Сегодня железнодорожный транспорт занимает одно из ведущих мест среди средств междугородних перевозок. Железная дорога является самым практичным способом транспортировки. Основной единицей на железных дорогах является вагон. Функциональные особенности вагона различны, он может быть предназначен для перевозки людей, так же в нем транспортируют определенные виды грузов. В наши дни железнодорожный транспорт использует разнообразные виды вагонов: пассажирский цельнометаллический, багажный цельнометаллический, крытый вагон, полувагон, цистерна, рефрижераторные вагоны и рефрижераторные секции, специализированные вагоны.

Одним из основных узлов вагона являются ходовые части. Они предназначены для обеспечения безопасного движения вагона по рельсовому пути с необходимой скоростью, плавностью хода и наименьшим сопротивлением движению.

Анализ результатов предварительно проведенного обзора показал, что наиболее часто эксплуатируемой тележкой грузовых вагонов является модель 18-100 и нагрузки, действующие на эту тележку в пути, носят случайный характер и зависят не только от полезной нагрузки, но и от скорости движения, состояния пути и ряда других факторов [5 – 6].

**Актуальность темы.**

На данный момент неразрешимым является вопрос предупреждения появления дефектов в тележке модели 18-100 путем проведения исследований по определению вероятности возникновения дефектов в литых деталях тележек. Кроме того, актуальным является составление рекомендаций по увеличению прочности литых деталей тележек грузовых вагонов, вновь изготавливаемых на вагоностроительных предприятиях Республики Узбекистан.

**Объектом исследования** являются литые детали (боковая рама и надрессорная балка) тележек грузовых вагонов модели 18-100.

**Предметом исследования** являются дефекты и напряженно-деформированное состояние конструкций литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележек грузовых вагонов модели 18-100.

**Целью диссертационной работы** является научное обоснование составленных рекомендаций по увеличению прочности и улучшению эксплуатационных показателей литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележек грузовых вагонов модели 18-100.

**Основными задачами исследования являются:**

- провести обзор и анализ конструкций тележек грузовых вагонов и вероятностей возникновения дефектов в них;
- провести теоретические исследования по определению вероятности возникновения дефектов тележек модели 18-100;
- разработать конечно-элементные модели литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележки модели 18-100;

– составить расчетные схемы литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележки модели 18-100;

– на основе анализа результатов исследований разработать рекомендации по увеличению прочности литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележек модели 18-100.

**Методы исследований.** В работе применены различные современные методы исследований, в т.ч.

– разработка конечно-элементных моделей литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележки модели 18-100;

– математическое моделирование напряженно-деформированного состояния конструкции литых деталей тележки модели 18-100 с получением численных решений с использованием инженерных программ.

#### **Научная новизна работы.**

1. Разработаны конечно-элементные модели конструкций литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележек грузовых вагонов модели 18-100, позволяющая проводить теоретические исследования с применением инженерных программ.

2. Определено влияние действующих сил на показатели прочности литых деталей (боковая рама и надрессорная балка) тележек грузовых вагонов.

**Практическая значимость работы.** Разработанные рекомендации по увеличению прочности литых деталей тележек грузовых вагонов модели 18-100, которые позволяют повысить эксплуатационные характеристики этих деталей и уменьшить риск появления дефектов, что актуально для налаживания производства тележек грузовых вагонов на вагоностроительных предприятиях Республики Узбекистан.

#### **Реализация результатов работы.**

Данные исследования тележек грузовых вагонов позволят вагоностроительным предприятиям Республики Узбекистан наладить производство железнодорожной продукции, а в частности литых деталей

тележек с улучшенными технико-экономическими показателями. В дальнейшем это приведет к обновлению ходовых частей парка грузовых вагонов Республики.

Отдельные положения и результаты работы также предлагается использовать при проведении научных исследований, выполнении выпускных квалифицированных работ на кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство» ТашИИТ.

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, приложений (публикаций), на \_\_\_ страницах печатного листа формата А1, рисунков – \_\_\_, таблиц – \_\_\_, библиографических источников – \_\_\_.

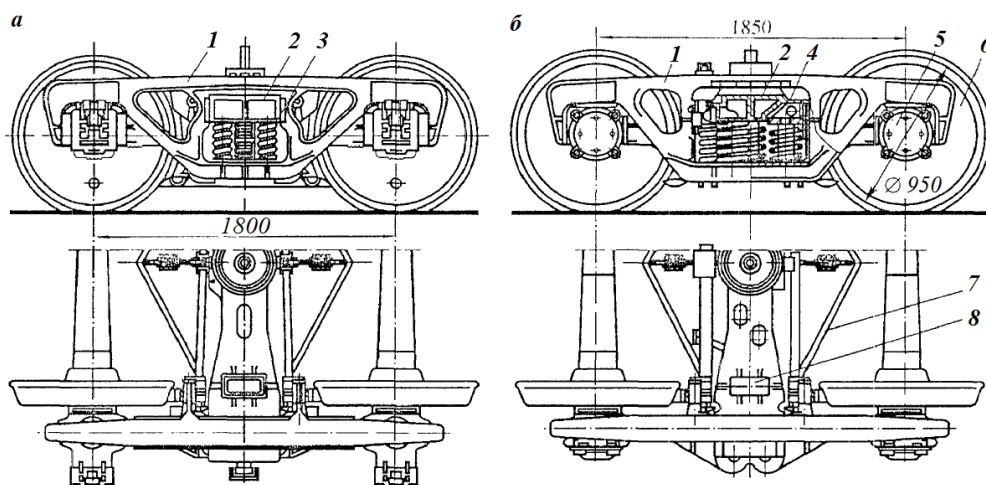
# **I-БОБ. Юк вагон тележка конструкцияси ва юзага келиши мумкин бўлган нуқсонлар бўйича тадқиқотлар шарҳи ва таҳлили**

## **1.1. Юк вағонидаги тележка конструкциясининг шарҳи ва таҳлили**

Магистрал ва саноат транспортида замонавий юк вағонлари икки-, уч-ва тўрт ўқли тележкаларга эга бўлиб, катта юкли транспортерлар юқорида айтиб ўтилган конструкция тўпламидан ташкил этилган кўп ўқли тележкалар билан жиҳозланган. Кўпинча ушбу моделлар бир поғонали рессора осмага эга. Унда фақатгина изотермик жиҳатлари ва юкларни ташиш учун хизмат қилувчи, юқори тезликли транспортировкани талаб этувчи айрим ихтисослаштирилган вағонлари билан фарқланади.

***Икки ўқли тележкалар.*** Поясли тележкаларнинг камлиги, шу жумладан уларни тайёрлаш ва таъмирлаш мураккаб бўлганлиги, ҳамда фойдаланишда ишончлилиги жуда кам бўлганлиги сабабали, уларни МТ-50 типидagi қўйма ён рамали тележкаларга алмаштирилди (1.1, а-расм), сўнгра ўта такомиллаштирилган ЦНИИ-ХЗ-О (ЦНИИ – аввали номи ВНИИЖТда, ишлаб чиқилган конструкция, Х – бош харфи муаллифнинг фамилияси – Ханина, 3 – учинчи вариант, О – МИИТ тадқиқот натижалари) типига алмаштирилди (1.1, б-расм), унда пружиналардан рессора комплекти ва пўна (клинли) фрикцион тебранишли сўндиргич (модель 18-100)ларига эга бўлиб, намунавий ҳисобланади [7, 8].

*18-100 тележка модели* (1.1, б-расм), 120 км/с конструктив ҳаракатланиш тезлигида юришга мўлжалланган бўлиб, тўртта букса узелли 5 иккита икки ғилдирак жуфтлиги 6, иккита қўйма рама 1, рессора устки балкаси 2, фрикцион тебранишни сўндирувчи иккита марказий осма тўплами (комплекти) 4 и тормоз дастакли узатгич 7 лардан иборат.

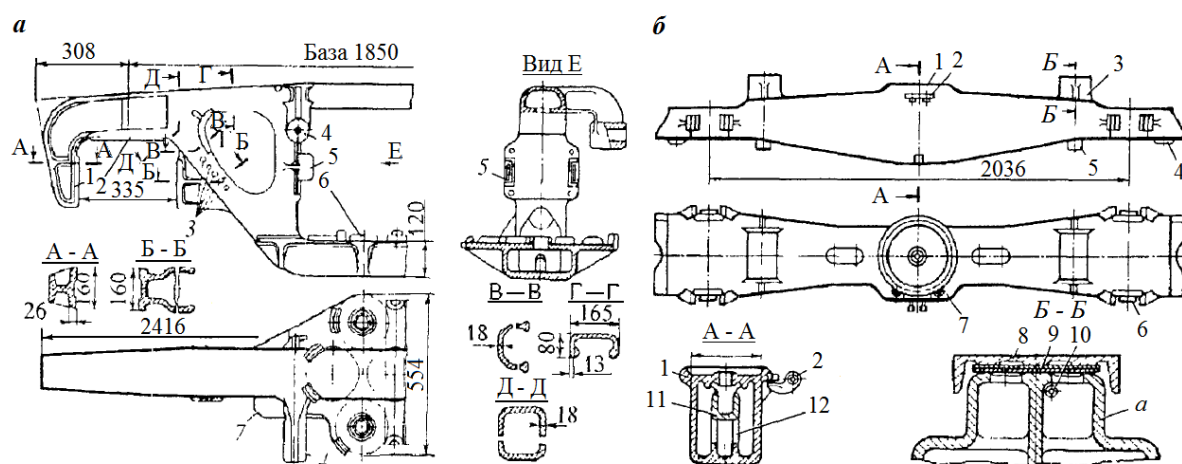


1.1-расм. Қуйма ён рамали юк вагонларидаги икки ўқли тележкалар:  
 а – МТ-50 типи; б – ЦНИИ-ХЗ-О типи: 1 – ён рама; 2 – рессора устки балкаси; 3 – комбинацияланган рессора тўплами (комплекти); 4 – фрикцион тебранишни сўндирувчи пўна (клин); 5 – роликли подшипникли букса узеллари; 6 – ғилдирак жуфтлиги; 7 – тормоз ускунаси; 8 – скользян

Ён рама (1.2, а-расм.) 20ФЛ ёки 20ГЛФ маркали паст легирланган пўлатдан қуйиб тайёрланган. Унда бирлаштирилган камар(пояс) ва колонкаларга эга бўлиб, марказий рессора осмасининг тўплами (комплекти)ни жойлаштириш учун ўрча қисмида бўшлиқ (тешик) қолдирилган, учлари бўйлаб эса – букса йўлаги бор.

Қия камар (пояс)да ички томонида қуйилган кубба (шишка)лар 3, ён рама (боковина)ларни саралаш учун тележкаларни йиғишда хизмат қилади, чунки қуйиш вақтида йўлга қўйилган чекланишларга қараб ва боковиналарни ўлчашда кубба (шишка)лардан бири кесиб олиб ташланади. Агар кубба (шишка)лар кесиб олиб ташланса, унда рама 1 2181 мм ўлчамдаги ташқи “жағ”лари билан № 0 градацияга эга бўлади, бунда қолдирилган битта кубба (шишка)да келтирилган оралик 2183 мм га тенг, рама эса № 2, 3, 4 ва 5 да келтирилган орқалиқда № 1 градацияга эга, бу эса шунга биноан 2 мм бўйича ошиб боради.

Рессора устки балкаси (1.2, б-расм) литая из стали марок 20ФЛ ёки 20ГФЛ маркали пўлатдан қўйилган, берк кўндаланг кесим ва шаклли ичи говак конструкцияга эга, эгилишга яқин бўлган қаршилиқдаги брусга тенг. У вагон кузовининг таянчи сифатида ва скользунлар учун таянч ўрнида хизмат қилувчи турумостлиги (подпятник) билан қўйма ҳолатда ишланган. Ҳар бир икки таянчлардан бирида скользунларда регулировка қилувчи прокладкали 9 ағдарилган қути (коробка)ларда 8 жойлаштирилган. Бундай конструкция авваллари қўлланилганига караганда ейилган-эскирган маҳсулотларни ўз-ўзидан чиқариб ташлашни таъминлаб беради ва скользунлар орасидаги тирқишни доимий равишда регулировка қилади.



1.2-расм. 18-100 модели тележкадаги ён рама ва рессора устки балкаси:  
 а – ён рама: 1 – “жағ”лари; 2 – халқали таянч; 3 – қубба (шишка) тарзида бешта бўртма; 4 – тормоз бошмоқли осма маҳкамловчи кронштейн; 5 – фрикцион пўна (клин)ли кўндаланг жойлаштирилган чекланувчи йўналтиргичлар; 6 – рессора тўплами (комплекти)да қайд этилган пружиналар учун бўртиқ ва бонкалар; 7 – осмалар узилиб кетиш ҳолатида триангелни ушлаб туриш учун хизмат қилувчи полкалар; б – рессора устки балкаси: 1 – турумостлиги (подпятник); 2 – тормознинг дастакли узатгичнинг ўлик нуқтасидаги кронштейн; 3 – скользун учун таянч; 4 ва 5 – тележка ҳаракатланганда рессора тўплами (комплекти)нинг ички ва ташқи

пружиналари аралашувини чекловчи бўртиқлар; 6 – фрикцион пўна (клин)ни жойлаштириш учун хизмат қилувчи чуқурча; 7 – ўлик нуктада кронштейнни маҳкамлаш учун полка; 8 – скользуннинг қалпоғи (коробка-қутиси); 9 – вагон ва тележка скользунлари орасидаги тирқишни регулировка қилиш учун прокладка; 10 – чиқиб кетишини ҳимояловчи қалпоғининг болти; 11 – шкворня таянчи учун поддон; 12 – вагон пятникадаги турумостлиги (подпятник)да таянчни кучайтирувчи колонка

Тележканинг *рессора осмаси* икки тўплам (комплект)лардан иборат бўлиб, уларнинг ҳар бири бешта, олтита ёки еттита иккиярдли цилиндрсимон пружина ва иккита фрикцион пўна (клин)ли тебранишни сўндиргичлардан иборат. Бешта пружина юк кўтариш қобиляти 50 т гача, олтита – 60 т гача ва еттита – 60 т дан ортиқ бўлган юк вагонларнинг тележкаларида ўрнатилади.

*18-115 модели тележка* (1.3-расм), 140 км/с тезлик билан ҳаракатланишга мўлжалланган махсус юк вагонларида қўлланилади, у тузатиш киритилган яхшиланган динамик сифатга эга. Конструктив хусусиятларидан бири кузовнинг тиралиб турувчи схемаси такомиллаштирилган – юкламанинг бир қисми турумостлиги (подпятник)га 7, қолган қисми эса эластик-фрикцион скользунга 8 узатилади.

Эластик-фрикцион скользун *обеспечивает* начальное сопротивление наклону кузова порядка 14-20 кН тартибда кузовни қияликдаги бошланғич қаршилигини ва сўнгги тугалланувчи 40-46 кН қаршилиқни таъминлаб беради, скользунларнинг горизонтал юзасида пайдо бўлувчи ишқаланишнинг ҳисоблаш моменти 10-16,7 кН·м га тенг. Ушбу скользунларнинг конструкцияси вагон шкворен узелларининг амалдаги юкланишларини камайишини, вагонни равон юришини ошириш ҳамда вагонларнинг ҳаракатланиши вақтида пайдо бўлувчи лапанглашида динамик кучланишни камайтиришни таъминлаб беради.

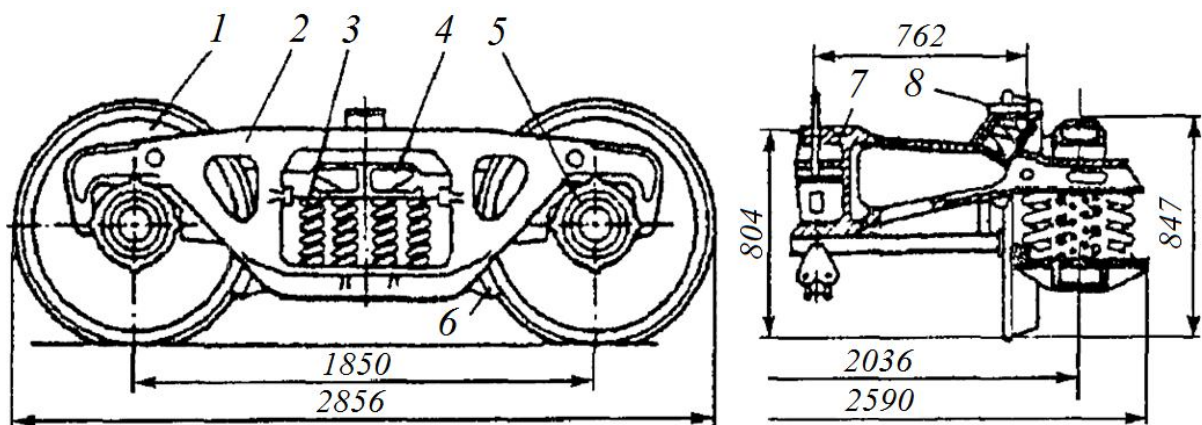


Рис. 1.3. Тележка модели 18-115: 1 – колесная пара; 2 – боковая рама; 3 – рессорный комплект; 4 – надрессорная балка; 5 – буксовый узел; 6 – тормозная колодка; 7 – плоскость подпятника; 8 – упруго-фрикционный скользящий

18-115 модели является тележканинг буса узелларидаги конструкцияларининг хусусиятларидан бири таянч цилиндрсимон корпуснинг қисмида ўзгарувчан қалинликдаги перфорацияланган резина прокладкалар ўрнатилган. Ён рама резина ва раманинг буса оралиғига ўрнатилган буса корпусининг кўчма ўриндиғи ёрдамида прокладкаларга таянади. Ўриндиқни буса оралиғида марказлаштириш ва қайд этиш ишлари “жағ”га мос келувчи чуқурчага кирувчи махсус туртиб чиққан жойда ўрнатилади. Буса узеллари 130×250×80 мм бўлган цилиндр подшипниклари билан жиҳозланган.

18-115 модели тележканинг *рессора осмаси* марказий, икки комплектдан ташкил этилган бўлиб, қуйма ён раманинг ўртача оралиғида ўрнатилган. Улардан ҳар бири ўз ичига 18-100 тележкадан олинган схема бўйича жойлаштирилган еттита учталиқ (иккиталиқ) пружиналарни олган. Тебранишни сўндириш сифатида кесик (учи кесилган) фрикцион клин (пона)дан фойдаланилган, унинг қия майдони тележканинг бўйлама ўқи бўйлаб 60° бурчакга эгилган, 18-100 тележка клин (пўнасига) қараганда ён рамани лойиҳа бўйича боғлиқлигини яхшилаб беради. Фрикцион

клинларнинг эгилган юзалари рессора устки балка юзасининг эгилган юзалари билан, вертикал эса – тележканинг ён рама колонкаларида ўрнатилган фрикцион планкалар билан ўзаро боғлиқ.

Юк вагонлари учун рельсдан ғилдирак жуфтлигигача 25 т юкланганлиги билан модели 18-131, 18-120 ва 18-755 иккиўқли кучайтирилган тележкалар ишлаб чиқилган. Уларнинг конструкциясида кучайтирилган ўқли турларига оид бўлмаган ғилдирак жуфтлигидан фойдаланилган, уларнинг шейкалари 140 мм диаметрга эга. Шунинг учун букса узеллари 140×260×80 мм катталаштирилган ўлчамли цилиндр подшипниклари билан жиҳзланган. Кучайтирилган тележкаларнинг ён рамалари резина прокладкалари орқали таянади. Ҳар бир рессора комплектининг биқирлиги 4,28 МН/м, тебранишни сўндирувчи нисбий ишқаланиш коэффициентлари – 0,08 ни ташкил этади [9, 10].

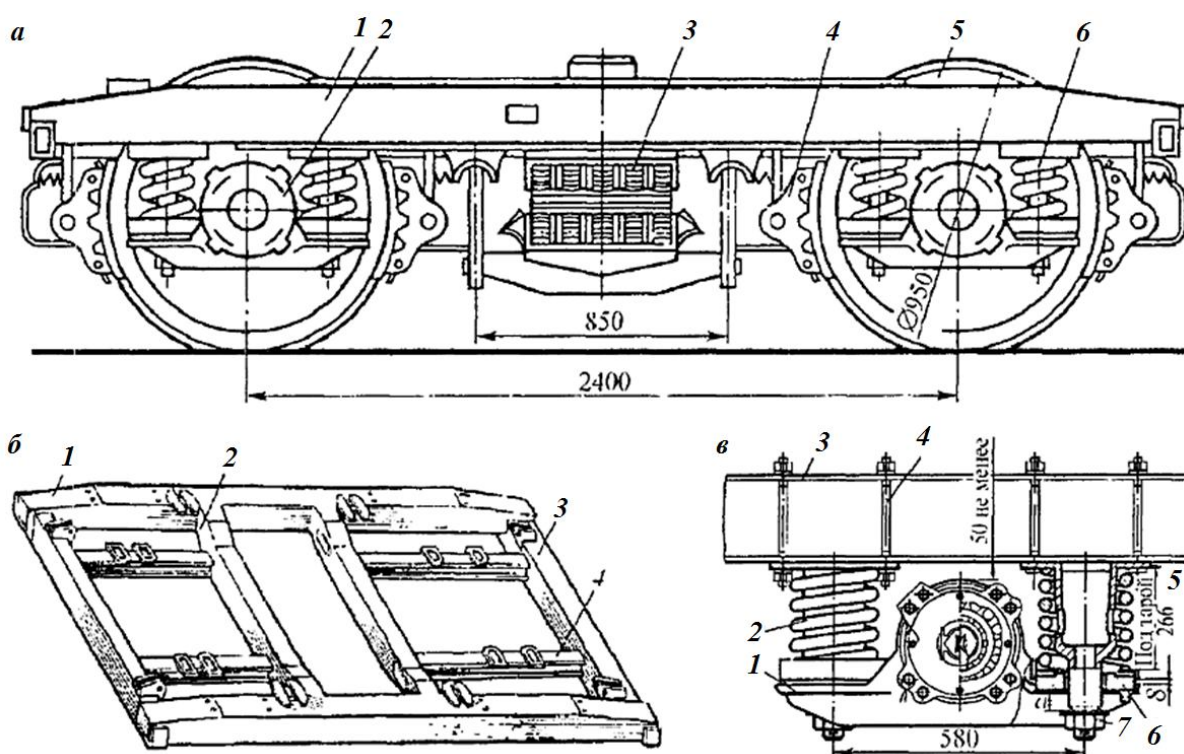
Вагон кузовида 18-120 модели тележкага посредством пятник воситаси билан рессора устки балкаси турумостлиги (подпоятник)га таянади, 18-755 тележкада, бундан ташқари, ишқаланиш моментидан бошлаб эластик-фрикцион скользунлар орқали горизонтал 8-12 кН·м юзада бўлади. Тележкадаги қуйма ён рама ва рессора устки балкалар кучайтирилган. Тележканинг ўзига хос мустаҳкамлиги ва юриш сифати бўйича талабларга жавоб беради, фойдаланишда 120 км/с гача бўлган тезлик билан ҳаракатланишни таъминлайди.

*Тележка КВЗ-И2* (1.4, а-расм.) рефрижератор вагонлари учун мўлжалланган бўлиб, 120 км/с гача бўлган тезлик билан ҳаракатланувчи поездларда фойдаланилади. Унинг рамаси рессора осмасининг икки поғонасидан (марказий 3 ва букса 6) ўтган ҳолда 1 ғилдирак жуфтлигининг 5 букса узелларига 2 таянади. Икки тортув колодкали тормоз ускунаси 4.

*Рама* (1.4, б-расм.), юқорида кўриб чиқилган қуйма конструкциялардан фарқли равишда, у икки бўйлама 1, иккита ўртача 2 ва иккита охириги 3 кўндаланг, шунингдек тўртта кўмакчи бўйлама балкалар 4 билан пайвандланган.

Рессора осмасининг букса погонаси (1.4, в-расм.) ўз ичига иккита шпинтон 5 кириб, букса корпуси кронштейнида 1 резина шайба 6 орқали таянувчи бир қаторли пружиналар 2 жойлаштирилади. Ҳар бир шпинтон 5 болт 4 ўлчамидаги бўйлама рама балкаларига 3 маҳкамланади. Шпинтоннинг пастки кесилган қисмида гайка 7 буксанинг шайба ва кронштейни орасида 1 тешиқ қолган ҳолда буралади.

КВЗ-И2 тележканинг марказий осмаси. Люлка, икки эллипс Галахова рессора тизимидан ташкил топган бўлиб, штампланган рессора устки алоқада ўрнатилган, рамага осилган шарнирлар билан балкага уланган ҳолда таянади. Эллипс рессораларда рессора устки балкаси жойлаштирилиб, турумостлиги (подпоятник) орқали вагон кузовига таянади.



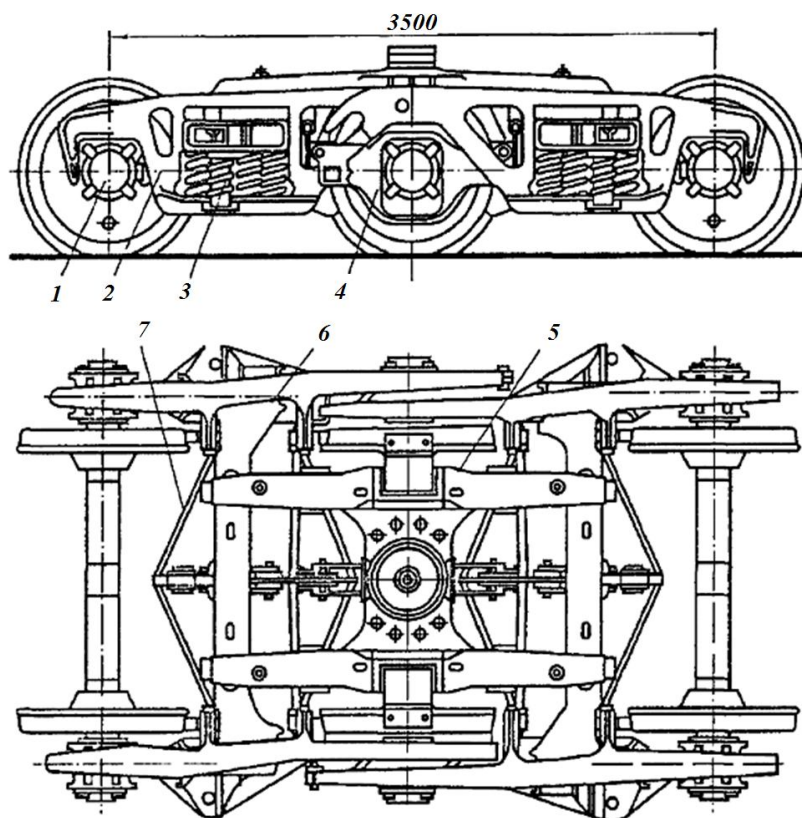
1.4-расм. Тележка КВЗ-И2: а – умумий кўриниши; 2 – рама; в – букса осмалари

Кузовнинг турлича массаси билан автотиркаманинг ўзгармаслик даражасини таъминлаш мақсадида КВЗ-И2 тележкаларни тўртта гуруҳда

тайёрланади: I, II, III и IV. I ва II гуруҳдаги тележклар юк рефрижератор вагон кузови остига думалатиб келтирилади, III ва IV гуруҳлар, I ва II гуруҳларга қараганда машина бўлимида вагон кузови остида ўрнатилган, массаси кучайтирилган рессора осмаси ўта бикир ва баландлиги юқори бўлган ҳолатда ишлаб чиқилган.

**Уч ўқли тележклар.** Олтиўқли вагонлар учун ишлаб чиқилган ва асосан саноат транспорти йўлларида фойдаланилади. Улар орасида Урал вагонқурилиш заводида ишлаб чиқарилган УВЗ-9м типидagi тележклар (модель 18-102) конструкцияси, учинчи модернизацияланган варинати. Кейинги типлари – УВЗ-11А ва УВЗ-11 25 дан 30 т гача ўқ юламаси кучайтирилган ҳолда лойиҳалаштирилган, сўнгра 18-102 модел билан бирлаштирилган. Уч ўқли Приведенные выше типы уч ўқли тележканинг типидagi тележкдан 1955 йилдан бошлаб узоқ муддат фойдаланиш билан ишлаб чиқилган (Крюков вагонқурилиш корхонасида: КВЗ-1 типидagi, сўнгра ткомиллаштирилган КВЗ-1м тип, унда маълум даражадаги камчилкар аниқланган). КУВЗ типидagi тележка Крюков ва Урал вагонқурилиш заводи билан ҳамкорликда ишлаб чиқилган бўлиб, камчиликларидан бир қисми бартараф этилган. Ушбу барча тележклар марказий рессора осмаси билан жиҳозланган. УВЗ-10м типидagi с букса осмали уч қўли тележкани Урал вагонзавод ишлаб чиққан, ҳар бир буксада иккитадан иккиярдли фрикцион тебранишни сўндирувчи пружиналар жойлаштирилган. Юқорида айтиб ўтилган барча учўқли тележклар мураккаб конструкция, йўл элементларига оширилган таъсир этувчиларига эга. Шунинг учун улар кенг қўламда фойдаланимайди ва фақатгина чекланган тезлик билан ишга туширилади [11 – 12].

*УВЗ-9м типидagi тележка (1.5-расм.)* уч ўқли конструкциялардан энг яхшиси деб топилган, бунда тўртта қуйма ён рамалар 2 ўзининг чекка учлари билан роликли буксаларга 7, ўртадагилари эча – бланасир 4 орқали доимий равишда таяниб туради.



1.5-расм. УВЗ-9м типдаги учўқли тележка

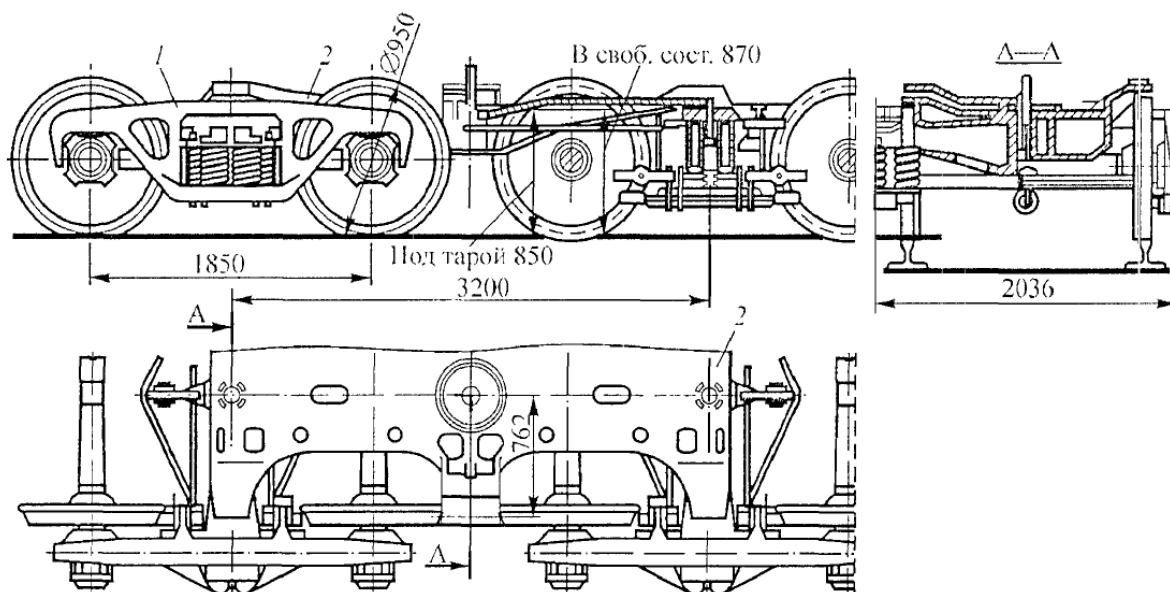
Бундай конструкцияда тележкадан кузовга узатиладиган умумий юклама РУ-950 типдаги учта ғилдирак жуфтлиги орасилда тенг тақсимланади. Марказий осмадаги тўртта рессора комплексларига 3 иккита қўйма рессора устки балкалар 6 таянади, уларда Н-симон қўйма шаклида бўлган шкворенли балка 5 жойлаштирилган. Тормоз ускунасининг 7 ён рамага илинган бажарувчи қисмида тормоз колодкаларини икки томонлама босувчи ўртача ва бир томонли босиладиган чеккадаги ғилдирак жуфтлиги мавжуд.

Рессора осмасининг тўрт комплексларидан ҳар бири тўртта иккиярдли цилиндрсимон пружина ва тебранишни сўндирувчи битта пружина-фрикциядан иборат. Пружиналарни 18-100 модели тележклар билан ўзаро алмаштириш мумкин. Барча қўйма деталлар ён рама, рессора устки балка ва шкворенли балкалар, балансира мустаҳкамлик тайёрланган.

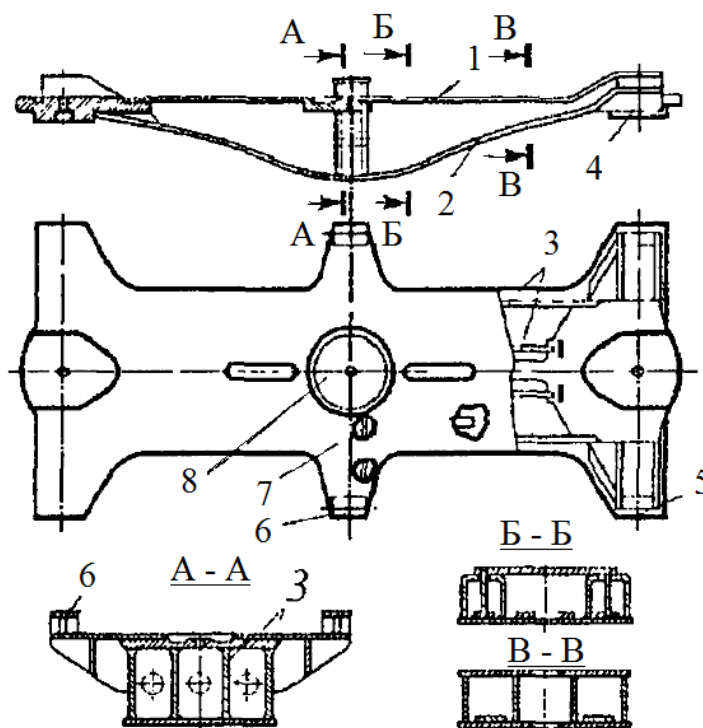
**Тўртўқли тележклар.** Катта юкли, саккизўқли ярим вагон ва цистерналарда, шунингдек транспортерларда қўлланилади. Улар иккита типдаги икки ўқли тележклардан тузилган бўлиб, бириктирувчи балкалар

билан бирлаштирилган. Бунда яримвагондаги бириктирувчи балкалар қуйма, цистерналарда эса – қолипли пайвандланган конструкцияда. Қуйма бириктирувчи балка қутисимон кесимли мартенов пўлатидан худди шундай сифатга эга қолипга солинган шаклда, 18-100 модели тележкадаги ён рама ва рессора устки балкалари каби ишланган. Қолипли пайвандланган балка, шу жумладан пятник ва турумостлиги (подпоятник)лар 09Г2Ф-15 маркадаги пўлатдан ишланган [12].

18-101 модели тележка (1.6-расм) иккита иккиўкли 18-100 модели тележкаларга 1 эга бўлиб, ўзаро бир-бири билан бириктирувчи балка 2 билан боғлиқ. Қуйма билан фарқлаганда энг мақбул конструкциялардан бири қолипли пайвандланган бириктирувчи балкалар варинати бўлиб (1.7-расм), икки копламали элементли элементлар из стали марки 09Г2Д маркадаги пўлатдан иборат, бўйлама 3 ва кўндаланг 7 кирралар бикирлиги, устки 1 қалинлиги 16 мм ва пастки 2 20 мм қалинликдаги листдан тайрёланган.



1.6-расм. Тўртўкли тележка



1.7-расм. Қолипли пайвандланган бириктиривчи балка

Балка паст тмонидаги учлари бўйлаб чекка пятниклар 4 пайвандланган, у иккиўқли араванин турумостлиги (подпоятник)га, юқордан эса – марказий турумостлиги (подпоятник)га 8 таянади, бунинг сабаби тўртўқли тележкага кузовдан юклама узтилшидир. Балка учлари бўйлаб махсус қанотларида икки ўқили тележкларнинг которые располагаются над скользунлари остида жойлашган чекка сколзунларга 5 пайвандланган.

Шунингдек ўрта қисмида қанотларда марказий сколзунлар жойлаштирилган, улар устида вагон кузовинг сколзуны ўрнатилган.

Юк вагонларининг асосий техник хусусиятлари 1.1-жадвалда кетирилган.

Ҳозирги кунда юк вагонлари остида В настоящее время под грузовыми вагонами находятся тележки моделей 18-100, 18-100М, 18-578 модели тележклар ўрнатилган бўлиб, уларнинг аналогически, конструкцияси 1956 йилда ишлаб чиқарилган русумдагидан ЦНИИ-ХЗ-О (18-100 ҳозирда). ЦНИИХЗ-О тележка анча фарқланади. 1926 йил АҚШда ишлаб чиқилган Barber америка

тележкасининг ёмолаштирилган варианты. ЦНИИ-ХЗ-О тележкада 55 йилдан ортиқ фойдаланилган вақт мобайнида таъмирланадиган йиллари 160 минг км гча узайтирилди ва рама ўқи: 1976 йилда лойҳалаштириган юклама 21 дан 22 тс гача оширилди, 1977 йилда – 23 гача, кейинчалик 23,5 тс

1.1-жадвал

Юк вагонаридаги тележкларнинг техник хусусияти

Кўрсаткичлар	Модель					
	18-100	18-115	18-775	8-102	18-101	КВЗ-И2
Тележка массаси, кг	4680	4700	5100	8600	12000	7800
База, м	1,85	1,85	1,85	3,50	3,20	2,40
Йўлга қўйилган тезлик, км/ч	120	140	120	120	120	120
Рессора осмасининг эластиклиги, м/МН	0,125	0,173	0,116	0,148	0,075	0,144
Рессора комплектларининг статик юклама остида букиши, м	0,049	0,068	0,052	0,052	0,050	0,070
Рельс каллаги даражасидан турумостлиги (подпоятник)нинг таянч юзасигага бўлган масофа, м	0,801	0,812	0,810	0,815	0,839	0,805
Рессора осмасининг тури	Бир поғонали, маказий					Икки поғонали

**1.2. Юк вагон тележклараридаги нуқсонларнинг шарҳи ва таҳлили**

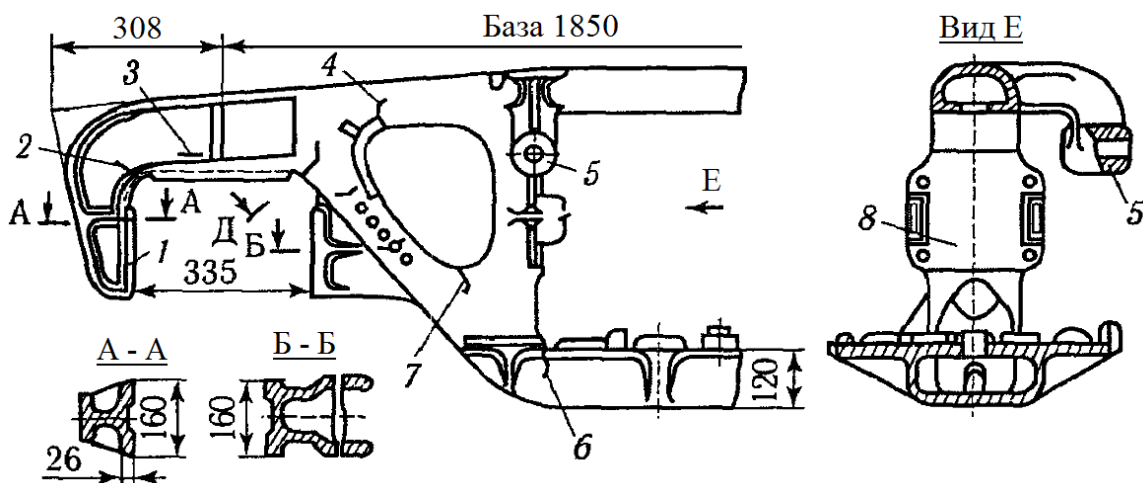
Вагонларни ажратиш маълумотларда жорий режадан ташқари таъмирлашни таҳлил қилиш кўрсаткичлари 12 % атрофидаги вагонлар тележкларнинг йиғиш бирлигида келиши аниқланди. Тележкага таъсир этувчи юкламалар тасодифий хусусиятга эга ва фойдали юклама, ҳаракатланиш тезлиги, йўл ҳолати ва бир қатор омилларга боғлиқ. Шунинг учун рад этишлар ҳам тасодифий хусусиятда бўлади [14].

*Юк тележкасинин ён рамаси.* Юк тележклараридаги ён рамаларнинг барча нуқсонларини икки асосий гуруҳларга ажратиш мумкин: толиқишда пайдо бўладиган нуқсонлар ва ишқаланувчи юзаларнинг

ейилиши. Ушбу нуқсонларнинг тарифланиш ҳолати 4.13-расмда келтирилган.

Бўйлама ёриқлар 3 букса полкалари билан туташиш зонасида вертикал иккитавақали деворли букса полкаси устида асосан қўйма олати бўйича ёпиқ нуқсонлар ҳосил бўлади – киритиш раковиналарида ғовак блиши.

2, 4, 7 ёриқлар толиқишли хусусиятга эга. 2 ёриқлар букса оралик бурчакларида ҳосил бўлади. Бунда агар ташқи бурчакга 46 % барча толиқишли бузилишлар келса, у ҳолда букса оралик бурчагига рама бўйича 34 % барча ёриқлар тўғри келади. Ҳар қандай бурчак кучланиш концентрация зонаси ҳисобланади. Улар ён рамаларни тайёрлашда сифатли қопалаш ва қуйишда муракаб бўлиб, букса орқалик зонасини ҳисобга олишда букса оралиғидаи рессора устки ён рама ўта атта кучланишдаги рамаларн бири, унинг учун бунда кўпича толиқишдаги бузилишлар содир бўлади. Бундан ташқри букса ралик зонасинин ташқи бурчагида ёриқларнинг пайдо бўли сабаби тепаликда ваонларни секилштириб тормозланишида ва ошриг телик билан вагонларнинг заро урилиши натижасида ҳосил бўлувчи бўлама кучдир.



4.13-расм. Ён рамалардаги нуқсонлар

Туташмаган қопиқ кўринишида бўлган ён раманинг қияликдаги поясларида ёриқлар 7, 4 кўпинчакесикнинг ички бўртиқларидан пайдо бўлади.

Рессора орқалик бурчагидаги ёриқлар биқирлик қирраси ёки дерзани қуйишдан бошланади. Бундай турдаги ёриқлар н раманинг пастки поясига таъсир этувчи пружиналарнинг кучайиши натижасида

пайдо бўлади, бунда рессора оралик бурчагини очилиб кетишига олиб келади.

2, 4, 7 ёриқлар кўндаланг ёриқ бўлиб, ҳаракатланиш хавфсизлигига хавф туғдиради ва шунинг учун бундай нуқсонли ён рамалар қайта тикланмайди, улар бакка чиқарилади.

Ёриқларни кўзга кўринмайдиган ҳолатлари текширилади, режалаштирилган таъмирлаш ишларида эса рангли, цветной, вихретокли ёки феррозонд дефектоскопии ёрдамида аниқланади.

Ён рамаларининг бошқа нуқсонлар гуруҳига ишқаланувчи юзалар киради. Йўналтирувчи букса 1 юзасининг ейилиши букса билан корпуснинг ўзаро таъсир этиши натижасида пайдо бўлади. Ушбу ейилишлар ён рама ва букса корпуси орасидаги тешикка тахсир этади [15].

*Фрикцион планкаларнинг бузилиши.* Фойдаланишда клин (пўна)ларнинг жойлаштирилиши натижасида фрикцион планкаларнинг ейилиши ва уларнинг ишқаланувчи юзаларида чуқурликлар пайдо бўлиши мумкин.

Ейилиш натижасида пайдо бўлган бўртиқлар, йўл томонидан кчларнинг тойилиш қиймати катта бўлганда клин (пўна)ларни ўрнатиш чекланади ва чуқурликнинг пастки чеккаларига фрикцион клин (пўна)нинг қаттиқ урилишини келтириб чиқаради. Бу кўпинча фрикцион планкаларнинг бўшаб қолиши ва тикин (заклепка)ларнинг чиқиб кетишига сабаб бўлади.

*Фрикцион клин (пўна)ларнинг бузилиши.* изнашиваются по вертикальной плоскости о фрикцион планкага вертикал юза бўйлаб фрикцион клин (пўна)лар ейилади, эгилувчи юзалар эса рессора устки балкасида. Иккала юзалар бир текисликда ейилмайди.

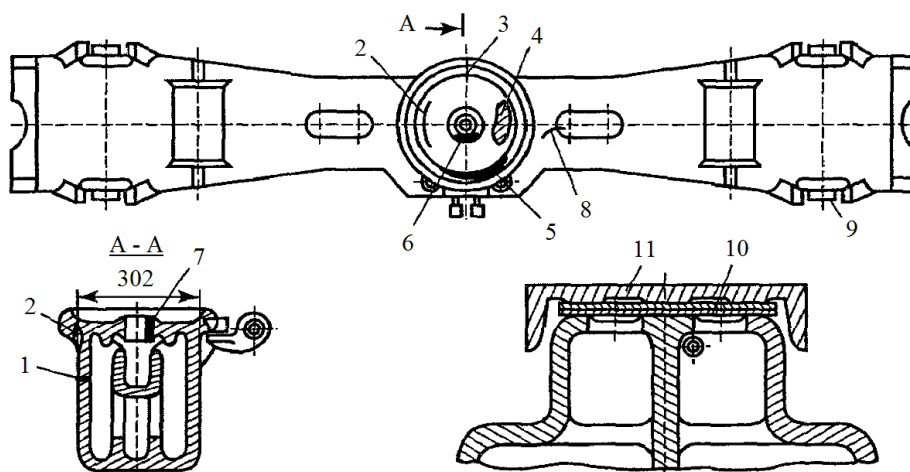
Вертикал юза чеккалари бўйлаб кўпроқ ўртасида эса камроқ ейилади. Вагон ҳаракатланганда ён рамаларнинг ўзаро югуриши (юриши) натижасида бўлади. Эгилувчи юза интенсив равишда энг кам ейилади, лекин у ҳам бир текис ейилмайди. Тахлил кўрсаткичларига кўра фрикцион клин (пўна)лар ейилиши вақт давомида катталашади.

*Рессора устки балкаларнинг бузилиши.* Ҳозирги кунда вагон паркидан фойдаланиш вагонларнинг юк кўтариш ҳажмини ва юқори тезликда ҳаракатланишни ошириш натижаларини беради. Тўғри участкалар бўйлаб ҳаракатланганда ҳам  $V=11$  м/с инерция кучи

подпятникнинг текис юзасидан пятникдан узилиш учун қийматларга етади.

Натижада пятникнинг чекаларига таяниши ва и перераспределение нагрузок по подпятник бўйича юкланишларни қайта тақсимланиши ва шунга биноан, подпятниклар зонасида бузилишлар кўпайиши ҳолатлари пайдо бўлиши мумкин. 4.14-расмда подпятникнинг толиқиш хусусиятлари келтирилган.

Таянч колонкалардаги ёриқлар 1 куйма ҳолатидаги нуқсонлар натижасидир. Халқадаги ёриқлар 2 являються следствием краевого опирания а на подпятникга пятник чеккалари бўйлаб таяниши, айниқса вагон кузовида шамол кучланиши ва марказий таъсирлар остида пайдо бўлади. Кзпинча ушбу ёриқлар вагоннинг кўндаланг ўқида жойлаштирилган. Как правило, эти трещины зарождаются в зонах подпятник зонасида ҳосил бўлади.



4.14-расм. Рессора устки балкаларнинг ейилиши ва бузилиши

Ташқи бортдаги ёриқлар 3 кўпинча вагоннинг бўйлама кесимларида пятник билан ўзаро таъсирда бўлувчи ички юзаларнинг маълум даражадаги ейилиши натижасидир.

Рессора устки балкаларни текшириш натижасида қуйидагилар маълум бўлди, подпятникларнинг 4, таянч юзалари, ташқи 5 ва ички 6 бўртиқларнинг тақалиш юзаларининг ейилиши кескин катталашиб борди. Бу пятникнинг подпятникда жойлаштиришдаги интенсивлиги ошиш натижасидир.

Ташқи 5 ва ички 6 бўртиқларнинг ейилиши вагоннинг бўйлама ўқи бўйича ёрқин тасвирга эга серп шаклидаги кўринишда бўлади.

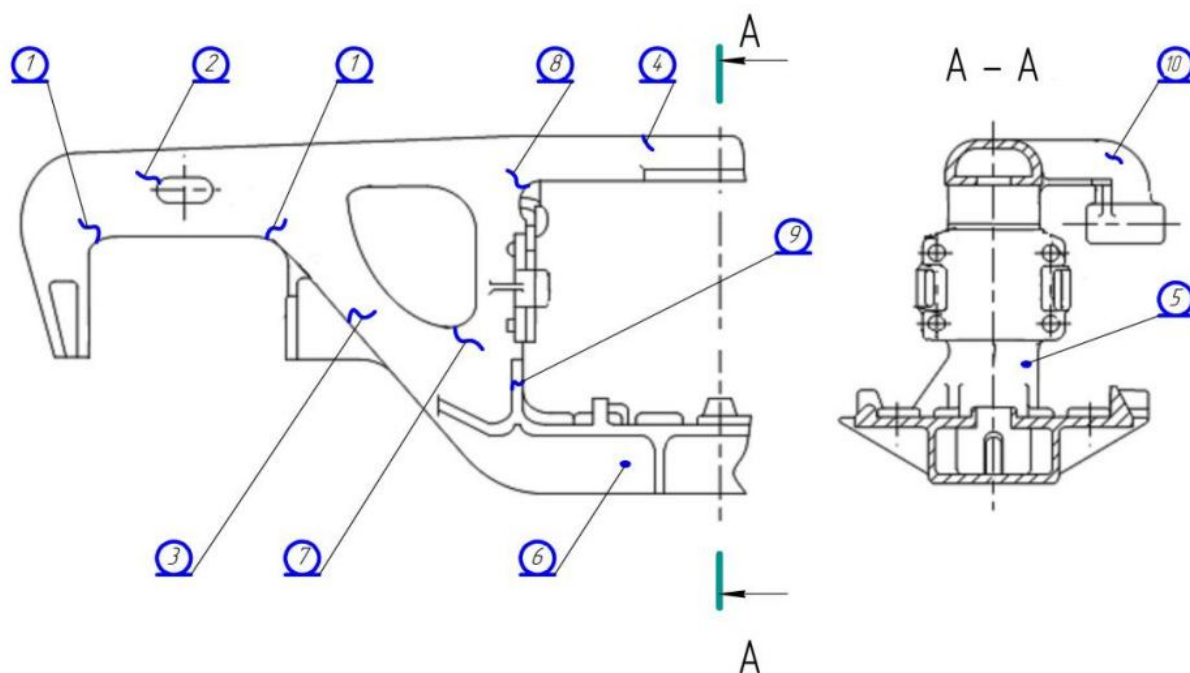
Бортнинг синиб кетиши вагоннинг бўйлама ўқида ориентацияда бўлади ва бўйлама кучлар таъсири остида бортнинг маълум даражада ейилиш нороитлари билан ҳосил бўлади.

Шунингдек 7 учун технологик дарчадан келувчи юқори камаридаги бўйлама ёриқлар 8, эгилувчи юзадаги ейилишлар 9 ва скользуннинг 10 кўчма қалпоғи юзасининг ишқаланиши натижасида ейилиши.

Тележка ва рама скользунлари орасидаги тешикларни регулировка қилиш ишлари турлича ёриқларга эга бўлган алмаштирилувчи прокладкаларни 11 қўйиш билан белгиланади [16].

Тадқиқот ишида [17] 18-100 модели юк вагонларидаги қуйма деталларнинг брак бўлган ҳолатлари фойдаланишда аналоглар бўйича келтирилган.

Фойдаланишда ён рамаларнинг брак бўлиш мезонлари 2-расм ва 1-жадвалда келтирилган.

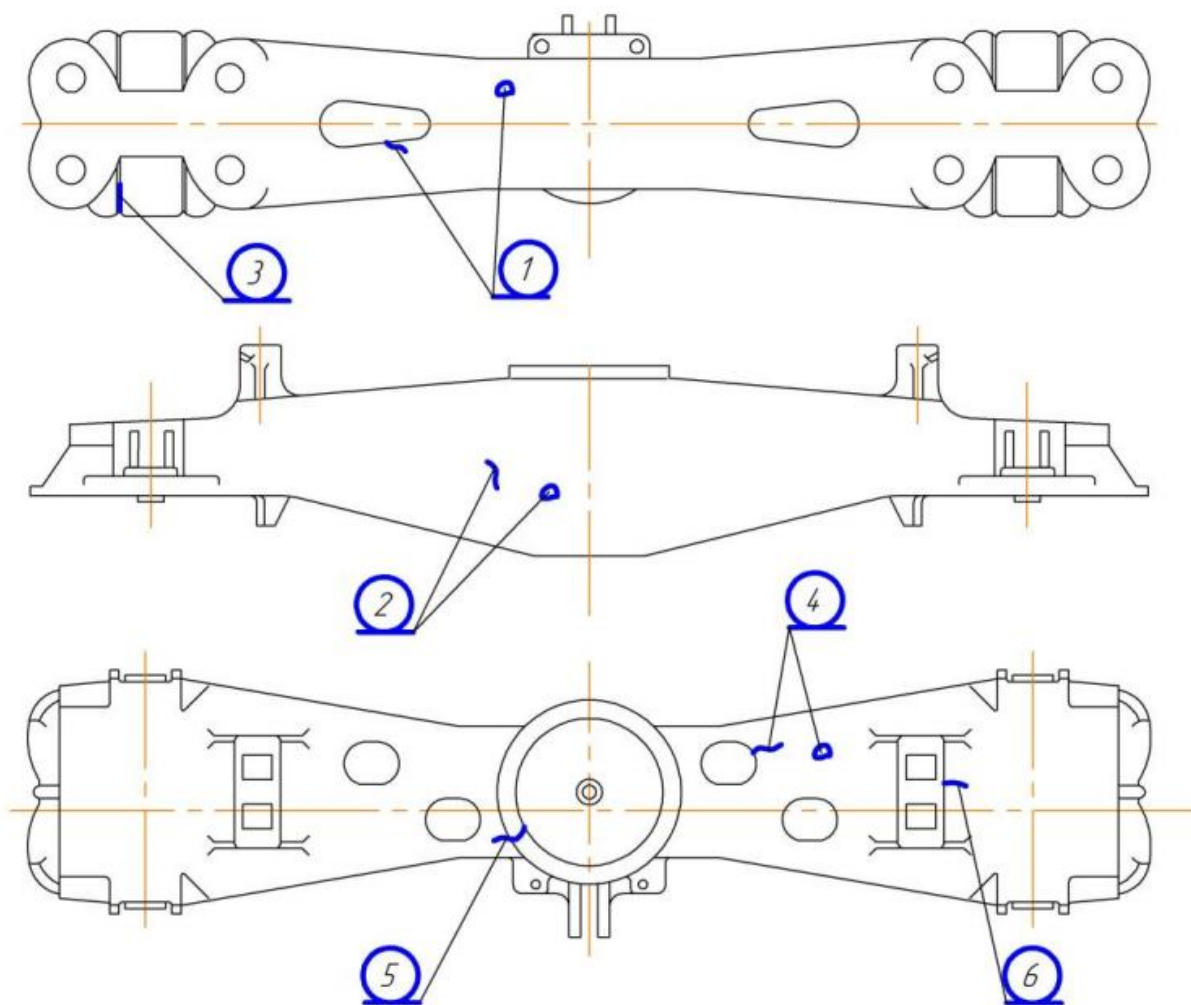


2-расм. Ён рамадаги нуқсонлар

## Фойдаланишда ён рамаларнинг брак бўлиш мезонлари

Назорат зонаси		Браклар ўлчами
№ поз.	Юзаси	
1	Букса бўшлиғидаги радиуслар зонаси R55	Ҳар қандай визуал ажратиладиган нуқсонлар келиб чиқишидан қатъий назар, пайвандлаш-кавшарлаш ишларидан кейинги ҳолати
2	Консол қисми	Ёриқлар, очиқ қуйма нуқсонлар, қандай бўлишга қараб
3	Эгилувчи камар	Ёриқлар, очиқ қуйма нуқсонлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
4	Устки камар	Ёриқлар, очиқ қуйма нуқсонлар, ўлчамларига қараб
5	Рессора бўшлиғидаги устун	Ёриқлар, очиқ қуйма нуқсонлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
6	Пастки камар	Ёриқлар, очиқ қуйма нуқсонлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
7	Чеккаларидаги технологик тешик	Ёриқлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
8	Рессора бўшлиғидаги бурчак	Ёриқлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
9	Рессора бўшлиғидаги кирраларнинг кучланиши	Ёриқлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
10	Кронштейннинг триангел осмаси	Ёриқлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб

Фойдаланишда рессора устки балкаларнинг брак бўлиш мезонлари 3-расм ва 2-жадвалда келтирилган.



3-расм. Рессора устки балкасидаги нуқсонлар

2-жадвал

Фойдаланишда рессора устки балкаларнинг брак бўлиш мезонлари

Назорат зонаси		Браклар ўлчами
№ поз.	Юзаси	
1	Пастки камар	Ёриқлар, очик қуйма нуқсонлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
2	Ён деворлари	Ёриқлар, очик қуйма нуқсонлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб
3	Эгилувчи камар	Ёриқлар, очик қуйма нуқсонлар, ўлчамлар

		қандай бўлишга қараб
4	Устки камар	Ёриқлар, очик қуйма нуқсонлар, ўлчамларига қараб
5	Подпятникнинг ташқи бўрти	Кўринадиган қисмидаги ёриқлар, ўлчамлар қандай бўлишига қараб
6	Скользунлар таянчи	Ёриқлар, ўлчамлар қандай бўлишга қараб

### **1.3. биринчи боб бўйича хулоса. Тадқиқот йўналтирилган мақсади, вазифаси ва йўналиши**

Биринчи бобда юк вагонларнинг тележка конструкциясининг шархи ва тахлили олиб борилган. Замонавий юк вагонлари икки-, уч- ва тўрт ўқли тележкаларга эга бўлиб, катта юкли транспортерлар юқорида айтиб ўтилган конструкция тўпламидан ташкил этилган кўп ўқли тележкалар ўрганиб чиқилган. Юк вагонларининг тележка узелларининг конструкцияси, яъни ён рама, рессора устки балкаси, бириктирувчи балка, рессора осмаси, ва шу кабилар келтириб ўтилган. Тележканинг техник хусусиятлари намуна сифатида келтирилган. Шунингдек биринчи бобда нуқсонларнинг пайдо бўлиш эҳтимоли ва уларни сабаблари баён этилган.

Пружиналарни 18-100 модели тележкалар билан ўзаро алмаштириш мумкин. Барча қуйма деталлар ён рама, рессора устки балка ва шквоернли балкалар, балансирлар мустаҳкамлик тайёрланган. 18-100 модели юк вагонларидаги қуйма деталларнинг брак бўлган ҳолатлари фойдаланишда аналоглар бўйича келтирилган.

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.

Қўйилган масалаларни ҳал этишда назарий тадқиқотларга таяниб махсус ихтисослаштирилган дастурлар бўйича компьютерда замонавий охириги-элементларни тадбиқ этувчи усуллардан фойдаланиб ҳисоблаш амалларини бажариш режалаштирилган.

**II-БОБ. 18-100 модели тележкада юзага келиши мумкин бўлган  
нуқсонларни аниқлаш бўйича тадқиқотлар назарияси**

Ушбу назарий тадқиқот иши рессора устки балкаи боковой рамы тележек грузовых вагонов 18-100 модели модели юк вағонидаги тележка рамасининг рессора устки ва ён рамаларида юзага келиши мумкин бўлган нуқсонларни аниқлаш ва талабларга мувофиқ тарзда олиб борилди [18] ва иккита ҳисоблаш режимида баҳоланди:

– биринчи ҳисоблаш режими бўйича экстремал юкламанинг биринчи ҳисоблаш режими бўйича камдан-кам учрайдиган қиёсланиш нисбати кўриб чиқилди. Ушбу режим бўйича мустаҳкамлигини ҳисоблаш бўйича асосий талаблар – узел ёки деталлардаги қолдиқ деформация (шикастланиш)лар юзага келишига йўл қўймаслик. Фойдаланишда биринчи режим бўйича ҳисоблаш қуйидагиларга мос келади: оғир юкли таркибни кўйиш (осаживание) ва жойидан кўзғатиш; маневр вақтида вагонларнинг ўзаро бири-бирига урилиши, шу жумладан саралаш тепаликларга чиқариш; кичик ҳаракат тезлигида поездларнинг шошилинич тормозланиши.

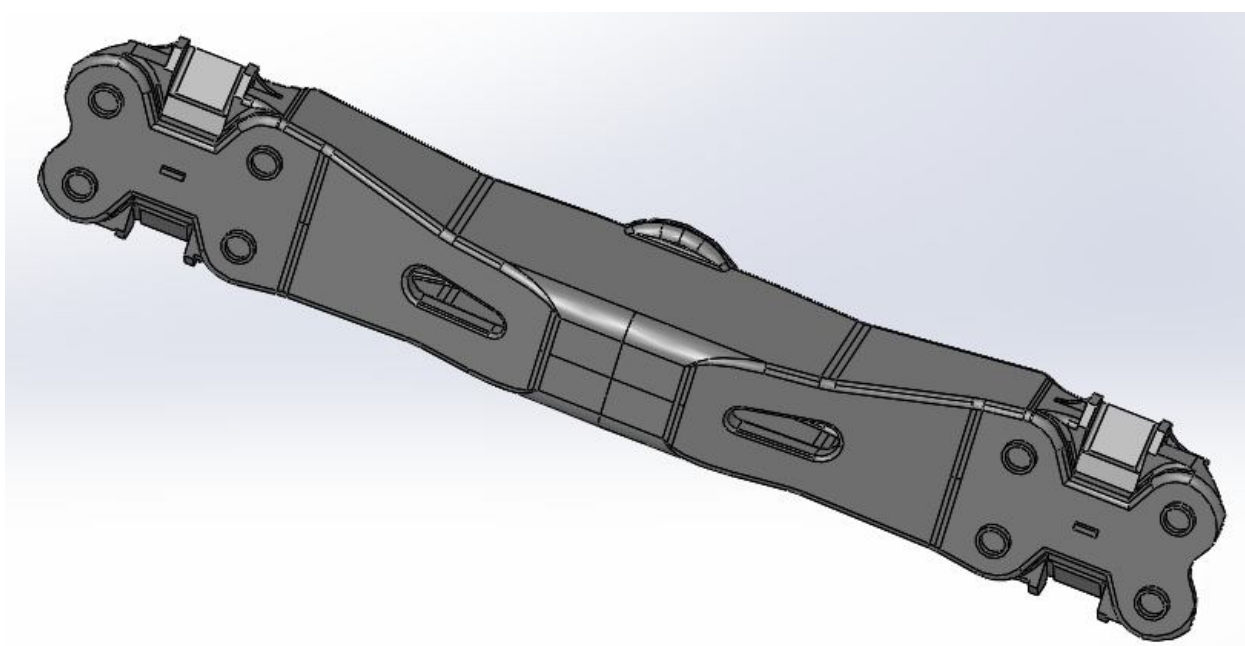
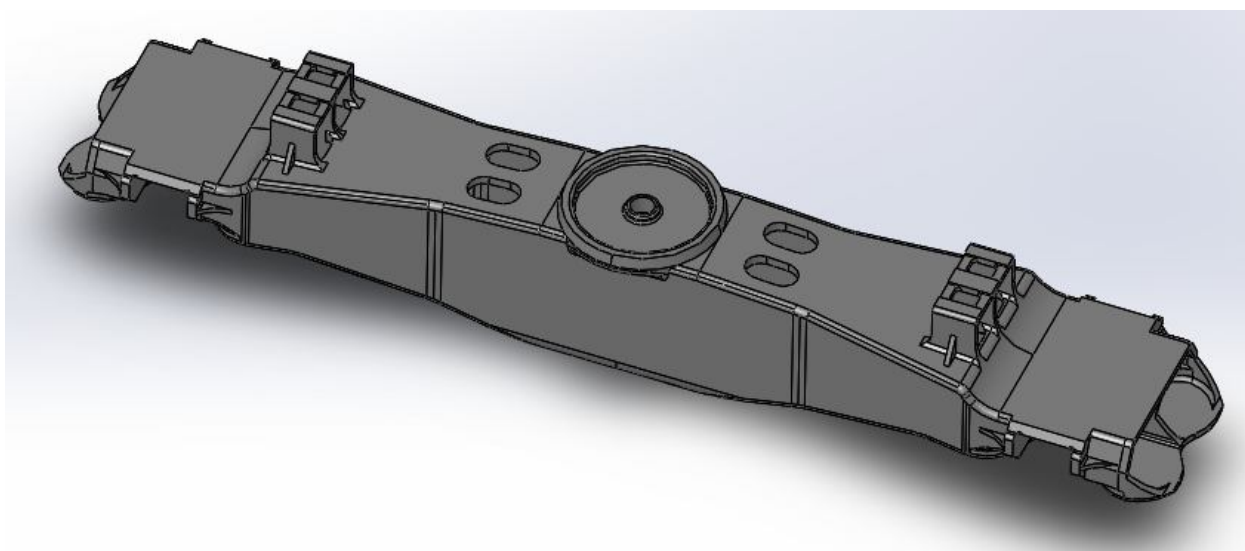
– ҳаракатланувчи поезддаги нормал ишлайдиган вагонлар учун характерга эга бўлган учинчи ҳисоблаш режими бўйича юкларнинг қийматлари бўйича мўътадил аксарият мумкин бўлган қиёсланиш нисбати кўриб чиқилди. Ушбу режим бўйича ҳисоблашда қўйиладиган асосий талаблар – узел ёки деталларда толиқишдаги бузилишларга йўл қўймаслик. Фойдаланиш шароитларида учинчи ҳисоблаш режими поезд таркибидаги вагонларнинг тўғри ва эгри йўлли участкалар ва йўлга қўйилган тезлик билан стрелкали ўтказгичлар бўйлаб конструктивлигигача ҳаракатланиш ҳолатига мос келади; даврий хизмат кўрсатувчи тормозланишни регулировкалаш; мўътадил даврий сакраш ва силкинишларда; механизм ва вагон узелларининг штатда ишлаши.

Ҳисоблаш амаллари охириги-элемент усуллари билан бажарилди.

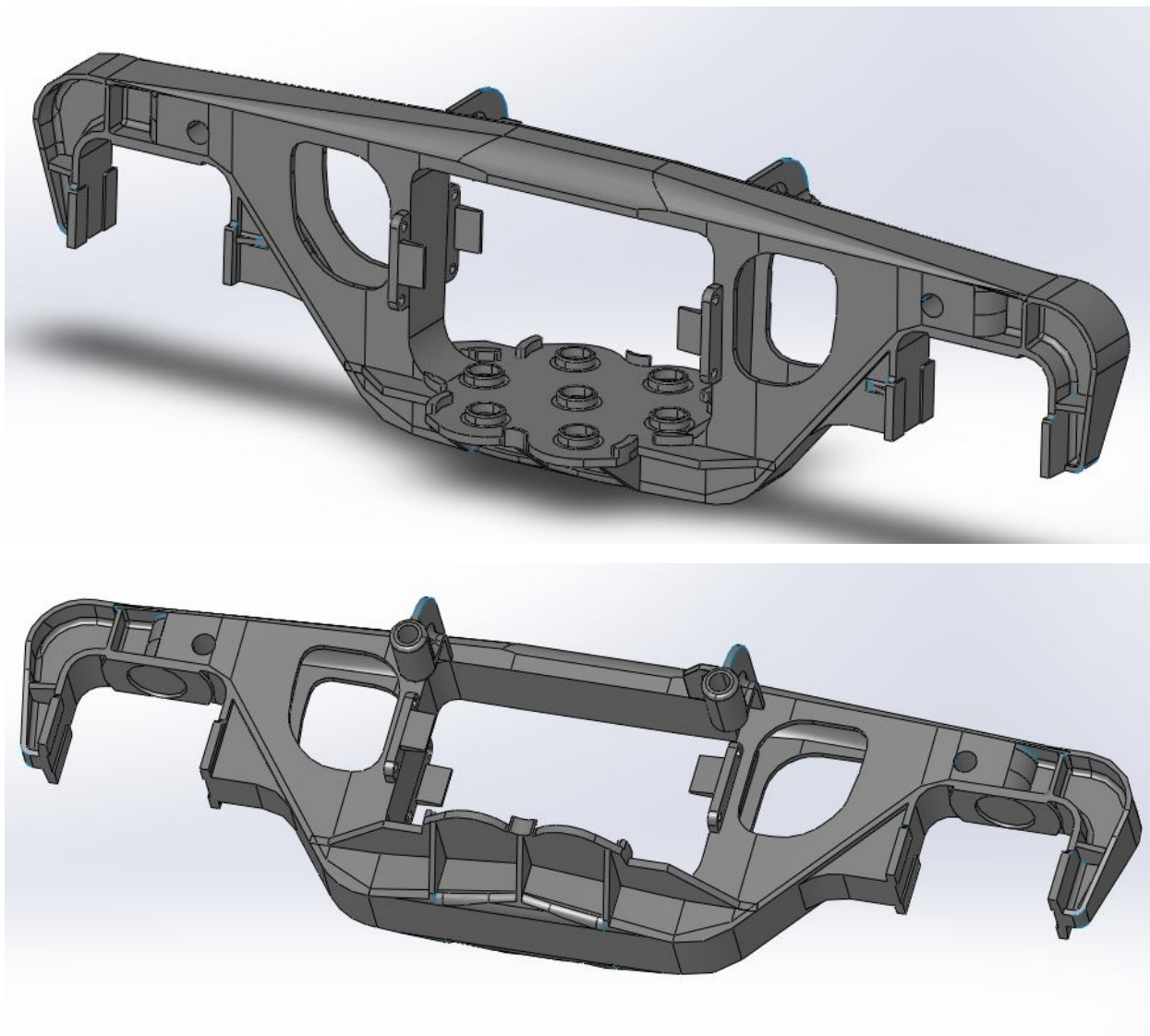
Мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун қуйма рессора устки балка ва 18-100 модели тележканинг ён рамасининг уч ўлчовли конструкция моделидан фойдаланилди, 2.1 – 2.2-расмларда келтирилган.

## 2.1. 18-100 модели тележка элементи моделини ишлаб чиқиш

18-100 модели тележкада юзага келиш эҳтимоли бўлган нуқсонларни аниқлаш бўйича назарий тадқиқот ишларини бажариш учун юк вағонидаги 18-100 модели юк рессора устки рама ва ён рамаларининг бикиржисмли компьютер модели ишлаб чиқилди. Рессора устки балканинг уч ўлчовли модели ва 18-100 модели тележкадаги рессора устки рама ва ён рамаларнинг уч ўлчовли модели муҳандислик SolidWorks дастуридан фойдаланиб ишлаб чиқилди [19-22].



2.1-расм. 18-100 модели тележканинг рессора устки балканинг уч ўлчовли



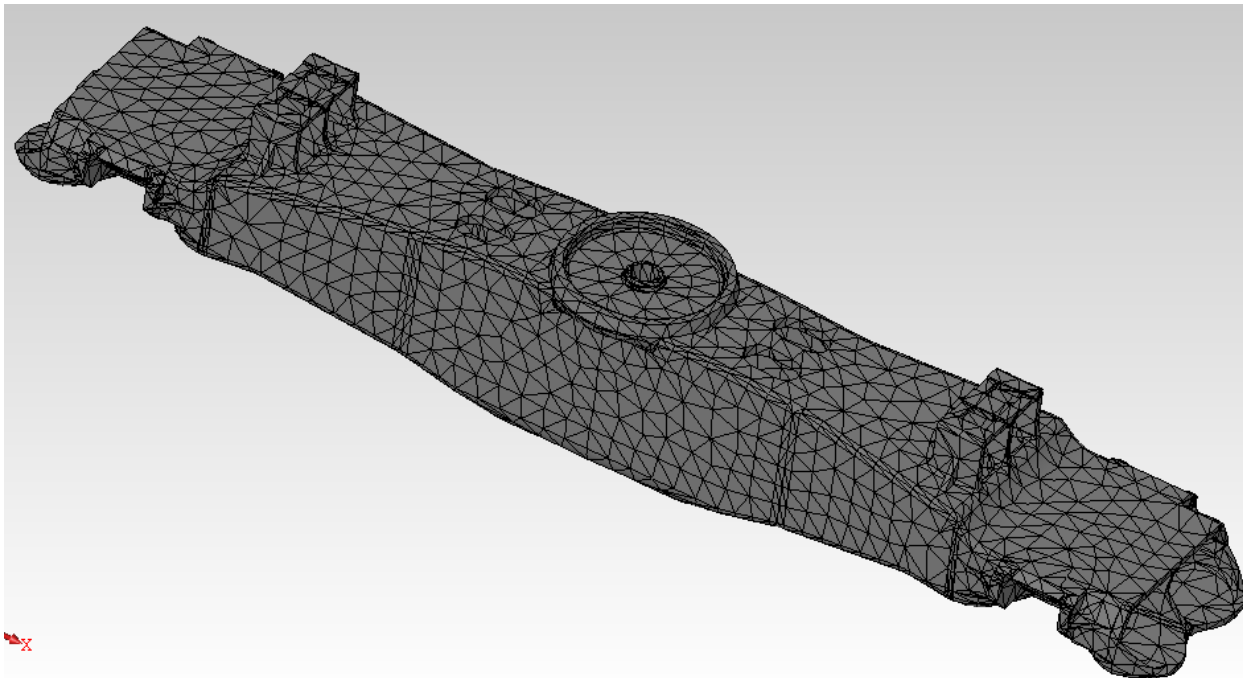
2.2-расм. 18-100 модели тележкадаги ён раманинг уч ўлчовли модели

## 2.2. Ҳисоблаш схемасини ишлаб чиқиш

Тележкадаги рессора устки балка ва ён рамаларнинг статик мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун охириги-элемент модели ишлаб чиқилди (2.3 ва 2.4-расмлар). Ҳисоблаш учун 20 узелли ҳажмли парабolik охириги элементлардан фойдаланилди. Тележкадаги рессора устки тўсиннинг охириги-элемент модели ўз ичига 45621 элемент ва 75643 узелларни олган, шунингдек ён рамадаги охириги-элемент модел – 85642 элементи ва 143516

узелларни ташкил этди.

Талабларга мувофиқ [18], эластик модул учун пўлат  $2,1 \cdot 10^5$  МПа га тенг деб қабул қилинди, Пуассон коэффиценти 0,3.



2.3-расм. 18-100 тележкадаги рессора устки балкасида охирги-элемент модели

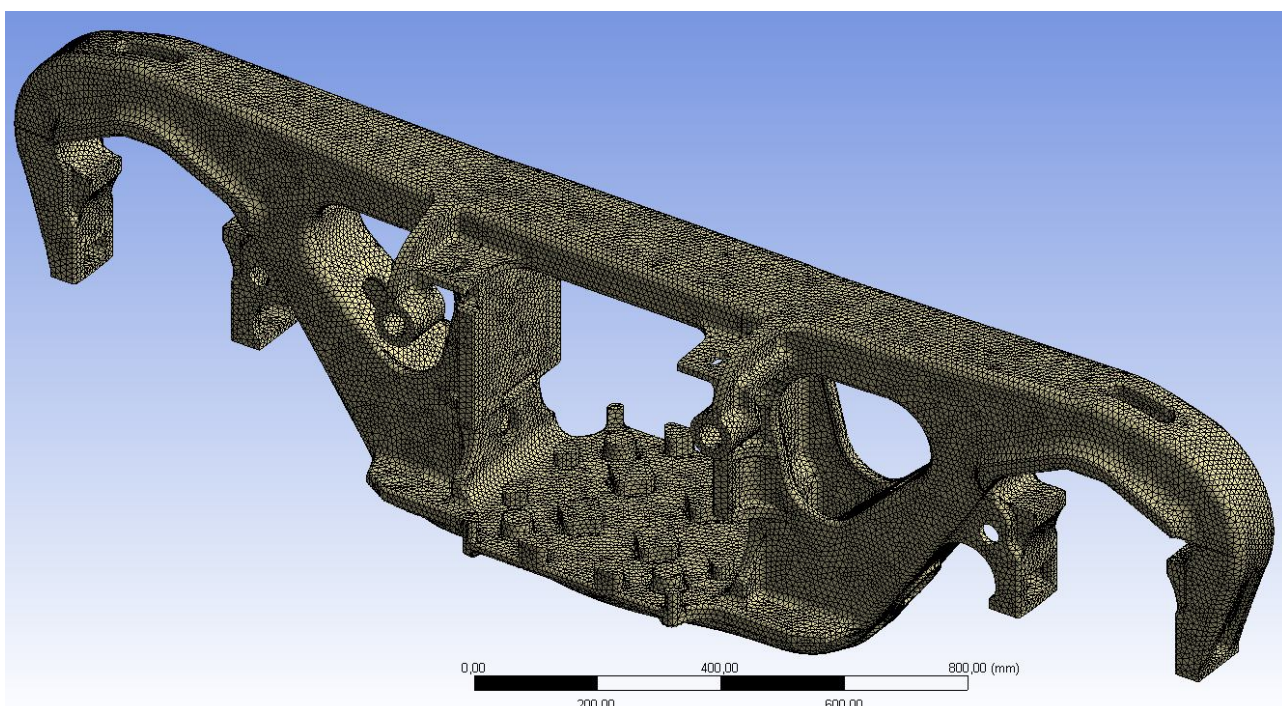
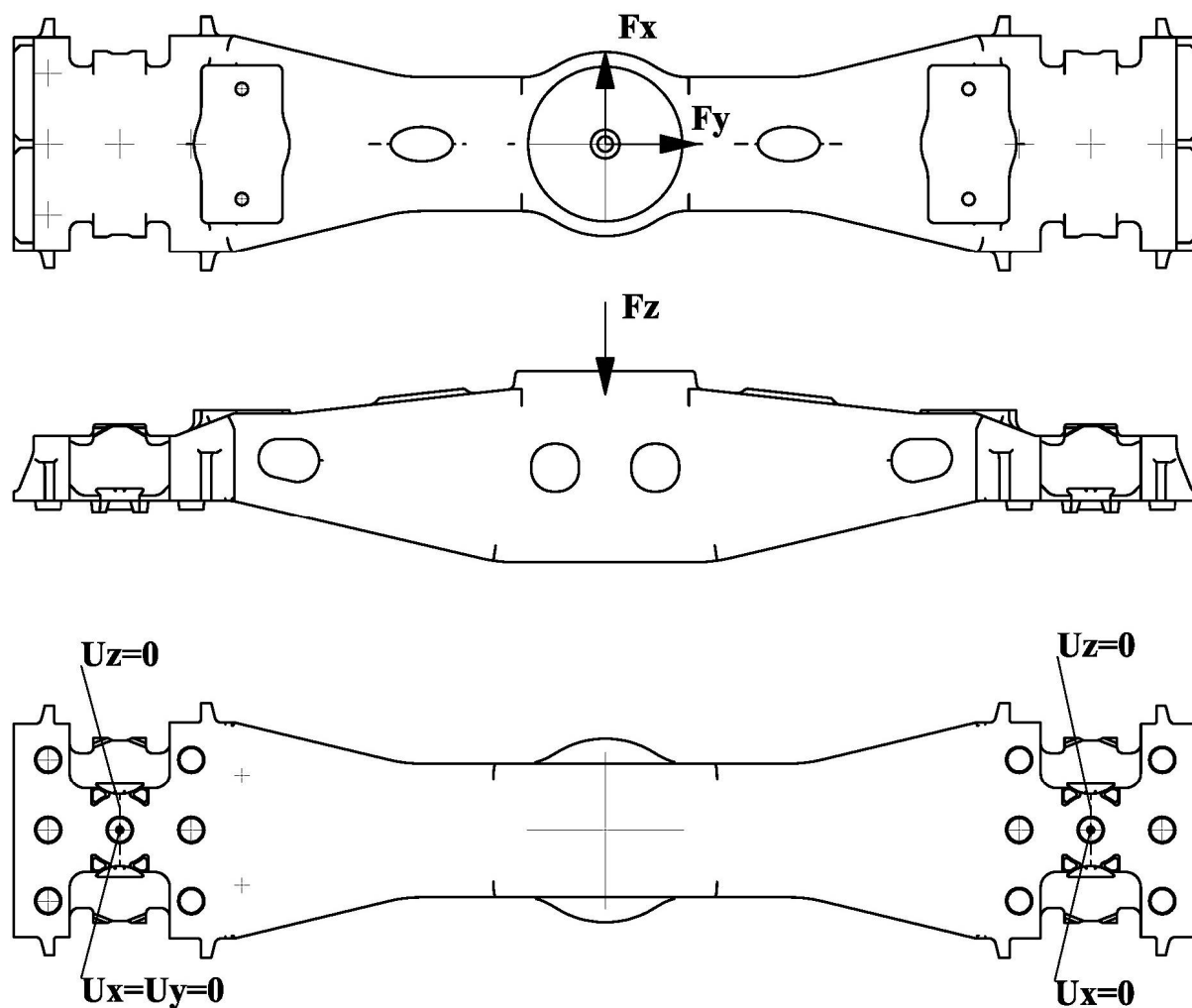
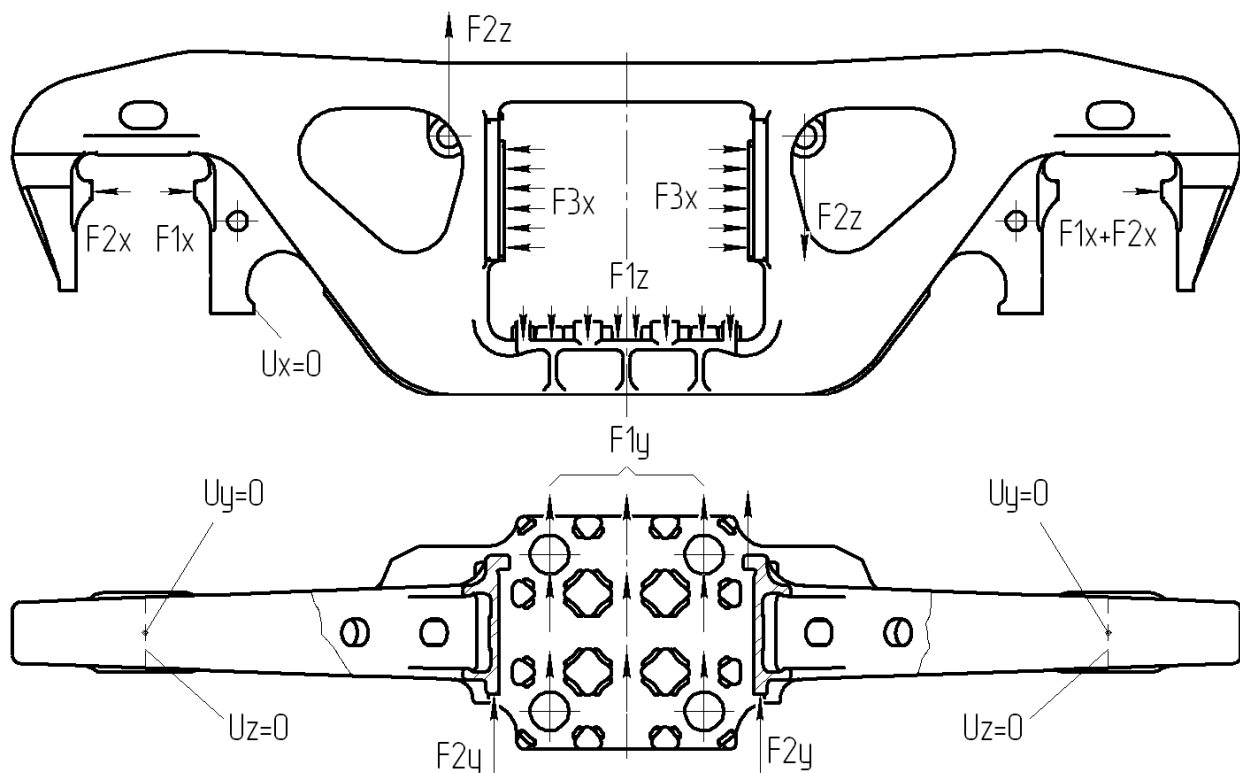


Рис. 2.4. 18-100 тележкадаги ён рамада охирги-элемент модели

Рессора устки балка ва ён рамага таъсир этувчи юклама ва чегара шартлари 2.5 ва 2.6-расмларда келтирилган.



2.5-расм. Рессора устки балкани статик мустаҳкамлигини ҳисболаш учун кинематик масалалар ва куч чегара шартларининг схемаси



2.6-расм. Ён раманинг статик мустаҳкамлигини ҳисоблаш учун кинематик масалалар ва куч чегара шартларининг схемаси

Берилган чегара шартлари бўйича:

- рессора устки балкасини маҳкамлашда вертикал жойлаштириш рессора осмаси пружинанинг таянч зонасида линиянинг пастки линиясида жойлаштирилган ҳолати бўйича бажарилган;
- рессора осмасини иккала томони билан таяниш зонасининг нуқтасида жойлаштириш ишлари бўйлама рессора устки балкадан олиб бажарилди;
- рессора устки осмасининг пружинасидаги таянч нуқта зонасида жойлаштириш ишлари рессора устки балкадан олиб маҳкамланган;
- тақсимланган юклама сифатида подпятник ва ён скользягга қўйиладиган вертикал куч;
- подпятник юзасига қўйиладиган бўйлама ва кўндаланг куч (тақсимланган юклама каби).

Ҳисоблаш схемасида букса амортизатори ва “жағ”лар тиргагида ўхшатишган (имитация) вертикал ва кўндаланг жойлаштириш элементлар билан чекланган. Бўйлама жойлашувлар ён раманинг букса оралиғидаги таянч юзасида чекланган.

Вертикал ва кўндаланг юкламалар марказий рессора осмасининг таянч юзасига қўйилган. Биринчи режимда – юкламаларнинг иккинчи қиёсланиши рессора устки балканинг планкалари бўйлаб кўндаланг чекловчи кучига қўйилган. Учинчи режимда часть вертикал кучларнинг бир қисми тормоз осмасига кронштейнга қўйилган. Бўйлама юкламалар марказий рессора оралиғининг таянч колонкаларида чекланувчи букса оралиғидаги планкаларга қўйилган.

Талабларга биноан рессора устки балка ва ён рама меъёрлаштирилган ёки меъёрлаштирилмаган 20ГЛ пўлатдан тайёрланган. Талаблар бўйича [18], меъёрлаштирилган 20ГЛ пўлатдаги қуймаларнинг оқимлик чегараси 294 МПа. Шунга биноан йўлга қўйилган 20 ГЛ пўлат учун кучланиш I-1, I-2, I-3 режимларда 250 МПа, III режимда – 140 МПа ни ташкил этади.

### **2.3. Тележка юзага келиш эҳтимоли бўлган нуқсонларни аниқлаш ва мустаҳкамлигини ҳисоблаш**

Талабларга биноан юклама қиймати [18] ўқ юкламаси учун ҳисоблаш амалларида 23,5 тс ни ташкил этди. Тележканинг рессора устки балкаси ва ён рамасига таъсир этувчи юкламани биринчи ва учинчи ҳисоблаш режимида аниқлаш йиғиндилари 2.4-жадвалда келтирилган [18].

Биринчи ҳисоблаш режимида тележканинг рессора устки балкаси ва ён рамасига таъсир этувчи юкламанинг учта эҳтимолий қийматлари кўриб чиқилди:

– вагон кузовининг оғирлик кучи брутто ва бўйлама куч таъсири остида кузов инерциясига вертикал қўшимчалар (вагонга таъсир этувчи бўйлама куч қийматларидан келиб чиқиб ўрганилган, 3,5 МН) ва клин

(пўна)ларнинг айри кучлар. Йўлга қўйилган кучланишлар ушбу бирикмалар материалларнинг жорий келиш чегарасида 0,85 тенг деб белгилаб олинган.

– вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, 50% кузов инерция бўйлама кучига таъсир этувчи вертикал қўшимчалар (вагонга таъсир этувчи бўйлама куч қийматларидан келиб чиқиб ўрганилган, 3,5 МН), клин (пўна)ларнинг айри кучлар, кўндаланг ташкил этувчи бўйлама квазистатик куч ва тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи. Йўлга қўйилган кучланишлар ушбу бирикмалар материалларнинг жорий келиш чегарасида 0,85 тенг деб белгилаб олинган.

– вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, клин (пўна)ларнинг айри кучлар, юкланган вагонларда баланд-паст тепаликлардаги вагон ўрнини босувчилар сабабли юзага келувчи тормозланиш, тележка рамасининг йўналтирувчи элементлари билан ғилдирак жуфтлиги буксаларининг ўзаро таъсир этувчи кучлари,. Йўлга қўйилган кучланишлар ушбу бирикмалар материалларнинг жорий келиш чегарасида 0,85 тенг деб белгилаб олинган.

Бир юклама бирикмаларида кўриб чиқилган учинчи ҳисоблаш режими:

– вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи, клин (пўна)ларнинг айри кучлар, вертикал динамик юклама ва вагоннинг қияликда ҳаракатланишида юзага келувчи марказий куч, тормоз колодкаларига таъсир этувчи куч. Ушбу бирикмаларда йўлга қўйилган кучланиш 140 МПа га тенг.

### **2.3.1. Тележканинг рессора устки балкасининг мутсҳкамлигини ҳисоблаш**

I режим бўйича (биринчи бирикма) юкламаларни ҳисоблаш.

Вагон кузовининг тележка рессора устки балкасига таъсир этувчи оғирлик кучи брутто, ўқга йўлга қўйилган кучланишдан аниқланади (23,5 тс) ва тележка оғирлиги формула асосида:

$$P_{CT,H} = \frac{P_0 n - 2P_T}{2}, \quad (2.1)$$

бу ерда  $P_0$  – ўкга максимал йўлга қўйилган кучланиш,  $P_0 = 230$  кН;

$n$  – вагон ўқларининг сони,  $n = 4$ ;

$P_T$  – тележк оғирлиги,  $P_T = 46,55$  кН.

(2.1) формулага қийматларни қўйиб,  $P_{CT,H} = 413,45$  кН оламиз.

Кузовга бўйлама инерция кучидан рессора устки балкасига таъсир этишида вертикал қўшимчалар формула асосида аниқланади:

$$P_{Z,H} = N_{ИК,H} \cdot \frac{h_K}{2l}, \quad (2.2)$$

бу ерда  $N_{ИК,H}$  – рессора устки балкага таъсир этувчи кузовнинг бўйлама инерция кучи, брутто:

$$N_{ИК,H} = N \cdot \frac{P_0 n - 2P_T}{P_0 n}, \quad (2.3)$$

$h_K$  – автотиркама ўқигача вагон кузовидаги оғирлик марказининг масофаси. Намунавийга яқин бўлган тўртўқли юк вагонларининг келтирилган тавсияларга мувофиқ тарзда [18], вагон кузовининг оғирлик марказидан ғилдирак жуфтлиги ўқигача бўлган масофа 2,0 м деб қабул қилинади. Шундан келиб чиқиб  $h_K = 1,4$  м бўлади;

$2l$  – вагоннинг минимал базаси,  $2l = 7,8$  м;

$N$  – автотиркамага берилган ташқи бўйлама зарба кучи ёки сакраши. Унга биноан  $N = 3,5$  МН [18].

(2.2) – (2.3) формулаларга қийматларни қўйиб,  $P_{Z,H} = 564,634$  кН оламиз.

I режим бўйича (иккинчи бирикма) юкламаларни ҳисоблаш.

Иккинчи қиёсланишда тележкага вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, кузов инерциясидан 50% бўйлама кучига таъсир этувчи вертикал қўшимчалар (вагонга таъсир этувчи бўйлама куч қийматларидан олинган, 3,5 МН), кўндаланг ташкил этувчи бўйлама квазистатик куч, тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи таъсир этади.

Вагон кузовининг оғирлик кучи брутто (2.1) формула бўйича, кузовга бўйлама инерция кучининг таъсир этувчи вертикал қўшимчаси –(2.2) - (2.3) формулалар бўйича аниқланади (50 % кўйилади).

Қуйи тезликда ҳаракатланишида ва маневр ишларида вагонлар орасида пайдо бўладиган тележкага (ёки рессора устки балка) таъсир этувчи кўндаланг ташкил этувчи бўйлама квазистатик куч, формула бўйича ҳисобланади:

$$H = N \cdot \left[ \frac{\delta \cdot L}{l^2} \cdot \left( 1 + \frac{L}{a} \right) + \frac{L_C}{R} \right], \quad (2.4)$$

- бу ерда  $N$  – автотиркама корпуси ўқи бўйлаб қўйилган квазистатик куч, 2,5 МН га тенг;
- $R$  – эгри радиус, 250 м;
- $2l, 2L, 2L_C$  – вагон базаси, автотиркаманинг таянч плиталари орасидаги масофа ва тиркаманинг тирковчи ўқлари бўйлаб вагон узунлиги, шунга биноан  $2l=7,8$  м,  $2L=10,05$  м,  $2L_C=12,02$  м;
- $a$  – автотиркама корпусининг ҳисобланган узунлиги (СА-3 автотиркама учун сиқилганда  $a = 1,0$  м);
- $\delta$  – вагон кузовининг шкворен кесишувида ёнида жойлаштириш имконияти рельс каллагидида ғилдирак жуфтлиги тирқиши, букса йўналтирувчи тирқиш ҳисобига, пятник ва рессораларнинг эластик деформацияланиши, юк вагонларини ҳисоблашда 40 мм қабул қилинади.

Маълумотларни (2.4) формулага қўйиб,  $H = 259,15$  кН оламиз.

Тележка элементларидаги инерция кучи бўйлама тезланишдан ҳисобланади, бу 2.4.2 п.п.га биноан [18] биринчи режимда 3,5 g га тенг дебелинади.

Ғилдирак жуфтлиги, ён рама ва рессора балкасидаги рессора осмаларининг комплектига таъсир этувчи инерциядаги куч формула бўйича ҳисобланади:

$$P_{ин,Н} = 2 \cdot (m_{б.р.} + m_{кп} + m_{рп}) \cdot 3,5g, \quad (2.5)$$

бу ерда  $m_{б.р.}$  – ён рама массаси,  $m_{б.р.} = 660$  кг;

$m_{кп}$  – ғилдирак жуфтлиги массаси,  $m_{кп} = 1420$  кг;

$m_{рп}$  – рессора осма комплектининг массаси,  $m_{рп} = 136,5$  кг;

(2.5) формулага маълумотларни қўйиб,  $P_{ин,Н} = 142,83$  кН оламиз.

I режим бўйича (учинчи бирикма) юкламаларни ҳисоблаш.

Иккинчи қиёсланишда тележкага вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, тепаликдаги вагонларни секинлаштиргичи билан юкланган вагонларда падо бўладиган тормозланиш тележка рамасининг йўналтирувчи элементлари билан ғилдирак жуфтлиги буксаларининг ўзаро таъсир этувчи кучлари.

Вагон кузовининг оғирлик кучи брутто формула бўйича ҳисобланади (2.1).

Тележка рамасининг йўналтирувчи элементлари билан ғилдирак жуфтлигига буксаларнинг ўзаро таъсир этиши, рессора устки балкага бўйлама (ўқ йўли йўналишида) куч  $P_{зам,Н} = 240$  кН (бир томонли секинлаштиргич).

III режим бўйича (тўртинчи бирикма) юкламаларни ҳисоблаш.

Учинчи ҳисоблаш режимида бир юклама бирикмаси таъсир этади, бунда 2.4-жадвалга мувофиқ тарзда қабул қилинади [18]: тележкага вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи (бўйлама тезлашишдан келиб чиқиб аниқланади, 1 g га тенг), вертикал

динамик юклама, вагоннинг қияликда ҳаракатланишида юзагна келувчи марказий куч.

Вагон кузовининг оғирлик кучи брутто форумла бўйича ҳисобланади (2.1). Тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи (2.5) форумла бўйича аниқланади, бўйлама тезланишдан келиб чиқиб 1 g.

Тележканинг рессора устки балкасига вертикал динамик юкламанинг таъсир этиши вертикал динамик коэффициент вагон кузовига унга мос келувчи оғирлик кучи кўпайтириш амали билан формула асосида аниқланади:

$$P_{дин,Н} = K_{\partial в} \cdot P_{СТ,Н} , \quad (2.6)$$

бу ерда  $K_{\partial в}$  - вертикал динамика коэффициенти:

$$K_{\partial в} = \frac{K_{\partial в}^{ср}}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \frac{1}{1-P(K_{\partial в})}} , \quad (2.7)$$

бу ерда  $K_{\partial в}^{ср}$  – вертикал динамиканинг ўртача эҳтимолий қийматлар коэффициенти:

$$K_{\partial в}^{ср} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot в \cdot \frac{V-15}{f} , \quad (2.8)$$

$\beta$  – тақсимлаш параметрлари, 1,13;

$P(K_{\partial в})$  – вертикал динамика коэффициенти аниқланадиган эҳтимоллар ишончи, 97 %;

$a$  – равный для обрессоренных частей тележканинг рессора қисмлари учун 0,1 га тенг бўлган коэффициент;

$в$  – тележкадаги экипажнинг бир учи остида  $n$  ўлқарнинг таъсир этиш сонини ҳисобга олувчи коэффициент:

$$в = \frac{n+2}{2 \cdot n} ; \quad (2.9)$$

$V$  – ҳаракатланишнинг конструктив тезлиги,  $V = 33,3$  м/с;

$f$  – османинг ҳисобланган эгиклиги. Лойиҳалаштирилувчи тележка учун 0,051 м қабул қилинади.

(2.6) - (2.9) формулаларга маълумотларни қўйиб, топамиз

$$K_{\partial\sigma}^{cp}=0,19, \quad K_{\partial\sigma}=0,366, \quad P_{\text{дин},H} = 176,04 \text{ кН.}$$

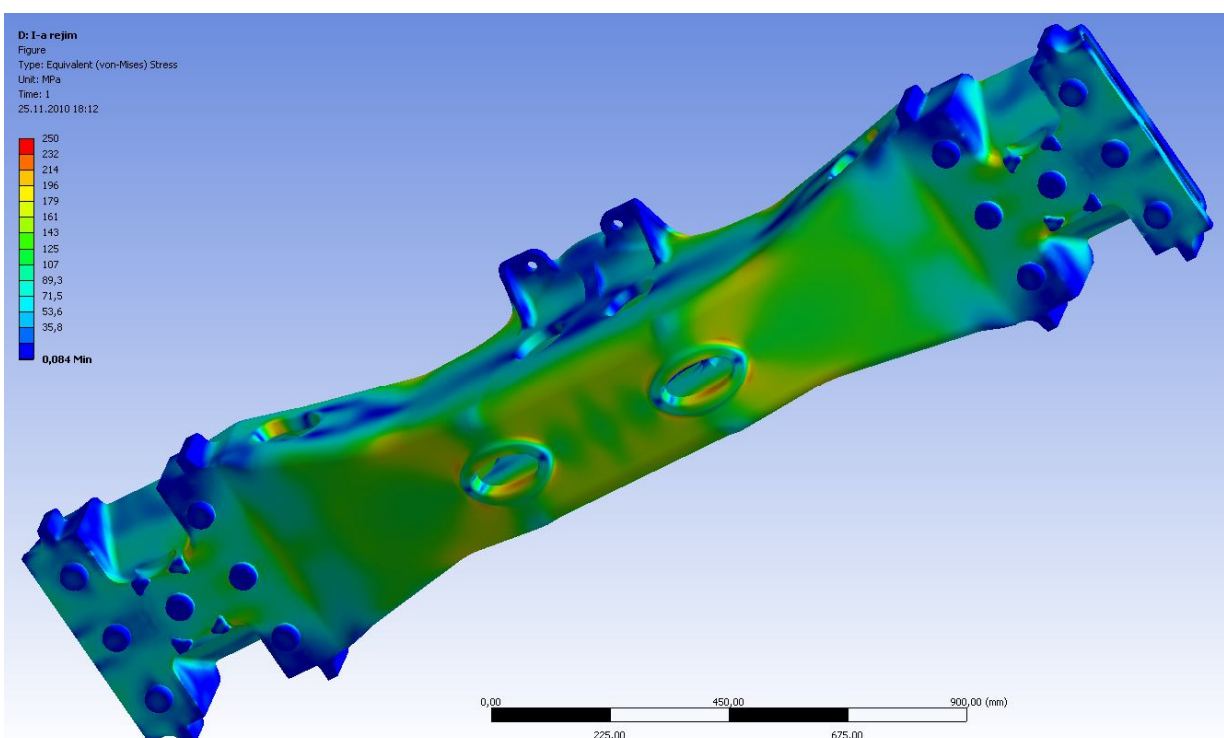
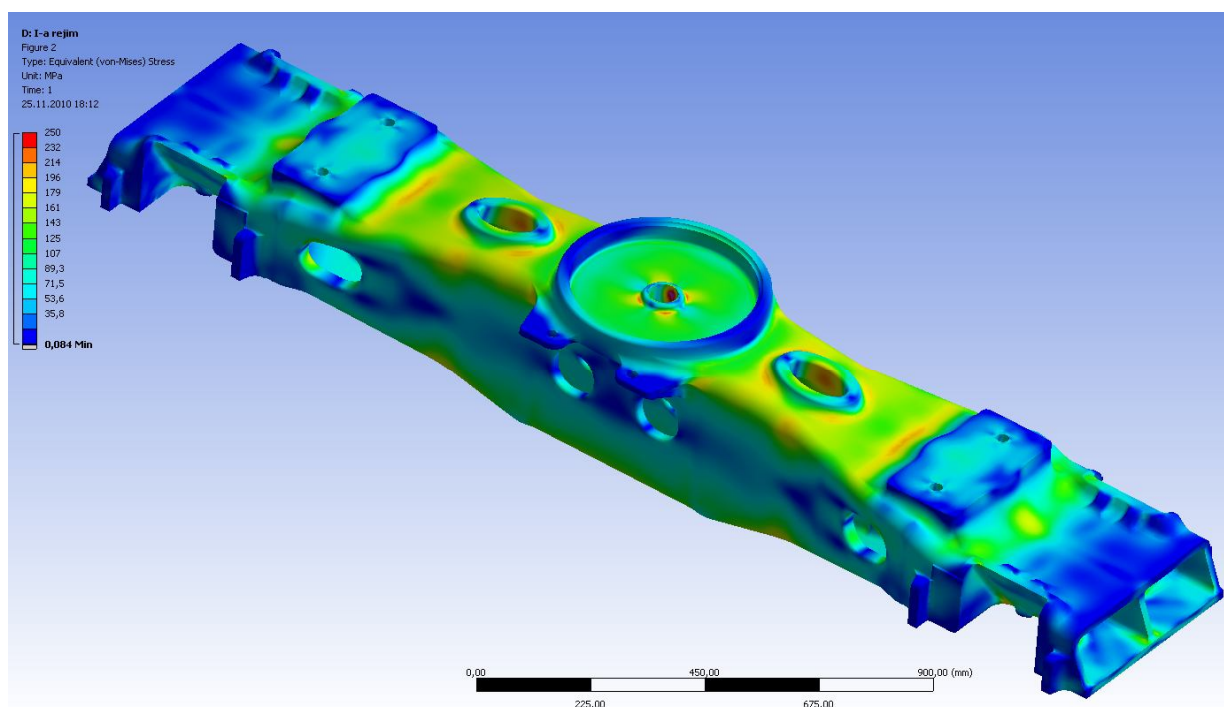
Вагоннинг қияликда ҳаракатланишида юзагна келувчи марказий куч, юк вагонлари учун оғирлик кучи, брутто 7,5 % ни ташкил этади ва форумла бўйича аниқланади:

$$P_{\text{цб},H} = 0,075 \cdot P_{\text{ст},H} \quad (2.10)$$

(2.10) формулаларга маълумотларни қўйиб,  $P_{\text{цб},H}=36,05$  кН оламиз.

Охирги элементлар усулини ҳисоблаш натижалари сифатида рессора устки балкасида эквивалент кучланишни тақсимловчи эпюра топилди, шунингдек ўта хавфли участкаларда максимал эквивалент кучланиш қийматлари тўғрисида маълумотлар келтирилди.

Биринчи ҳисоблаш режимида (биринчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши 2.7, а-расмда келтирилган, максимал кучланишлар қиймати ҳисоблаш кесимларида 168 – 247 МПа ни ташкил этади.



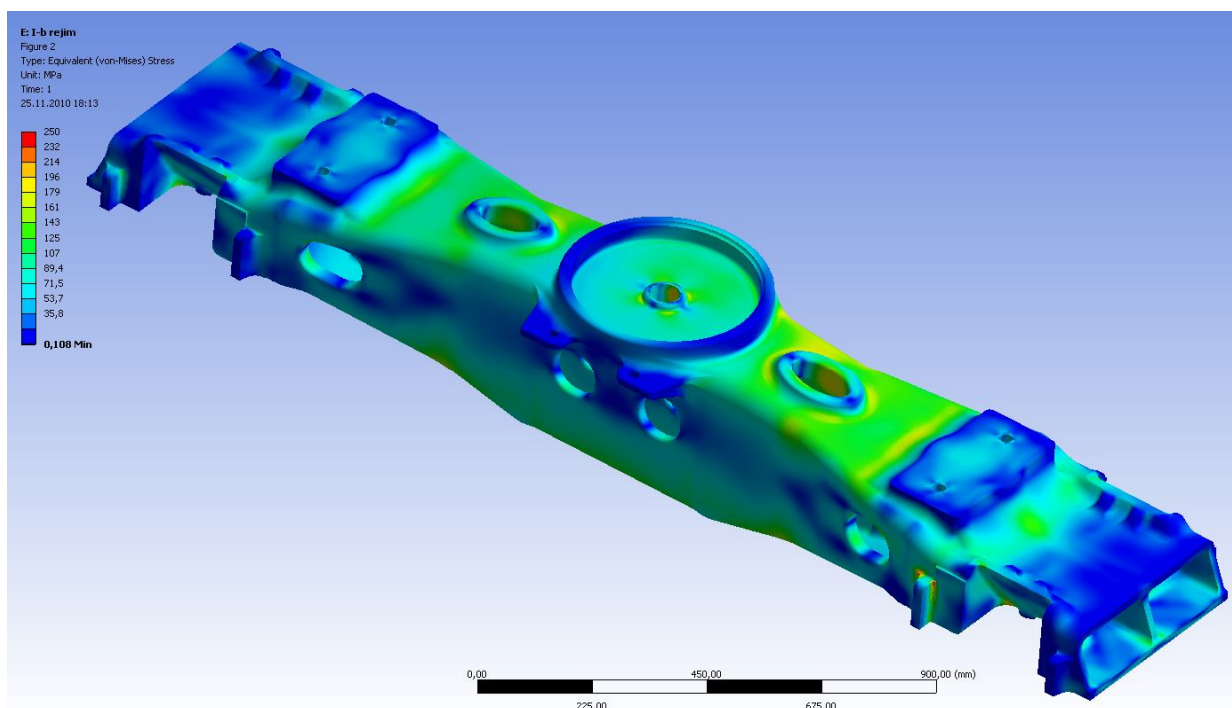
2.7-расм. Биринчи ҳисоблаш режимида (биринчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши, МПа

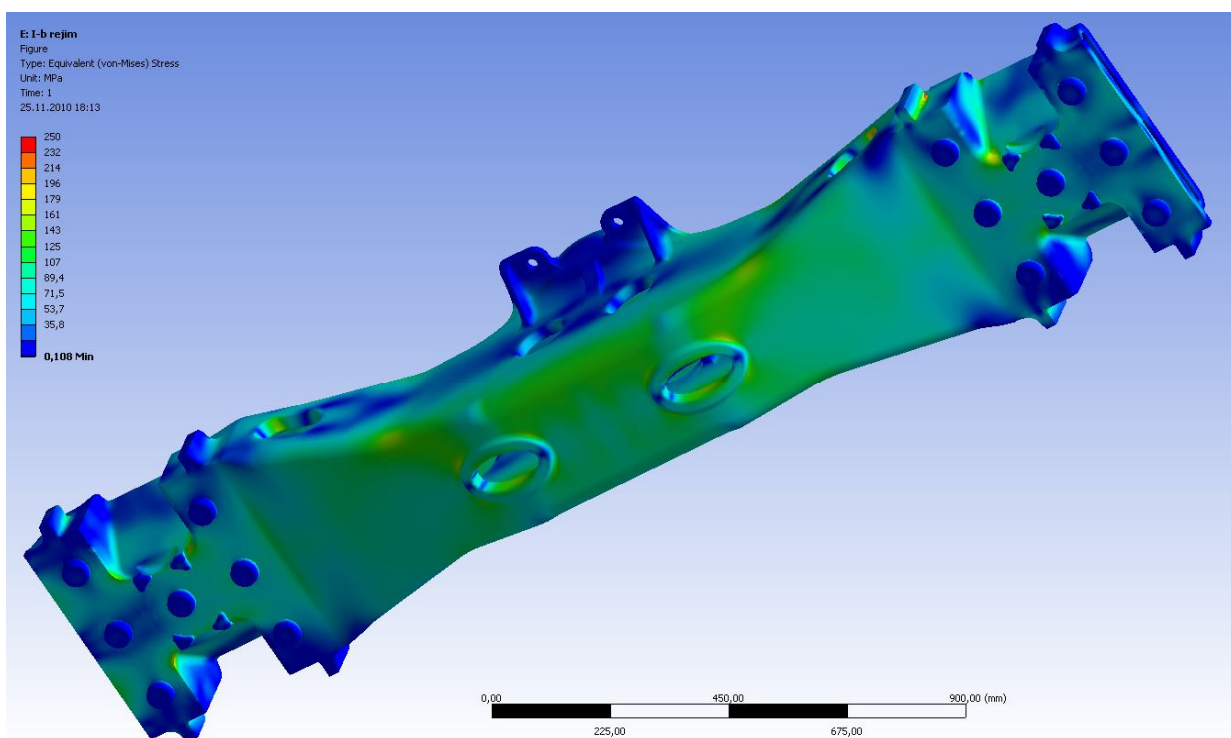
Рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: юқори листдаги технологик дарча зонасида (217 МПа), рессора устки балканинг марказий қисмида скользян ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (207 МПа), подпятникдаги шкворен остидаги тешик зонасида (247 МПа). Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.

Биринчи ҳисоблаш режимида (иккинчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши 2.8, а-расмда келтирилган, максимал кучланишлар қиймати ҳисоблаш кесимларида 160 – 187 МПа ни ташкил этади.

Рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: юқори листдаги технологик дарча зонасида (184 МПа), рессора устки балканинг марказий қисмида скользян ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (170 МПа),

Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.





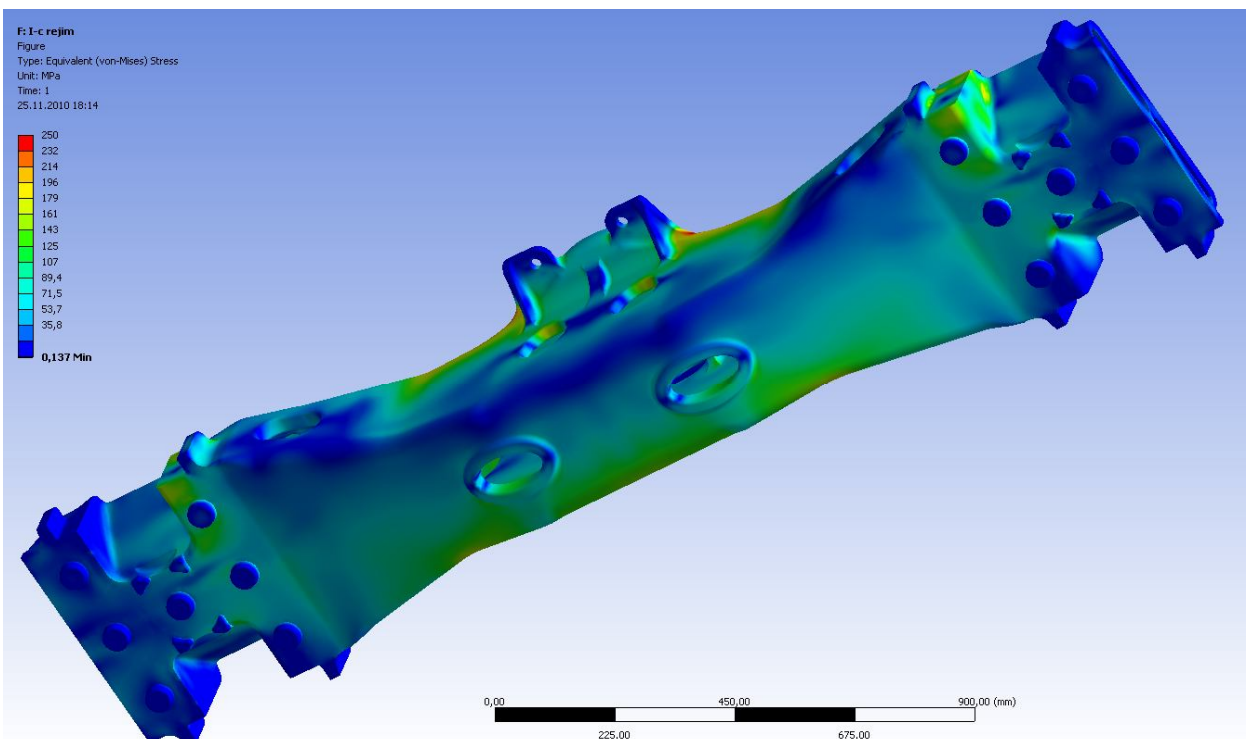
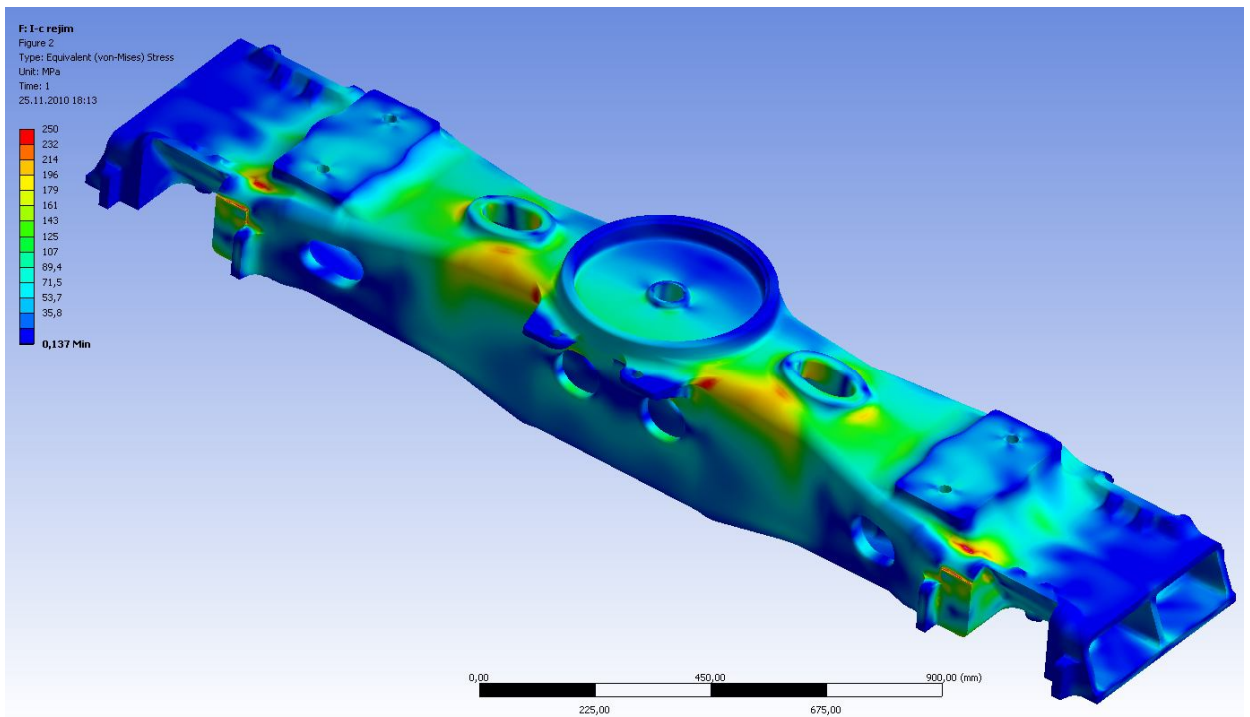
2.8-расм. Биринчи ҳисоблаш режимида (иккинчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши, МПа

Биринчи ҳисоблаш режимида (учинчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши 2.9, а-расмда келтирилган, максимал кучланишлар қиймати ҳисоблаш кесимларида 196 – 248 МПа ни ташкил этади.

Рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: рессора устки балканинг марказий қисмида кронштейнни тормоз узатгичининг ўлик зонасидамаҳкамлаш учун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида площадкам (248 МПа), рессора устки балканинг марказий қисмида скользун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (170 МПа).

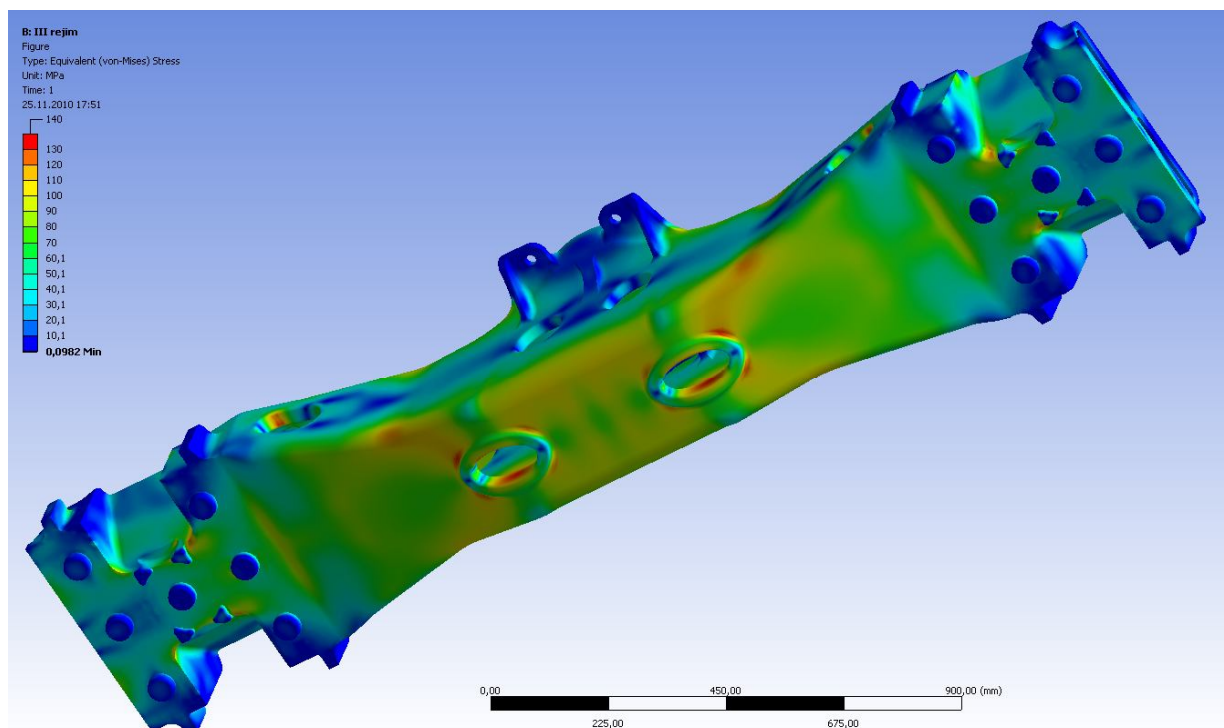
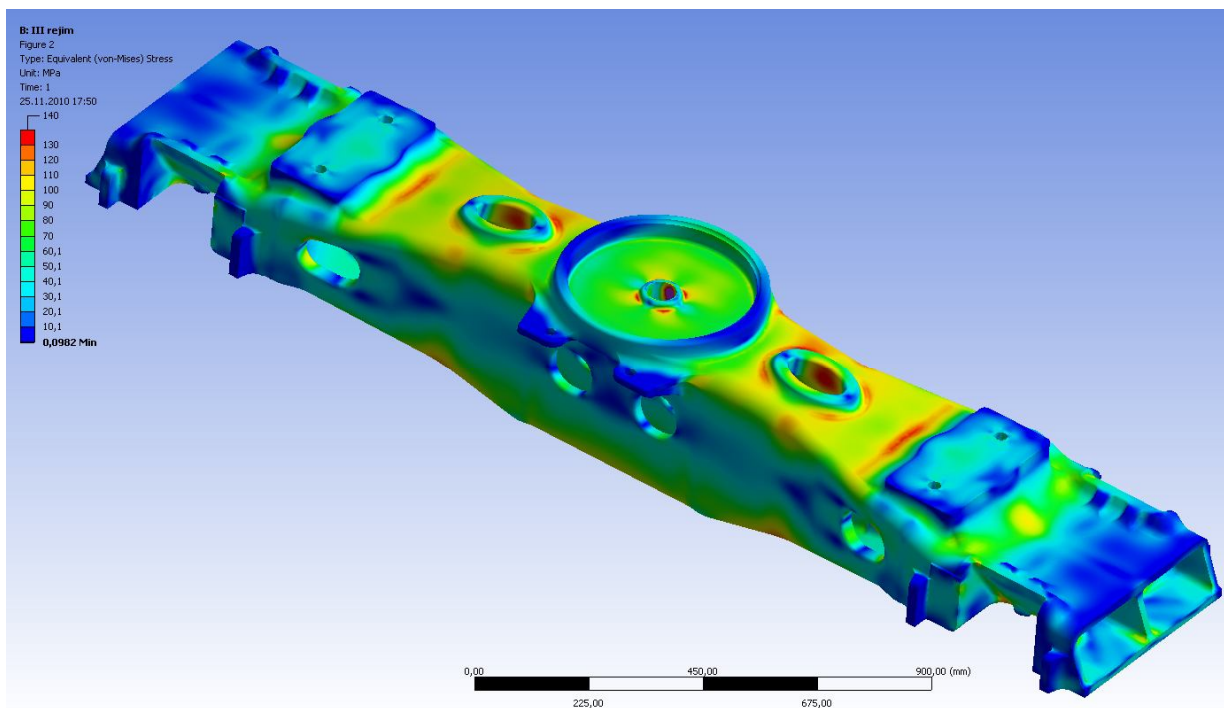
Рессора устки балка кучланиш концентраторларига эга:

Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.



2.9-расм. Биринчи ҳисоблаш режимида (учинчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши, МПа

Учинчи ҳисоблаш режимда рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши 2.10, а-расмда келтирилган, максимал кучланишлар қиймати ҳисоблаш кесимларида 124 – 136 МПа ни ташкил этади.



2.10-расм. Учинчи ҳисоблаш режимда рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши, МПа

Рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: юқори листдаги технологик дарча зонасида (137 МПа), рессора устки балканинг марказий кисмида скользун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (124 МПа), подпятникдаги шкворен остидаги тешик зонасида (137 МПа), пастки листдаги технологик дарча зонасида (133 МПа).

Йўлга қўйилган 140 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.

### 2.3.2. Тележканинг ён рама мустаҳкамлигини ҳисоблаш

I режим бўйича (биринчи бирикма) юкламаларни ҳисоблаш.

Вагон кузовининг тележка рессора устки балкасига таъсир этувчи оғирлик кучи брутто, ўқга йўлга қўйилган кучланишдан аниқланади (23,5 тс) ва тележка оғирлиги формула асосида:

$$P_{CT,B} = \frac{P_0 n - 2(P_T - P_H) \cdot g}{4}, \quad (2.11)$$

бу ерда  $P_0$  – ўқда йўлга қўйилган максимла кучланиш,  $P_0 = 210$  кН;

$n$  – вагон ўқларининг сони,  $n = 4$ ;

$P_T$  – тележка массаси,  $P_T = 4750$  кг;

$P_H$  – рессора устки балка массаси,  $P_H = 670$  кг.

(2.1) формулага қийматларни қўйиб,  $P_{CT,H} = 413,45$  кН оламиз.

Кузовга бўйлама инерция кучидан рессора устки балкасига таъсир этишида вертикал қўшимчалар формула асосида аниқланади:

$$P_{Z,H} = N_{ИК,H} \cdot \frac{h_K}{2l}, \quad (2.12)$$

бу ерда  $N_{ИК,H}$  – рессора устки балкага таъсир этувчи кузовнинг бўйлама инерция кучи, брутто:

$$N_{ИК,Н} = N \cdot \frac{P_0 n - 2P_T}{P_0 n}, \quad (2.13)$$

- $h_K$  – автотиркама ўқигача вагон кузовидаги оғирлик марказининг масофаси. Намунавийга яқин бўлган тўртўқли юк вагонларининг келтирилган тавсияларга мувофиқ тарзда [18], вагон кузовининг оғирлик марказидан ғилдирак жуфтлиги ўқигача бўлган масофа 2,0 м деб қабул қилинади. Шундан келиб чиқиб  $h_K = 1,4$  м бўлади;
- $2l$  – вагоннинг минимал базаси,  $2l = 7,8$  м;
- $N$  – внешняя бўйламаая сила удара или рывка, приложенная к автотиркамага берилган ташқи бўйлама зарба кучи ёки сакраши. Унга биноан  $N = 3,5$  МН [18].

(2.2) – (2.3) формулаларга қийматларни қўйиб,  $P_{Z,Н} = 286,8$  кН

оламиз.

Ён рамадаги марказий рессора бўшлиғида бир таянч колонкаларга таъсир этувчи клин (пўна)ларнинг айри кучлари, формула билан аниқланади:

$$P_{кл} = P_z^z \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.13)$$

бу ерда  $P_z^z$  – иккиярдли клин (пўна) ости пуржианга таъсир ютувчи вертикал нагрузка:

$$P_z^z = c_{кл}^{вн} \cdot 0,005 + (c_{кл}^{вн} + c_{кл}^{нар}) \cdot 0,010 + (c_{кл}^{вн} + c_{кл}^{нар}) \cdot (0,035 + \Delta),$$

$\Delta$  – вертикал юкламанинг қиймати остида охирги участка таснифида осмаларнинг тўлиқ букилиши  $F_z$  берилган ҳисоблаш режими учун:

$$\Delta = \frac{F_z - [2 \cdot c_{кл}^{вн} \cdot 0,005 + 2 \cdot (c_{кл}^{вн} + c_{кл}^{нар}) \cdot 0,010 + (2 \cdot (c_{кл}^{вн} + c_{кл}^{нар}) + 7 \cdot c_{н.б.}^{вн}) \cdot 0]}{2 \cdot (c_{кл}^{вн} + c_{кл}^{нар}) + 7 \cdot (c_{н.б.}^{вн} + c_{н.б.}^{нар})}$$

$C_{кл}^{вн}, C_{кл}^{нар}$  – клин (пўна) ости пружина ва вертикал ички бикирлиги;

$C_{н.б.}^{вн}, C_{н.б.}^{нар}$  – рессора устки балка остида жойлаштирилган ташқи ва ички пружиянинг вертикал бикирлиги;

$\alpha$  – клин (пўна) учларини ўткирлаш бурчаги,  $\alpha = 55^\circ$ .

(2.13) формулани қўйиб,  $P_{КЛ} = 62,53$  кН ни оламиз.

I режим бўйича (иккинчи бирикма) юкларни ҳисоблаш.

Иккинчи қисланишда тележкага вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, кузов инерциясидан 50% бўйлама кучига таъсир этувчи вертикал қўшимчалар (вагонга таъсир этувчи бўйлама куч қийматларидан олинган, 3,5 МН), кўндаланг ташкил этувчи бўйлама квазистатик куч, тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи таъсир этади.

Вагон кузовининг оғирлик кучи брутто (2.11) формула бўйича, кузовга бўйлама инерция кучининг таъсир этувчи вертикал қўшимчаси – (2.12) формула бўйича аниқланади (50 % қўйилади).

Қуйи тезликда ҳаракатланувчи поездда қияликдаги вагонлар орасида пайдо бўлувчи ва маневр ишларида тележканинг ён рамасига таъсир этувчи кўндаланг ташкил этувчи бўйлама квазистатик куч, формула бўйича аниқланади:

$$H = \frac{N}{2} \cdot \left[ \frac{\delta \cdot L}{l^2} \cdot \left( 1 + \frac{L}{a} \right) + \frac{L_c}{R} \right], \quad (2.14)$$

бу ерда  $N$  – автотиркама корпуси ўқи бўйлаб қўйилган квазистатик куч, 2,5 МН га тенг;

$R$  – эгри радиус, 250 м;

$2l, 2L, 2LC$  – вагон базаси, автотиркаманинг таянч плиталари орасидаги масофа ва тиркаманинг тирковчи ўқлари бўйлаб вагон узунлиги, шунга биноан  $2l=7,8$  м,  $2L=10,05$  м,  $2LC=12,02$  м;

$a$  – автотиркама корпусининг ҳисобланган узунлиги

(СА-3 автотиркама учун сиқилганда  $a = 1,0$  м);

$\delta$  – вагон кузовининг шкворен кесишувида ёнида жойлаштириш имконияти рельс каллагига ғилдирак жуфтлиги тирқиши, букса йўналтирувчи тирқиш ҳисобига, пятник ва рессораларнинг эластик деформацияланиши, юк вагонларини ҳисоблашда 40 мм қабул қилинади.

(2.14) формулага маълумотларни қўйиб,  $H = 129,58$  кН оламиз.

Ён раманинг марказий рессора оралиғидаги таянч колонкаларга таъсир этувчи клин (пўна)ларнинг айри кучлар, (2.13) формула бўйича аниқланади ва  $P_{KL} = 48,86$  кН ни ташкил этди.

Тележка элементларидаги инерция кучи бўйлама тезланишдан ҳисобланади, бу 2.4.2 п.п.га биноан [18] биринчи режимда 3,5 g га тенг деб олинади.

Тележканинг ён рамалари элементларига йўналтирувчи ғилдирак жуфтлигидан буксага таъсир этувчи куч, ушбу режимда формула бўйича аниқланади:

$$P_{ин,Б} = \left( \frac{m_{кп} + 2 \cdot m_{ад} + 2 \cdot m_{б}}{2} \right) \cdot 3,5g, \quad (2.15)$$

бу ерда  $m_{кп}$  – ғилдирак жуфтлиги массаси;

$m_{ад}$  – адаптер массаси;

$m_{б}$  – кассетали подшипник массаси.

Кассетали подшипник ва адаптерли ғилдирак жуфтлигининг массаси 1420 кг. (2.15) формулани қўйиб,  $P_{ин,Б} = 24,38$  кН оламиз.

Расчет нагрузок по I режиму (третье бирикма).

Учинчи ҳисоблаш режимида бир юкламада раму тележка рамасига: вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, клин (пўна)ларнинг айри кучлар, тележка рамасининг йўналтирувчи элементлари билан ғилдирак жуфтлиги

буксаларининг ўзаро таъсир этувчи кучлари , возникающая при торможении груженого вагона горочным вагонным замедлителем.

Вагон кузовининг оғирлик кучи брутто форумла бўйича ҳисобланади (2.11).

Ён рамадаги марказий рессора бўшлиғининг бир таянч колонкасига таъсир этувчи клин (пўна)ларнинг айри кучлари, (2.13) формула бўйича ҳисобланган,  $P_{KL} = 35,19$  кН ни ташкил этди.

Тележка рамасининг йўналтирувчи элементлари билан ғилдирак жуфтлиги буксаларининг ўзаро таъсир этувчи кучлари ён рама учун  $P_{зам,Б} = 120$  кН га тенг деб олинган.

III режим бўйича (тўртинчи бирикма) юкламаларни ҳисоблаш.

Учинчи ҳисоблаш режимида бир юклама бирикмаси таъсир этади, бунда 2.4-жадвалга мувофиқ тарзда қабул қилинади [18]: тележкага вагон кузовининг оғирлик кучи брутто, тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи (бўйлама тезлашишдан келиб чиқиб аниқланади, 1 g га тенг), вертикал динамик юклама, вагоннинг қияликда ҳаракатланишида юзага келувчи марказий куч, клин (пўна)ларнинг айри кучлар ва тормоз колодкаларидаги куч.

Вагон кузовининг оғирлик кучи брутто форумла бўйича ҳисобланади (2.11). Тележка массаси (оғирлиги)нинг инерция кучи (2.15) форумла бўйича аниқланади, бўйлама тезланишдан келиб чиқиб 1 g.

Тележканинг рессора устки балкасига вертикал динамик юкламанинг таъсир этиши вертикал динамик коэффициент вагон кузовига унга мос келувчи оғирлик кучи кўпайтириш амали билан формула асосида аниқланади:

$$K_{\partial в} = \frac{K_{\partial в}^{cp}}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \frac{1}{1-P(K_{\partial в})}}, \quad (2.16)$$

$\beta$  – таксимлаш параметрлари, 1,13;

$P(K_{\partial\sigma})$  – вертикал динамика коэффиценти аниқланадиган эҳтимоллар ишончи, 97 %;

$a$  – тележканинг рессора қисмлари учун 0,15 га тенг бўлган коэффицент;

$\nu$  – тележкадаги экипажнинг бир учи остида  $n$  ўлқарнинг таъсир этиш сонини ҳисобга олувчи коэффицент:

$$\nu = \frac{n+2}{2 \cdot n}; \quad (2.19)$$

$V$  – ҳаракатланишнинг конструктив тезлиги,  $V = 33,3$  м/с;

$f$  – османинг ҳисобланган эгиклиги. Лойиҳалаштирилувчи тележка учун 0,048 м қабул қилинади.

(2.16) - (2.18) формулаларни қўйиб, топамиз

$$K_{\partial\sigma}^{cp} = 0,245, \quad K_{\partial\sigma} = 0,459, \quad P_{\text{дин,Б}} = 111,84 \text{ кН.}$$

Вагоннинг қияликда ҳаракатланишида юзагна келувчи марказий куч, юк вагонлари учун оғирлик кучи, брутто 7,5 % ни ташкил этади ва формула бўйича аниқланади:

$$P_{\text{цб,Б}} = 0,075 \cdot P_{\text{ст,Б}}, \quad (2.19)$$

(9) формулани қўйиб,  $P_{\text{цб,Б}} = 18,25$  кН оламиз.

Ён рамадаги марказий рессора бўшлиғининг бир таянч колонкасига таъсир этувчи клин (пўна)ларнинг айри кучлари, формула бўйича ҳисобланган (2.13),  $P_{\text{КЛ}} = 45,79$  кН ташкил этди.

Бўйламаая сила от действия тормозных колодок  $P_m$  соответствует действительному нажатию колодки ва составляет 22,53 кН.

Вертикальная сила от действия тормозных колодок  $P_{m,\sigma}$  определяется выражением:

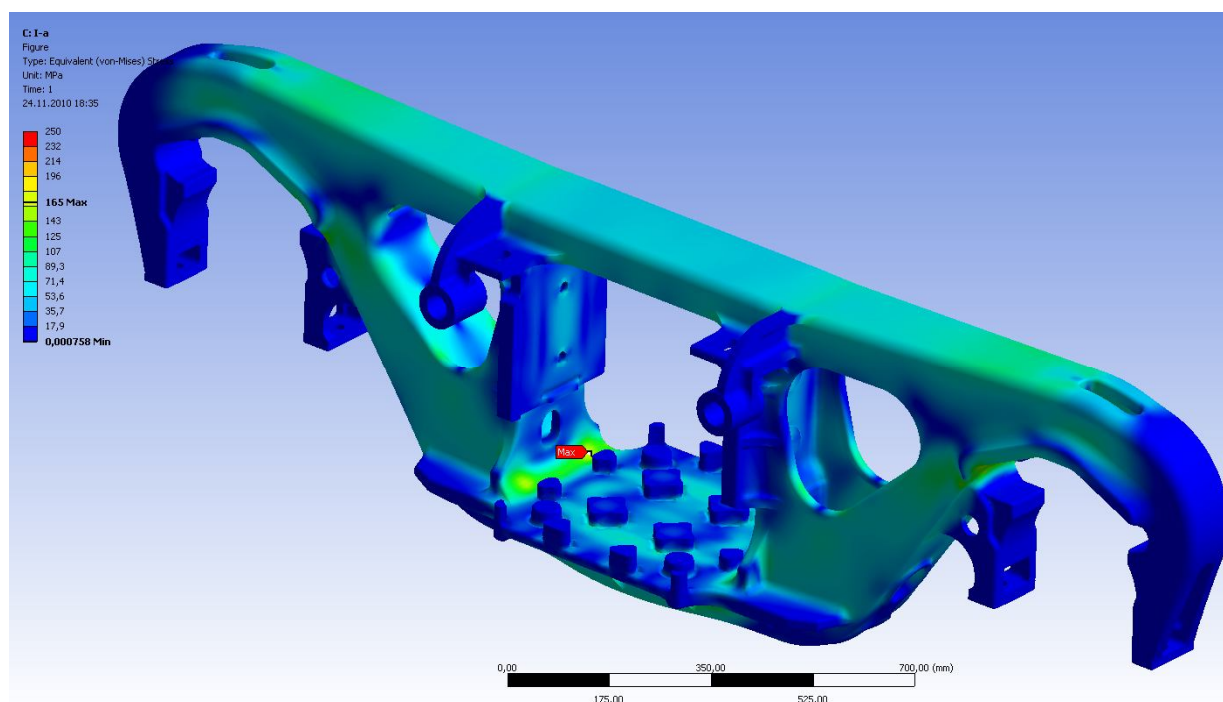
$$P_{m,\sigma} = P_m \cdot \varphi_{\kappa}. \quad (2.20)$$

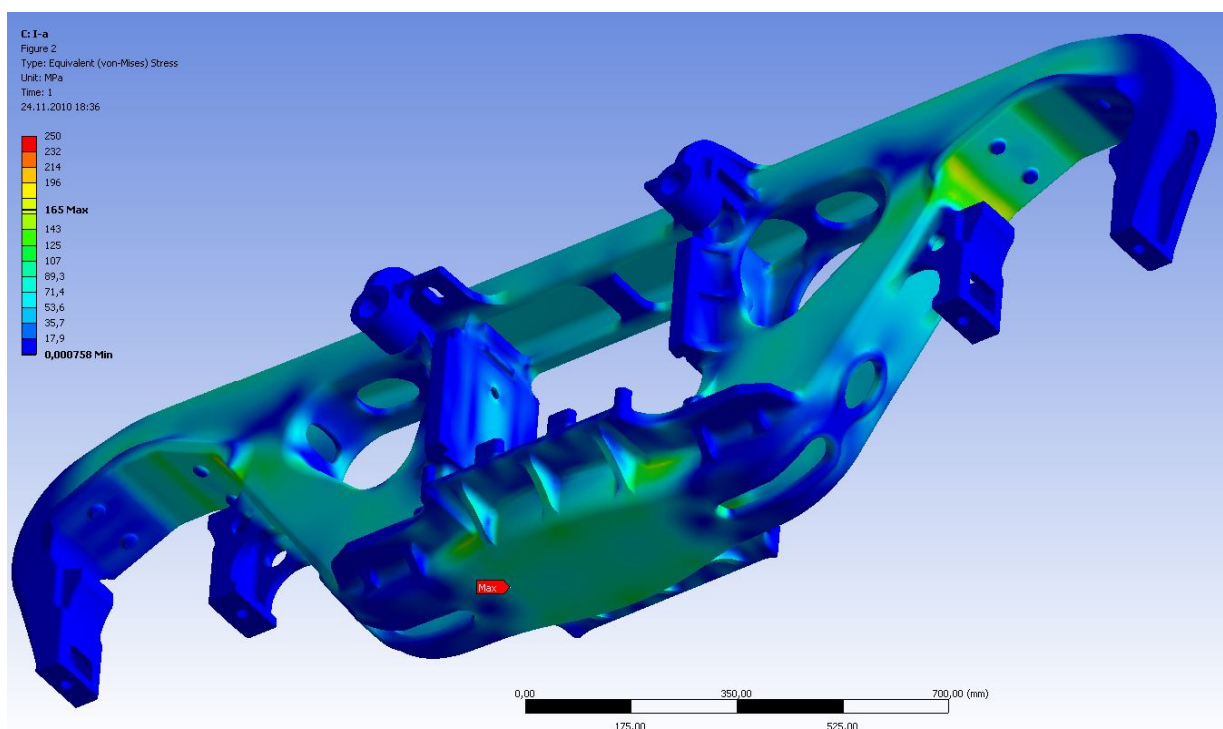
бу ерда  $\varphi_k$  – действительный статический коэффициент трения,  $\varphi_k = 0,35$ .

Подставляя данные в формулу (2.20), получаем  $P_{m,6} = 6,97$  кН.

Охирги элементлар усулини ҳисоблаш натижалари сифатида рессора устки балкасида эквивалент кучланишни тақсимловчи эпюра топилди, шунингдек ўта хавфли участкаларда максимал эквивалент кучланиш қийматлари тўғрисида маълумотлар келтирилди.

Биринчи ҳисоблаш режимида (биринчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши 2.11, а-расмда келтирилган, максимал кучланишлар қиймати ҳисоблаш кесимларида 113 – 165 МПа ни ташкил этади.





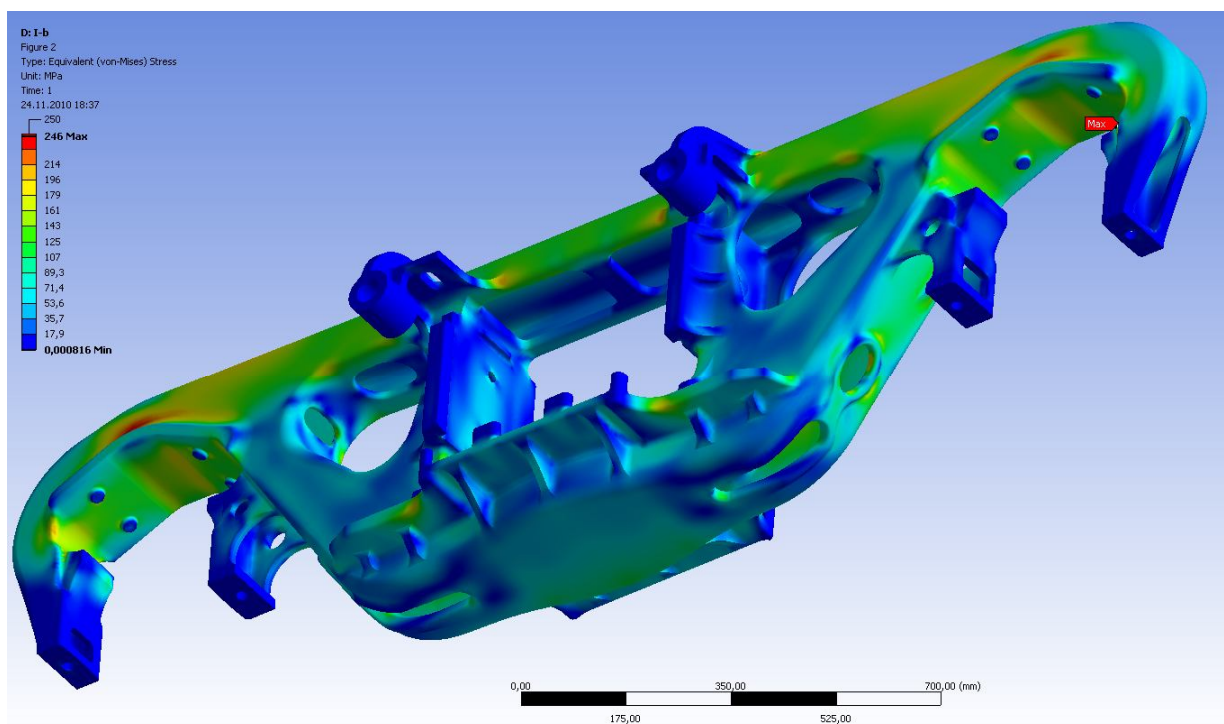
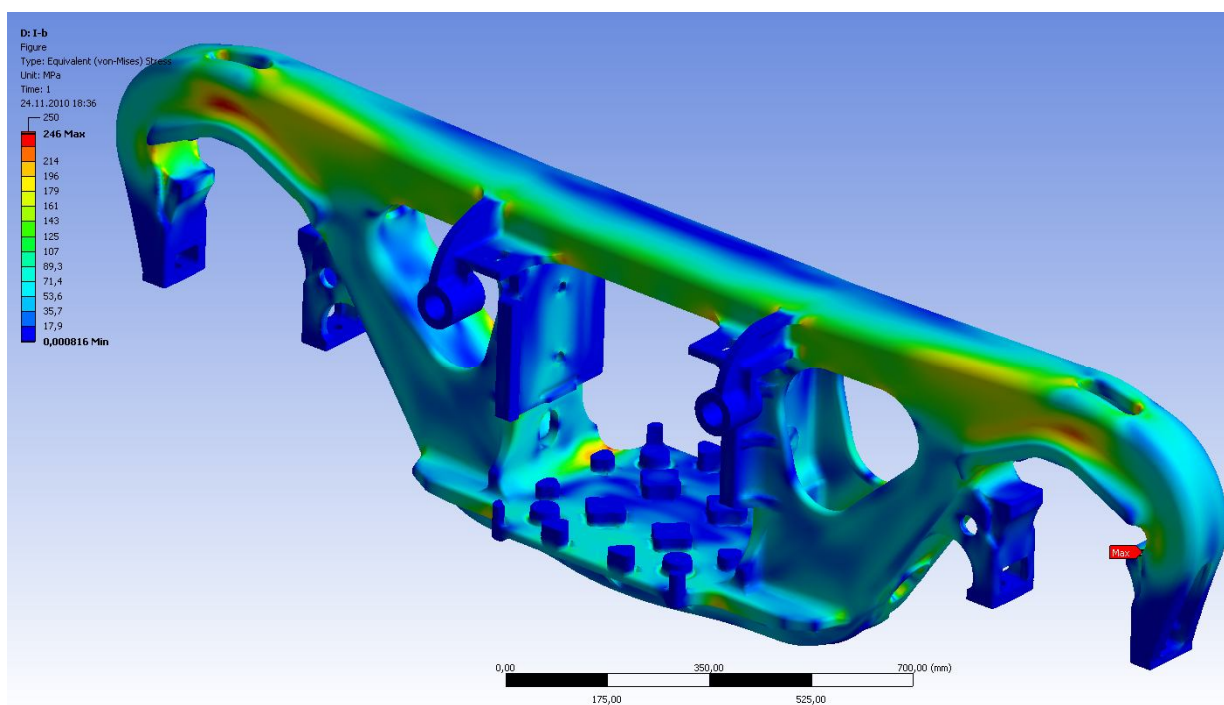
2.11-расм. Биринчи ҳисоблаш режимда (биринчи юклама бирикмаси) рессора устки балкадаги эквивалент кучланишларни тақсимланиши, МПа

Рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: пружиналарнинг таянч юзасидан эгилувчи рамага ўтиш жойи (165 МПа), букса бўшлиқлари оралиғи (160 МПа). Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.

Биринчи ҳисоблаш режимда ён рамадаги эквивалент кучланишнинг тақсимланиши (иккинчи юклама бирикмаси) 2.12-расмда келтирилган, ҳисоблаш кесимларида максимал кучланиш қиймати 180 – 242 МПа ни ташкил этади.

Кучланиш концентраторлари ён рама “жағ”ларида жойлаштирилади (242 МПа), эгилувчи рама пружина таянч юзасига ўтиш жойида (242 МПа).

Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.

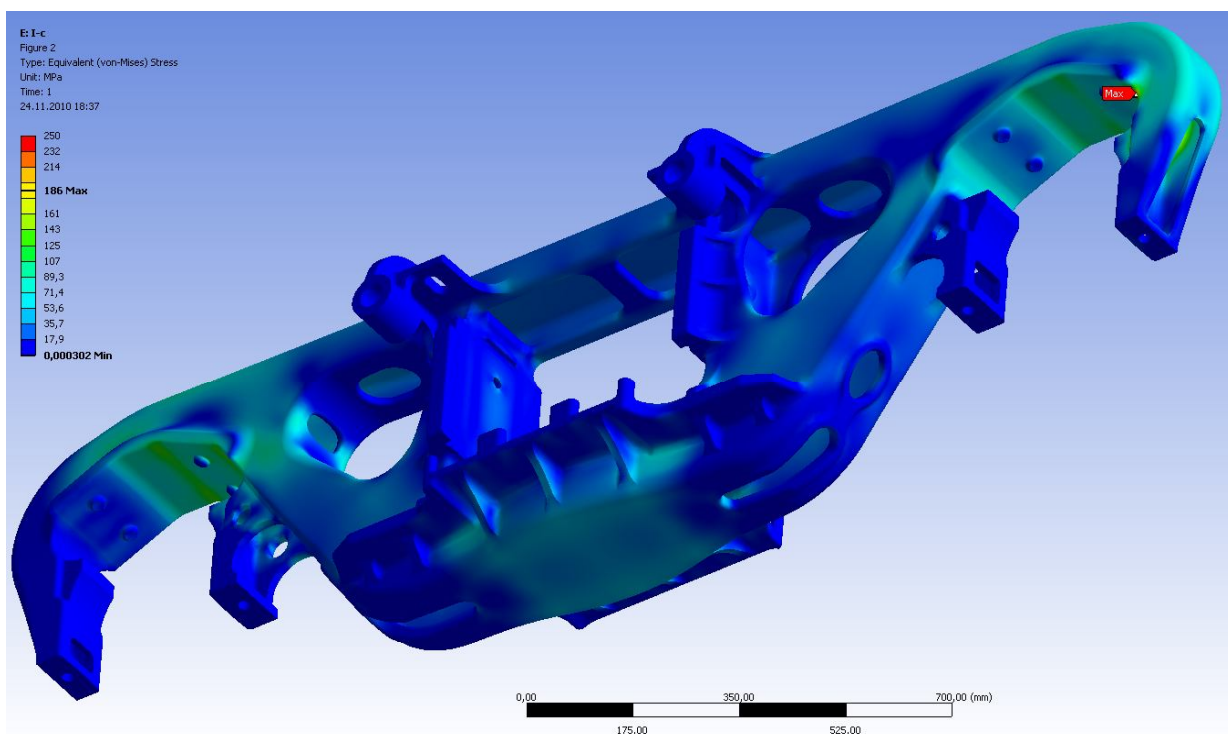
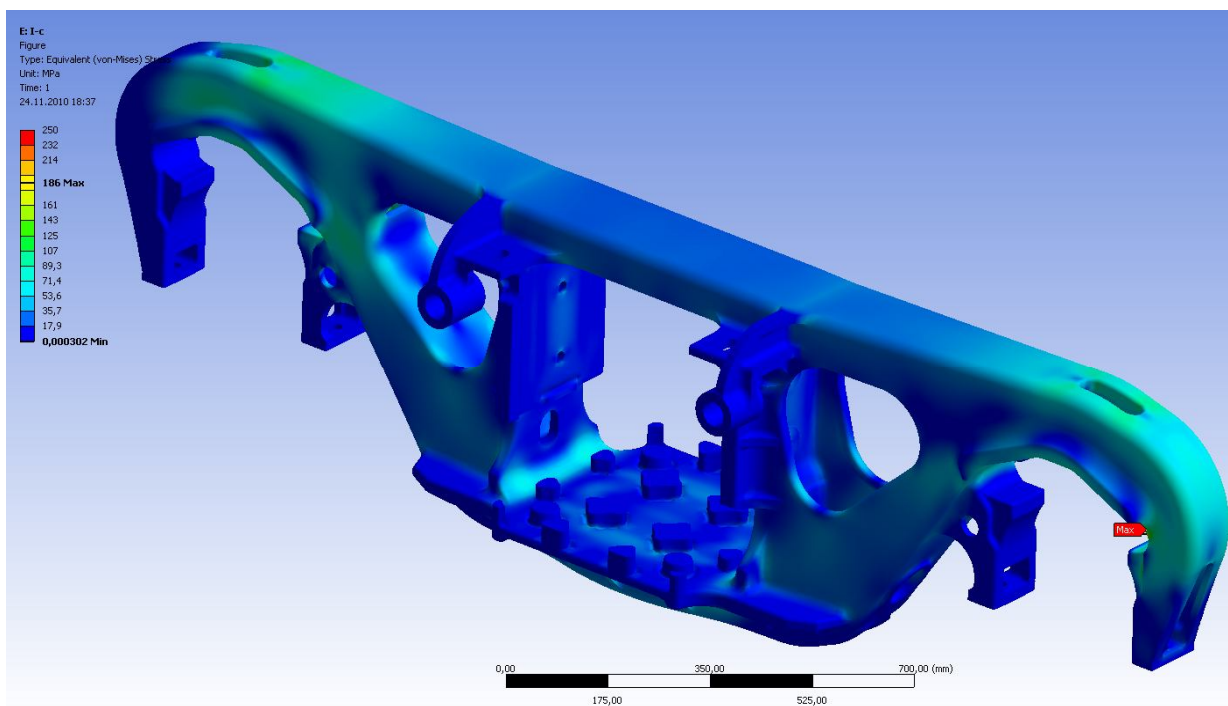


2.12-расм. Биринчи ҳисоблаш режимида ён рамадаги эквивалент кучланишнинг тақсимланиши (иккинчи юклама бирикмаси), МПа

Учинчи ҳисоблаш режимида ён рамадаги эквивалент кучланишнинг тақсимланиши (учинчи юклама бирикмаси) 2.13, а-расмда келтирилган, ҳисоблаш кесимларида максимал кучланиш қиймати 138 – 186 МПа ни ташкил этади.

Концентраторлар букса бўшлиғининг ичида ўнг томонида жойлаштирилган (186 МПа).

Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.

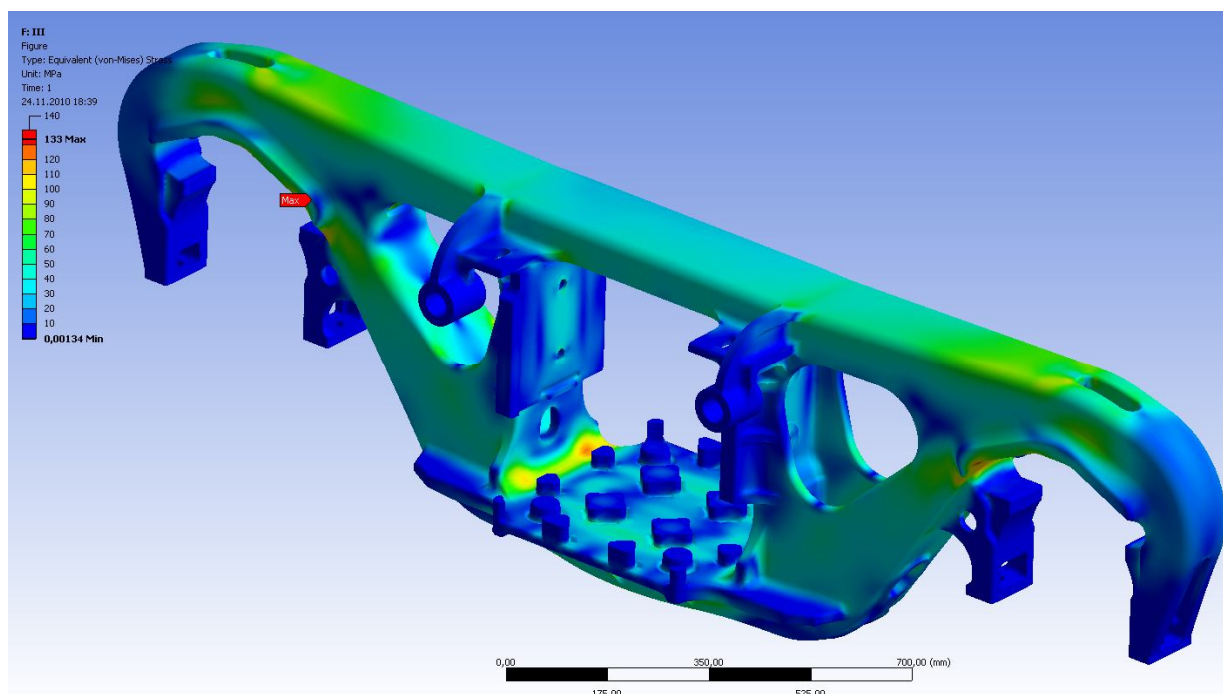


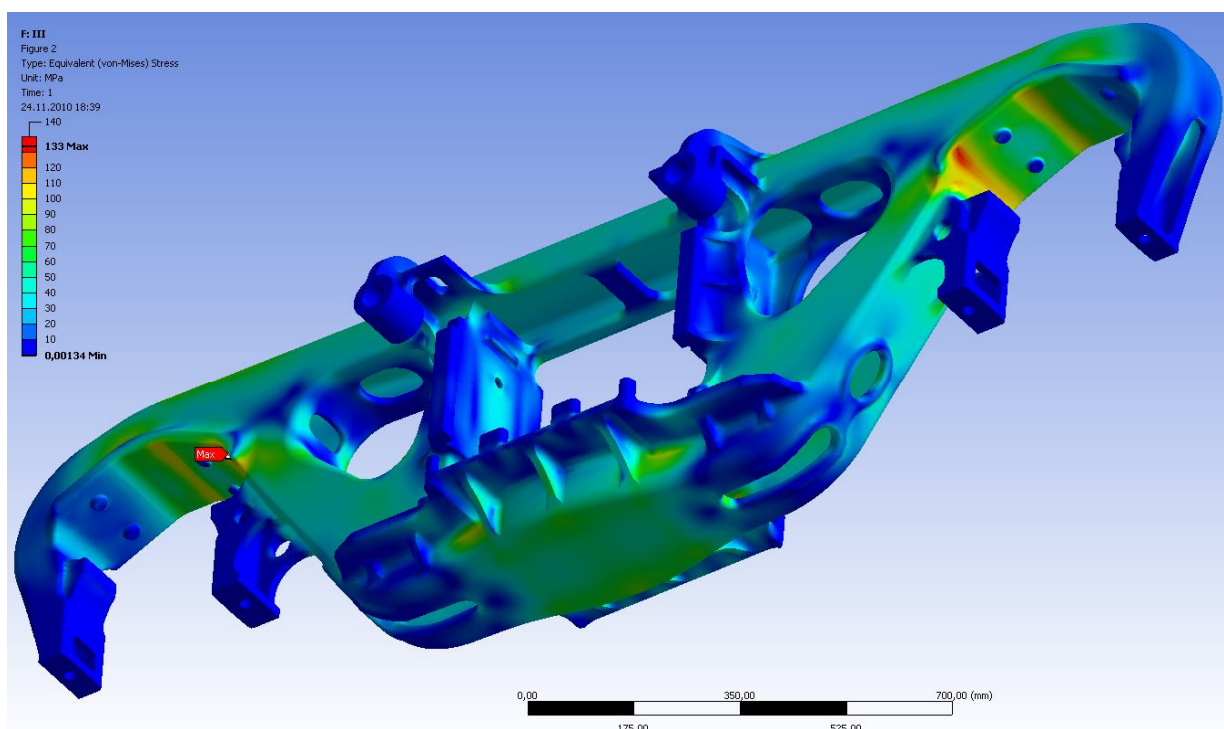
2.13-расм. Учинчи ҳисоблаш режимда ён рамадаги эквивалент кучланишнинг тақсимланиши (учинчи юклама бирикмаси), МПа

Учинчи ҳисоблаш режимда ён рамадаги эквивалент кучланишнинг тақсимланиши (учинчи юклама бирикмаси) 2.14, а-расмда келтирилган, ҳисоблаш кесимларида максимал кучланиш қиймати 114 – 133 МПа ни ташкил этади.

Концентраторлар букса бўшлиғининг ичида ўнг томонида жойлаштирилган (133 МПа).

Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади.





2.14-расм. Учинчи ҳисоблаш режимда ён рамадаги эквивалент кучланишнинг тақсимланиши (учинчи юклама бирикмаси), МПа

## 2.4. Иккинчи боб бўйича хулоса

18-100 модели юк вағонидаги тележка рамасининг устки ён рессора зоналарида кучланиш концентратларини аниқлаш бўйича олиб борилган ҳисоблаш натижалари келтирилади:

- рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: юқори листдаги технологик дарча зонасида (217 МПа), рессора устки балканинг марказий қисмида скользян ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (207 МПа), подпятникдаги шкворен остидаги тешик зонасида (247 МПа). Йўлга қўйилган 250 МПа кучланиш қийматларида 20 ГЛ пўлат учун конструкция мустаҳкамлиги бўйича шартли равишда белгиланади;

- рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: юқори листдаги технологик дарча зонасида (184 МПа), рессора устки балканинг марказий қисмида скользян ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (170 МПа);

- рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: рессора устки балканинг марказий қисмида кронштейнни тормоз узатгичининг ўлик зонасидамаҳкамлаш учун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида площадкам (248 МПа), рессора устки балканинг марказий қисмида скользун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (170 МПа);

- рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: юқори листдаги технологик дарча зонасида (137 МПа), рессора устки балканинг марказий қисмида скользун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида (124 МПа), подпятникдаги шкворен остидаги тешик зонасида (137 МПа), пастки листдаги технологик дарча зонасида (133 МПа);

- рессора устки балка кучланиш концентраторига эга: пружиналарнинг таянч юзасидан эгилувчи рамага ўтиш жойи (165 МПа), букса бўшлиқлари оралиғи (160 МПа).;

- кучланиш концентраторлари ён рама “жағ”ларида жойлаштирилади (242 МПа), эгилувчи рама пружина таянч юзасига ўтиш жойида (242 МПа);

- концентраторлар букса бўшлиғининг ичида ўнг томонида жойлаштирилган (186 МПа);

- концентраторлар букса бўшлиғининг ичида ўнг томонида жойлаштирилган (133 МПа).

Олинган натижаларга кўра куйидаги хулосаларга келиш мумкин, рессора устки балканинг марказий қисмида скользун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида, подпятникдаги шкворен остидаги тешик зонасида рессора устки балканинг марказий қисмида скользун ўрнатилган таянч юзага ўтиш зонасида нуқсонлар юзага келиши мумкин бўлган ҳолатлар пайдо бўлади, бу эса вагонни бутунлай бузилишига олиб келади. Ён рама ва рессора устки балка конструкциясини такомиллаштириш ҳамда юк вагон тележкаларидан фойдаланишдаги кўрсатикчларини яхшилаш тавсия этилади.

### **III-БОБ. 18-100 модели тележкадаги қўйма деталларнинг мустаҳкамлигини ошириш бўйича ишлаб чиқилган тавсиялар**

Аввалги бобда бажарилган назарий тадқиқот ва олинган натижаларга кўра 18-100 модели юк вағони тележкаларидаги қўйма деталларнинг (ён рама ва рессора устки балка) мустаҳкамлигини ошириш бўйича тавсияларни таърифлаш имконини беради.

Тавсиялар илмий ва техник нуқтаи назардан асосланган бўлиши, Ўзбекистон корхоналарида юк вағони тележканинг қўйма деталларини (ён рама ва рессора устки балка) тайёрлаш технологиясининг асосий хусусиятлари ҳисобга олинган на предприятиях Узбекистана. Юк вағон тележкаларининг қўйма деталлар конструкциясини лойиҳалаштириш босқичида кўп вариантли текширувларни бажариш ва тайёрлаш технологияси учун замонавий дастур маҳсулидан фойдаланилади.

#### **3.1. Тележканинг ён рамаси бўйича тавсиялар**

Янги типдаги қўйма ён рамаларни ишлаб чиқишда уларни мавжуд бўлган хорижий ишлаб чиқарувчиларнинг конструкцияси билан таққослаган ҳолда бажариш талаб этилади. Ён рама мустаҳкамлигини баҳолашда уларни тайёрланган энг ёмон варианты бўйича ҳам конструкцияси ҳам йўлга қўйилган технологик хатолари конструкцияларда бажарилади, масалан механик хусусиятининг минимал даражаси, минимал массаси, қўйма деталларнинг ички нуқсонлар.

Пўлат маркасини бир қатор тавсия этилган ёриқларга, ҳамда  $-60^{\circ}\text{C}$  ҳароратга чидамлиларини танлаш тавсия этилади. порог коэффициентининг даражаси 20Л тоифадаги пўлатлар учун кучланиш интенсивлиги ва ён рама мустаҳкамлигида толиқишни камайтиришда эгри бурчакли нуқсонларнинг таъсир этиши ва баҳоланишида деталларни лойиҳалаш босқичида татбиқ этиш зараур. Фойдаланишдаги юкламанинг мустаҳкамлигини текшириш

шаклида металлрни кристалланиши ва қуйиш технологияларини моделлаштириш натижалари максимал даражада акс эттирилган бўлиб, ён рамани мустаҳкамлигида тайёрлаш имкониятидаги вариантлар захираси тўғрисида маълумотларни тўлдириш имконини беради.

Вертикал кучланишга юқоридан-пастга букса оралиқлари бўйича ўзгартирилган схемасининг тележкадаги ён рамасида энг хавфли бўлган зоналари юкланади – букса оралиқларидаги ички бурчаклари ва сўнггида ушбу жойлардаги толиқиш захираси ошиб боради.

Қуйида Ниже перечислены рекомендации по увеличению прочности литых деталей тележек модели 18-100 модели тележканинг қуйма деталларининг мустаҳкамлигини ошириш бўйича ишлаб чиқилган тавсиялар тартиби келтирилади:

Ён раманинг асосий кўндаланг кесимларининг шаклини ишлаб чиқиш, чунки букса бўшлиқларидаги ташқи ва ички бурчакларида инерция моментидаги ўқлар қиймати қияликдаги камарларда 3.1-жадвалда келтирилган қийматлардан ошмаслиги керак.

3.1-жадвал

Ён раманинг хавфли кўндаланг кесимдаги ўқларнинг инерция моментидаги минимал қийматлари

Инерция моменти белгилаш	Кўндаланг кесимдаги инерция моментининг қийматлари, см <sup>4</sup> :			
	Букса бўшлиғидаги ташқи бурчак	Букса бўшлиғидаги ички бурчак	Қияликдаги камар	Букса бўшлиғининг бурчаги
$I_x$	15,0	103,0	22,0	80,0
$I_y$	17,0	102,0	19,0	94,0

Мустаҳкамлиги бўйича қўйилган талабларга жавоб берувчи ён раманинг бикиржисмли моделини ишлаб чиқиш. Детал моделини ишлаб чиқишда деворлар қалинлигини минимал деб ҳисоблаш мумкин.

Ён рама мустаҳкамлигини ҳисоблашда деталларнинг механик хусусиятлари 20% пасайишини ҳисобга олиш даркор (3.2-жадвал). Пўлатнинг мустаҳкамлик ўлчами талаб этилган қийматлар келтирилганига караганда оқувчанлик даражаси бўйича 20% дан кам бўлди (3.2-жадвал)

3.2-жадвал

Ён рама мустаҳкамлигини ҳисоблашда деталларнинг механик хусусиятлари  
20% пасайиши

Пўлат маркаси	Оқувчан лик чегараси $\sigma_T$ , МПа, дан кўп	Вақтинча лик қаршилиг и $\sigma_B$ , МПа, дан кўп	Нисбий чўзрилиши $\delta$ , %, дан кўп	Нисбий сиқилиши $\psi$ , %, дан кам	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> , не менее		
					KCU	KCU <sub>60</sub>	KCV <sub>60</sub>
20ГФЛ 20ГЛ 20ГТЛ	294	490	20	30	49,0	24,5	16,7
20% камайиши ҳисоби билан	235	392	16	24	39,2	19,6	13,4
20ХГНФТ Л	373	540	20	35	54,0	29,4	19,6
20% камайиши ҳисоби билан	298	432	16	28	43,2	23,5	15,7

Ён рамани тайёрлашда суюқ металлни қуйиш ва кристаллаш технологиясини моделлаштириш натижалари бўйича ён рамада масъулиятли

бўлган зонада составить карту расположения внутренних литейных дефектов в ответственных зонах боковой рамы. Путем многовариантных расчетов прочности боковой рамы с дефектами от действия эксплуатационных и испытательных нагрузок установить площади допускаемых дефектов в каждой ответственной зоне по критерию  $K_{th}^{30лет}$ . Вертикальные нагрузки к боковой раме прикладывать в буксовые проемы, снизу-вверх. Определить возможности технологии изготовления боковой рамы с дефектами, не превышающими по размерам допускаемые, а также возможности их выявления методами неразрушающего контроля.

При использовании новой марки стали, отличной от указанных в таблице 3.2, определить пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений  $K_{th}^{30лет}$  новой стали на образцах с центральным иницирующим надрезом при растяжении, имитирующих внутренний трещиноподобный дефект в стенке боковой рамы. Полученные значения  $K_{th}^{30лет}$  с учетом деградации механических свойств за срок службы использовать в определении допускаемых размеров внутренних литейных дефектов в боковой раме.

Разработать модель боковой рамы с назначением положительных асимметричных полей допусков по толщинам, относительно рассчитанной на прочность модели.

Перечисленные рекомендации способствуют увеличению прочности боковых рам в эксплуатации, а также при проверке их соответствия нормам безопасности на железнодорожном транспорте.

### **3.2. Рекомендации по надрессорной балке тележки**

Разработка новых типов литых надрессорных балок также должна сопровождаться их сравнением с уже имеющимися конструкциями иностранных разработчиков. Оценку прочности надрессорной балки

требуется проводить по наиболее худшему варианту ее изготовления, как по конструкции, так и с допускаемыми технологическими погрешностями.

Марку стали следует выбирать из ряда зарекомендовавших себя по высокой трещиностойкости, в том числе при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$ . Новые представления об уровне порогового коэффициента интенсивности напряжений для сталей класса 20Л, и оценка влияния на снижение усталостной прочности надрессорных балок внутренних дефектов необходимо внедрять на стадии проектирования деталей. Максимальное отражение результатов моделирования технологии заливки и кристаллизации металла в форме в проверке прочности от действия эксплуатационных нагрузок, способствует пополнению представлений о запасе усталостной прочности возможных вариантов изготовления надрессорной балки.

Ниже перечислены рекомендации по увеличению прочности надрессорной балки тележки модели 18-100:

Разработать твердотельную модель надрессорной балки, отвечающую по прочности предъявляемым требованиям. При разработке модели детали, толщины стенок данной модели считать минимальными и учитывать основные зоны где по теоретическим исследованиям были получены максимальные напряжения.

В расчетах надрессорной балки на прочность учесть 20%-е понижение механических свойств в детали (-жадвал 3.2). Установить критерий прочности стали по пределу текучести ниже на 20%, чем приведенные значения в требованиях (-жадвал 3.2).

По результатам моделирования при изготовлении надрессорной балки, составить карту расположения внутренних литейных дефектов и максимальных напряжений в ответственных зонах надрессорной балки. Путем многовариантных расчетов прочности надрессорной балки с дефектами от действия эксплуатационных и испытательных нагрузок установить площади допускаемых дефектов в каждой ответственной зоне по критерию  $K_{th}^{30лет}$ .

При использовании новой марки стали, отличной от указанных в таблице 3.2, определить пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений  $K_{th}^{30лет}$  новой стали на образцах с центральным иницирующим надрезом при растяжении, имитирующих внутренний трещиноподобный дефект в стенке боковой рамы. Полученные значения  $K_{th}^{30лет}$  с учетом деградации механических свойств за срок службы использовать в определении допускаемых размеров внутренних литейных дефектов в надрессорной балке.

Разработать модель надрессорной балки с назначением положительных асимметричных полей допусков по толщинам, относительно рассчитанной на прочность модели.

Перечисленные рекомендации способствуют увеличению прочности надрессорных балок в эксплуатации, а также при проверке их соответствия нормам безопасности на железнодорожном транспорте.

### **3.3. Выводы по третьей главе**

Разработанные рекомендации по увеличению прочности литых деталей тележек грузовых вагонов модели 18-100, которые позволяют повысить эксплуатационные характеристики этих деталей и уменьшить риск появления дефектов.

Даны рекомендации при выполнении расчетов надрессорной балки и боковой рамы на прочность учесть 20%-е понижение механических свойств в детали. Установлены критерии прочности стали по пределу текучести ниже на 20%, чем приведенные значения в требованиях.

Установлены минимальные значения осевых моментов инерции опасных сечений для вновь создаваемых боковых рам и надрессорных балок тележки с осевой нагрузкой 23,5 тс, которые служат ориентиром при оценке запаса прочности боковых рам.

Марку стали боковых рам и надрессорных балок следует выбирать из ряда зарекомендовавших себя по высокой трещиностойкости, в том числе при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$ .

### **Выводы и предложения**

В первой главе приведен обзор и анализ конструкций тележек грузовых вагонов. В частности, рассматриваются двух-, трех- и четырехосные тележки грузовых вагонов, а также конструктивное исполнение тележки с рессорным подвешиванием в виде листовых рессор. Приводится подробное описание конструкции узлов тележек грузовых вагонов, таких как боковая рама, надрессорная балка, соединительная балка, рессорное подвешивание и др. Для наглядного сравнения параметров приведены технические характеристики рассмотренных тележек. Также в первой главе приводится обзор и анализ дефектов тележек грузовых вагонов с описанием причин их возникновения.

Анализ результатов проведенного обзора показал, что наиболее часто эксплуатируемой тележкой является модель 18-100 и нагрузки, действующие на эту тележку в пути, носят случайный характер и зависят не только от полезной нагрузки, но и от скорости движения, состояния пути и ряда других факторов. Поэтому и отказы также носят случайный характер.

На данный момент неразрешимым является вопрос предупреждения появления дефектов в тележке модели 18-100 путем проведения исследований вероятности возникновения дефектов и разработки рекомендаций по увеличению прочности литых деталей тележек.

В связи с этим для достижения сформулированной цели в рамках данной работы были поставлены и решены следующие задачи:

- разработать конечно-элементную модель элементов тележки модели 18-100 с использованием современной инженерной программы (SolidWorks), позволяющей исследовать вероятность возникновения дефектов;

- составить расчетную схему и произвести расчет на прочность и определить вероятности возникновения дефектов в тележке.

- разработать рекомендаций по увеличению прочности литых деталей (боковая рама, надрессорная балка) тележек модели 18-100.

Решение поставленных задач планируется производить путем проведения теоретических исследований с применением специализированных программных комплексов, реализующих метод конечных элементов на современных компьютерах.

В результате проведенных расчетов были выявлены концентраторы напряжений в зонах надрессорной балки и боковой рамы тележки грузового вагона модели 18-100:

- надрессорная балка имеет концентраторы напряжений: в зоне технологического окна верхнего листа (217 МПа), в зоне перехода опорной поверхности установки скользуна в центральную часть надрессорной балки (207 МПа), в зоне отверстия под шкворень в подпятнике (247 МПа). При допустимой величине напряжений 250 МПа для стали 20 ГЛ конструкция удовлетворяет условию прочности;

-надрессорная балка имеет концентраторы напряжений: в зоне технологического окна верхнего листа (184 МПа), в зоне перехода опорной поверхности установки скользуна в центральную часть надрессорной балки (170 МПа);

- надрессорная балка имеет концентраторы напряжений: в зонах перехода от основного сечения надрессорной балки к площадкам для крепления кронштейна мертвой точки тормозной передачи (248 МПа), в зоне перехода от упорной площадки к опоре скользуна (246 МПа);

- надрессорная балка имеет концентраторы напряжений: в зоне технологического окна верхнего листа (137 МПа), в зоне перехода опорной поверхности установки скользуна в среднюю часть надрессорной балки (124 МПа), в зоне отверстия под шкворень в подпятнике (138 МПа), в зонах технологического окна нижнего листа (136 МПа);

- концентраторы напряжений располагаются: в месте перехода опорной поверхности пружин в наклонную раму (165 МПа), внутри буксовых проемов (160 МПа). При допустимой величине напряжений 250 МПа для стали 20 ГЛ конструкция удовлетворяет условию прочности;

- концентраторы напряжений располагаются над челюстью боковой рамы (242 МПа), в месте перехода опорной поверхности пружин в наклонную раму (242 МПа);

- концентраторы расположены внутри правого буксового проема (186 МПа);

- концентраторы напряжений располагаются внутри буксовых проемов (133 МПа).

Согласно полученным результатам можно сделать вывод, что в зоне перехода от упорной площадки к опоре скользуна, в зоне отверстия под шкворень в подпятнике, в зоне технологического окна верхнего листа и зоне перехода опорной поверхности установки скользуна в центральную часть надрессорной балки возникает наибольшая вероятность возникновения дефектов, что в последствии может привести к разрушению целостности тележки вагона в целом. Рекомендуется усовершенствовать конструкцию боковой рамы и надрессорной балки в указанных зонах для улучшения эксплуатационных показателей тележки грузового вагона.

Разработанные рекомендации по увеличению прочности литых деталей тележек грузовых вагонов модели 18-100, которые позволят повысить эксплуатационные характеристики этих деталей и уменьшить риск появления дефектов.

Даны рекомендации при выполнении расчетов надрессорной балки и боковой рамы на прочность учесть 20%-е понижение механических свойств в детали. Установлены критерии прочности стали по пределу текучести ниже на 20%, чем приведенные значения в требованиях.

Установлены минимальные значения осевых моментов инерции опасных сечений для вновь создаваемых боковых рам и надрессорных балок

тележки с осевой нагрузкой 23,5 тс, которые служат ориентиром при оценке запаса прочности боковых рам.

Марку стали боковых рам и надрессорных балок следует выбирать из ряда зарекомендовавших себя по высокой трещиностойкости, в том числе при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$ .

## Выводы и предложения

В первой главе приведен обзор и анализ конструкций тележек грузовых вагонов. В частности, рассматриваются двух-, трех- и четырехосные тележки грузовых вагонов, а также конструктивное исполнение тележки с рессорным подвешиванием в виде листовых рессор. Также в первой главе приводится обзор и анализ дефектов тележек грузовых вагонов с описанием причин их возникновения.

Анализ результатов проведенного обзора показал, что наиболее часто эксплуатируемой тележкой является модель 18-100 и нагрузки, действующие на эту тележку в пути, носят случайный характер и зависят не только от полезной нагрузки, но и от скорости движения, состояния пути и ряда других факторов. Поэтому и отказы также носят случайный характер.

На данный момент неразрешимым является вопрос предупреждения появления дефектов в тележке модели 18-100 путем проведения исследований вероятности возникновения дефектов и разработки рекомендаций по увеличению прочности литых деталей тележек.

В связи с этим для достижения сформулированной цели в рамках данной работы были поставлены и решены следующие задачи:

- разработаны конечно-элементные модели элементов тележки модели 18-100 с использованием современных инженерных программ, позволяющих исследовать вероятность возникновения дефектов;
- составлены расчетные схемы и произведен расчет на прочность литых деталей (боковая рама, надрессорная балка) тележек модели 18-100;
- разработаны рекомендации по увеличению прочности литых деталей (боковая рама, надрессорная балка) тележек модели 18-100.

В результате проведенных расчетов были выявлены концентраторы напряжений в зонах надрессорной балки и боковой рамы тележки грузового вагона модели 18-100:

- надрессорная балка имеет концентраторы напряжений: в зоне технологического окна верхнего листа (217 МПа), в зоне перехода опорной поверхности установки скользуна в центральную часть надрессорной балки (207 МПа), в зоне отверстия под шкворень в подпятнике (247 МПа). При допустимой величине напряжений 250 МПа для стали 20 ГЛ конструкция удовлетворяет условию прочности;

- концентраторы напряжений располагаются: в месте перехода опорной поверхности пружин в наклонную раму (165 МПа), внутри буксовых проемов (160 МПа). При допустимой величине напряжений 250 МПа для стали 20 ГЛ конструкция удовлетворяет условию прочности;

- концентраторы напряжений располагаются над челюстью боковой рамы (242 МПа), в месте перехода опорной поверхности пружин в наклонную раму (242 МПа);

- концентраторы расположены внутри правого буксового проема (186 МПа) и внутри буксовых проемов (133 МПа).

Согласно полученным результатам можно сделать вывод, что в указанных зонах для улучшения эксплуатационных показателей тележки грузового вагона рекомендуется усовершенствовать конструкцию боковой рамы и надрессорной балки.

Марку стали боковых рам и надрессорных балок следует выбирать из ряда зарекомендовавших себя по высокой трещиностойкости, в том числе при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Разработанные рекомендации по увеличению прочности литых деталей тележек грузовых вагонов модели 18-100, которые позволят повысить эксплуатационные характеристики этих деталей и уменьшить риск появления дефектов.

## Литература

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 нашего народа. – Т.: Ўзбекистон, 2004.
3. И.А. Каримов. За процветание Родины каждый из нас в ответе. – Т.: Ўзбекистон, 2001.
4. И.А. Каримов. Наша цель: свободная и процветающая родина. – Т.: Ўзбекистон, 1996.
5. Змеева, В.Н. Вероятностное прогнозирование длительности развития усталостных трещин в литых сталях деталей грузовых вагонов / В.Н. Змеева, С.Г. Лебединский // Вестник ВНИИЖТ. – 2000. – № 2. – С. 44 – 47.
6. Конькова, Т.Е. О путях повышения эксплуатационной надежности стальных литых деталей тележек грузовых вагонов / Т.Е. Конькова, В.Б. Беловодский, А.В. Великанов // Вестник ВНИИЖТ. – 2009. – № 1. – С. 22 – 26.
7. 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. Лозбинева, М.Н. Овечников, Б.Н. Покровский, В.И. Светлов, А.А. Юхневский; Под ред. В.Н. Котуранова. – М.: Маршрут, 2005. – 490 с.
8. Быков Б.В. Конструкция тележек грузовых и пассажирских вагонов. – М.: Маршрут, 2004. – 36 с.
9. 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.
10. Лукин В.В. и др. Вагоны. Общий курс: Учебник для вузов железнодорожного транспорта / Под ред. В.В. Лукина. – М.: Маршрут, 2004. – 424 с.

11. Пастухов И.Ф. и др. Вагоны: Учебник для техникумов железнодорожного транспорта / Под ред. В.В. Лукина. – М.: Транспорт, 1988. – 280 с.
12. Шадур Л.А. и др. Вагоны: Учебник для вузов железнодорожного транспорта / Под ред. Л.А. Шадура. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 439 с.
13. Ахмеджанов Р.А., Бельский А.О. Совершенствование конструкции боковой рамы двухосной трехэлементной тележки грузового вагона. Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: Материалы третьей всероссийской научно-технической конференции с международным участием в трех частях. Часть 3 / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2015. С. 54 – 61.
14. Мотовилов В.С. и др. Технология производства и ремонта вагонов. – М.: Маршрут, 2003. – 382 с.
15. Безценный В.И. Технология вагоностроения и ремонта вагонов. Учебник для вузов железнодорожного транспорта / Под ред. В.И. Безценного. – М.: Транспорт, 1976. – 432 с.
16. Герасимов В.С. и др. Технология вагоностроения и ремонта вагонов: Учебник для вузов / В.С. Герасимов, И.Ф. Скиба, Б.М. Кернич и др.; Под ред. В.С. Герасимова - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1988. – 381 с.
17. Критерии браковки литых деталей тележек грузовых вагонов модели 18-100 и их аналогов в эксплуатации / Руководящий документ. ОАО «РЖД», М., 2013. 7 с.
18. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.
19. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2004. – 448 с.: ил.

20. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.: ил.

21. Основные элементы SolidWorks. SolidWorks-2010. DS SolidWorks Corporation, 2010. – 534 с.

22. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 784., ил.