

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра вагонов

В. В. ПИГУНОВ, А. В. ПИГУНОВ

КОНСТРУКЦИЯ, ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ВАГОНОВ

Часть 2

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности «Подвижной состав
железнодорожного транспорта»*

Гомель 2021

УДК 629.45/.46(075.8)
ББК 39.24
ПЗ2

Рецензенты: заведующий кафедрой тракторов д-р техн. наук, профессор *В.П. Бойков* (БНТУ);
ученый секретарь ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», канд. техн. наук, доцент *А.В. Коваленко*.

Пигунов, В. В.

ПЗ2 Конструкция, теория и расчет вагонов : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / В. В. Пигунов, А. В. Пигунов ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 466 с.
ISBN 978-985-891-028-0 (ч. 2)

Рассматриваются конструкции кузовов грузовых и пассажирских вагонов эксплуатационного парка, а также вагонов нового поколения и перспективных вагонов, приводятся их конструктивные особенности и основные требования, предъявляемые к вагонам и их составным частям. Излагаются основные методы расчета на прочность кузовов грузовых и пассажирских вагонов и основные виды испытаний вагонов.

Предназначено для студентов всех форм обучения специальности «Подвижной состав железнодорожного транспорта» и может быть использовано инженерно-техническими работниками в их практической деятельности.

УДК 629.45/.46(075.8)
ББК 39.24

ISBN 978-985-891-028-0 (ч. 2)
ISBN 978-985-554-939-1

© Пигунов В. В., Пигунов А. В., 2021
© Оформление. БелГУТ, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ГРУЗОВЫЕ ВАГОНЫ.....	8
1.1 Основные термины и определения	8
1.2 Назначение и классификация кузовов вагонов	9
1.3 Основные требования к грузовым вагонам	12
1.4 Вагоны-платформы	16
1.4.1 Универсальная четырехосная платформа модели 13-4012 с комбинированным настилом пола	17
1.4.2 Универсальная четырехосная платформа модели 13-192-01 с деревянным настилом пола	23
1.4.3 Универсальная четырехосная удлиненная платформа модели 13-491 с улучшенными характеристиками	28
1.4.4 Универсальная четырехосная удлиненная платформа модели 13-5205 с пониженным уровнем погрузочной площадки	29
1.4.5 Специализированные платформы для крупнотоннажных контейнеров	37
1.4.6 Специализированные платформы для перевозки лесных грузов	49
1.4.7 Специализированная платформа для лесоматериалов и крупнотоннажных контейнеров модели 13-198-02	53
1.4.8 Транспортёры	59
1.5 Полувагоны	65
1.5.1 Универсальный четырехосный полувагон модели 12-132-03 с осевой нагрузкой 230,5 кН	66
1.5.2 Универсальный четырехосный полувагон с торцевыми дверями модели 12-757 с осевой нагрузкой 230,5 кН	79
1.5.3 Специализированные полувагоны	82
1.5.4 Полувагоны нового поколения для осевой нагрузки 245 кН	86
1.5.5 Полувагоны нового поколения для осевой нагрузки 265 кН	98
1.5.6 Четырехосный полувагон модели ВА2005 с глухим кузовом из алюминиевых сплавов	102
1.6 Крытые вагоны	106
1.6.1 Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-217 с объемом кузова 120 м ³	108
1.6.2 Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-260 с объемом кузова 140 м ³	117
1.6.3 Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-280 с объемом кузова 138 м ³	125
1.6.4 Универсальные крытые вагоны нового поколения с увеличенным объемом кузова	132

1.6.5 Специализированные крытые вагоны	159
1.7 Вагоны-цистерны	169
1.7.1 Назначение, состав и классификация вагонов-цистерн	169
1.7.2 Особенности цистерн рамной конструкции	177
1.7.3 Цистерны общего назначения	186
1.7.4 Цистерны для вязких грузов (цистерны с подогревательным кожухом)	218
1.7.5 Цистерны для затвердевающих грузов (цистерны с подогревательным кожухом и термоизоляцией)	228
1.7.6 Цистерны для сжиженных газов	246
1.7.7 Цистерны для кислот и жидких химических грузов	252
1.7.8 Цистерны для порошкообразных грузов	266
1.7.9 Цистерны для скоропортящихся грузов	278
1.7.10 Цистерны для криогенных грузов	284
1.7.11 Цистерны нового поколения	288
1.8 Грузовые вагоны нового поколения сочлененного типа	294
2 РАСЧЕТ КУЗОВОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ	301
2.1 Расчет кузова полувагона на вертикальную нагрузку методом сил	301
2.2 Расчет кузова полувагона на продольную нагрузку методом сил	306
2.3 Приближенный расчет кузова грузового вагона	310
2.4 Расчет котла вагона-цистерны на внутреннее давление	313
2.5 Расчет кузова грузового вагона методом конечных элементов	316
2.6 Оценка устойчивости вагона от опрокидывания	323
3 ПАССАЖИРСКИЕ ВАГОНЫ	326
3.1 Основные термины и определения	326
3.2 Основные требования к пассажирским вагонам	327
3.3 Основные типы и планировки пассажирских вагонов	338
3.4 Конструкция кузовов пассажирских вагонов	346
3.4.1 Конструкция новых пассажирских вагонов с кузовом традиционного конструктивного исполнения	348
3.4.2 Конструкция кузовов пассажирских вагонов эксплуатационного парка	355
3.4.3 Особенности конструкции кузова пассажирского вагона без сквозной хребтовой балки	358
3.4.4 Особенности конструкции пассажирских вагонов с кузовами из нержавеющей стали	359
3.4.5 Особенности конструкции скоростных пассажирских вагонов с кузовами из алюминиевых сплавов	361
3.4.6 Конструкция кузовов пассажирских вагонов нового поколения	364
3.4.7 Двухэтажные пассажирские вагоны	370
3.4.8 Двухвагонные сцепы (сцепы из двух пассажирских вагонов)	375
3.4.9 Деревянная обрешетка, изоляция, внутренняя обшивка и облицовка кузовов пассажирских вагонов	376
3.4.10 Внутреннее оборудование кузовов пассажирских вагонов	378
3.4.11 Двери и окна пассажирских вагонов	383
3.5 Системы жизнеобеспечения пассажирских вагонов	388
3.5.1 Система водоснабжения	390
3.5.2 Система отопления	397

3.5.3 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха	403
3.5.4 Система освещения	409
3.5.5 Система электроснабжения	411
4 РАСЧЕТ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ	415
4.1 Особенности расчета кузовов пассажирских вагонов	415
4.2 Предварительный приближенный расчет кузова пассажирского вагона	417
4.3 Расчет кузова пассажирского вагона методом конечных элементов	425
5 ИСПЫТАНИЯ ВАГОНОВ	428
5.1 Основные термины и определения	428
5.2 Общие положения	429
5.3 Статические прочностные испытания вагонов	432
5.4 Испытания на прочность и ресурс при соударении	435
5.5 Испытания на прочность при погрузке и выгрузке	441
5.6 Ходовые прочностные испытания	443
5.7 Ходовые динамические испытания	445
5.8 Испытания на усталость	447
5.9 Вибрационные испытания	451
5.10 Виртуальные испытания вагонов	451
5.11 Обработка результатов испытаний	455
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	463

ВВЕДЕНИЕ

Вторая часть учебного пособия включает вопросы устройства и расчета кузовов грузовых и пассажирских вагонов, а также методы их испытаний.

Приводятся основные термины и определения, требования, предъявляемые к конструкциям грузовых и пассажирских вагонов и их составным частям. Рассматриваются конструкции кузовов основных типов грузовых вагонов эксплуатационного парка (вагонов-платформ, полувагонов, крытых вагонов и вагонов-цистерн), а также вагонов нового поколения и перспективных вагонов, приводятся их конструктивные особенности.

К новым и перспективным вагонам относятся грузовые вагоны с осевой нагрузкой, увеличенной до 245 кН и более, вагоны сочлененного типа, вагоны с уменьшенной тарой благодаря применению высокопрочных сталей, алюминиевых сплавов и композитных материалов, вагоны для повышенных скоростей движения и др.

Рассматриваются основные типы, классы и планировки пассажирских вагонов, конструкции новых пассажирских вагонов и вагонов эксплуатационного парка с кузовами традиционного конструктивного исполнения, а также конструкция кузовов пассажирских вагонов нового поколения. Приводятся конструктивные особенности вагонов с кузовами из нержавеющей стали и алюминиевых сплавов, а также выполненных без сквозной хребтовой балки. Уделено достаточно большое внимание вопросам внутреннего оборудования кузовов и системам жизнеобеспечения пассажирских вагонов – системам водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, освещения и электроснабжения.

Излагаются основные методы расчета кузовов грузовых и пассажирских вагонов, а также методы испытаний вагонов.

Учебное пособие написано в соответствии с действующей программой по курсу «Конструкция, теория и расчет вагонов».

Острая потребность в подготовке и издании настоящего учебного пособия обусловлена:

- изменением нормативных документов, определяющих требования к основным типам грузовых и пассажирских вагонов, а также методы испытаний вагонов;

- появлением новых и перспективных грузовых и пассажирских вагонов и возникшей необходимостью описания их конструкции и работы.

Учебное пособие может быть использовано студентами всех форм обучения специальности «Подвижной состав железнодорожного транспорта», учащимися колледжей железнодорожного транспорта, слушателями курсов повышения квалификации, а также инженерно-техническими работниками в их практической деятельности.

1 ГРУЗОВЫЕ ВАГОНЫ

1.1 Основные термины и определения

Грузовые вагоны – вагоны, предназначенные для перевозки грузов, такие, как крытые вагоны, полувагоны, платформы, вагоны-цистерны, вагоны бункерного типа, изотермические вагоны, зерновозы, транспортеры, контейнеровозы, специальные вагоны грузового типа (ГОСТ 34056–2017).

Крытый вагон – грузовой вагон с крытым кузовом с распашными или сдвижными дверями и/или люками, предназначенный для перевозки штучных, тарно-штучных, пакетированных и насыпных грузов, техники, требующих защиты от атмосферных осадков и несанкционированного доступа к грузу (ГОСТ 34056–2017).

Полувагон – грузовой вагон с кузовом без крыши, предназначенный для перевозки грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков (ГОСТ 34056–2017).

Специализированный грузовой вагон – вагон, предназначенный для перевозки одной или нескольких групп грузов, для которых установлены специальные требования к условиям перевозки, погрузки и выгрузки (ГОСТ 34530–2019).

Вагон-цистерна – грузовой вагон с кузовом в виде резервуара цилиндрической формы, имеющего загрузочные люки, сливно-наливную, контрольную и запорную арматуру, предназначенный для перевозки жидких грузов, сжиженных газов, сыпучих пылевидных грузов (ГОСТ 34056–2017).

Вагон-самосвал (думпкар) – грузовой вагон с устройством для механизированной разгрузки сыпучих и кусковых грузов (ГОСТ 34056–2017).

Вагон-транспортер – грузовой вагон, предназначенный для перевозки тяжелых, крупногабаритных, длинномерных, штучных и других грузов в открытом виде (ГОСТ 34530–2019).

Вагон-платформа (платформа) – грузовой вагон, кузов которого состоит из рамы и, в зависимости от имеющегося оборудования, предназначенный для перевозки длинномерных, штучных и сыпучих грузов, контейнеров и техники, не требующих защиты от атмосферных осадков (ГОСТ 34530–2019).

Платформа – грузовой вагон, кузов которого состоит из рамы, имеющей оборудование для перевозки длинномерных, штучных и сыпучих грузов, контейнеров и техники, не требующих защиты от атмосферных осадков (ГОСТ 34056–2017).

Платформа для комбинированных перевозок – вагон-платформа, предназначенный для перевозки контейнеров, автопоездов, автоприцепов, полуприцепов и съемных автомобильных кузовов (ГОСТ 34530–2019).

Кузов вагона – несущая металлоконструкция, предназначенная для размещения перевозимого груза, пассажиров, багажа, систем жизнеобеспечения и специального оборудования (ГОСТ 34056–2017).

Рама вагона (грузового) – составная часть металлоконструкции кузова вагона, на которой размещаются автосцепное устройство, часть тормозного оборудования, пятники, которыми вагон опирается на подпятники тележек (ГОСТ 34056–2017).

1.2 Назначение и классификация кузовов вагонов

Кузов вагона – несущая металлоконструкция, предназначенная для размещения перевозимого груза, пассажиров, багажа, систем жизнеобеспечения и специального оборудования (ГОСТ 34056–2017).

Характерная конструктивная схема кузова вагона показана на рисунке 1.1.

Основанием кузова является *рама*, воспринимающая все основные нагрузки, действующие на вагон. Рама предназначена для размещения автосцепного устройства и части тормозного оборудования. Она представляет собой систему продольных и поперечных элементов (балок): двух концевых 1, двух шкворневых 2, промежуточных поперечных 3, хребтовой 4 и двух боковых продольных 5. Рама имеет опоры: центральные – пятники 6 и боковые – скользуны 7. На конструктивной схеме кузова тонкими линиями показаны боковые стены и крыша.

П р и м е ч а н и е – Кроме характерных балок, показанных на схеме, в рамках крытых вагонов, платформ и других вагонов могут применяться дополнительные продольные и поперечные балки, на которые опирается настил пола.

На раму действует полезная нагрузка, а также сосредоточенные продольные силы T_c , передаваемые на раму автосцепкой, и вертикальные реакции опор кузова R . Полезная нагрузка непосредственно воздействует на настил пола и передается на продольные и поперечные балки рамы.

Основным (усиленным) продольным элементом рамы является *хребтовая балка*, которая воспринимает продольные силы T_c .

В современных конструкциях вагонов хребтовая балка изготавливается, как правило, из стального прокатного профиля:

- два зета № 31 и двутавр № 19 – полувагон (рисунок 1.2, *а*);
- два зета № 31 – крытый грузовой, полувагон с глухим полом и глухим кузовом (рисунок 1.2, *б*);
- два двутавра № 70 – платформа (рисунок 1.2, *в*);
- два швеллера № 30 – пассажирские вагоны, цистерны рамной конструкции (рисунок 1.2, *г*).

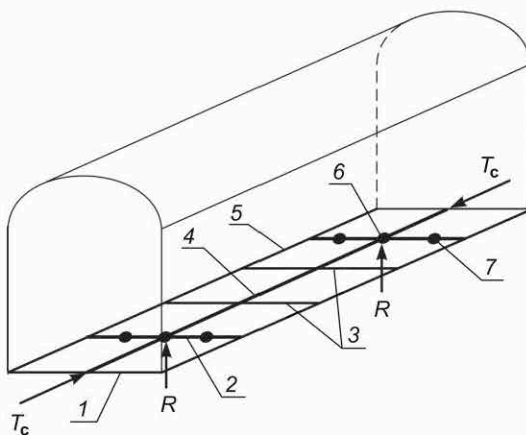


Рисунок 1.1 – Характерная конструктивная схема кузова вагона

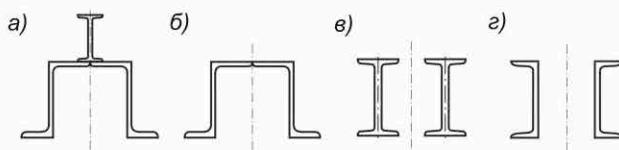


Рисунок 1.2 – Сечения хребтовой балки основных типов вагонов:
а – два зета № 31 и двутавр № 19; б – два зета № 31; в – два двутавра № 70;
г – два швеллера № 30

Основным (усиленным) поперечным элементом рамы является *шкворневая балка*, которая воспринимает вертикальные реакции R . Шкворневая балка выполняется сварной замкнутого коробчатого сечения (два вертикальных и два горизонтальных листа).

Боковые продольные балки являются одновременно и нижними продольными элементами боковых стен.

Концевые поперечные балки выполняют коробчатого сечения (сварные или в виде проката), а *промежуточные поперечные балки* – в виде двутавра или швеллера.

Поперечные балки, работающие на изгиб, с целью снижения их массы выполняют, как правило, в форме бруса равного сопротивления изгибу.

В составе реальной конструкции кузова можно выделить:

- основные несущие элементы;
- вспомогательные несущие элементы;
- ненесущие элементы (элементы функционального назначения).

Основные несущие элементы участвуют в восприятии основных эксплуатационных нагрузок. Они образуют основную несущую конструкцию и включаются в расчетную схему.

Вспомогательные несущие элементы участвуют в восприятии только некоторых нагрузок (полезная нагрузка, распор сыпучих грузов и др.) и в передаче их на основную несущую конструкцию. К ним можно отнести деревянный настил пола, деревянную обшивку стен, откидные борта платформ, крышки люков и торцовые створчатые двери полувагонов, а также вспомогательные продольные и поперечные балки, имеющие малую жесткость в вертикальной или в горизонтальной плоскости – при расчете кузова на действие вертикальных или горизонтальных нагрузок соответственно.

Ненесущие специальные элементы не участвуют в восприятии нагрузки, но необходимы для перевозки пассажиров и грузов. К ним относятся двери, окна, изоляция, установки кондиционирования воздуха и др.

Различают три основных типа несущих конструкций кузовов (рисунок 1.3):

- с несущей рамой (платформы, транспортеры);
- несущими рамой и боковыми стенами (полувагоны);
- несущими рамой, боковыми стенами и крышей (пассажирские и крытые грузовые вагоны).

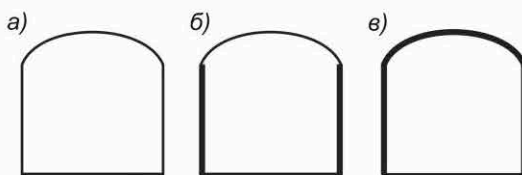


Рисунок 1.3 – Основные типы несущих конструкций кузовов:

а – с несущей рамой; *б* – с несущими рамой и стенами;

в – с несущими рамой, стенами и крышей

Расчетные схемы несущих конструкций кузовов можно представить в виде:

1) *стержневых систем* – для кузовов платформ с несущей рамой (рисунок 1.4, *а*);

2) *комбинированных систем* – для кузовов полувагонов (рисунок 1.4, *б*) и крытых грузовых вагонов с деревянным настилом пола (рисунок 1.4, *в*). В кузове полувагона рама – стержневая система, стены – подкрепленные стержнями пластинчатые системы; в кузове крытого грузового вагона – ра-

ма – стержневая система, а стены и крыша – П-образная подкрепленная оболочка с вырезами;

3) *подкрепленных листовых систем* – для кузовов пассажирских вагонов, имеющих кузов в виде замкнутой подкрепленной оболочки с вырезами (рисунок 1.4, з).

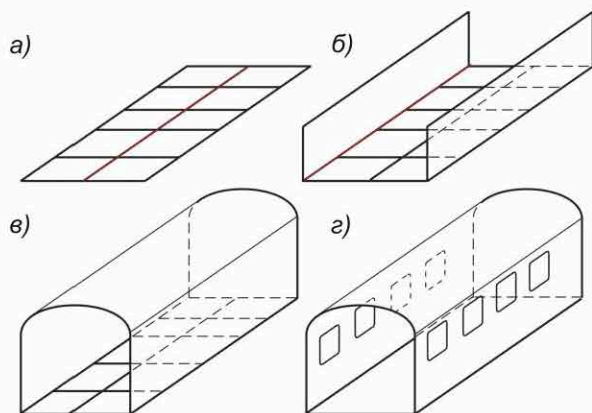


Рисунок 1.4 – Расчетные схемы несущих конструкций кузовов:

а – стержневая; б, в – комбинированные; з – подкрепленная листовая

1.3 Основные требования к грузовым вагонам

Требования к грузовым вагонам установлены государственными стандартами. Они включают технические требования (общие требования, требования к конструкции, материалам и комплектующим изделиям, к прочности, динамическим качествам, воздействию на путь и тормозной эффективности, к надежности и маркировке, охраны труда и окружающей среды), правила приемки и методы контроля, транспортирование и хранение, указания по эксплуатации и гарантии изготовителя.

Общие требования регламентируют параметры и размеры вагонов, климатические условия эксплуатации, габарит, оборудование, которым должны быть оснащены вагоны рассматриваемого типа, требования к основным узлам (тележкам, автосцепному устройству, тормозному оборудованию и др.).

Грузовые вагоны должны соответствовать климатическому исполнению УХЛ категории размещения 1 по ГОСТ 15150 с обеспечением работоспособности в диапазоне температур от +50 до –60 °С, а габариты вагонов – требованиям ГОСТ 9238.

Грузовые вагоны должны иметь кузов и должны быть оборудованы:

- двумя тележками по ГОСТ 9246 или иному стандарту, распространяющемуся на тележки грузовых вагонов;

- автосцепными устройствами по ГОСТТ 33434 или иному стандарту, распространяющемуся на автосцепные устройства грузовых вагонов, с контуром зацепления по ГОСТ 21447, с оборудованием автосцепок нижним ограничителем вертикальных перемещений и расцепным приводом с блокировочной цепью и поглощающими аппаратами по ГОСТ 32913;

- тормозной системой по ГОСТ 34434;

- стояночным тормозом по ГОСТ 32880;

- подножками и поручнями составителя поездов;

- скобами (кронштейнами) для крепления концевых сигнальных устройств;

- тяговыми кронштейнами для перемещения вагонов безрельсовым транспортом;

- местами установки домкратов для подъема кузова как в порожнем, так и в груженом состоянии.

По требованию заказчика вагоны могут быть оборудованы устройствами, обеспечивающими автоматическую идентификацию бортового номера.

Требования к конструкции, материалам и комплектующим изделиям.

Требования к конструкции отдельных элементов и материалам для изготовления элементов несущей конструкции кузова определяются типом вагонов. Так, для универсальных крытых вагонов необходимо наличие боковых дверей, двух печных разделок в крыше вагона и настенного несъемного оборудования, для универсальных полувагонов – наличие разгрузочных люков в полу, для универсальных платформ – продольных и поперечных бортов. В данном разделе устанавливаются также требования к сварным стальным соединениям, стальным литым деталям, поковкам и штамповкам, деталям из древесины и древесных материалов, а также к лакокрасочным покрытиям вагонов.

Требования к прочности, динамическим качествам, воздействию на путь и тормозной эффективности. Показатели прочности и динамических качеств вагонов должны соответствовать требованиям ГОСТ 33211.

Максимальная статическая погонная нагрузка от вагона на железнодорожный путь не должна превышать 103 кН/м, а максимальная расчетная статическая осевая нагрузка – допускаемую максимальную расчетную статическую осевую нагрузку для используемого типа тележки.

Тормозная система вагонов должна обеспечивать тормозные пути в соответствии с ГОСТ 34434, а стояночный тормоз должен предотвращать самопроизвольный уход груженого вагона с места стоянки в соответствии с ГОСТ 32880.

Требования надежности устанавливают показатели надежности, которые должны быть указаны в технических условиях на конкретную модель

вагона. Численные значения этих показателей должны быть рассчитаны с учетом ГОСТ 27.301 на стадии проектирования вагона на основе технических требований и (или) анализа показателей надежности вагона-аналога.

Требования к маркировке. В соответствии с альбомом-справочником [70] вагоны должны иметь следующую маркировку:

- единый знак обращения на рынке государств – членов Евразийского экономического союза;

- условный номер изготовителя по справочнику [71], а также его наименование или товарный знак;

- порядковый номер вагона по системе нумерации изготовителя или сетевой номер (при наличии);

- дата изготовления (обозначается арабскими цифрами по форме ДД.ММ.ГГГГ);

- грузоподъемность вагона и масса тары вагона, т;

- объем кузова (для цистерны – объем котла), м³;

- конструкционная скорость, км/ч;

- код государства-собственника по классификатору [72];

- надписи о датах последующих плановых ремонтов (даты обозначаются арабскими цифрами по форме ДД.ММ.ГГГГ);

- надпись «Авторежим» и рядом с ней расчетная сила нажатия тормозных колодок на ось в пересчете на чугунные колодки (в тс) и интервал необходимого давления воздуха в тормозных цилиндрах (в кгс/см²) при полном служебном торможении порожнего и груженого вагонов (при наличии устройства на вагоне).

Требования охраны труда и окружающей среды. Конструкция вагона и расположение оборудования должны обеспечивать безопасность обслуживающего персонала, а также доступ к оборудованию при осмотре, ремонте, монтаже и демонтаже.

Требования безопасности предусматривают оборудование вагонов лестницами, подножками, поручнями, кронштейнами для сигнальных фонарей, рифлеными планками для постановки домкратов, а также нанесение знаков безопасности и предостерегающих надписей, обеспечивающих безопасную эксплуатацию вагонов.

При креплении болтами должно быть исключено самопроизвольное отвинчивание гаек и болтов, шарнирно закрепленные составные части вагонов должны иметь предохранительные устройства, препятствующие их падению на путь.

Переходные площадки (при наличии) должны иметь поверхность, препятствующую скольжению, в зоне расположения лестниц, ведущих на крышу, должны быть нанесены знаки безопасности, предупреждающие об опасности поражения электрическим током по ГОСТ 12.4.026.

Требования пожарной безопасности регламентированы ГОСТ 12.1.004, требования взрывобезопасности – ГОСТ 12.1.010.

Конструкция вагонов при соблюдении правил эксплуатации, обслуживания и ремонта должна предотвращать загрязнение окружающей среды твердыми, жидкими и газообразными веществами.

Правила приемки и методы контроля. Для проверки соответствия вагонов требованиям стандартов проводят приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания по ГОСТ 15.309, приемочные и квалификационные испытания по ГОСТ 15.902. Контролируемые технические требования и виды испытаний для вагонов установлены стандартом на соответствующий тип вагона.

При приемо-сдаточных испытаниях проверяют соответствие каждого вагона требованиям стандарта. Периодическим испытаниям подвергают один вновь изготовленный вагон. Эти испытания проводят не реже, чем один раз в пять лет. Типовым испытаниям подвергают вагоны после внесения в конструкцию или технологию их изготовления изменений.

Приемочным и квалификационным испытаниям подвергают вагон, прошедший приемо-сдаточные испытания.

Результаты испытаний считают отрицательными, а вагон не выдержавшим испытания, если в ходе испытаний установлено несоответствие вагона хотя бы одному требованию, заданному для испытания данного вида.

Установленные виды, методы и периодичность контрольных испытаний направлены на повышение качества проектирования и изготовления вагона, улучшение его прочностных, ходовых динамических и эксплуатационных показателей, а также показателей надежности, при изменяющихся условиях эксплуатации.

Условия проведения испытаний установлены ГОСТ 33788–2016, а методы контроля – стандартом на соответствующий тип вагона.

Указания по эксплуатации. Эксплуатацию вагона осуществляют в соответствии с эксплуатационными документами по ГОСТ 2.601, ремонтными документами по ГОСТ 2.602 и национальным законодательством. Общие требования по обеспечению сохранности установлены в ГОСТ 22235.

Требования изготовителя. Гарантийные обязательства завода-изготовителя устанавливаются сроками ответственности завода за качество изготовления вагона при соблюдении существующих и перспективных условий эксплуатации и ремонта грузовых вагонов. Гарантийный срок должен быть не менее срока от изготовления до первого планового вида ремонта и не должен заканчиваться в межремонтный период.

1.4 Вагоны-платформы

Назначение вагонов-платформ (платформ) – перевозка колесной и гусеничной техники, контейнеров, лесных, длинномерных, сыпучих грузов и других грузов, не требующих защиты от атмосферных воздействий.

Отличительной особенностью платформ является отсутствие стен и крыши и наличие мощной рамы, способной воспринимать все виды эксплуатационных нагрузок.

Платформы разделяются на универсальные и специализированные.

Признаком универсальности является наличие рамы, оборудованной откидными бортами и деревянным или деревометаллическим настилом пола. Допускается изготовление универсальных платформ без боковых продольных бортов и с откидывающимися упорами для фитингов платформ.

К универсальным платформам относятся платформы 13-4012, 13-192-01, 13-491 и другие.

Специализированные платформы предназначены для перевозки отдельных видов грузов (одного – двух).

К специализированным платформам относятся платформы для перевозки контейнеров, легковых автомобилей, лесоматериалов, а также транспортеры.

Основные характеристики универсальных и специализированных платформ приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика платформ

Показатель	Универсальные модели			Специализированные модели	
	13-4012	13-192-01	13-491	13-470	23-469
Грузоподъемность, т	71	72	73	60	65
Масса тары, т	21,4	21,5	27	22	27
Площадь пола, м ²	36,8	38,4	50,8	46	130
База вагона, м	9,72	9,72	14,4	14,72	19,0
Длина, м:					
– по осям сцепления авто-сцепок	14,62	14,62	19,62	19,62	25,22
– по концевым балкам рамы	13,4	13,4	18,4	18,4	24,0
Высота от уровня головок рельсов, м:					
– максимальная	1,81	1,809	1,81	1,365	4,35
– до уровня пола	1,32	1,31	1,30	1,30	1,25

Показатель	Универсальные модели			Специализированные модели	
	13-4012	13-192-01	13-491	13-470	23-469
Ширина, м:					
– максимальная	3,15	3,141	3,06	2,50	3,10
– по боковым балкам	2,77	2,87	2,87	–	–
Высота от уровня головок рельсов, м:					
– максимальная	1,81	1,809	1,81	1,365	4,35
– до уровня пола	1,32	1,31	1,30	1,30	1,25
Коэффициент тары	0,30	0,30	0,40	0,36	0,42
Удельная площадь, м ² /т	0,518	0,53	0,80	0,76	–
Расчетная статическая осевая нагрузка, кН	228	230,5	245	200	227,4
Нагрузка на 1 м пути, кН/м	62,00	62,74	50,03	41,01	37,8
Конструкционная скорость, км/ч	120	120	120	140	120
Габарит по ГОСТ 9239	0-BM	0-BM	1-BM	0-BM	1-T

1.4.1 Универсальная четырехосная платформа модели 13-4012 с комбинированным настилом пола

Платформа (рисунок 1.5) разработана на Днепродзержинском вагоностроительном заводе (в настоящее время АО «Днепровагонмаш»). Ее техническая характеристика приведена в таблице 1.1.



Рисунок 1.5 – Общий вид универсальной четырехосной платформы модели 13-4012

Кузов платформы (рисунок 1.6) состоит из рамы 2 с деревометаллическим настилом пола 10, восемью боковыми 1 (по четыре на сторону) и двух торцовых 7 откидных бортов.

Боковые борта шарнирно закреплены на боковых балках рамы, торцевые – на концевых балках. Каждый боковой борт удерживается в закрытом положении тремя клиновыми запорами 3, торцевой борт – двумя запорами 6.

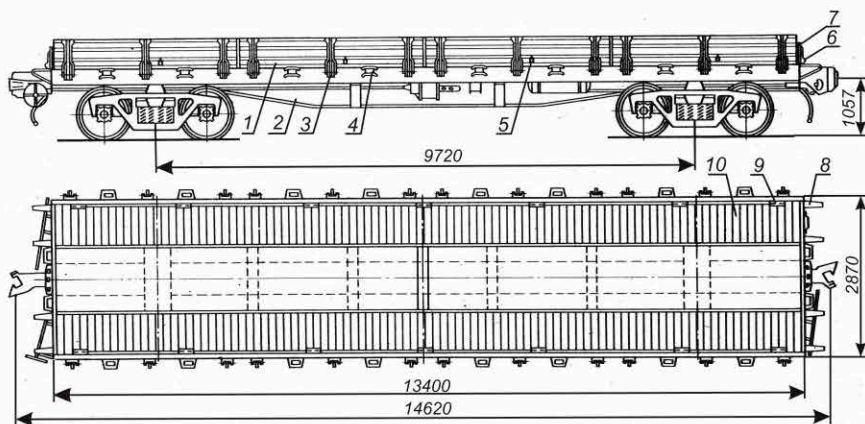


Рисунок 1.6 – Универсальная четырехосная платформа модели 13-4012:

1, 7 – боковой и торцевой борта; 2 – рама; 3, 6 – клиновые запоры бортов;
4 – скоба лесной стойки; 5 – увязочное кольцо; 8 – опорный кронштейн; 9 – увязочная скоба; 10 – деревометаллический настил пола

На концевых балках рамы установлено по четыре опорных кронштейна 8, которые удерживают торцевые борта в горизонтальном положении, обеспечивая тем самым возможность погрузки колесной и гусеничной техники своим ходом. Для крепления груза внутри кузова предусмотрены скобы 9, а снаружи бортов – *увязочные кольца* 5. На боковых балках рамы имеются *скобы (лесные скобы)* 4 для установки деревянных стоек, необходимых при перевозке навалочных грузов, загруженных выше бортов.

Все несущие элементы рамы изготовлены из низколегированной стали 09Г2Д, а борта – из стали 09Г2Д-2.

Рама кузова предназначена для размещения груза. Она воспринимает вертикальную нагрузку от перевозимого груза, собственной массы и массы бортов, а также продольные усилия – растягивающие и сжимающие.

Рама (рисунок 1.7) сварная, состоит из хребтовой 15, двух боковых 13, двух концевых 1, двух шкворневых 2, трех основных 5, двух промежуточных поперечных 4 и вспомогательных продольных 3 и 9 балок.

Вспомогательные продольные балки совместно с поперечными балками предназначены для поддержания настила пола.

Для крепления тормозного оборудования на раме предусмотрены необходимые кронштейны.

Хребтовая балка 15 воспринимает вертикальные, растягивающие и сжимающие нагрузки. Она образована двумя двутаврами № 70, соединенными между собой диафрагмами 16 (в местах примыкания поперечных балок) и упорами автосцепного устройства.

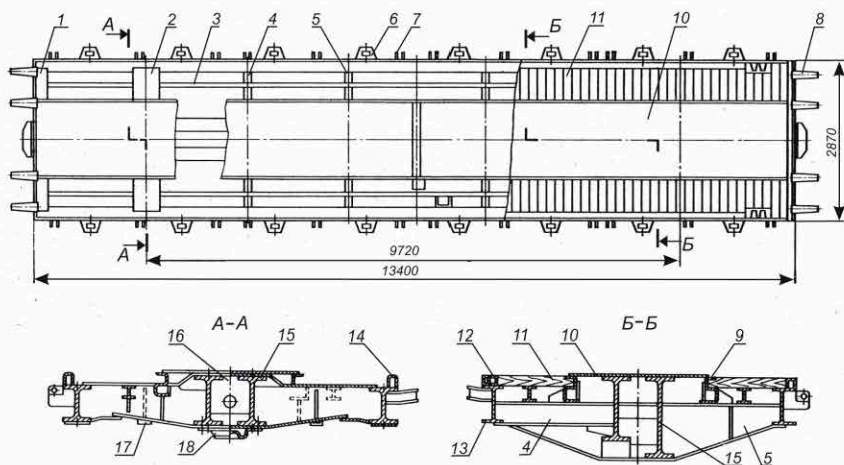


Рисунок 1.7 – Рама с настилом пола универсальной четырехосной платформы модели 13-4012:

- 1 – концевая балка; 2 – шкворневая балка; 3, 9 – вспомогательные продольные балки;
 4, 5 – промежуточная и основная поперечные балки; 6 – скоба лесной стойки; 7 – державка
 петель борта; 8 – опорный кронштейн; 10, 11 – металлический и деревянный настилы пола;
 12, 14 – армировочные уголок и швеллер; 13 – боковая балка; 15 – хребтовая балка;
 16 – диафрагма; 17 – скользя; 18 – пятник

Хребтовая балка переменного по длине сечения в виде бруса равного сопротивления изгибу.

Для получения из двутавра балки переменной по длине высоты в кон-
 сольных частях вертикальной стенки двутавра делают клиновые вырезы,
 нижнюю полку подгибают и приваривают по длине выреза к стенке балки
 стыковым швом.

Боковая балка 13 выполнена из двутавра № 30 постоянной высоты по
 всей длине.

На боковой продольной балке расположены: скобы 6 для лесных стоек
 (лесные скобы), державки 7 петель боковых бортов; швеллер 14, армирую-
 щий настил пола и защищающий его от повреждений при перевозке само-
 ходной техники, а также скобы для увязки грузов.

Концевая балка 1 сварная, коробчатого незамкнутого сечения постоян-
 ной высоты. Балка предназначена для восприятия части нагрузок, действу-
 ющих на раму.

Балка выполнена в виде гнутого Г-образного профиля из листа толщи-
 ной 8 мм и элементов его усиления: двух уголков (150 × 60 × 6 мм) и четы-

реж ребер, привариваемых с внутренней стороны балки на участках размещения кронштейнов 8.

На концевой балке установлены: кронштейны 8 для опирания торцевого борта в открытом положении; державки петель торцевого борта; поручень составителя; скобы для лесных стоек; кронштейны для рычага расцепного привода автосцепного устройства; скоба сигнального фонаря; торсион.

Шкворневая балка 1 предназначена для передачи на тележку через пятник и скользуны всех возникающих в процессе эксплуатации вагона статических и динамических нагрузок. Выполнена сварной, замкнутого коробчатого сечения переменной высоты по длине. Состоит из верхнего и нижнего листов толщиной 10 мм и четырех вертикальных листов толщиной 8 мм.

К нижнему горизонтальному листу балки приклепаны *опорные скользуны 17*, а в зонах соединения с хребтовой балкой крепится болтовым соединением *пятник 18*, усиленный надпятниковой отливкой.

Основная поперечная балка 5 сварная двутаврового сечения, переменной высоты по длине, состоит из вертикального листа (8 мм) и двух горизонтальных (10 мм).

Вспомогательная поперечная балка 4 выполнена из двутавра № 10.

Вспомогательные и основные поперечные балки служат для поддержания вспомогательных продольных балок 3 и 9.

Поперечные балки 4 и 5 располагаются в раме ниже уровня верхней опорной поверхности боковых балок на величину, равную высоте вспомогательных продольных балок 3. Вследствие этого опорные поверхности боковых и вспомогательных продольных балок располагаются на одном уровне, обеспечивая опирание досок настила пола.

Вспомогательные продольные балки 3 и 9 предназначены для поддержания и крепления настила пола. Балка 3 выполнена из двутавра № 10, балка 9 – в виде специального S-образного гнутого профиля.

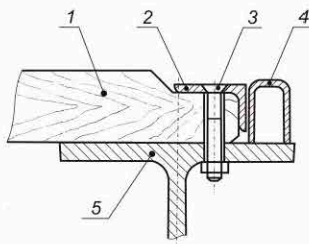
Настил пола (см. рисунок 1.6) – комбинированный (деревометаллический): металлический 10 в средней части и деревянный 11 по бокам.

Деревянный настил пола выполнен из коротких по длине досок толщиной 55 мм и шириной от 140 до 220 мм. Опирание досок пола осуществляется на три продольные балки: 9, 13 и 3. Один конец каждой доски заводится в S-образную балку 9, а другой болтами крепится к боковой балке 13 рамы. Со стороны боковых продольных балок доски 1 (рисунок 1.8) армируют уголком 2 и защитным гнутым швеллером 4 и через армировочный уголок крепят болтами 3 к боковой балке 5 рамы.

Металлический настил пола стальной рифленый лист шириной 1200 мм и толщиной 4 мм.

Рисунок 1.8 – Крепление досок пола к боковой балке рамы:

1 – доска пола; 2 – уголок армировочный;
3 – болтовое соединение; 4 – швеллер защитный;
5 – боковая балка рамы



Борта платформы – боковые и торцевые (рисунки 1.9 и 1.10), шарнирно связаны с рамой. Они воспринимают распорные и динамические нагрузки, действующие в эксплуатации.

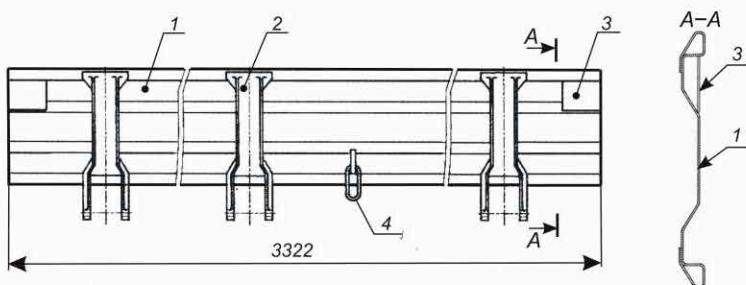


Рисунок 1.9 – Борт боковой:

1 – лист борта; 2 – петля (кронштейн); 3 – планка; 4 – серьга

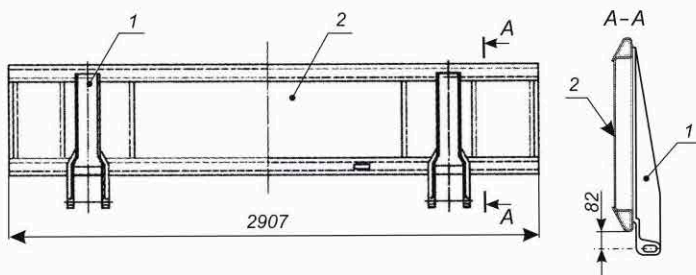


Рисунок 1.10 – Борт поперечный:

1 – петля (кронштейн); 2 – лист борта

Боковые борта имеют высоту 500 мм и выполнены из специального гнутого профиля толщиной 3 мм с широкими продольными гофрами и отбуртовками для обеспечения необходимой жесткости. Торцевые борта высотой 400 мм представляют собой профиль с отбуртовками высотой 400 мм и толщиной 4 мм.

Примечание – Боковой борт для облегчения его подъема разделен на четыре части, каждая из которых имеет длину 3322 мм и удерживается в закрытом положении тремя клиновыми запорами.

Высота бортов устанавливается с учетом возможности перевозки некоторых грузов с опущенными бортами.

Боковые борта в опущенном положении не должны выходить за пределы контура нижнего очертания габарита подвижного состава, а торцевые борта должны размещаться в междвагонном пространстве с учетом безопасного нахождения человека между бортами двух платформ.

Торцевые борта, опущенные в горизонтальное положение, используются при перевозке длинномерных и громоздких грузов, а также при погрузке колесной и гусеничной техники своим ходом. В последнем случае, торцевые борта сцепленных платформ служат переездными мостиками для проезда техники вдоль платформы. Вследствие этого опорные кронштейны и торцевые борта воспринимают значительную нагрузку. Поэтому толщина торцевого борта превышает толщину бокового (4 мм против 3 мм).

Запорные устройства бортов. Каждый боковой борт фиксируется в закрытом положении тремя клиновыми запорами, торцевой – двумя.

Клиновой запор бокового борта (рисунок 1.11) включает петлю 1, приваренную к боковому борту; запорный клин 2 с хвостовиком и продольным пазом; литую державку 4 петли с упором, приваренную к боковой балке рамы; валик 3, соединяющий в единое целое клин, петлю и державку.

Хвостовик клина предназначен для открывания и закрывания борта, а также служит упором в раму при опущенном положении борта; *продольный паз клина* обеспечивает перемещение клина вверх и вниз.

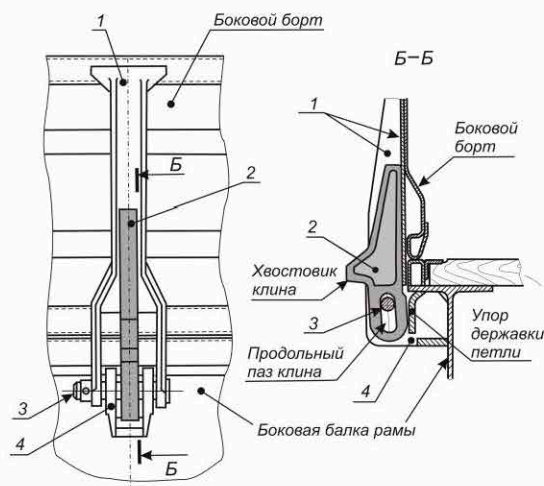


Рисунок 1.11 – Клиновой запор бокового борта универсальной платформы модели 13-4012:

1 – петля борта; 2 – запорный клин; 3 – валик;
4 – державка петли

Клиновой запор торцевого борта имеет аналогичную конструкцию.

Торцевые борта по концам соединяются с боковыми бортами при помощи запоров закидной конструкции.

Работа запорного устройства. Когда борт закрыт, клин 2 находится в нижнем опущенном положении за счет продольного паза. В таком положении клин удерживается за нижнюю часть упором державки 4, который препятствует повороту борта в сторону его открывания.

Для открытия борта требуется ударить снизу по выступу (хвостовику) клина 2 и поднять нижнюю его часть за счет продольного паза выше упора державки 4, после чего повороту клина и открыванию борта ничто не будет препятствовать. При открывании боковой борт откидывается вниз и принимает вертикальное положение, при этом борт упирается в раму хвостовиком клина 2.

Преимущества и недостатки платформы. *Применение комбинированного настила пола позволяет:*

- повысить эксплуатационную надежность пола;
- сократить затраты пиломатериалов на изготовление и ремонт;
- значительно сократить простой платформы в ремонте и увеличить срок службы платформы до первого капитального ремонта.

Назначенный срок службы платформы – 32 года.

1.4.2 Универсальная четырехосная платформа модели 13-192-01 с деревянным настилом пола

Платформа (рисунок 1.12) разработана в ООО «Уральское конструкторское бюро вагоностроения» в 2016 году. Техническая характеристика платформы приведена в таблице 1.1.

Кузов платформы состоит из рамы 1 с деревянным настилом пола 8, восьми откидных продольных 6 и двух торцевых 7 откидных бортов.

На боковых балках по диагонали платформы установлены *кодовые бортовые датчики* КБД-2М-04 ЖЛТК.467766.001-16 ТУ, которые необходимы для работы в составе комплекса системы автоматической идентификации (САИ) подвижных средств.

Рама (рисунок 1.13) образована хребтовой балкой 1, двумя шкворневыми 2, двумя концевыми 3, двумя промежуточными поперечными 4, средней поперечной 5, двумя боковыми 6, вспомогательными (подпорными) 7 и 8 балками.

Хребтовая и боковые балки переменного по длине сечения, выполнены из двутавров № 60, причем первая – из двух двутавров.

Для облегчения конструкции на вертикальной стенке боковой балки выполнены отверстия.

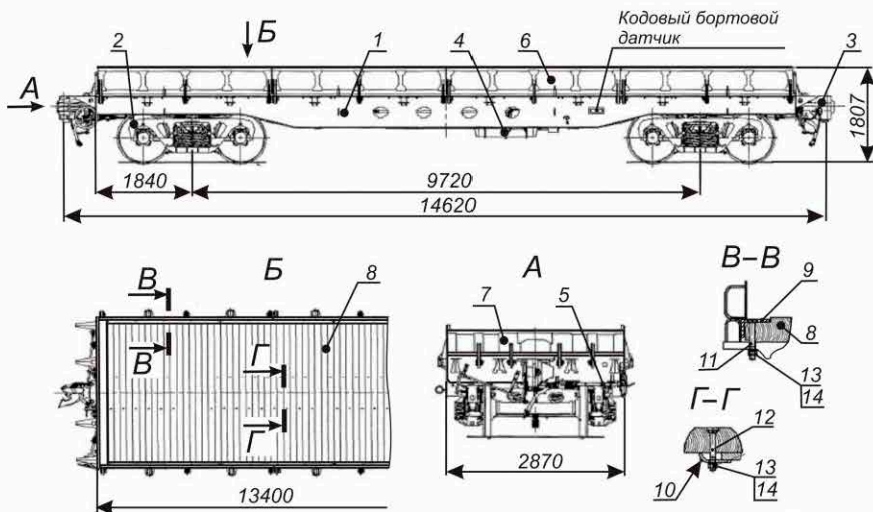


Рисунок 1.12 – Универсальная четырехосная платформа модели 13-192-01:
 1 – рама; 2 – тележка; 3 – автосцепное устройство; 4, 5 – автоматический и стояночный тормоза; 6, 7 – продольный и боковой борта; 8 – настил пола; 9 – армированный уголок; 10 – скоба;
 11 – винт; 12 – болт; 13 – шайба; 14 – гайка

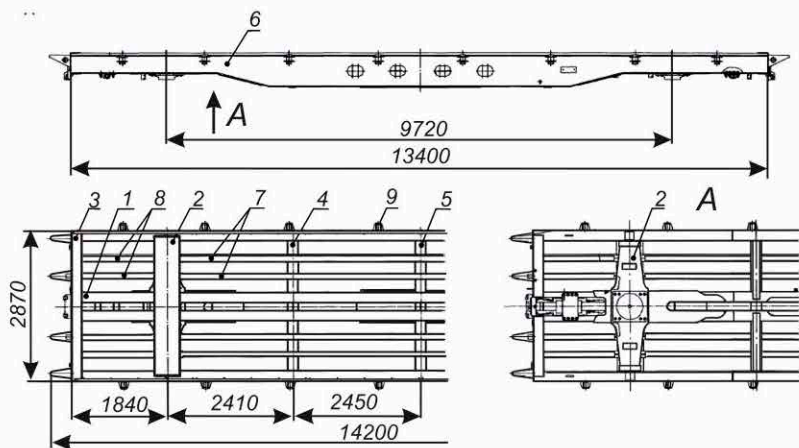


Рисунок 1.13 – Рама универсальной платформы модели 13-192-01:
 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – концевая балка; 4, 5 – промежуточная и средняя поперечные балки; 6 – боковая балка; 7, 8 – вспомогательные (подпорные) балки;
 9 – скоба лесной стойки

К вертикальной стенке боковой балки приварены скобы лесных стоек и кронштейны для крепления продольных бортов (державки петли), к нижним полкам – кронштейны тяговые, служащие для подтягивания платформы при помощи лебедки вдоль фронта погрузки и выгрузки, а к верхней полке по наружному краю – швеллер, защищающий настил пола от повреждений при погрузке самоходной техники. На верхней полке выполнены отверстия для крепления настила пола.

Шкворневые балки коробчатого переменного по высоте сечения.

Промежуточные балки выполнены сварными двутаврового сечения.

Концевая балка (рисунок 1.14) сварная, образована лобовым листом 1 в виде гнутого уголка из листа толщиной 7 мм. В концевой балке для обеспечения необходимой прочности установлены с внутренней стороны ребра.

На лобовом листе установлены кронштейны 2 и 4 для опирания торцевых бортов в открытом положении, скобы 3 и 8 для установки расцепного рычага, скоба 7 сигнального фонаря, ушки 6 для крепления торцевого борта, торсион 5 и поручень составителя 9. Средние опорные кронштейны 4 одновременно выполняют роль скоб лесных стоек. Торсион 5 служит для амортизации торцевого борта при открывании и облегчения подъема в вертикальное положение.

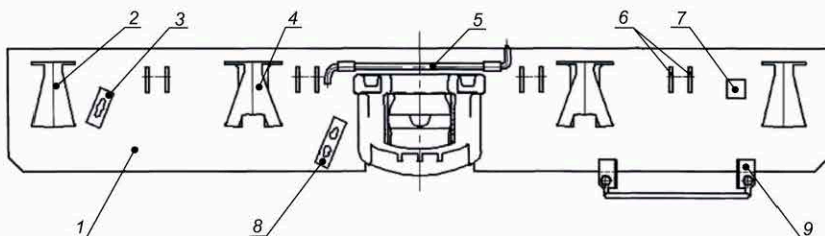


Рисунок 1.14 – Концевая балка рамы платформы модели 13-192-01:

1 – лобовой лист; 2, 4 – опорные кронштейны; 3, 8 – скобы; 5 – торсион; 6 – кронштейн для крепления борта; 7 – скоба; 9 – поручень составителя

Настил пола (см. рисунок 1.12) выполнен из досок толщиной 55 мм, а в районе верхних листов шкворневых балок – 45 мм. Настил пола армирован уголками 9, через которые винтами 11 закреплен к боковым балкам рамы. В средней части доски пола прикреплены болтами 12 и специальными скобами 10 к верхним полкам хребтовой балки. Винты и болты стопорятся гайкой 14 и пружинной шайбой 13.

Борта платформы. Продольный откидной борт (рисунок 1.15) образован верхней 1 и нижней 2 обвязками в виде гнутых швеллеров, обшивкой 5 из листа толщиной 4 мм и стойками промежуточными 3 и угловыми 4 замкну-

того коробчатого сечения. Внутри стоек для жесткости сварены ребра 7 и 8. Верхняя и нижняя обвязки совместно с обшивкой образуют замкнутое коробчатое сечение.

К стойкам приварены петли 6, предназначенные для крепления поворотного механизма открывания и запирания бортов.

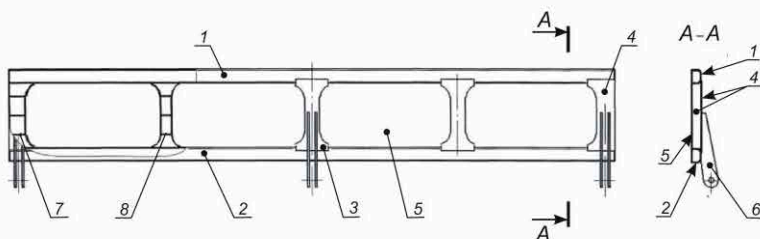


Рисунок 1.15 – Боковой продольный борт платформы модели 13-192-01:
1, 2 – верхняя и нижняя обвязки; 3, 4 – промежуточная и угловая стойки; 5 – обшивка;
6 – петля; 7, 8 – ребра

Поперечный откидной борт (рисунок 1.16) состоит из верхней 1 и нижней 4 обвязок, стоек 2, 3 и обшивки 5 из листа толщиной 4 мм. Обвязка и стойки имеют форму гнутого швеллера. В стойки сварены ребра 8 и 9.

Для усиления борта на стойки 3 и верхнюю обвязку 1 приварена накладка 10 с ребром. К промежуточным стойкам приварены петля 5 для крепления поворотного механизма открывания и запирания бортов.

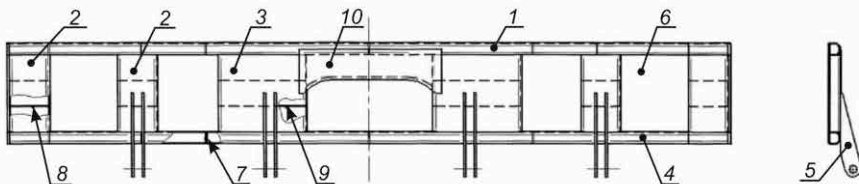


Рисунок 1.16 – Поперечный борт платформы модели 13-192-01:
1, 4 – верхняя и нижняя обвязки; 2, 3 – стойки; 5 – петля; 6 – обшивка; 7–9 – ребра;
10 – накладка

Механизм открывания и запирающее устройство бортов (рисунок 1.17) включает клин 1 с продольным пазом, кронштейна (державки петли) 2 с упором 3, петли 4 и оси 5. Ось фиксируется при помощи кольца 7 и штифта 8. Петля 5 приварена к стойке бокового борта, державка петли 2 – к боковой балке рамы.

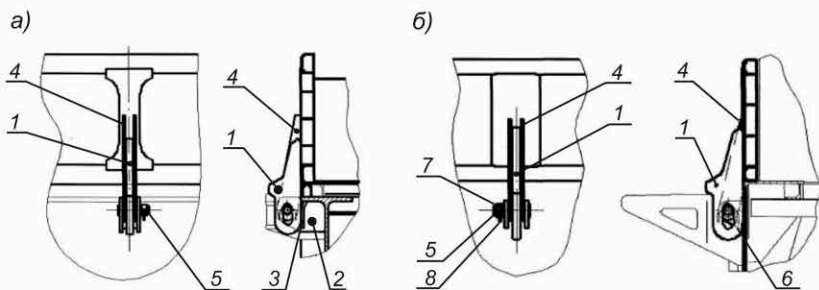


Рисунок 1.17 – Механизм открывания и закрывания бокового (а) и торцевого (б) бортов платформы модели 13-192-01:

1 – клин; 2 – кронштейн; 3 – упор; 4 – петля; 5 – ось; 6 – ушко; 7 – кольцо; 8 – штифт

Для открывания борта необходимо клинья 1 (рисунок 1.18, виды А и Б) выбить при помощи ударного инструмента в крайнее верхнее положение и опустить борт.

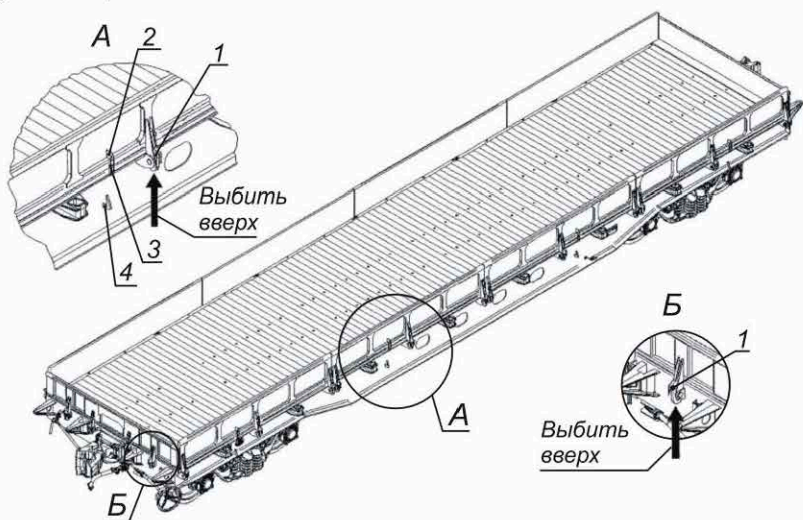


Рисунок 1.18 – Общий вид универсальной платформы модели 13-192-01:

1 – клин; 2 – кронштейн; 3 – петля; 4 – крюк

В случае, когда ширина грузов превышает ширину пола, боковые борта должны быть опущены и закреплены при помощи петли 3, накинута на крюк 4.

1.4.3 Универсальная четырехосная удлиненная платформа модели 13-491 с улучшенными характеристиками

Рассмотренные выше модели платформ имеют небольшую погрузочную площадь (36,8 и 38,4 м²), что приводит к низкому коэффициенту использования грузоподъемности, который для модели 13-4012 равен 0,58.

На Днепродзержинском ВСЗ разработана конструкция универсальной платформы с улучшенными параметрами (модель 13-491). Платформа имеет увеличенную на 5 метров длину и, следовательно, большую погрузочную площадь, равную 50,8 м². В результате коэффициент использования грузоподъемности повышен до 0,8.

Платформа отличается от моделей 13-4012 и 13-192-01 увеличенной длиной и конструкцией рамы. Количество боковых бортов увеличено до 14 (по 7 на каждую сторону) и используется значительно более мощная хребтовая балка.

Техническая характеристика платформы приведена в таблице 1.1.

Рама платформы (рисунок 1.19) образована хребтовой 8, двумя боковыми 5, двумя концевыми 1, двумя шкворневыми 9, пятью поперечными 7 и двумя вспомогательными продольными 6 балками.

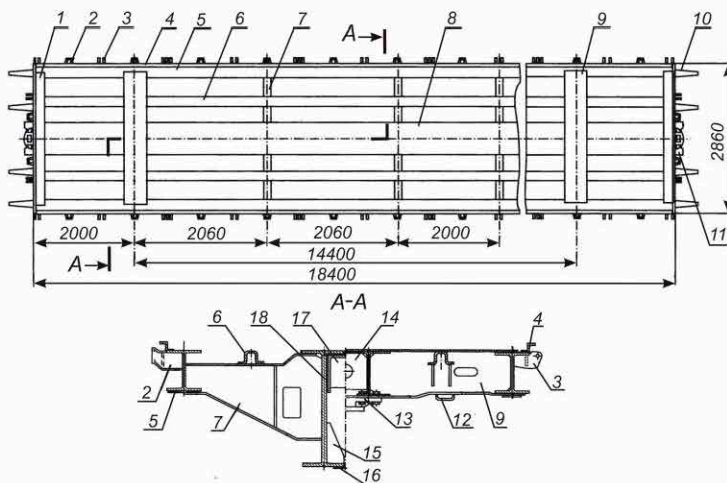


Рисунок 1.19 – Рама универсальной удлиненной четырехосной платформы модели 13-491

Хребтовая балка 8 в виде бруса равного сопротивления изгибу, изготовлена из двух двутавров № 90, соединенных между собой диафрагмами 17, листами 16, гнутым П-образным профилем 18 и усиленных ребрами 15.

В средней части балка имеет высоту 900 мм, а в консольных частях над тележками – 338 мм.

Боковые балки 5 изготовлены из двутавров № 55 постоянной высоты по длине. По верхней наружной полке балки обрамлены Z-образным профилем 4 № 6,5. К боковым балкам приварены лесные скобы 2 и державки 3 клиновых запоров бортов.

Концевые балки 1 сварные, состоят из вертикального (8 мм) и двух горизонтальных листов (верхнего 10 мм и нижнего 8 мм). К вертикальным листам балок приварены кронштейны 10 для поддержания торцевых бортов в открытом положении.

Шкворневые балки 9 сварные замкнутого коробчатого сечения из двух вертикальных и двух горизонтальных листов, толщиной 10 мм. К нижнему листу балки приварены скользуны 12 и закреплены болтами пятники 13. Зоны соединения с хребтовой балкой усилены диафрагмами 14.

Поперечные балки 7 сварные двутаврового сечения с фигурным вертикальным листом (10 мм) для постановки продольной балки 6 таким образом, чтобы ее верх располагался на одном уровне с верхом хребтовой и боковыми балками.

Вспомогательные продольные балки 6, предназначенные для поддержания пола, выполнены из гнутого омегаобразного профиля размером $220 \times 100 \times 5$ мм.

Пол рамы образован досками толщиной 55 мм.

Каждый боковой борт имеет три петли: две концевые с запорными клиньями и среднюю – без клина.

Все несущие элементы рамы и борта выполнены из низколегированной стали 09Г2Д.

1.4.4 Универсальная четырехосная удлиненная платформа модели 13-5205 с пониженным уровнем погрузочной площадки

Платформа модели 13-5205 (рисунок 1.20) предназначена для перевозки автомобильных транспортных средств (автомобиль, автопоезд, тягач), съемных автомобильных кузовов (имеющих фитинги), гусеничных машин, крупнотоннажных контейнеров, контейнеров-цистерн, а также штучных и других грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков.

Конструкция платформы обеспечивает погрузку и выгрузку транспортных средств и крупнотоннажных контейнеров с использованием существующих технических средств контейнерных терминалов и возможность заезда и съезда колесной техники с торца и сбоку платформы.

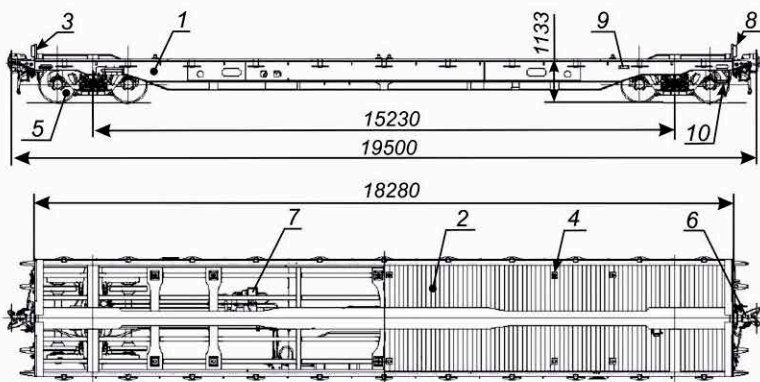


Рисунок 1.20 – Универсальная четырехосная платформа модели 13-5205:
 1 – рама; 2 – настил пола; 3 – торцевой борт; 4 – фитинговый упор; 5 – тележка; 6 – автосцепное устройство; 7 – автоматический тормоз; 8 – поручень; 9 – кодовый бортовой датчик;
 10 – подножка

Размещение и крепление автомобильных транспортных средств производится с применением колесных упоров, съемных автомобильных кузовов (имеющих фитинги) и крупнотоннажных контейнеров – съемными фитинговыми упорами.

Платформа разработана в ООО «Уральское конструкторское бюро вагоностроения».

Техническая характеристика: грузоподъемность $P = 67,5$ т; масса тары $T = 26$ т; длина вагона по осям сцепления автосцепок $2L_{ос} = 19,5$ м; длина рамы $2L_p = 18,28$ м; база $2l = 15,23$ м; ширина по скобам лесных стоек $2B_n = 3,226$ м; расчетная статическая осевая нагрузка $p_o = 230,5$ кН (23,5 тс); габарит 1-Т.

Платформа может перевозить по одному контейнеру типов 1AA, 1A, 1AX, 1BB, 1B, 1BX и по два контейнера типа 1CC, 1C, 1CX. Характеристика указанных типов контейнеров приведена в п. 1.4.5.

Платформа оборудована рамой 1 с деревянным настилом пола 2, четырьмя шарнирно закрепленными откидными торцевыми бортами 3 и съемными фитинговыми упорами 4.

На боковых балках по диагонали вагона установлены кодовые бортовые датчики 9, предназначенные для работы в составе комплекса системы автоматической идентификации подвижного состава, а также подножки 10. На торцевых бортах размещены поручни 11. Подножки и поручни служат для обслуживания вагона и не предусмотрены для составителей поездов.

Особенность конструкции платформы – высота погрузочной площадки вагона ниже высоты консольных частей хребтовой балки.

Рама (рисунок 1.21) состоит из следующих основных частей: хребтовой балки 1, двух шкворневых 2, двух концевых 3, пяти основных промежуточных 5, 7, двух вспомогательных поперечных 6, сорока вспомогательных продольных 4 и двух боковых 8 балок.

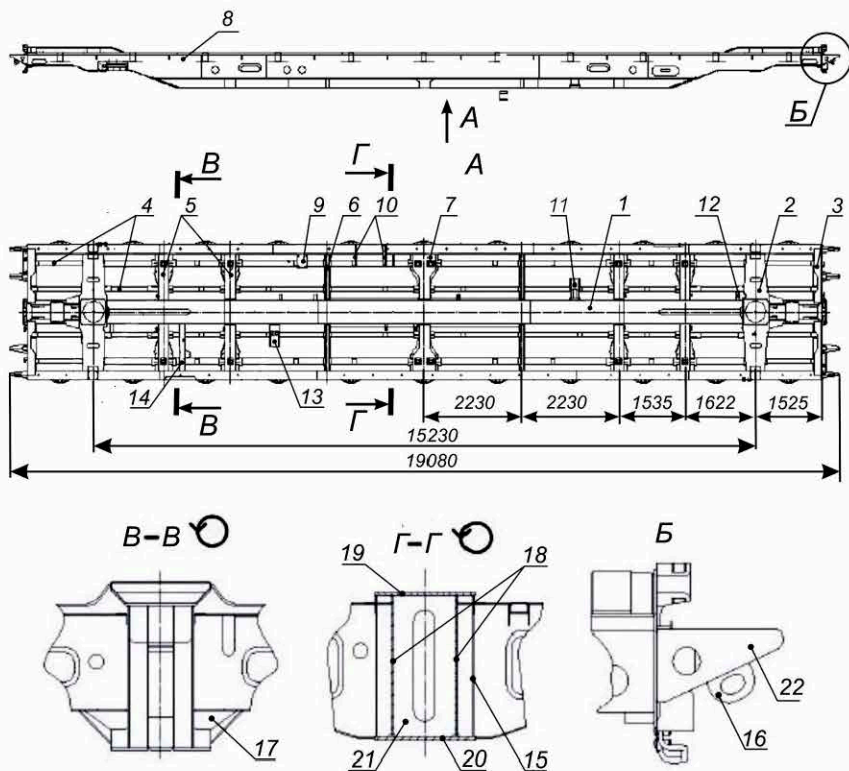


Рисунок 1.21 – Рама платформы модели 13-5205:

- 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – концевая балка; 4 – продольные вспомогательные балки; 5, 7 – основные поперечные балки; 6 – вспомогательная поперечная балка; 8 – боковая балка; 9–14 – кронштейны для крепления тормозных приборов: воздухораспределителя, запасного резервуара, тормозного цилиндра, авторежима и стояночного тормоза; 15 – усиливающий лист; 16 – тяговый кронштейн; 17 – усиление; 18 – вертикальные листы хребтовой балки; 19, 20 – верхний и нижний листы хребтовой балки; 21 – диафрагма; 22 – опорный кронштейн

На раме расположены кронштейны для крепления тормозной магистрали и тормозных приборов: воздухораспределителя 9, запасного резервуара 10, тормозного цилиндра 11 и 13, авторежима 12 и стояночного тормоза 14. К опорным кронштейнам концевых балок приварены тяговые кронштейны 16, необходимые для подтягивания вагона при помощи лебедки вдоль фронта погрузки выгрузки.

Центральная часть рамы в зоне расположения хребтовой балки усилена листами 15 толщиной 5 мм. В зоне расположения промежуточных балок 5 для дополнительной жесткости установлено усиление 17, состоящее из ребра толщиной 8 мм, после приварки образующее замкнутое сечение.

Хребтовая балка сварная, коробчатого переменного по длине сечения. Сечение балки (см. рисунок 1.21) образовано двумя вертикальными листами 18 толщиной 10 мм, верхним 19 и нижним 20 листами.

Верхние листы 5, 6 и 7 хребтовой балки (рисунок 1.22) имеют толщину 12, 22 и 16 мм, нижние листы 8, 9 – толщину 16 и 22 мм. Между вертикальными листами установлены десять диафрагм 10 толщиной 7 мм, обеспечивающих необходимую прочность балки.

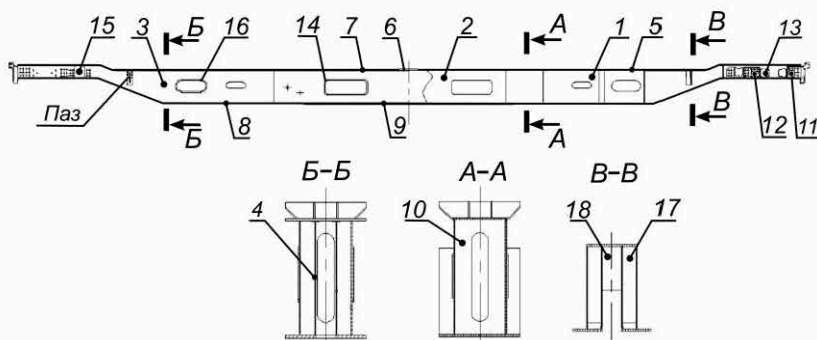


Рисунок 1.22 – Хребтовая балка рамы платформы модели 13-5205:

1–3 – вертикальные листы; 4 – вертикальный внутренний лист; 5–7 – верхние листы; 8, 9 – нижние листы; 10 – диафрагма; 11, 12 – передний и задний упоры автосцепного устройства; 13 – планка против истирания; 14, 16 – отверстия с армировкой; 15 – усиливающая планка; 17 – швеллер; 18 – ребро

Консольные части хребтовой балки дополнительно усилены внутренними вертикальными листами 4, а в местах примыкания промежуточных балок для увеличения жесткости их соединения вварены два швеллера 17 и ребра 18.

В вертикальных стенках балки выполнены отверстия для прохождения магистрального трубопровода. Четыре отверстия усилены армировкой 14 и 16.

Шкворневая балка (рисунок 1.23) сварная, коробчатого переменного по длине сечения. Конструкция балки образована шестью вертикальными листами (четырех боковых 1 и двух средних), верхними листами 2 и 3 и нижним листом 4.

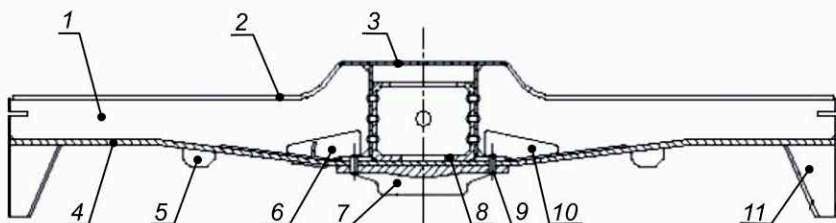


Рисунок 1.23 – Шкворневая балка рамы платформы модели 13-5205:
1 – вертикальный лист; 2, 3 – верхние листы; 4 – нижний лист; 5 – скользян; 6, 10 – компенсаторы; 7 – пятник; 8 – надпятниковая коробка; 9 – заклепка; 11 – опора

Для обеспечения прочности между вертикальными листами установлены ребра. Введены также компенсаторы 6, 10, необходимые для устранения технологических зазоров при сборке рамы.

К нижнему листу 4 и полкам хребтовой балки крепится заклепками 9 пятник 7, а также скользяны 5 и усиливающие планки. С внутренней стороны к нижнему листу 4 приварены усиливающие накладки.

Для установки боковых балок на нижних листах установлены опоры 11.

Концевая балка (рисунок 1.24) сварная, образована лобовым листом 1 толщиной 7 мм, двумя верхними листами 2 толщиной 10 мм и двумя нижними листами 3 толщиной 10 мм.

Верхние листы 2 соединены между собой планкой 12. К верхним листам приварены планки 4, которые являются компенсирующими при установке боковых балок. В зоне размещения хребтовой балки установлены усиливающие накладки 5.

На лобовом листе установлены опорные кронштейны 6 и 7 для торцевых бортов в открытом положении, скобы 8 и 9 для установки расцепного рычага и скоба 10 – для сигнального фонаря, а также поручень составителя (сцепщика) 11. Кронштейны 7 выполняют также роль скоб лесных стоек.

Поперечные балки сварные, состоящие из двух частей, примыкающих к хребтовой балке. Каждая часть состоит из верхнего, нижнего и двух вертикальных листов. Толщина листов 8 мм. Между вертикальными листами установлены усиливающие диафрагмы.

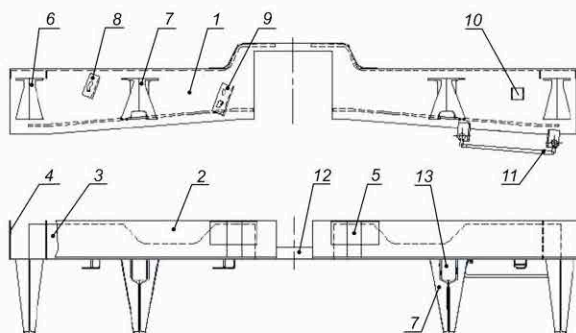


Рисунок 1.24 – Концевая балка рамы платформы модели 13-5205:

1 – лобовой лист; 2, 3 – верхний и нижний листы; 4, 12 – планки;
5 – накладка; 6, 7 – опорные кронштейны; 8–10 – поручень составителя;
13 – отверстие для лесной стойки

В верхних и нижних листах балок выполнены сквозные квадратные отверстия: в верхних – для установки фитинговых упоров, в нижних – для удаления мусора и грязи от настила пола. Прочность конструкции в зоне установки фитинговых упоров усилена установкой диафрагм.

Боковая балка (рисунок 1.25) сварная, переменного сечения по высоте. Поперечное сечение балки образовано двумя вертикальными 1, а также верхним 3 и нижним 2 листами.

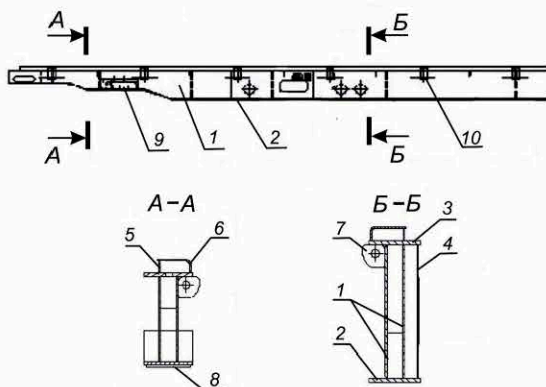


Рисунок 1.25 – Боковая балка рамы платформы модели 13-5205:

1 – вертикальные листы; 2, 3 – нижний и верхний листы; 4 – усиливающий лист; 5 – планка;
6 – уголок; 7 – увязочное кольцо; 8 – планка поддомкрачивания; 9 – место для хранения
фитинговых упоров; 10 – скоба

Верхний лист 3 имеет толщину 14 мм, толщина нижнего и вертикальных листов различается по длине боковой балки. Боковая балка имеет три участка с толщиной нижних листов 12, 16 и 12 мм и десять участков вертикальных листов 1 толщиной 6, 8 и 10 мм.

Балка усилена диафрагмами и листами 4, установленными в зоне вертикальных листов в средней части.

К верхним листам приварены планка 5 и уголок 6 толщиной 6 мм, к вертикальным листам – увязочные кольца 7 и скобы лесных стоек 10.

В консольной части балки с наружной стороны вертикального листа оборудовано место для хранения съемных фитинговых упоров 9.

В верхнем листе 3 балки и уголке 6 выполнены *сквозные отверстия для установки колесных упоров*, используемых при перевозке колесной техники. Колесные упоры не входят в состав вагона-платформы.

Настил пола борт выполнен из досок толщиной 55 мм и армирован уголками. Настил пола прикреплен винтами к продольным балкам рамы и к армировочным уголкам.

Торцевой борт (рисунок 1.26) откидной, выполняет роль переездных мостков при движении колесной техники внутри состава.

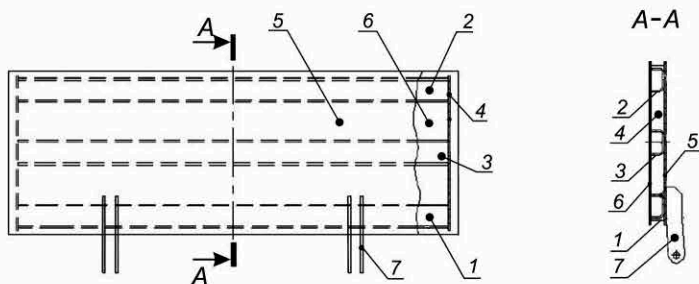


Рисунок 1.26 – Торцевой борт платформы модели 13-5205:

1–3 – нижняя, средняя и верхняя обвязки; 4 – ребро; 5, 6 – наружный и внутренний листы обшивки; 7 – петли

Борт состоит из нижней 1, средней 2 и верхней 3 обвязок, выполненных из гнутых швеллеров толщиной 4 мм, двух ребер 4 толщиной 3 мм и листов обшивки 5 и 6.

К наружному листу обшивки приварены петли 7, служащие для крепления поворотного механизма открывания и закрывания бортов. На одном из бортов со стороны подножки установлены поручень для обслуживающего персонала 11 (рисунок 1.27).

Механизм открывания и запираания торцевого борта (см. рисунок 1.27) включает клин 1 с продольным пазом, кронштейн 2, ушки 3, петли 4 и оси

5 и 6. Кронштейн 2 и ушки 3 приварены к концевой балке, петли 4 – к борту. Каждая из осей 5 и 6 фиксируются при помощи кольца (7, 9) и штифта (8, 10).

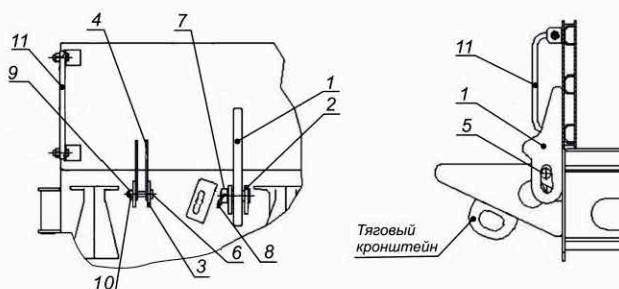


Рисунок 1.27 – Механизм открывания и закрывания бортов платформы модели 13-5205:

1 – клин; 2 – кронштейн; 3 – ушко; 4 – петля; 5, 6 – оси; 7 – кольцо; 8, 10 – штифты; 9 – кольцо; 11 – поручень

Для открывания борта клин 1 выбивается с помощью ударного инструмента в крайнее верхнее положение, после чего борт опускается вниз.

Фитинговые упоры (рисунок 1.28) предназначены для крепления крупнотоннажных контейнеров на раме платформы.

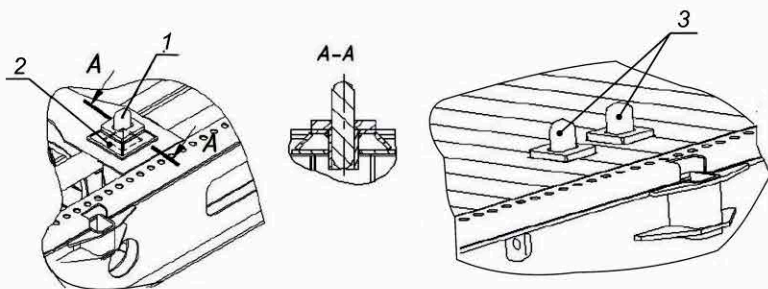


Рисунок 1.28 – Фитинговые упоры платформы модели 13-5205:

1 – фитинговый упор; 2 – опора; 3 – двойные фитинговые упоры

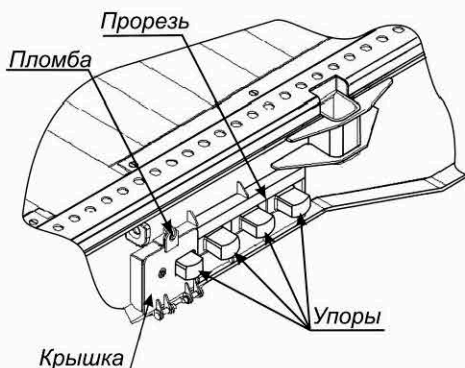
Фитинговые упоры 1 устанавливаются в опоры 2, приваренные по центру квадратных отверстий в верхних листах промежуточных балок.

Для проезда автомобильного транспорта фитинговые упоры 1 убираются в специально оборудованные места 9 (см. рисунок 1.25) на боковых балках

рамы, которые оборудованы кронштейнами для установки запорно-предохранительных устройств.

Место для хранения фитинговых упоров (рисунок 1.29) – это коробка прямоугольной формы с прорезью, к которой с одной стороны шарнирно крепится крышка с запорным устройством и отверстием под упор. Фитинговые упоры размещаются в коробке, перемещаясь по прорези, как по направляющей. Коробка рассчитана на четыре фитинговых упора.

Рисунок 1.29 – Место для хранения фитинговых упоров платформы модели 13-5205



На платформе оборудовано два места для хранения фитинговых упоров, расположенных по диагонали.

1.4.5 Специализированные платформы для крупнотоннажных контейнеров

Контейнерные перевозки – это современный, экономичный способ перевозки, используемый практически на всех видах транспорта, позволяющий значительно сокращать транспортные издержки и сроки доставки груза. Поэтому перевозка многих грузов в крупнотоннажных контейнерах – одно из перспективных направлений.

В настоящее время сложился следующий типаж платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров:

- платформы-контейнеровозы (для следования в поездах любой длины и массы) с погрузочной длиной 40, 60 и 80 футов;
- скоростные платформы-контейнеровозы (конструкционная скорость 140 км/ч) для использования в поездах постоянного формирования на замкнутых маршрутах;
- сцеп из двух вагонов-платформ (сочлененный тип вагона);
- многофункциональные платформы.

В настоящее время основной парк специализированных контейнерных платформ составляют платформы с погрузочной длиной 60 футов.

Примечания

1 *Крупнотоннажные или большегрузные контейнеры* – это контейнеры массой брутто 10 т и более.

2 *Платформы погрузочной длины 40, 60 и 80 футов* – это платформы длиной рамы 13,4, 18,4 и 24 м соответственно (1 фут – 30,48 см).

Типы крупнотоннажных контейнеров и их характеристика по ГОСТ Р 53350 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные технические характеристики контейнеров

Тип контейнера	Длина контейнера		Масса брутто максимальная, т
	фут	мм	
1EEE, 1EE	45	13716	30,48
1AAA, 1AA, 1A, 1AX	40	12192	30,48
1BBB, 1BB, 1B, 1BX	30	9125	30,48
1CC, 1C, 1CX	20	6058	30,48
1D, 1DX	10	2,991	10,16

По исследованиям ВНИИЖТа, наиболее экономически *эффективно использование платформы* для перевозки контейнеров (двух 40-футовых) с погрузочной площадкой длиной *80 футов* или применение *платформы для перевозки контейнеров в два яруса*.

Чтобы получить наибольший экономический эффект от применения 80-футовых платформ их нужно использовать для перевозки 40-футовых контейнеров. Для перевозки 20-футовых контейнеров больше подходят легкие 60-футовые платформы. Поэтому перспективным направлением является развитие сбалансированного парка, состоящего из платформ для перевозки 20- и 40-футовых контейнеров.

Требования, предъявляемые к вновь создаваемым платформам:

- возможность перевозки двух 40-футовых контейнеров;
- возможность обращения на железнодорожной колее 1520 и 1435 мм, что предполагает строительство платформ в габарите 02-ВМ;
- обеспечение габарита погрузки для контейнеров высотой 2,44 и 2,59 м;
- погрузочная длина платформы должна составлять около 24,5 м, база вагона – около 19 м.

Платформа для крупнотоннажных контейнеров модели 13-470 с погрузочной длиной 60 футов. Изготовители – ОАО «Днепровагонмаш», ПО «Абаканвагонмаш».

Техническая характеристика платформы приведена в таблице 1.1, а общий вид показан на рисунке 1.30. На платформу можно загрузить: 6 контейнеров типа D; 3 контейнера типа C; 1 контейнер типа A + 1 контейнер типа C.

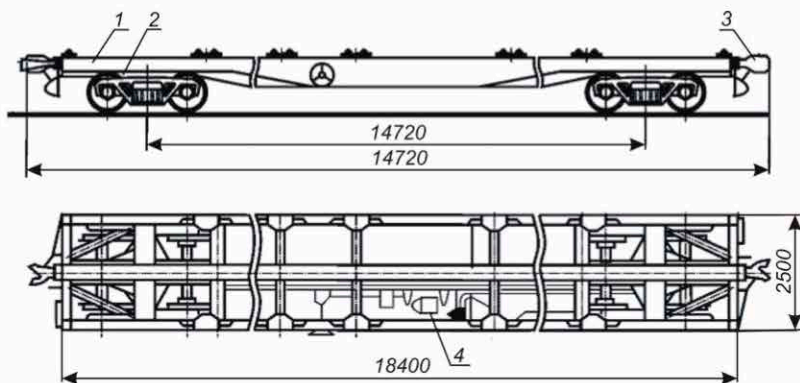


Рисунок 1.30 – Специализированная платформа для крупнотоннажных контейнеров модели 13-470

Конструктивные особенности:

- отсутствие бортов и настила пола;
- увязка ширины и длины платформы с размерами типовых контейнеров;
- наличие специальных устройств (упоров) для крепления типовых контейнеров.

Платформа состоит из рамы 1, ходовых частей 2, автосцепного оборудования 3 и тормоза 4.

Рама платформы (рисунок 1.31) состоит из хребтовой 14, двух продольных боковых 9, двух концевых 8, двух шкворневых 22, трех основных 19 и двух дополнительных 20 поперечных балок и четырех раскосов 4.

Длина рамы увеличена на 5 метров и кратна величине a :

$$a = L_k + \Delta,$$

где L_k – длина типового контейнера 1D, $L_k = 2991$ мм;

Δ – зазор между соседними контейнерами, $\Delta = 78$ мм.

Хребтовая балка 14 выполнена из двух двутавров № 60 переменной по длине высоты, перекрытых сверху листом 3 (400×12 мм) на протяжении всей балки, а нижние горизонтальные полки в средней части на длине 7 м усилены полосами 6 (150×14 мм). В местах пересечения со шкворневыми и поперечными балками двутавры хребтовой балки соединены диафрагмами 24, а в консольных частях усилены задним 13 и передним 12 упорами авто-

цепного устройства.

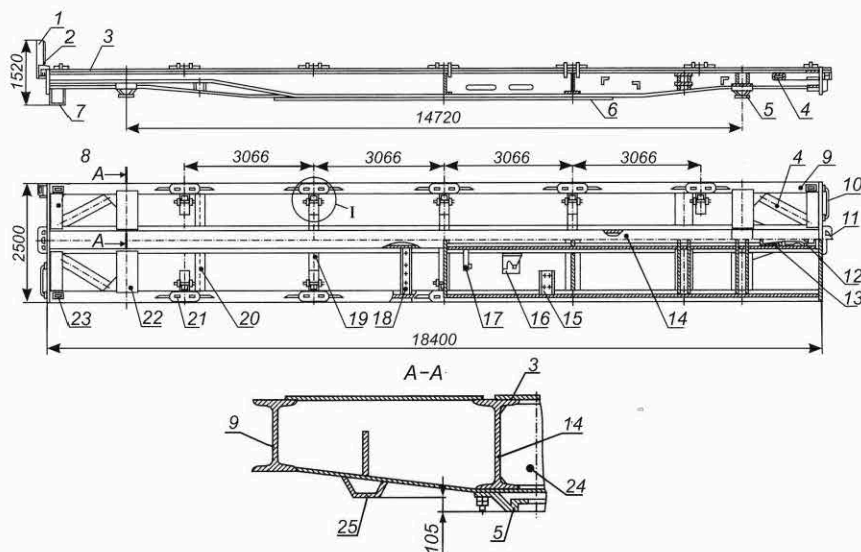


Рисунок 1.31 – Рама платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-470

Боковые балки 9 изготовлены из двутавра № 60 также переменной высоты по длине. Нижние полки двутавров № 60, как и у хребтовой балки, усилены в средней части полосами 150×14 мм.

Между боковой и хребтовой балками приварена балка 18 для крепления штурвала стояночного тормоза вагона.

Концевые балки 8 сварные П-образного сечения и имеют постоянную высоту по длине. В середине к концевым балкам прикреплены ударные розетки 11 автосцепки, объединенные с передними упорами. Для безопасности работы составителей поездов на концевых балках укреплены поручни 10.

Шкворневые балки 22 сварные замкнутого коробчатого сечения, состоят из двух вертикальных (10 мм) и двух горизонтальных (12 мм) листов. К нижнему листу шкворневой балки приварены скользуны 25 и на болтах закреплены пятники 5, через которые рама опирается на тележки.

Раскосы 4, установленные в консольных частях рамы, обеспечивают передачу избыточной части силы удара от розетки и концевой балки на продольные боковые балки при полном закрытии поглощающих аппаратов. Раскосы сварены из двух швеллеров № 14 и имеют коробчатое сечение.

Средние поперечные балки 19 рамы сварные двутаврового сечения, со-

стоят из вертикального листа (5 мм) постоянной по длине высоты и горизонтальных листов толщиной 8 мм.

Дополнительные поперечные балки 20 сварные коробчатого сечения из вертикальных и горизонтальных листов толщиной 12 мм.

Для крепления деталей тормозного оборудования к боковой и хребтовой балкам приварены кронштейны 15–17.

Для удобства подъема на платформу обслуживающего персонала на каждой из боковых балок по диагонали рамы приварены подножки 7, а к концевым балкам – стойки 1 с поручнями 2.

Крепление типовых крупнотоннажных контейнеров на платформе осуществляется с помощью десяти поворотных 21 и четырех угловых неподвижных 23 упоров, которые удерживают контейнеры от горизонтальных смещений за нижние угловые фитинги.

Примечание – *Фитинг* – захватное устройство контейнера – устройство для подъема и крепления контейнера при транспортировке. Верхний угловой фитинг имеет отверстия для ввода захватных устройств кранов, нижний угловой фитинг – отверстия упоров, закрепляющих контейнер к вагону.

Упоры установлены в местах соединения поперечных балок с боковыми. При погрузке контейнеров используют только те упоры, которые расположены на расстоянии, соответствующем длине данного контейнера, а остальные приводят в нерабочее положение, которое отмечено позицией 30.

Поворотные упоры (рисунок 1.32) представляет собой панель (опорный лист) 26 с жестко закрепленными на ней двумя упорами 27. В рабочем положении упоров панель фиксируется от продольных и поперечных смещений планками 28. Панель поворачивается на шарнире, включающем валик 29, опорные ушки 31 и петлю 32.

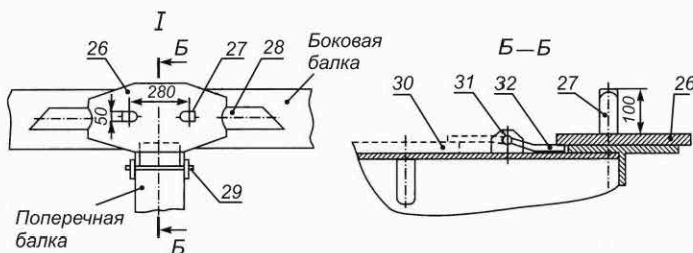


Рисунок 1.32 – Поворотные упоры на раме платформы модели 13-470 (к рисунку 1.31):

26 – опорный лист; 27 – упор; 28 – фиксирующая планка; 29 – валик;

30 – нерабочее положение поворотных упоров; 31 – опорное ушко; 32 – петля

Расстояние между центрами упоров смежных панелей соответствует межцентровым расстояниям угловых фитингов контейнеров, а одной панели –

280 мм, которое выбрано из расчета постановки двух контейнеров с зазором. Все несущие элементы рамы выполнены из стали 09Г2Д.

Платформа для крупнотоннажных контейнеров модели 13-2118 с погрузочной длиной 80 футов. Изготовитель – ОАО «Алтайвагон».

Как отмечалось выше, наиболее эффективное экономическое использование платформы обеспечивается при погрузочной длине 80 футов.

Особенность платформы (рисунок 1.33) длиннобазная, с рамой оригинальной конструкции.

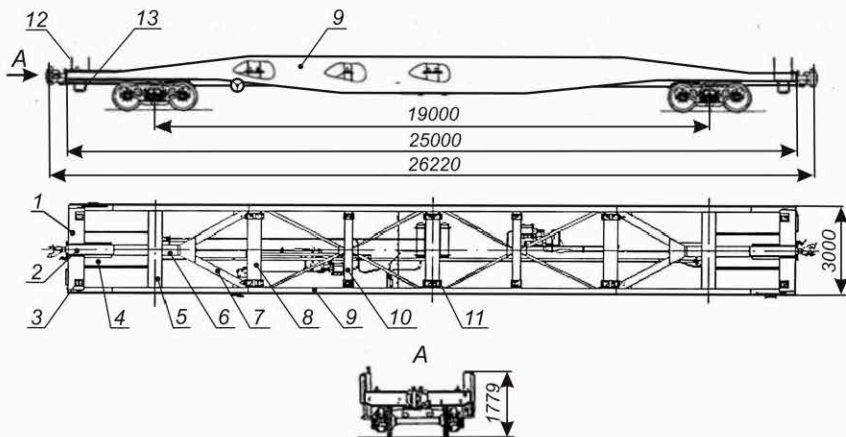


Рисунок 1.33 – Схема платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-2118

Техническая характеристика: $P = 70$ т; $T = 24$ т; $2L_{об} = 26,22$ м; $2L_p = 25$ м; $2l = 19$ м; $2B_n = 3$ м; $p_o = 230,5$ кН (23,5 тс); габарит 1-Т.

Количество перевозимых контейнеров:

- 40-футовые (1АА) – 2 ($2 \times 30,48 = 60,96$ т);
- 20-футовые (1СС) – 2 ($2 \times 24 = 48$ т);
- танкоконтейнеры типа IMO1, IMO2, IMO5 – 2

Конструктивные особенности рамы:

- отсутствие сквозной хребтовой балки;
- боковые балки (несущие переменной высоты) в средней части расположены выше уровня рамы и выполняют функцию бортов.

Рама образована двумя укороченными хребтовыми балками 6, выполненными из двух зетов, четырьмя сварными раскосами 7 двутаврового сечения, двумя боковыми 9 сварными балками двутаврового сечения пере-

менной высоты по длине (из листов разной толщины), двумя концевыми 1, двумя шкворневыми 5, тремя основными 8 и двумя вспомогательными 10 поперечными балками.

Боковые балки образуют стационарные борта платформы. Рама оборудована откидывающимися упорами 3 и 11 для контейнеров, поручнями 12 и подножками 13 составителя. В консольных частях рамы установлены стальные листы 4 и имеются коробки 2 для корпусов автосцепки.

Продольные усилия, действующие на вагон, передаются через укороченные хребтовые балки на раскосы и затем на боковые балки.

Платформа для крупнотоннажных контейнеров модели 13-1281 с погрузочной длиной 80 футов. Изготовитель – ОАО «Рузхиммаш».

Платформа (рисунок 1.34) длиннобазная, с рамой стандартной конструкции.

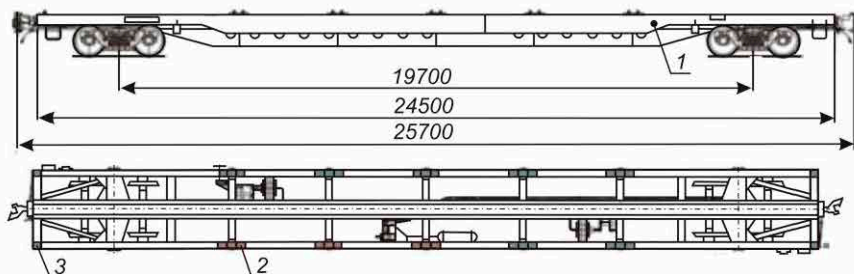


Рисунок 1.34 – Схема платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-1281

Техническая характеристика: $P = 69,5 \text{ т}$; $T = 24,5 \text{ т}$; $2L_{\text{об}} = 25,72 \text{ м}$; $2L_p = 24,5 \text{ м}$; $2l = 19,7 \text{ м}$; $2B_{\text{н}} = 2,46 \text{ м}$; $p_o = 230,5 \text{ кН}$ (23,5 тс); габарит 02-ВМ.

Количество перевозимых контейнеров:

- 40-футовые (1AA, 1A, 1AX) – 2 ($2 \times 30,48 = 60,96 \text{ т}$);
- 30-футовые (1BB, 1B, 1BX) – 2 ($2 \times 25,4 = 50,8 \text{ т}$);
- 20-футовые (1CC, 1C) – 2 ($2 \times 24 = 48 \text{ т}$).

Рама 1 образована хребтовой, двумя боковыми, двумя концевыми, двумя шкворневыми, семью поперечными балками и четырьмя раскосами. Для закрепления контейнеров рама оборудована упорами: стационарными 3 и сдвоенными откидными 2. Боковые и хребтовая балки переменной высоты, в форме бруса равного сопротивления изгибу.

Платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров в два яруса модели 13-3124. Изготовитель – ОАО «БМЗ-вагон».

Повышение осевых и погонных нагрузок вагонов при перевозках крупнотоннажных контейнеров может быть достигнуто при максимальном использовании габаритных возможностей железных дорог. Как показывает зарубежный опыт, эффективный способ решения этой задачи – *применение платформ с пониженным уровнем площадки для погрузки 40-футовых контейнеров в два яруса*.

На ОАО «БМЗ-вагон» в 2003 году впервые в отечественной практике создан опытный образец специализированной колодцеобразной платформы модели 13-3124 (рисунок 1.35) для перевозки двух 40-футовых контейнеров с погрузкой в два яруса.

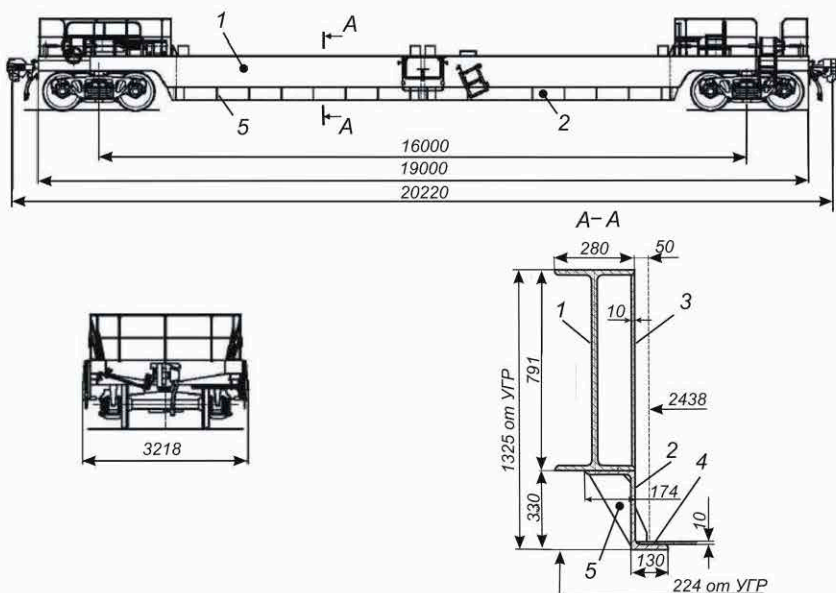


Рисунок 1.35 – Платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров в два яруса модели 13-3124

Техническая характеристика: $P = 67$ т; $T = 27$ т; $2L_{об} = 20,22$ м; $2L_p = 19$ м; $2l = 16$ м; $p_0 = 230,5$ кН (23,5 тс); габарит 1-Т.

Особенности конструкции. Это специализированная колодцеобразная платформа без хребтовой балки с пониженным уровнем пола в средней части для погрузки контейнеров 1С (1СС) и 1А (1АА) в два яруса. Тормозное оборудование вынесено из под вагона на специально оборудованные площадки в концевых частях рамы.

Несущая рама формируется из продольных боковых балок, образующих колодец для размещения в первом ярусе одного 40-футового или двух 20-футовых контейнеров.

Продольные боковые балки образованы из двух профилей: двутаврового 1 со срезами в консольных частях и Z-образного 2, которые сварены между собой. Через горизонтальные полки Z-образного профиля передается вертикальная нагрузка на раму. На нижние горизонтальные полки зета укладываются листы пола 4 с отверстиями, связывающие боковые балки.

Для усиления боковой балки и формирования колодца к зету 1 с внутренней стороны приварен вертикальный лист 3. В средней части боковые балки усилены ребрами жесткости 5.

Внутренние размеры колодца: ширина – 2538 мм, длина – 12350 мм. Высота площадки над уровнем головки рельса составляет 254 мм.

Схема загрузки контейнеров показана на рисунке 1.36.

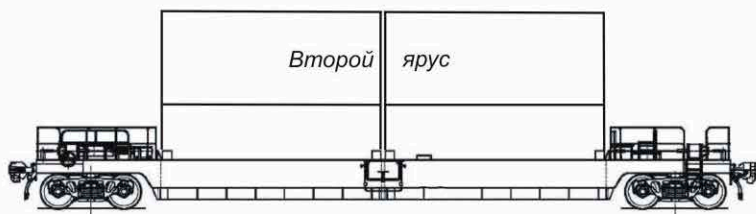


Рисунок 1.36 – Схема загрузки контейнеров в два яруса в платформе модели 13-3124

Количество перевозимых контейнеров: два 40-футовых (1AA, 1A, 1AX) или четыре 20-футовых (1CC, 1C).

Для крепления контейнеров второго яруса используются:

- одинарные штабелирующие конусы, которые соединяют контейнеры и удерживают верхний ярус от горизонтального перемещения;
- контейнерные штанги (стяжки), которые удерживают соединенные контейнеры от вертикальных перемещений.

Количество упоров для крепления контейнеров: стационарных – 4, откидных – 4.

Шестиосная платформа сочлененного типа для крупнотоннажных контейнеров с погрузочной длиной 90 футов. Недостатком длиннбазных платформ является невозможность перевозить одновременно четыре 20-футовых контейнера, загруженных до максимальной массы брутто. Это ограничение обусловлено максимально допускаемой осевой нагрузкой 230,5 кН (23,5 тс). В Северной Америке и Западной Европе эта проблема нашла свое решение в применении сочлененных вагонов-платформ.

ОАО «РЖД» совместно с АО «Татравагонка», лидером европейского вагоностроения, создает платформу сочлененного типа с погрузочной длиной 90 футов для перевозки двух 40-футовых или 45-футовых контейнера. В платформе используются три двухосные *тележки модели 18-9771*.

Разработка принципиально новой сочлененной платформы направлена на решение задачи максимального понижения массы тары вагона для снятия каких-либо ограничений по массе самих контейнеров.

Техническая характеристика: $p_o = 230,5$ кН (23,5 тс); $P = 106$ т; $2L_{об} = 29,57$ м; $2l = 24,05$ м, $v = 120 / 90$ км/ч.

Платформа имеет погрузочную длину 90 футов, что позволяет перевозить четыре 20-футовых, два 40-футовых или 45-футовых контейнера

Сочлененная платформа (рисунки 1.37 и 1.38) – это сцеп из двух рам, связанных шарнирно узлом сочленения.



Рисунок 1.37 – Общий вид платформы сочлененного типа

Сочлененная платформа предназначена:

- для эксплуатации по всей сети железных дорог стран СНГ в составе маршрутных поездов, состоящих из аналогичных вагонов;
- для перевозки крупнотоннажных контейнеров следующих типоразмеров:

- по ГОСТ 18477 – 1AA, 1A, 1AX, 1BB, 1B, 1BX, 1CC, 1C, 1CX;

- по ИСО 668 – 1AAA;

- по ИСО 830 – 1EEE, 1EE, 1E.

Основные схемы погрузки контейнеров в сочлененной платформе показаны на рисунке 1.39.



Рисунок 1.38 – Общий вид платформы сочлененного типа с контейнерами

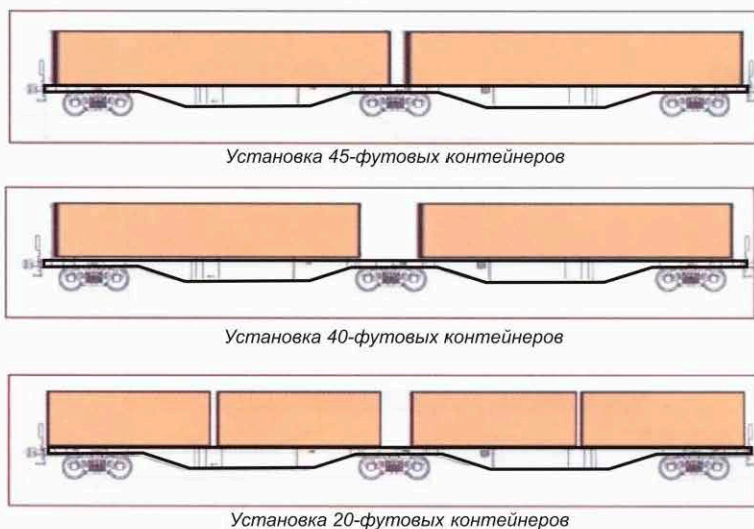


Рисунок 1.39 – Основные схемы погрузки контейнеров в сочлененной платформе

Конструктивные особенности:

- рама увеличенной длины сочлененного типа состоит из двух секций (полурам сварной конструкции), связанных узлом сочленения (узлом шарнирного соединения);
- увеличенное число осей за счет использования трех двухосных тележек;
- опирание сочлененной рамы на среднюю тележку через узел сочленения.

Назначенный срок службы вагона – не менее 4000 тыс. км, но не более 32 лет.

Равномерная нагрузка на все тележки достигается смещением фитинговых упоров в стороны крайних тележек.

Преимущества сочлененной платформы:

- возможность погрузки двух 45-футовых контейнеров, что не имеет аналогов в странах СНГ;

- снижение эксплуатационных расходов на техническое обслуживание вагонов в поезде (при одинаковой длине состава) в связи с уменьшением числа тележек и автосцепок;

- увеличение массы перевозимого груза в 2 раза при одинаковой длине состава.

Применение шести осей позволяет увеличить массу брутто перевозимых контейнеров до максимально регламентируемой.

Таким образом, увеличенная длина платформы с одновременным использованием в ее конструкции трех ходовых двухосных тележек дает возможность обеспечить оптимальное соотношение «грузоподъемность – масса тары» за счет уменьшения общей массы вагона.

ОАО «Днепровагонмаш» приступил к *разработке сочлененной платформы модели 13-4123*. Грузоподъемность сцепа 96 т, общая масса вагона 30,9 т, общая длина 29,6 м. Платформа состоит из двух безхребтовых рам (секций), которые соединены специальным узлом соединения, через который опираются на среднюю двухосную тележку.

Вагон-платформа модели 13-6903 для крупнотоннажных контейнеров с погрузочной длиной 80 футов. Вагон-платформа выпускается на Тихвинском ВЗ (входит в ПАО «НПК ОВК») для повышенной осевой нагрузки 245 кН (25 тс).

Конкурентные преимущества платформы – увеличенные погрузочная длина (80 футов), грузоподъемность (74,5 т) и межремонтный пробег (1 млн км, или 8 лет).

Указанные погрузочная длина и грузоподъемность позволяют перевозить крупнотоннажные контейнеры, в том числе рефрижераторные и контейнеры-цистерны для неопасных грузов с массой брутто до 36 т.

Число фитинговых упоров и их расположение дает возможность размещать съемное оборудование в различных комбинациях.

Конструктивные параметры ходовой части и хребтовой балки обеспечивают повышенную надежность и безопасность перевозки грузов.

За счет использования тележек модели 18-9855 увеличен межремонтный пробег вагона, что существенно сокращает стоимость 32-летнего жизненного цикла вагон-платформы (дает возможность сократить эксплуатационные расходы на всех этапах жизненного цикла почти втрое).

Перспективы развития парка платформ для контейнеров. По мнению специалистов, перспективным является:

- увеличение парка 80-футовых платформ с тележкой нового типа (тележка 18-100 имеет ограничение по скорости до 60 км/ч при следовании в порожнем состоянии и в кривых малого радиуса);
- разработка платформ нового типа для перевозки контейнеров со скоростью 140 км/ч;
- создание платформ сочлененного типа с погрузочной длиной 90 футов.

1.4.6 Специализированные платформы для лесных грузов

Вагоны эксплуатационного парка, используемые для перевозки лесных грузов. В структуре грузовых железнодорожных перевозок РФ лесные грузы занимают *шестое место*, составляя стабильную 5%-ную долю в общем объеме погрузки по сети.

Согласно «Правилам перевозок грузов железнодорожным транспортом» *лесные грузы могут перевозиться в полувагонах или платформах, включая специализированные платформы-лесовозы*. Согласно статистике последних лет доля лесоматериалов, перевезенных в полувагонах, составила 55 %, на платформах – 28 %.

Универсальные платформы не были востребованы в полной мере лесной отраслью из-за низкой технологичности и большой трудоемкости процесса их погрузки, а полувагоны плохо приспособлены для перевозки лесоматериалов:

Вагоны, обеспечивающие эффективность перевозки лесных грузов:

- специализированные длиннобазные платформы (27 %);
- различные модификации универсальных платформ, оснащенных дополнительным оборудованием для перевозки лесных грузов, – остальные (73 %).

На текущий период модельный ряд оборудованных для перевозки лесных материалов платформ составляет более 20 позиций.

Длиннобазная платформа для леса в хлыстах модели 23-469. Платформа предназначена для перевозки леса в хлыстах длиной от 8 до 25 м. Изготовитель – ОАО «Днепровагонмаш» (Днепродзержинский ВЗС).

Примечание – *Хлыст* – цельный ствол поваленного дерева, т. е. ствол с необрубленной вершиной, очищенный от сучьев.

Техническая характеристика платформы приведена в таблице 1.1.

Особенность конструкции – это платформа со стационарно установленными стойками.

Кузов платформы (рисунок 1.40) состоит из удлиненной и мощной рамы 1 с двенадцатью металлическими неподвижными стойками 2 (по шесть

на одну сторону), металлического гофрированного пола толщиной 2,5 мм и элементов крепления груза.

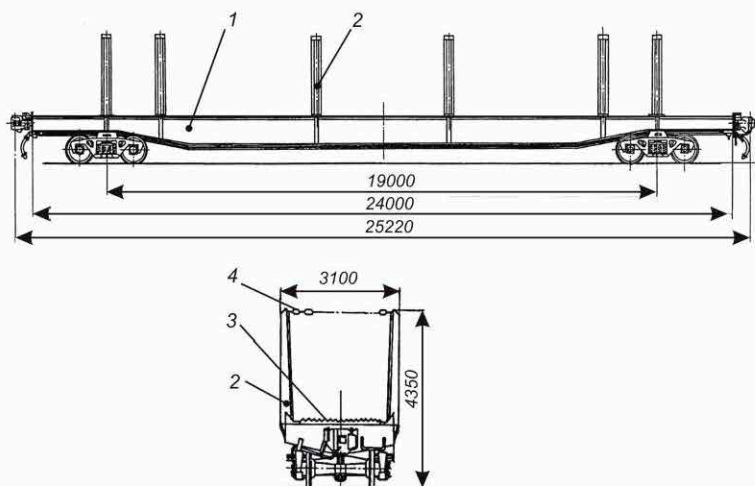


Рисунок 1.40 – Специализированная платформа для леса в хлыстах модели 23-469

К **элементам крепления груза** относятся стойки переменного по высоте сечения 2, цепи 4 или поворотные кронштейны с механизмом поворота и шесть стальных гребенок 3 высотой 100 мм.

Основные стойки приварены в местах установки поперечных балок по обе стороны рамы. Между стойками поперек вагона установлены гребенки высотой 100 мм для предохранения от смещения хлыстов вдоль платформы. Стойки к раме крепят при помощи фасонных ребер жесткости. На стойках имеются цепи или установлены верхние кронштейны с механизмом их поворота. Кронштейн представляет собой конусообразную трубу, изогнутую по форме габарита подвижного состава. Поворот и подъем кронштейнов осуществляется с поверхности земли одним рабочим. По требованию заказчика вагон может быть оборудован цепными стяжками вместо механизма поворота Г-образных кронштейнов.

Рама (рисунок 1.41) образована хребтовой 6, двумя боковыми продольными 2, двумя концевыми 1, двумя шкворневыми 4, четырьмя основными 5 и одиннадцатью вспомогательными 3 поперечными балками. Все несущие элементы рамы выполнены из низколегированной стали марки 09Г2Д.

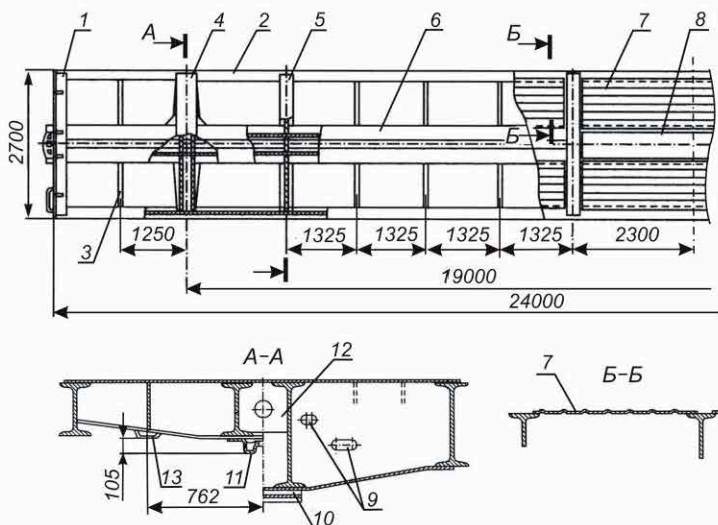


Рисунок 1.41 – Рама платформы для леса в хлыстах модели 23-469

Хребтовая балка 6 выполнена из двух двутавров № 70Б переменной по длине высоты, соединенных против каждой поперечной балки диафрагмами 12 и двутаврами 10 № 10 и перекрытых в средней части листом 8 толщиной 8 мм. В консольной части хребтовая балка усилена упорами автосцепки, как у всех грузовых вагонов.

Боковые балки 2 изготовлены из двутавра № 55Б переменной по длине высоты. *Концевые балки 1* сварные корытообразной формы и выполнены из вертикального листа толщиной 8 мм и двух горизонтальных – толщиной 10 мм.

Шкворневые балки 4 сварные, замкнутого коробчатого сечения из двух вертикальных (10 мм) и двух горизонтальных (12 мм) листов. К нижнему листу шкворневой балки на расстоянии 762 мм от продольной оси рамы приварены скользуны 13, а в зоне пересечения с хребтовой – пятники 11, которые болтами крепятся также к нижнему листу шкворневой и нижним полкам двутавров хребтовой балки.

Основные поперечные балки 5 рамы имеют сварную конструкцию двутаврового сечения и состоят из вертикального листа толщиной 6 мм и горизонтального – 10 мм. Для пропуска труб воздушной магистрали тормоза в вертикальном листе поперечной балки предусмотрены отверстия 9.

Вспомогательные поперечные балки 3 для поддержания настила пола и крепления тормозного оборудования выполнены из прокатного уголка $60 \times 40 \times 6$ мм.

Длиннобазная платформа для лесоматериалов модели 23-4000.

Платформа предназначена для перевозки лесоматериалов длиной от 4,5 до 20,5 м. Изготовитель – ОАО «Днепровагонмаш» (Днепродзержинский ВЗЗ) с 1979 года.

Техническая характеристика: $P=56$ т; $T=34$ т; $2L_{об} = 23,22$ м; $2L_p = 22$ м; $2l = 17,75$ м; $2B_n = 3,12$ м; $p_o = 220$ кН (22,5 тс); габарит 1-Т.

Особенность конструкции – это платформа с торцовыми стенами и стойками на боковых балках рамы.

Кузов платформы (рисунок 1.42) состоит из рамы 3 с металлическим настилом пола, двух торцовых стен 4, четырех концевых боковых стенок 1 и двадцати сдвоенных стоек 2.

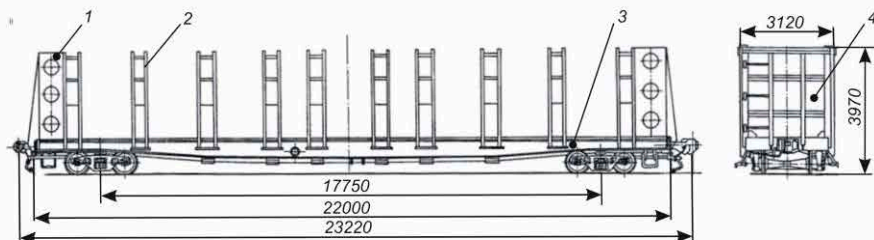


Рисунок 1.42 – Специализированная платформа для лесоматериалов модели 23-4000

Особенность конструкции – платформа имеет торцовые стены с концевыми боковыми стенками и 10 пар сдвоенных стоек без стяжек. Поэтому стойки в верхней части наклонные внутрь для загрузки шапки.

Торцовые стены предотвращают сдвигку лесоматериалов в продольном направлении при соударении вагонов. Установка торцовых стен повышает сохранность груза, предотвращая перемещение его в продольном оси вагона направлении.

Пути повышения эффективности платформ-лесовозов:

- увеличение загрузки платформ (с использованием верхней части габарита, применяя надставки стоек для платформ длиной 13,4 м или используя платформы длиной 18,4 м;
- использование платформ со съемным оборудованием для перевозки попутных грузов;
- применения упругих стоек, позволяющих сократить затраты на ремонт оборудования по причине повреждаемости при загрузке и выгрузке;
- отказа от укладки лесоматериалов в «шапку», что ускорит оборот вагона за счет снижения трудоемкости и ускорения погрузки и выгрузки.

1.4.7 Специализированная платформа для лесоматериалов

и крупнотоннажных контейнеров модели 13-198-02

Платформа (рисунки 1.43 и 1.44) предназначена для перевозки лесоматериалов и крупнотоннажных контейнеров. Изготовитель – ОАО «Научно-производственная корпорация (НПК) “Уралвагонзавод”».

Техническая характеристика: $P = 65$ т; $T = 25,7$ т; $2L_{об} = 13,92$ м; $2L_p = 12,7$ м; $2B_n = 3,158$ м (по стойкам); высота от уровня головок рельсов до верхней части стойки – 4,265 м; высота платформы до уровня настила пола – 1,24 м; геометрический объем кузова – 100 м³; максимальная расчетная осевая нагрузка $p_o = 224$ кН (22,63 тс); габарит 1-ВМ.

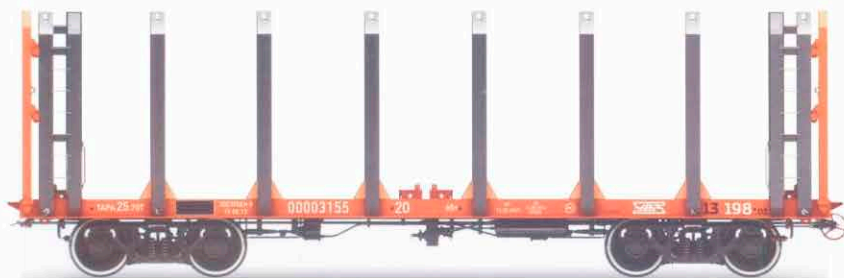


Рисунок 1.43 – Платформа для лесоматериалов и крупнотоннажных контейнеров модели 13-198-02

Кузов платформы (см. рисунок 1.44) включает раму 1 с металлическим настилом пола, две торцевые стены 6, две левые 2 и две правые 3 сдвоенные угловые стойки, двенадцать промежуточных стоек 4 с усиливающими ребрами 5, расположенные по концам шкворневых и промежуточных поперечных балок.

На угловых стойках расположены поручни 7 и скобы 9. К боковым балкам рамы приварены кронштейны 8 для увязки колесной техники и кодовые бортовые датчики 11. На верхних листах поперечных балок между стойками приварены гребенки, которые не позволяют лесоматериалу перемещаться вдоль вагона.

Рама с настилом пола (рисунок 1.45) состоит из хребтовой балки 1, двух концевых балок 2, двух шкворневых балок 3, четырех промежуточных поперечных балок 4, двух опорных балок 5, вспомогательных продольных балок 6, двух боковых балок 7, металлического настила пола 8 и восьми откидных упоров 13.

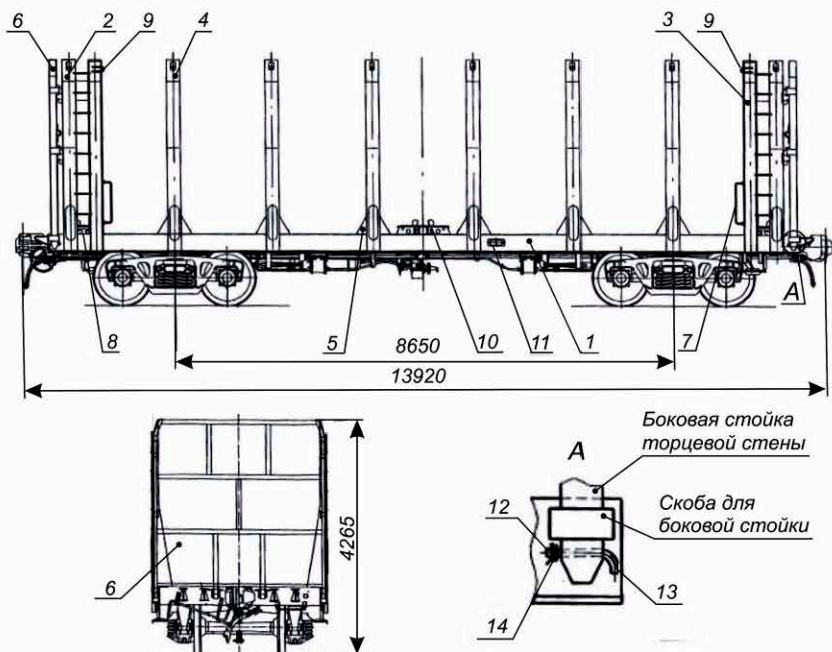


Рисунок 1.44 – Схема платформы для лесоматериалов и крупнотоннажных контейнеров модели 13-198-02

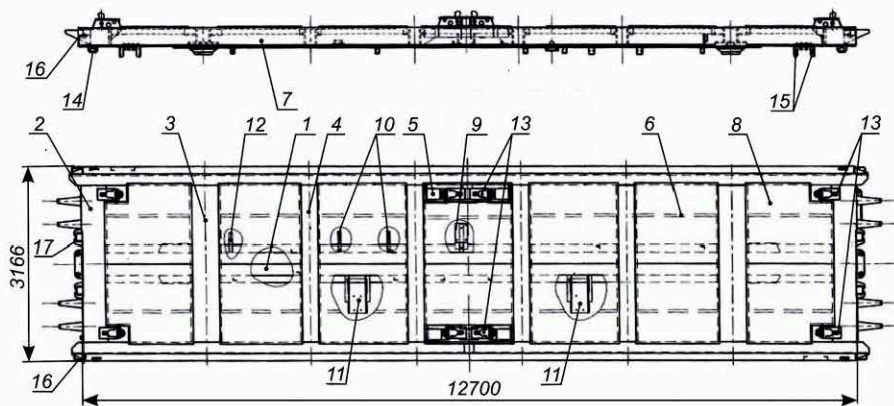


Рисунок 1.45 – Рама платформы модели 13-198-02

На раме установлены кронштейны 15 для установки подножки и установки тормозных приборов: камеры 9, запасного резервуара 10, тормозного цилиндра 11 и авторежима 12. К боковым балкам приварены тяговые кронштейны 14 и скобы 16 для установки боковых стоек торцевых стен, а к концевым балкам – скобы 17 для установки промежуточных стоек торцевой стены.

Хребтовая балка постоянного по высоте сечения, состоит из двух зетов.

Шкворневая балка представляет собой сварную конструкцию замкнутого коробчатого сечения переменной высоты. Балка образована верхним 3, нижним 2 и четырьмя вертикальными 1 листами. Взаимодействие шкворневой балки с продольными балками рамы и стойками кузова показано на рисунке 1.46.

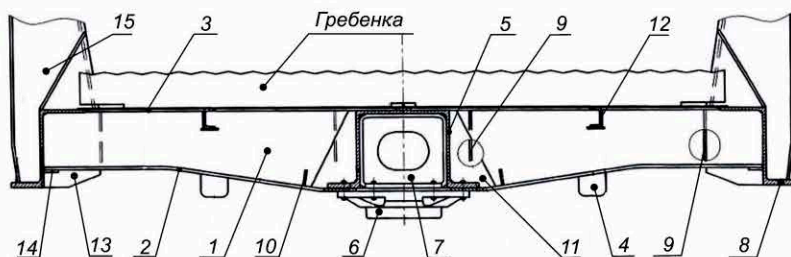


Рисунок 1.46 – Шкворневая балка рамы платформы модели 13-198-02;
1–3 – вертикальный, нижний и верхний листы; 4 – скользящий; 5 – хребтовая балка; 6 – пятник; 7 – натяжниковая коробка; 8, 12 – боковая и вспомогательная продольная балки;
9 – диафрагма; 10, 13 – ребра; 11, 14 – компенсаторы; 15 – стойка

Промежуточные поперечные балки также имеют замкнутое коробчатое сечение, но постоянное по высоте. Каждая балка состоит из верхнего, двух нижних и четырех вертикальных листов.

Концевая балка образована верхним, двумя лобовыми, двумя нижними и двумя вертикальными листами, а также шестью ребрами жесткости. Балка постоянного сечения по длине.

Боковая балка выполнена из прокатного уголка.

Опорная балка служит для размещения фитинговых упоров и представляет собой сварную конструкцию. Состоит из двух вертикальных листов (стенок), которые связаны четырьмя диафрагмами, сваренными между листами. Снизу стенки связаны двумя планками.

Фитинговые упоры (рисунок 1.47) представляют собой конструкцию, образованную корпусом 4, фиксатором 2, упором 1, рычагом 3, предохранителями 7 и кулисой 8. Упор 1 и фиксатор 2 шарнирно соединены с корпусом 4 с помощью валов 5 и 6.

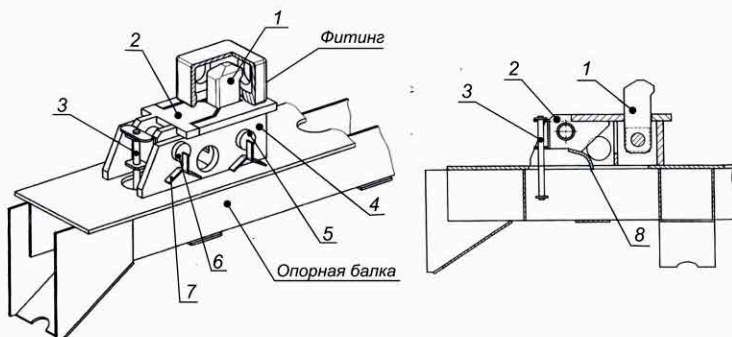


Рисунок 1.47 – Фитинговый упор платформы модели 13-198-02:
1 – упор; 2 – фиксатор; 3 – рычаг; 4 – корпус; 5, 6 – валы; 7 – предохранитель; 8 – кулиса

Для приведения упора 1 в рабочее положение требуется поднять вверх рычаг 3 и, повернув его вокруг своей оси, вывести фиксатор 2 из закрытого положения. Упор поднимается с помощью кулисы 8, жестко связанной с фиксатором. При этом он заходит в паз верхнего листа корпуса 1 и стопорится фиксатором 2.

Чтобы привести упор в нерабочее положение необходимо вначале повернуть рычаг 3, освободив фиксатор 2 из закрытого положения, и далее, повернув фиксатор, освободить упор. Затем рукой опустить упор 1 в образовавшийся паз и вернуть фиксатор 2 в исходное горизонтальное положение.

Стойки кузова. Промежуточные стойки (рисунок 1.48) – замкнутого коробчатого сечения. Конструкция стойки образована двумя боковыми 1, двумя передними 2, 9 и задним 4 листами (стенками). Для обеспечения жесткости сварены диафрагмы 5, 6, 7, накладка 4, ребро 10 и усиление 11. Пруток 8 используется для увязки груза.

Угловые стойки (рисунок 1.49) состоят из двух стоек 1 и 2, одна из которых (правая на рисунке 1.49) аналогична конструкции промежуточной стойки.

Другая стойка образована задней стенкой из швеллера 20 В-2 по ГОСТ 5267.1, двух боковых стенок, переднего замыкающего листа 10 и консоли.

Обе стойки 1 и 2, входящие в состав угловой, соединены между собой связями 4, 5 и 6, выполненными из швеллера № 12 по ГОСТ 8240. Со стороны установки торцевой стены установлены кронштейны 3 для ее крепления. С наружной стороны к стойке приварены ступеньки 7.

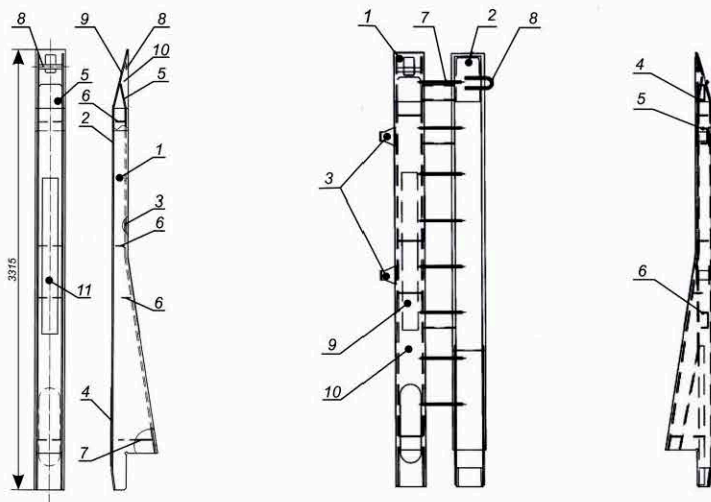


Рисунок 1.48 – Промежуточная стойка Рисунок 1.49 – Угловая левая стойка

Торцевая стена (рисунок 1.50) съемная, служит для ограничения перемещения лесоматериала в продольном направлении. Торцевая стена состоит из двух боковых стоек 1, верхней 2 и нижней 6 обвязок, горизонтальных поясов 3 и 13, трех стоек 4 и двух стоек 5 и листа обшивки 8 толщиной 4 мм.

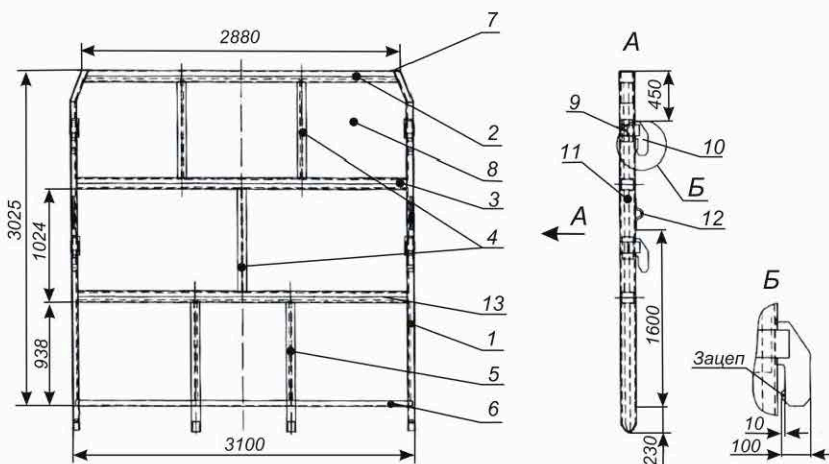


Рисунок 1.50 – Торцевая стена платформы модели 13-198-02

Стойки боковые, верхняя обвязка и горизонтальные пояса выполнены из швеллера № 12, усиливающие стойки – швеллера № 8, нижняя обвязка – уголка 50×50 мм.

Швеллер боковой стойки замкнут накладкой 11, а в верхней части закрыт накладкой 7, предохраняющей от попадания мусора и влаги.

Со стороны обшивки 8 к стене приварены крюки 10, усиленные планками 9, а к боковым стойкам – скобы 12. Крюки 10 предназначены для соединения торцевой стены с угловыми стойками, скобы 12 – для снятия, установки и транспортировки торцевой стены.

Отметим также: съемная конструкция торцевой стены предусматривает, что выступающие за нижнюю обвязку части боковых стоек 1 и усиливающие стойки 5, не привариваются, а устанавливаются в скобы 16 на боковых балках (см. рисунок 1.44, вид А) и скобы 17 на концевой балке рамы (см. рисунок 1.45).

Для исключения выхода боковых стоек торцевых стен из зацепления в скобах, расположенных на боковых балках, предусмотрены фиксирующие скобы 13 (см. рисунок 1.44, вид А) из прутка диаметром 22 мм, которые с одной стороны загнуты под углом 90°, а другой стороной вставляются в отверстия боковых стоек и фиксируются шайбой 14 и шплинтом 12.

В эксплуатации находятся также платформы модели 13-198, разработанные в ОАО «НПК “Уралвагонзавод”» и используемые для перевозки лесоматериалов и машин на колесном ходу в пределах внутреннего габарита (рисунок 1.51).

Техническая характеристика аналогична характеристике платформы модели 13-198-02.



Рисунок 1.51 – Платформа для лесоматериалов и машин на колесном ходу модели 13-198

1.4.8 Транспортеры

Транспортеры – специальный открытый подвижной состав для грузов, которые по габаритным размерам или массе невозможно перевозить в обычных вагонах (для перевозки тяжеловесных, крупногабаритных, не помещающихся на универсальных платформах).

К таким грузам относятся мощные трансформаторы, части гидравлических турбин, статоры и роторы генераторов большой мощности, станины бльдормингов и крупных станков, маховики и котлы больших диаметров и др.

Транспортеры по конструкции *классифицируются на следующие типы:*

- платформенные;
- площадочные;
- колодцеобразные;
- сцепные;
- сочлененные.

Ходовыми частями транспортеров являются двух-, трех- и четырехосные тележки, которые объединяют при помощи специальных балок в многоосные системы.

Транспортеры платформенного типа имеют плоскую погрузочную площадку. Выпускаются в четырех-, восьми- и шестнадцатiosном исполнении.

Рама восьмиосного транспортера платформенного типа грузоподъемностью 120 т (рисунок 1.52) опирается на две четырехосные тележки. Она состоит из четырех двутавровых балок равного сопротивления изгибу, соединенных между собой диафрагмами и верхним напольным листом толщиной 14 мм.

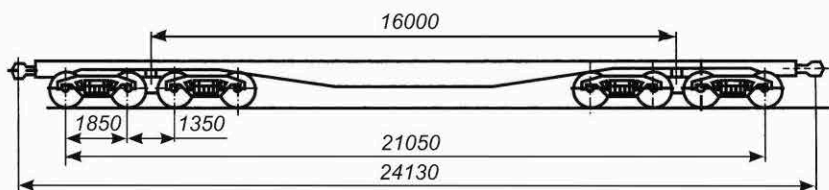


Рисунок 1.52 – Восьмиосный транспортер платформенного типа

Транспортеры площадочного типа имеют пониженную погрузочную площадку и предназначены для перевозки грузов большой высоты.

Такие транспортеры выпускались в четырех-, восьми- и шестнадцатiosном исполнении грузоподъемностью от 55 до 220 т.

Шестнадцатiosный транспортер площадочного типа грузоподъемностью 220 т (рисунок 1.53) состоит из главной несущей балки 3, образующей погрузочную площадку, двух концевых опорных рам (промежуточных балок) 1, ходовых частей 5, автосцепного устройства 7 и тормоза.

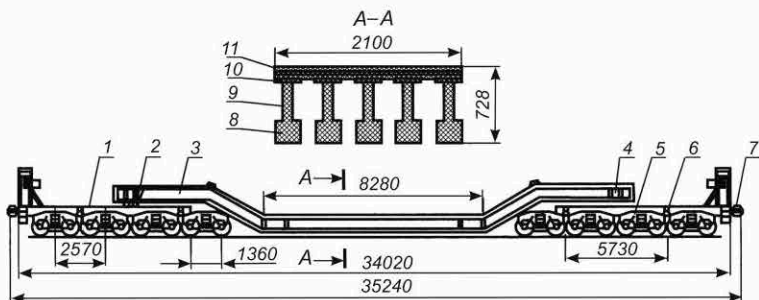


Рисунок 1.53 – Шестнадцатисосный транспортер площадочного типа

Симметрично изогнутая главная несущая балка 3 опирается по концам через сферические пятники на концевые продольные балки 1, каждая из которых в свою очередь опирается на две четырехосные тележки.

Главная несущая балка в средней части выгнута вниз и образует основную погрузочную площадку. Площадки по концам – это добавочные погрузочные площадки, используемые для перевозки длинномерных грузов. Такая конфигурация главной балки позволяет понизить уровень погрузочной площадки и, следовательно, позволяет перевозить грузы больших по высоте габаритов.

Главная несущая балка образована пятью продольными элементами двутаврового профиля. В верхней части они объединены сплошными стальными листами 11 толщиной 20 мм, образующими настил пола шириной 2400 мм, а по концам связаны поперечными элементами 4 коробчатого сечения, на которых располагаются сферические пятники и скользуны.

Вертикальные стенки 9 двутавровых элементов имеют толщину листов 12 мм. Нижние полки 8 выполнены в виде пакета из пяти листов ($3 \times 16 \text{ мм} + 2 \times 20 \text{ мм}$) шириной 320 мм.

Вертикальные и горизонтальные элементы сечения связаны уголковыми профилями 10 размером $150 \times 150 \times 16 \text{ мм}$. Продольные элементы подкреплены рядом поперечных ребер.

Узлы перегиба главной балки выполнены с небольшим радиусом закругления и подкреплены специальными устройствами: в верхних углах установлены стальные подушки, стянутые мощными болтами, а в нижних – распорные ребра.

Транспортеры колодцеобразного типа характеризуются тем, что перевозимый груз размещается в нише (колодце) главной несущей балки (или в нише несущей рамы). На колодцеобразных транспортерах перевозятся ра-

бочие колеса гидротурбин, бандажи, обечайки, маховики, планшайбы и другие подобные грузы.

Главная несущая балка состоит из двух продольных элементов, которые по концам связаны шкворневыми балками, а в средней части (между тележками) – поперечными балками (передвижными или жестко установленными). Перевозимый груз опирается на поперечные балки.

Восьмиосный транспортер колодецеобразного типа (рисунок 1.54) грузо-подъемностью 120 т состоит из несущей рамы (главной несущей балки) 3 с концевыми элементами 4, двух продольных концевых балок 1, ходовой части 7, автосцепного устройства 6 и тормозного оборудования 2.

Главная несущая балка 3 через сферические пятники 5 опирается на две продольные концевые балки 1, которые в свою очередь опираются на четыре типовые тележки 7 модели 18-100.

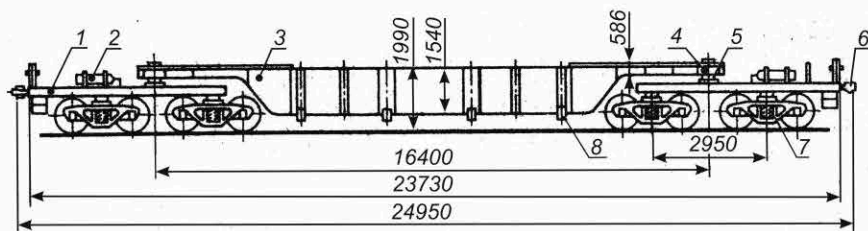


Рисунок 1.54 – Транспортер колодецеобразного типа

Боковые продольные элементы главной несущей балки 3 образованы горизонтальными поясами размером 45×360 мм и вертикальной стенкой толщиной 16 мм, высота которой переменна. В средней части балки ее пояса усилены дополнительными накладками сечением 20×240 мм. Толщина поперечных ребер 12 и 16 мм. Концевые части балки сверху перекрыты сплошным листом толщиной 12 мм.

Колодец балки по продольной оси имеет длину в верхней части 10,8 м, а в нижней части – 10 м. Ширина колодца 2422 мм. В колодцевой части транспортера на верхней поверхности нижних поясов боковых элементов балок 3 установлено шесть пар *стальных подушек* для цапф поперечных балок. Две средние пары подушек имеют три гнезда, остальные – по одному. Транспортер оборудован четырьмя съемными поперечными балками 8 с цилиндрическими цапфами 150 мм. В зависимости от размеров перевозимых грузов поперечные балки можно переставлять на различные пары подушек.

Концевые продольные балки по конструкции унифицированы с аналогичными балками транспортеров с пониженной погрузочной площадкой.

Транспортеры сцепного типа состоят из секций (сцепов), соединенных между собой автосцепками СА-3 без поглощающих аппаратов: двенадцатисекционный (грузоподъемностью 120 т) – из трех четырехсексных секций; тридцатидвухсексный (грузоподъемностью 480 т) – из двух шестнадцатисексных секций. Транспортёр может эксплуатироваться в виде сцепа или одной секции в зависимости от массы перевозимого груза.

Каждая шестнадцатисексная секция транспортера (рисунок 1.55) грузоподъемностью 480 т состоит из сварной несущей рамы (а не балки) 3 изогнутой формы, опирающейся при помощи катковых опор 2 на две *надтележечные балки* 1, каждая из которых в свою очередь опирается на две четырехсексных тележки 6 через пятники. Автосцепка 5 располагается по концам надтележечных балок 1.

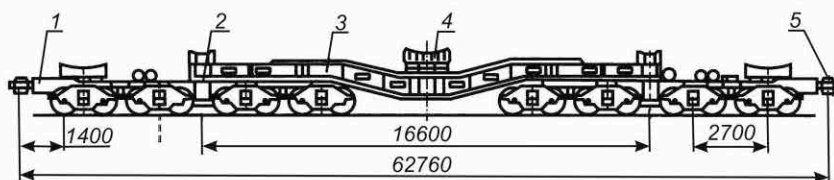


Рисунок 1.55 – Шестнадцатисексный сцеп тридцатидвухсексного сцепного транспортера

При использовании одной секции как транспортера грузоподъемностью 240 т, на концы несущей рамы 3 устанавливают сменные опоры-турникеты на которые укладывается груз. В случае перевозки груза массой до 480 т сменные опоры снимают с несущей рамы и закрепляют в специально предусмотренных местах на надтележечных балках транспортера. Груз в этом случае располагают на стационарных опорах 4, установленных посередине несущей рамы. Опоры 4 могут поворачиваться относительно вертикальной оси транспортера. Кроме того, одна из опор сцепа может поступательно перемещаться относительно продольной оси несущей рамы. Такая подвижная конструкция опор несущей балки обеспечивает свободное прохождение транспортера с грузом по кривым участкам пути радиусом до 150 м.

Несущая рама 3 сварная, выполнена из четырех двутавров, перекрытых сверху в средней части сплошным листом толщиной 16 мм. Толщины вертикальных и горизонтальных стенок двутавров соответственно 16 и 60 мм.

Надтележечные балки 1 сварные коробчатого сечения из листов толщиной 16 мм (вертикальные) и 40 мм (горизонтальные). Для изготовления балок используется низколегированная сталь 10Г2С1Д.

Транспортеры сочлененного типа используются для перевозки специальных грузов, которые могут выполнять роль несущих конструкций, т. е. конструкций которые могут воспринимать продольные и вертикальные си-

лы. К таким грузам можно отнести мощные силовые трансформаторы и статоры крупных электрогенераторов.

Транспортер сочлененного типа имеет разъемный кузов в виде двух секций (несущих строений), между которыми размещается груз, являясь частью кузова. В порожнем состоянии секции (строения) соединяют между собой, уменьшая длину транспортера.

Необходимость в создании таких транспортеров возникла в связи с тем, что площадочные транспортеры не обеспечивают размещения крупногабаритных грузов по высоте, а колодцевые – по ширине. Таким образом, и в тех, и в других транспортерах не до конца используются резервы габарита и длина перевозимого груза ограничена размерами погрузочной площадки.

Шестнадцатисосный сочлененный транспортер (рисунок 1.56) состоит из двух сочленяемых половин 3 – двух пространственных полуферм, каждая из которых опирается сферическими пятниками 7 диаметром 620 мм через соединительные 2 и систему вспомогательных балок концевых 1 и промежуточных 4 на группу из четырех двухосных тележек 9 модели 18-100.

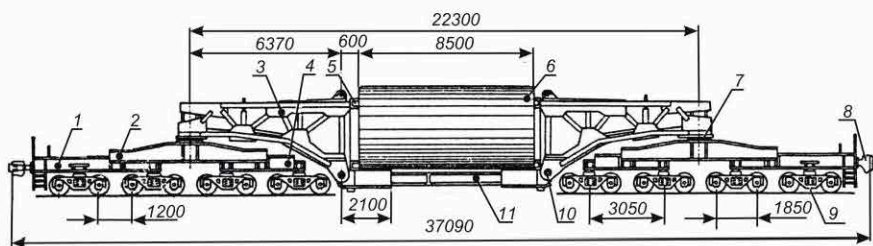


Рисунок 1.56 – Шестнадцатисосный транспортер сочлененного типа

Перевозимый груз 6 подвешивается посредством специальных шарниров 10 между раздвигаемыми половинами 3 транспортера и защемляется в них опорами 5 под действием собственной силы тяжести, в результате груз включается в несущую конструкцию транспортера.

Транспортер оборудован съемной специальной несущей балкой 11, представляющей собой разборную раму, которая позволяет перевозить грузы, не имеющие собственных приспособлений (проушин) для сочленения с консолями 3 транспортера.

Концевые балки 1 предназначены для спаривания двух крайних двухосных тележек на каждом конце транспортера, а также размещения автосцепного устройства 8, ручного тормоза и другого оборудования.

Промежуточные балки 4 объединяют внутренние пары двухосных тележек транспортера. Балки 2 соединяют две четырехосные тележечные группы, образованные концевой 1 и промежуточной 4 балками каждого конца

транспортера. Они служат для передачи нагрузки от консолей 3 к тележкам и размещения вспомогательного оборудования.

Консоли 3 транспортера представляют собой пространственные металлоконструкции типа ферм, соединенных системой связей. В зоне установки сферического пятника 7 консоли 3 имеют мощные шкворневые балки.

Для упрощения процессов погрузки и разгрузки во время эксплуатации транспортер оборудован двумя системами гидравлических подъемников.

Главная система гидроподъемников состоит из четырех домкратов грузоподъемностью 110 т каждый, установлена на соединительных балках 2 транспортера и предназначена для подъема главного строения вместе с грузом. На каждой соединительной балке на специальных кронштейнах, расположенных под концами шкворневых балок консолей, установлено по два таких домкрата, насосная установка, привод которых размещен в нише соединительной балки 2. Система вспомогательных гидроподъемников, состоящая из четырех домкратов грузоподъемностью 20 т каждый, установленных попарно на промежуточных балках 2 транспортера под поперечной связью консолей 3, служит для поддержания консолей при разведении полотна транспортера перед погрузкой или при разгрузке.

При перевозке на сочлененном транспортере изделия – груза, в конструкции которого предусмотрены проушины, специальная несущая балка 11 не используется. Перевозимый груз сочленяется с проушинами консолей 3 при помощи валиков 10. В транспортном положении груз защемляется под действием собственной силы тяжести между опорными местами 5 полужерм 3 и образует составной элемент несущей конструкции вагона. Для перевозки изделия-груза, не имеющего проушин, он устанавливается на сочлененную с консолями специальную несущую балку 11 транспортера. В этом случае силовое воздействие конструкции транспортера в верхней части осуществляется также непосредственно через груз. Специальная несущая балка 11 состоит из двух Н-образных рам, имеющих проушины для соединения с консолями транспортера, и двух продольных балок-затяжек, связывающих концевые рамы.

При следовании транспортера в порожнем состоянии разобранная специальная несущая балка 11 размещается на транспортере.

1.5 Полувагоны

Назначение полувагонов – перевозка массовых неагрессивных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков: насыпных непылевидных, навалочных, штабельных и штучных с креплением их согласно требованиям соответствующих нормативных документов.

Полувагоны, выполняющие более половины общего объема перевозок грузов на железных дорогах стран СНГ, являются основным типом грузовых вагонов.

Отличительной особенностью полувагонов является отсутствие крыши.

Полувагоны разделяются на универсальные и специализированные.

Признаком универсальности является наличие разгрузочных люков в полу.

Отсутствие крыши обеспечивает возможность погрузки и выгрузки сыпучих и крупнокузовых грузов сверху с помощью эффективных средств механизации (мостовых кранов, вагоноопрокидывателей и др.), а разгрузочные люки в полу предусмотрены для ускорения выгрузки насыпных и навалочных грузов самотекотом.

К специализированным полувагонам относятся полувагоны с глухим полом или кузовом (без люков в полу и с глухими торцевыми стенами), а также с кузовами бункерного типа (полувагоны-хопперы).

В настоящее время серийно выпускаются только четырехосные вагоны, в эксплуатации имеются также шести- и восьмиосные полувагоны.

Основные характеристики универсальных и специализированных полувагонов эксплуатационного парка приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Техническая характеристика полувагонов

Показатель	Универсальные модели		Специализированные модели	
	12-132-03	12-757	12-1592	12-4004
Грузоподъемность, т	69,5	69	71-72	63
Масса тары, т	24±0,5	25	22	27,3/30
Объем кузова, м ³	88	85	83	154
Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка, кН	230,5	230,5	230,5	228
База вагона, м	8,65	8,67	8,65	15,69
Длина, м:				
– по осям сцепления автосцепок	13,92	13,92	13,92	20,96
– по концевым балкам рамы	12,78	12,80	12,70	19,74

Показатель	Универсальные модели		Специализированные модели	
	12-132-03	12-757	12-1592	12-4004
Ширина по стойкам, м	3,158	3,22	3,142	3,24
Высота от уровня головок рельсов до верхней обвязки, м	3,787	3,746	3,492	3,98
Внутренние размеры кузова, м:				
– ширина по верхним обвязкам				
в свету	2,911	2,964	2,878	3,026
– высота	2,365	2,315	2,240	2,540
– длина по верхним обвязкам				
в свету	12,750	12,228	12,700	20,030
Размер разгрузочного люка	1,54 ×	1,54 ×		1,54 ×
в свету, м	× 1,327	× 1,327	–	× 1,327
Угол открывания крышек люков, град:				
– средних	31	31	–	31
– над тормозными цилиндрами	28	–		27
– надтележечных	19,5	23,5		23,5
Ширина дверного проема, м	–	2,766	–	–
Конструкционная скорость, км/ч	120	120	120	120
Габарит по ГОСТ 9239	1-BM	1-BM	0-BM	1-T

1.5.1 Универсальный четырехосный полувагон модели 12-132-03 с осевой нагрузкой 230,5 кН

На Уральском вагоностроительном заводе (АО «НПК “Уралвагонзавод”») освоено производство полувагонов моделей 12-132 и ее модификаций: 12-132-02 и 12-132-03. Модели 12-132 и 12-132-03 имеют одни и те же линейные размеры и одинаковый объем кузова (88 м³). В отличие от них модель 12-132-02 характеризуется меньшей высотой и, следовательно, меньшим объемом кузова (77 м³).

Полувагон модели 12-132-03 – это модификация полувагона модели 12-132 на тележках моделей 18-555 или 18-555-1. Изготавливается в двух конструктивных исполнениях: с типовой и раздельной системами торможения. Предназначен для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс) и конструкционной скорости 120 км/ч.

Техническая характеристика полувагона приведена в таблице 1.3.

Показатели надежности: назначенный срок службы – 24 года; назначенный срок службы до первого капитального ремонта – 12 лет; назначенный пробег от постройки или капитального ремонта до первого деповского ремонта – 500 тыс. км, но не более 4 лет; назначенный пробег между деповскими ремонтами – 250 тыс. км, но не более 2 лет.

Полувагон модели 12-132-03 (рисунок 1.57) состоит из кузова, двух двухосных тележек, автосцепного устройства, автоматического пневматического и стояночного тормозов.

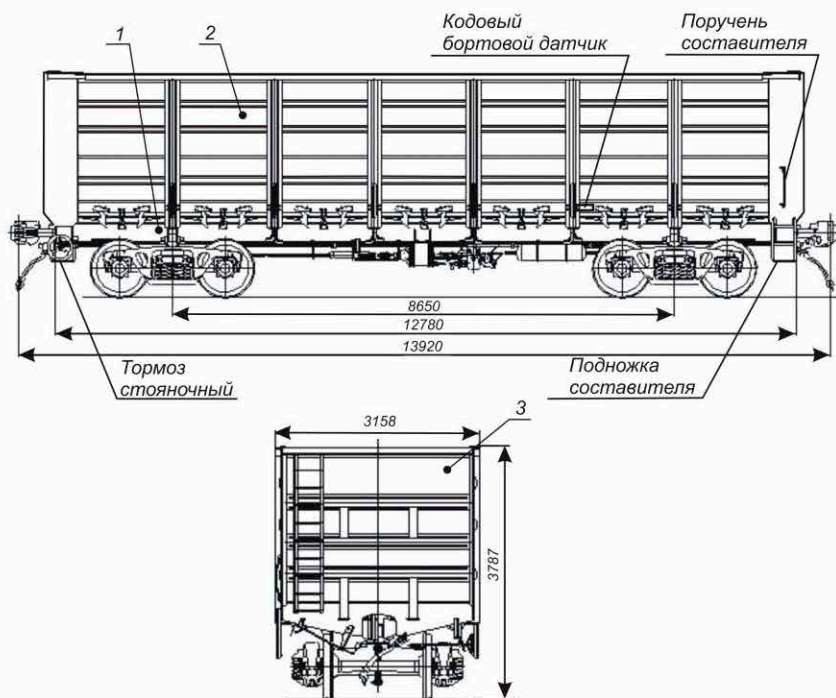


Рисунок 1.57 – Общий вид универсального четырехосного полувагона модели 12-132-03 с типовой системой торможения:

1 – рама; 2 – боковая стена; 3 – торцевая стена

Полувагон оборудован кодовыми бортовыми датчиками КБД-2М-04 ЖЛТК.467766.001-16 ТУ, которые установлены на нижних обвязках боковых стен по диагонали полувагона (см. рисунок 1.57). Они предназначены для работы в составе комплекса системы автоматической идентификации (САИ) подвижных средств.

Каркас кузова выполнен из низколегированной стали марки 09Г2Д, обшивка – марки 10ХНДП.

Кузов полувагона (рисунок 1.58) состоит из двух боковых 1 и двух торцевых 2 стен, рамы 3 и пола, образованного четырнадцатью крышками люков 4. Крышки люков оборудованы механизмами подъема 5 и запирания 6.

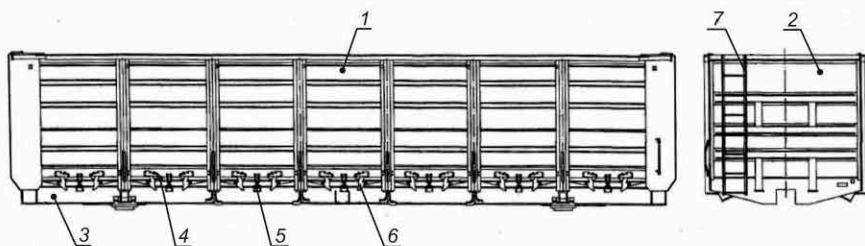


Рисунок 1.58 – Кузов полувагона модели 12-132-03:

1 – боковая стена; 2 – торцевая стена; 3 – рама; 4 – крышка люка; 5 – механизм подъема крышки люка; 6 – механизм запирания крышек люков; 7 – лестница

Рама кузова предназначена для восприятия вертикальной нагрузки (от груза, собственного веса и веса кузова) и продольных усилий (сжимающих и растягивающих), а также для монтажа стен, крышек люков, автосцепного устройства и тормозного оборудования.

Рама (рисунок 1.59) сварная, состоит из хребтовой 1, двух концевых 2, двух шкворневых 3 и четырех промежуточных поперечных 4 балок.

В средней части рамы с типовой системой торможения установлены кронштейны тормозного цилиндра 5, запасного резервуара 6, крепления камеры 7, авторежима 8. На раме полувагона с раздельной системой торможения установлены два кронштейна для тормозных цилиндров, которые расположены в пролетах, примыкающих к центральному пролету.

На концевой балке, не оборудованной стояночным тормозом, установлен поручень сцепщика 9.

Верхние горизонтальные листы шкворневых и промежуточных поперечных балок имеют выпуклые продольные гофры, которые служат опорой при перевозке длинномерных грузов, освобождая от давления крышки люков.

Хребтовая балка служит для восприятия вертикальных, растягивающих, сжимающих и ударных продольных нагрузок, а также для монтажа элементов автосцепного устройства, тормозного оборудования и крышек разгрузочных люков.

Балка сварная, выполнена из двух зетов 1 № 31 и двутавра 2 № 19 (рисунок 1.60). Расстояние между вертикальными стенками зетов внутри 310 мм.

К двутавру хребтовой балки прикреплены державки петель 7 крышек люков – для шарнирного крепления крышек люков, к концевым частям зетов – передние 3 и задние 4 упоры автосцепного устройства. Между передними и задними упорами установлены планки 5, исключаящие истирание стенок зетов поглощающим аппаратом.

Примечание – Двутавр предназначен для улучшения условий выгрузки сыпучего груза за счет:

- увеличения высоты балки, что позволяет закрепить крышки люков на возможно большей высоте и, следовательно, позволяет увеличить угол открытия крышек люков;
- уменьшения площади пола, занимаемого хребтовой балкой.

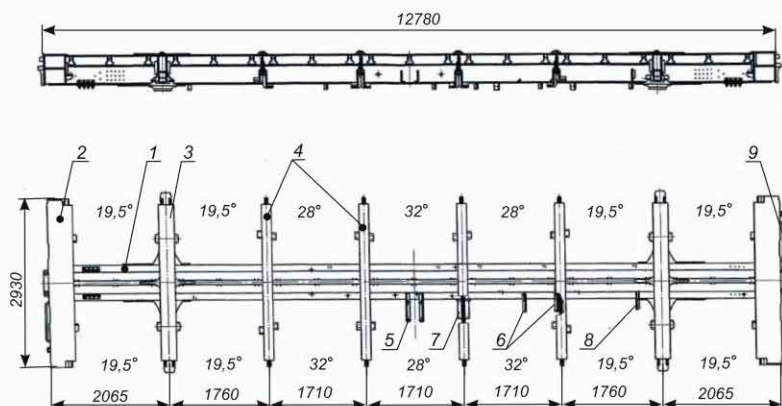


Рисунок 1.59 – Рама кузова полувагона модели 12-132-03 с типовой системой торможения:

- 1 – хребтовая балка; 2 – конечная балка; 3 – шкворневая балка; 4 – промежуточная поперечная балка; 5 – кронштейн тормозного цилиндра; 6 – кронштейны для крепления запасного резервуара; 7 – кронштейн для крепления камеры; 8 – кронштейн авторежима; 9 – поручень сцепщика

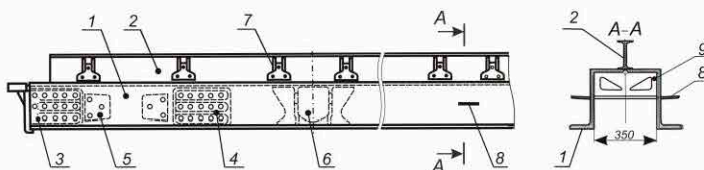


Рисунок 1.60 – Хребтовая балка рамы полувагона модели 12-132-03:

- 1, 2 – зет и двутавр хребтовой балки; 3 – передний упор, объединенный с ударной розеткой; 4 – задний упор; 5 – планка; 6 – натяжниковая коробка; 7 – державка петли; 8 – лист нижний; 9 – диафрагма

В узлах соединения хребтовой балки со шкворневыми балками установлены натяжниковые коробки 6, которые усиливают место над пятниками и связывают между собой вертикальные стенки хребтовой балки.

В местах примыкания поперечных балок в хребтовую балку вварены диафрагмы 9 и нижние листы 8.

Балка конечная предназначена для восприятия части нагрузок, действующих на раму, а также для монтажа торцевой стены.

Балка (рисунок 1.61) сварная, коробчатого сечения переменной высоты по длине. Балка образована верхним 1, лобовым 2, двумя нижними 3 и двумя вертикальными 4 листами. На вертикальном листе установлены *планки уплотнения* 5, предотвращающие просыпание груза на путь. Средняя часть лобового листа углублена по отношению к концам на 40 мм. Между лобовым и верхним листами установлены вертикальные ребра жесткости 6 и 7, к которым приварены упоры крышек разгрузочных люков 8.

На одной из концевых балок на нижнем листе размещен кронштейн привода стояночного тормоза.

На лобовом листе концевой балки установлены кронштейн расцепного рычага 9 и скоба сигнального фонаря 10. На балке, не оборудованной приводом стояночного тормоза, установлен поручень сцепщика 11.

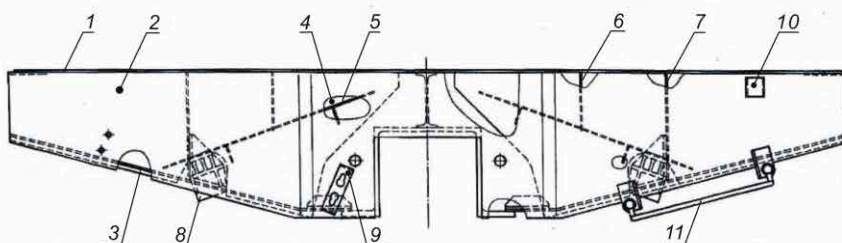


Рисунок 1.61 – Концевая балка рамы полувагона модели 12-132-03:

- 1 – лист верхний; 2 – лист лобовой; 3 – лист нижний; 4 – лист вертикальный; 5 – планка;
6, 7 – ребра жесткости; 8 – упор крышки люка; 9 – скоба (кронштейн) для расцепного рычага;
10 – скоба сигнального фонаря; 11 – поручень сцепщика

Балка шкворневая предназначена для передачи на тележку через пятник и скользуны всех статических и динамических нагрузок, возникающих в процессе движения полувагона.

Балка (рисунок 1.62) сварная, замкнутого коробчатого сечения переменной высоты и ширины по длине. Балка образована верхним листом 1 с выпуклым продольным гофром, нижним листом 2 и двумя вертикальными 3 листами. Гофр на верхнем горизонтальном листе служит опорой при перевозке длинномерных грузов, освобождая от давления крышки люков.

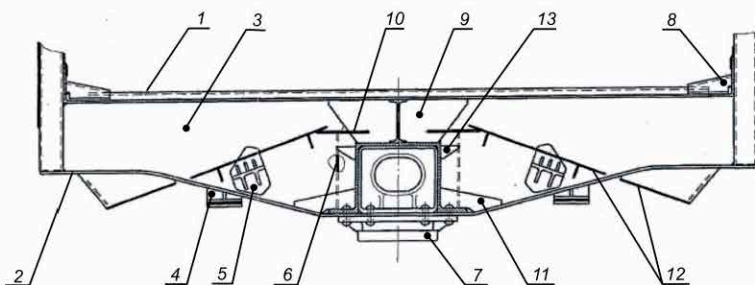


Рисунок 1.62 – Шкворневая балка рамы полувагона модели 12-132-03:
 1 – лист верхний; 2 – лист нижний; 3 – лист вертикальный; 4 – скользян; 5 – упор крышки люка;
 6 – диафрагма; 7 – пятник; 8, 9 – накладки; 10 – планка; 11 – компенсатор; 12 – уплотнения;
 13 – ребро

К нижнему листу приварены скользяны 4, к вертикальным листам – упоры крышек люков 5. Между вертикальными листами для жесткости размещены диафрагмы 6. К нижнему листу, зетам хребтовой балки и надпятниковой коробке крепится заклепками пятник 7.

Верхний лист 1 шкворневой балки соединен с нижней обвязкой боковой стены накладкой 8. Вертикальные листы шкворневой балки соединяются с двутавром хребтовой балки накладками 9 и планками 10. Соединение вертикальных листов с зетами усилено ребрами 13. Для устранения технологических зазоров при сборке предусмотрены компенсаторы 11.

Для предотвращения засыпания грузом тележек и железнодорожного пути при разгрузке полувагона через люки предусмотрены уплотнения 12.

Балка промежуточная поперечная (рисунок 1.63) сварная, двутаврового сечения переменной высоты.

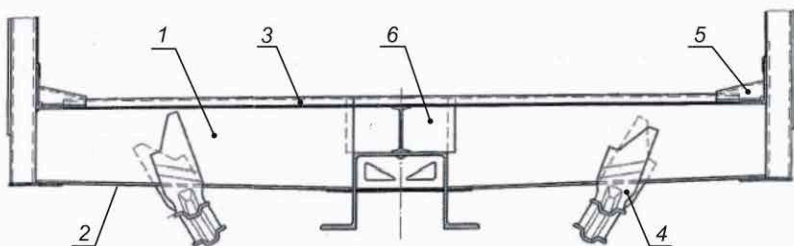


Рисунок 1.63 – Промежуточная поперечная балка рамы полувагона модели 12-132-03:
 1 – лист вертикальный; 2 – лист нижний; 3 – лист верхний; 4 – упор крышки люка;
 5, 6 – накладки

Балка предназначена для восприятия части нагрузок, действующих на раму. Состоит из двух вертикальных 1 листов, двух нижних 2 листов и верхнего листа 3 с выпуклым продольным гофром (лист корытообразной формы). Назначение гофра, аналогичное гофру шкворневой балки.

Верхний лист промежуточной балки соединен с нижней обвязкой боковой стены накладкой 5. Вертикальные листы соединяются с двутавром хребтовой балки посредством накладок 6. К вертикальным листам привариваются упоры крышек люков 4.

Концевая часть рамы показана на рисунке 1.64.

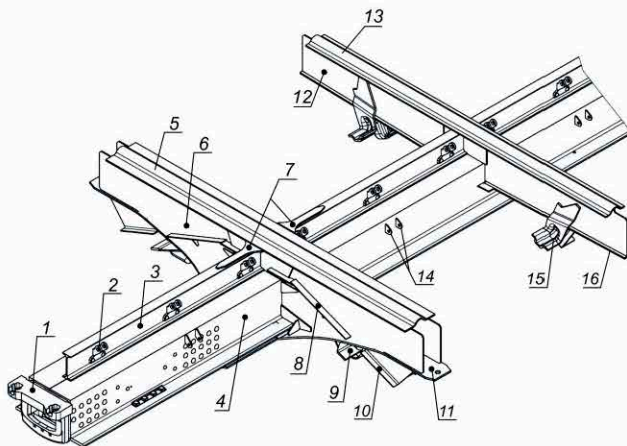


Рисунок 1.64 – Концевая часть рамы полувагона модели 12-132-03:

- 1 – ударная розетка, объединенная с передним упором; 2 – державка петли крышки люка; 3, 4 – двутавр и зет хребтовой балки; 5, 6, 11 – верхний, вертикальный и нижний листы шкворневой балки; 7 – усиливающие накладки; 8, 10 – уплотнения; 9, 15 – упоры крышек люков; 12, 13, 16 – вертикальный, верхний и нижний листы промежуточной балки; 14 – уши для крепления качающегося рычага механизма подъема крышки люка

Стена боковая предназначена для восприятия вертикальных, распорных и динамических нагрузок, действующих на полувагон в эксплуатации.

Стена (рисунок 1.65) сварная, состоит из каркаса и металлической обшивки.

Каркас боковой стены состоит из восьми стоек: двух угловых 2, двух шкворневых 3 и четырех промежуточных 4, связанных верхней 1 и нижней 5 обвязками.

Верхняя обвязка 1 сварная, состоит из углового горячекатаного профиля с подогнутой стенкой по ГОСТ 5267.4 и холодногнутого уголка 152×100×6 мм по ТУ 14-101-406. Соединенные между собой профили верхней обвязки образуют жесткую коробчатую конструкцию.

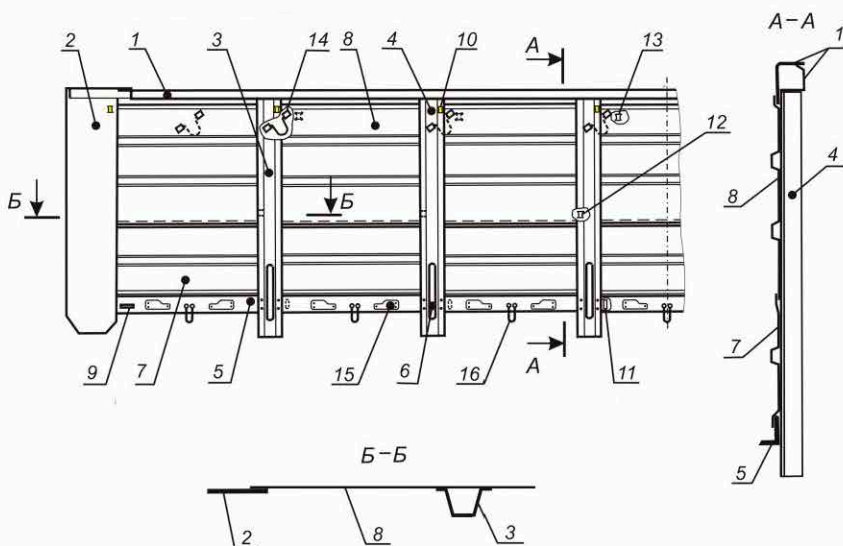


Рисунок 1.65 – Стена боковая полувагона модели 12-132-03:

1 – верхняя обвязка; 2 – угловая стойка; 3 – шкворневая стойка; 4 – промежуточная стойка; 5 – нижняя обвязка; 6 – накладка; 7, 8 – нижняя и верхняя панели обшивки; 9 – кронштейн для подтягивания вагона; 10, 12, 13 – увязочные скобы; 11 – увязочное кольцо; 14 – скоба лесной стойки; 15, 16 – скобы запорного устройства крышки люка

Нижняя обвязка 5 выполнена из прокатного уголка 160×100×10 мм по ГОСТ 8510. Служит для соединения боковой стены с рамой, заделки промежуточных и шкворневых стоек с балками рамы и размещения запорных устройств 15 и 16 крышек люков.

Угловая стойка 2 выполнена из листа и предназначена для соединения боковых и торцевых стен между собой и рамой.

Шкворневые 3 и промежуточные 4 стойки предназначены для восприятия распорных усилий и соединения боковой стены с рамой полувагона. Изготовлены из горячекатаного омегаобразного профиля по ГОСТ 5267.6. Внутри профиля сварены планки, а снаружи в месте заделки стоек местные усиливающие накладки 6.

Обшивка боковой стены выполнена из двух стальных профилей высокой жесткости – верхнего 8 толщиной 3,6 мм и нижнего 7 толщиной 4 мм со сквозными (сплошными) продольными гофрами по ТУ 14-101-789-2008, соединенных внахлестку.

Элементы боковой стены, необходимые для использования полувагона по назначению. На угловой стойке боковой стены полувагона, противо-

положной установке стояночного тормоза, установлен *поручень составителя* (см. рисунок 1.57).

На нижних обвязках 5 боковых стен вблизи угловых стоек установлены тяговые кронштейны 9 для подтягивания полувагона лебедкой.

На стойках с наружной стороны боковой стены расположены увязочные скобы 10, которые предназначены для крепления эластичных укрытий при перевозке грузов, требующих защиты от атмосферных осадков.

На внутренней стороне боковой стены расположены три ряда увязочных устройств: нижние увязочные кольца 11 – на нижней обвязке, средние 12 и верхние 13 увязочные скобы – на обшивке. Допускаемые нагрузки на увязочные устройства не должны превышать: 29,43 кН – на верхние, средние и наружные; 147,15 кН – на нижние. Одновременное крепление груза за верхние и средние увязочные устройства одной стойки не допускается по условиям прочности.

Для установки лесных стоек при перевозке леса предусмотрены скобы 14, которые расположены на внутренней стороне боковой стены в ее верхней части.

Стена торцевая предназначена для восприятия нагрузок распорных от действия груза, а также продольных инерционных, действующих на полувагон в эксплуатации. Стена (рисунок 1.66) сварная, состоит из каркаса и металлической обшивки.

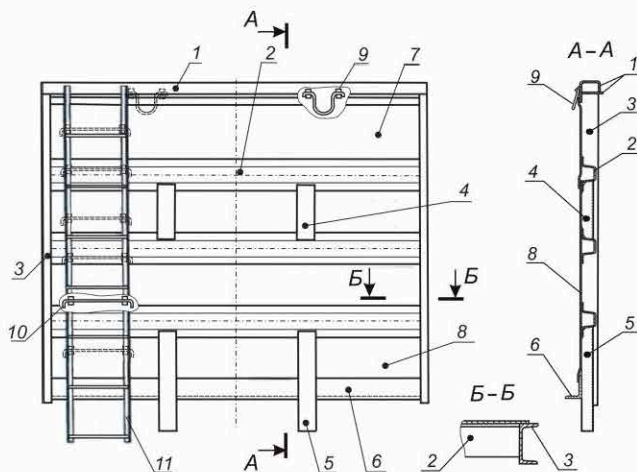


Рисунок 1.66 – Торцевая стена полувагона модели 12-132-03:

- 1 – верхняя обвязка; 2 – горизонтальный пояс; 3 – боковая стойка; 4, 5 – усиливающие стойки;
6 – нижняя обвязка; 7, 8 – верхний и нижний листы обшивки; 9 – скоба лесной стойки;
10 – поручень-ступенька; 11 – лестница

Каркас торцевой стены включает верхнюю 1 и нижнюю 6 обвязки, три горизонтальных пояса 2, две боковые стойки 3, четыре усиливающие стойки (полустойки) 4 и 5.

Верхняя обвязка 1 изготовлена из холодногнутого неравнополочного швеллера 144×160×90×6 мм по ГОСТ 8281 с усилением его планкой для создания жесткой коробчатой конструкции.

Нижняя обвязка 6 выполнена из прокатного уголка 160×100×10 мм по ГОСТ 8510. Служит для соединения торцевой стены с рамой.

Горизонтальные пояса 2, расположенные в средней части торцевой стены, обеспечивают ее необходимую прочность и жесткость. Расположены параллельно верхней и нижней обвязкам по всей ширине стены. Выполнены пояса из горячекатаного омегаобразного профиля по ГОСТ 5267.6.

Боковые стойки 3 изготовлены из горячекатаного швеллера № 12 по ГОСТ 8240 и обеспечивают соединение торцевой стены с угловой стойкой боковой стены.

Усиливающие стойки (полустойки) 4 и 5 выполнены из штампованного швеллера 144×90×7 мм или из горячекатаного омегаобразного профиля по ГОСТ 5267.6 с обрезными полками. Стойки 5 служат для усиления заделки торцевой стены с рамой, стойки 4 – для распределения нагрузки между верхними поясами.

Обшивка торцевой стены выполнена из двух профилей: верхнего 7 и нижнего 8 толщиной 4,5 мм по ТУ 14-101-789, соединенных между собой внахлестку.

С внутренней стороны торцевой стены на обшивке установлены скобы лесных стоек 9 и откидные поручни 10. С наружной стороны стены закреплена лестница 11.

Крышки разгрузочных люков (рисунок 1.67) образуют в закрытом положении пол полувагона. Служат для выгрузки сыпучего груза при их открывании и оборудованы запорным устройством и устройством (механизмом) подъема.

Каждая крышка люка сварная, состоит из каркаса и верхнего гофрированного листа 1 толщиной 5 мм.

Каркас крышки люка образован двумя боковыми 2, 3, передней 5, средней 4 и задней 6 обвязками, выполненными из гнутых швеллеров. В передней обвязке 5 торцы закрыты планками 10 и выполнены отверстия под лом. К листу обшивки приварены опоры 14 для фиксации торсионов механизма подъема крышки люка.

Крышка крепится с одной стороны (внутренней) к двутавру хребтовой балки с помощью трех петель 9, а с другой стороны (наружной) – к нижней обвязке боковой стены с помощью двух кронштейнов 7 и 8 запорного устройства.

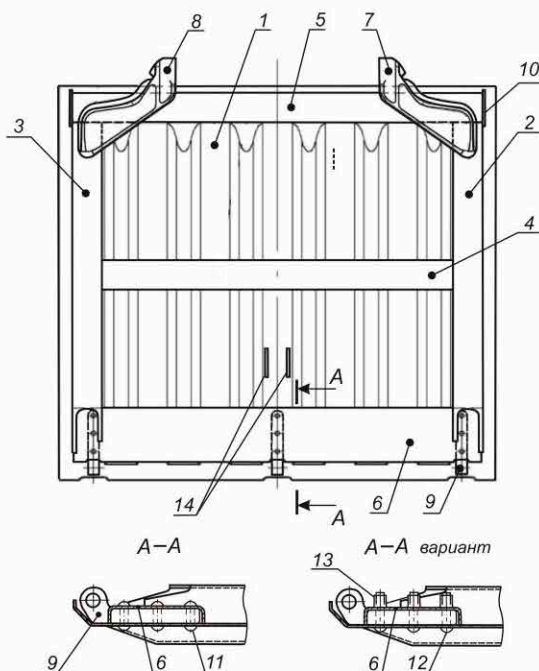


Рисунок 1.67 – Крышка люка полувагона модели 12-132-03:

- 1 – лист обшивки; 2, 3 – левая и правая боковые обвязки; 4, 5 – средняя и передняя обвязки;
6 – заднее усиление; 7, 8 – правый и левый кронштейны; 9 – петля; 10 – планка;
11 – заклепка; 12 – штифт; 13 – обжимная головка; 14 – опоры для фиксации торсионов

Петли 9 крепятся к задней обвязке (усилению) 6 каркаса и листу обшивки 1 заклепками 11 диаметром 16 мм или ШОГ-соединениями (штифт 12 и головка обжимная 13). Шарнирное соединение крышки люка с хребтовой балкой осуществляется за счет того, что петли входят в державки петель 2 (см. рисунок 1.64), расположенные на хребтовой балке, и соединяются между собой валиками. Валики стопорятся шайбами и шпильками.

Кронштейны 7 и 8 запорного устройства приварены к крышке люка со стороны передней обвязки.

Крышка имеет снизу *торсионное устройство* для облегчения закрывания крышек люков после разгрузки.

Запорное устройство крышки люка (рисунок 1.68) включает закладку 1, сектор 2, скобу (планку) 5 и пружину 14, размещенную в секторе.

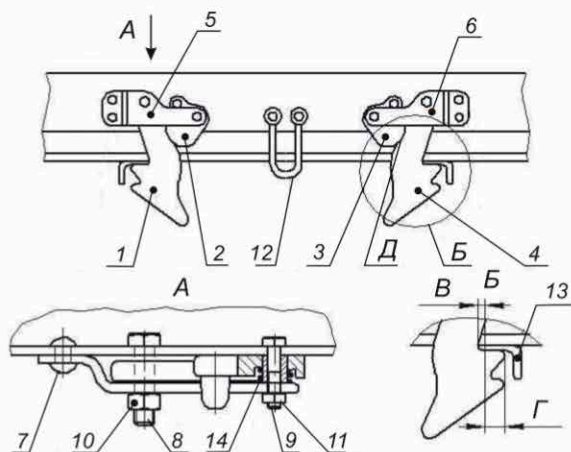


Рисунок 1.68 – Запорное устройство крышки люка полувагона модели 12-132-03:
 1, 4 – левая и правая закидки; 2, 3 – левый и правый сектора; 5, 6 – левая и правая планки (скобы); 7 – заклепка; 8, 9 – болты; 10, 11 – гайки; 12 – скоба; 13 – кронштейн крышки люка;
 14 – пружина

В закрытом положении крышка люка удерживается двумя закидками 1 и 4, размещенными на нижней обвязке боковой стены. Сектора 2 и 3 с размещенными в них пружинами 14, предохраняют закидки от перемещений и выхода их из зацепления с кронштейнами крышки люка, что исключает самопроизвольное открывание крышки и позволяет перевозить грузы без увязки закидок проволокой.

Скобы 5 и 6, закидки 1 и 4, подпружиненные сектора 2 и 3 крепятся к нижней обвязке боковой стены с помощью заклепок 7, болтов 8, 9 и гаек 10, 11. Стопорение гаек с болтами производится сваркой.

Закидка 1 имеет два зуба: большой и малый. При закрывании крышки люка вначале закидку ставят на малый зуб, а затем через скобу 12 крышку подтягивают ломом к нижней обвязке так, чтобы запорный кронштейн 13 захватывался верхним основным зубом закидки. Малый зуб предназначен для предварительной фиксации крышки люка в верхнем положении перед закрыванием, большой зуб является опорной частью для крышки люка в рабочем закрытом положении.

Сектор 2 служит для фиксации закидки 1 в закрытом положении и предупреждения самопроизвольного открывания закидки, а следовательно, крышки люка. Размещение внутри сектора пружины 14 повышает надежность фиксации закидки и позволяет перевозить грузы без увязки закидок проволокой.

Механизм подъема крышки люка (рисунок 1.69) торсионного типа. Служит для облегчения подъема крышки люка на первый зуб закидки. Он состоит из опоры 1 и двух (спаренных) торсионов 2.

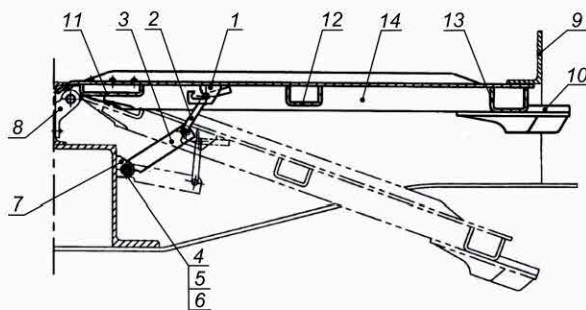


Рисунок 1.69 – Механизм подъема крышки люка:

1 – опора; 2 – торсион; 3 – рычаг; 4 – валик; 5 – шайба; 6 – шплинт; 7 – ушко; 8 – державка петли; 9 – нижняя обвязка боковой стены; 10 – запорный кронштейн крышки люка;

11–14 – задняя, средняя, передняя и боковая обвязки

Торсион изготовлен из прутка диаметром 16 мм в виде двуплечего рычага. Один конец торсиона фиксируется в боковой обвязке крышки люка и упирается в лист обшивки крышки люка, другой фиксируется в опоре 1 и шарнирно соединен с качающимся рычагом 3. Рычаг с помощью валика 4, шайбы 5 и шплинта 6 шарнирно соединен с ушками 7, расположенными на хребтовой балке.

Крышка люка, освобожденная от запоров, под действием силы тяжести груза опускается вниз, закручивая торсион. В результате в нем возникают упругие силы, стремящиеся вернуть крышку обратно. Груз высыпается по обе стороны полувагона самотеком.

Обычно при ручном закрытии люка крышку ставят на первый зуб закидки, а затем ломом через скобу поджимают ее так, чтобы запорные угольники захватывались вторым основным зубом закидки.

Порядок разгрузки полувагона через люки. Перед разгрузкой необходимо открыть крышки люков в такой последовательности:

- выбить (кувалдой) запорные сектора механизма запираения крышек люков, выведя их из зацепления с закидками;
- выбить (кувалдой) закидки из-под горизонтальных полок кронштейнов крышек люков;
- произвести разгрузку.

После разгрузки необходимо закрыть крышки люков на обе закидки.

З а к р ы т и е производится в следующем порядке:

- поднять крышку люка и зафиксировать на малых зубьях закидки (с помощью лома, продетого в отверстие передней балки или планки);
- поднять крышку люка к нижней обвязке боковой стены (ломиком через скобу) и зафиксировать на большие зубья закидок, после чего забить закидки (кувалдой) под горизонтальные полки кронштейнов до упора;
- накинуть подпружиненные секторы 2 и 3 на закидки. Более свободно входящий в гнездо сектор откинуть обратно, забить сектор, который имеет более плотную посадку, и после этого забить второй сектор.

1.5.2 Универсальный четырехосный полувагон с торцевыми дверями модели 12-757 с осевой нагрузкой 230,5 кН

Полувагон модели 12-757 (рисунок 1.70) изготовлялся в ОАО «Крюковский вагоностроительный завод». Год начала производства – 1986, год снятия с серийного производства – 1998.

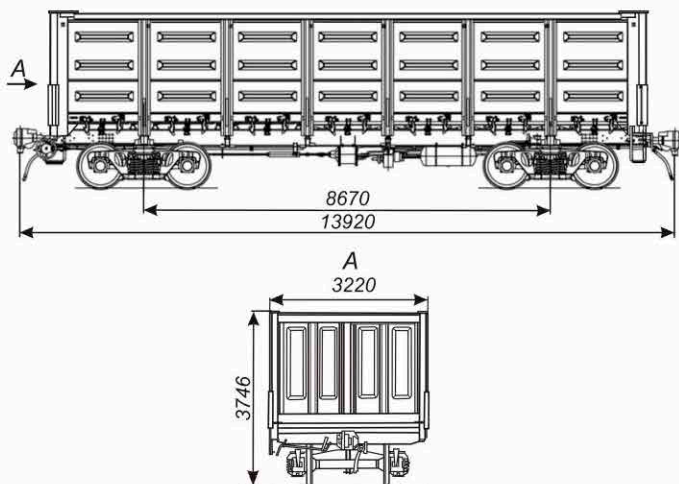


Рисунок 1.70 – Общий вид универсального четырехосного полувагона модели 12-757 с торцевыми дверями

Полувагон был спроектирован для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) и использования в ходовой части усиленных тележек модели 18-131. Поэтому все основные несущие элементы кузова для обеспечения необходимой прочности и надежности значительно усилены по сравнению с полувагоном для осевой нагрузки 230,5 кН.

Однако недостаточная прочность рельсового пути не позволяла использовать в эксплуатации вагон с повышенными осевой нагрузкой и грузоподъемностью. Поэтому вагон применялся для перевозки грузов с понижением проектной грузоподъемности с 75 до 69,5 т, обеспечивающей нормативную осевую нагрузку 230,5 кН (23,5 тс).

Техническая характеристика полувагона приведена в таблице 1.3.

Конструкция полувагона обеспечивает возможность использования его в сообщении со странами ОСЖД с колесей 1435 мм.

Основная отличительная особенность полувагона модели 12-757 – наличие торцевых дверей, образующих в закрытом положении торцевые стены. Использование торцевых дверей обусловило необходимость конструктивных изменений по концевым балкам рамы и угловым стойкам боковых стен.

Концевая балка рамы состоит из гнутого уголкового профиля с выштамповкой глубиной 55 мм на лобовой части, двух вертикальных и двух нижних листов и четырех диафрагм.

К верхней горизонтальной поверхности балки приварен *порог двери*, служащий упором для створок торцевой двери, препятствуя их открыванию наружу кузова. Выполнен в виде специального гнутого профиля.

Выштамповка на лобовой части балки служит для углубления (утапливания) ударной розетки внутрь рамы и, следовательно, увеличения внутренней длины кузова при неизменной общей длине вагона.

Угловые стойки боковых стен штампованные из листа толщиной 10 мм постоянного сечения. В нижней части (в зоне наибольших нагрузок) они имеют усиливающие накладки. Для увеличения прочности заделки угловые стойки пропущены ниже обвязочного угольника на 390 мм. К угловым стойкам с внутренней стороны крепятся державки дверных петель, с наружной стороны по диагонали вагона – подножки и поручни составителя.

Обшивка боковой стены выполнена из двух гнутых профилей с *периодическими продольными гофрами*, соединенных внахлестку. Верхний лист толщиной 4 мм имеет два ряда гофров, нижний лист толщиной 5 мм – один ряд.

Торцевая дверь (рисунок 1.71) состоит из двух створок, закрепленных шарнирно к угловым стойкам боковых стен с помощью трех петель 8 каждая. Створки двери открываются внутрь вагона и удерживаются в открытом положении скобами, расположенными на верхнем поясе створок двери.

Каждая створка состоит из каркаса и обшивки 1 толщиной 5 мм с двумя корытообразными выштамповками.

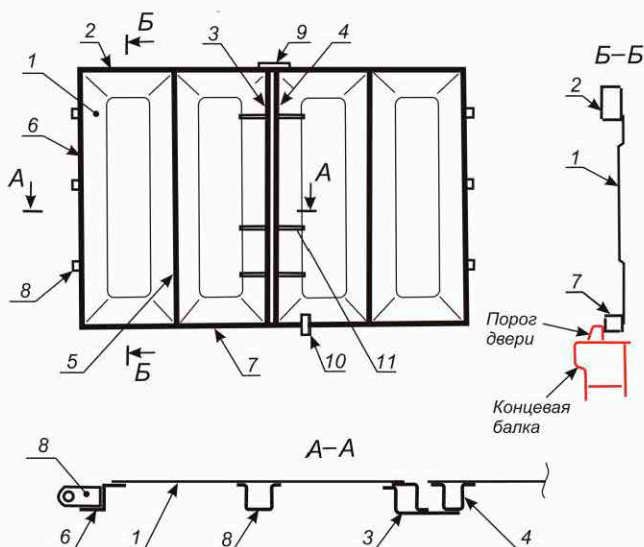


Рисунок 1.71 – Схема торцевой двери полувагона модели 12-757:

1 – обшивка створки двери; 2, 7 – верхняя и нижняя обвязки створок двери; 3, 4 – передние стыковочные стойки (обвязки) левой и правой створок; 5 – промежуточная стойка (обвязка); 6 – крайняя боковая стойка (обвязка); 8 – петля; 9, 10 – верхний и нижний запоры; 11 – ступенька

Каркас створки образован верхней 2 и нижней 7 обвязками, а также стойками – боковой 6, промежуточной 5 и стыковочной 3 (для левой створки), 4 (для правой).

Верхняя и нижняя обвязка сварены из двух прокатных уголков.

Боковая стойка выполнена из прокатного зета, *промежуточная стойка* – из омегаобразного профиля. На боковых стойках каждой створки закреплены три петли, обеспечивающие совместно с державками дверных петель угловых стоек боковых стен шарнирное соединение створок с боковыми стенами.

Стыковочная стойка левой створки 3 сварная, из двух Z-образных гнутых профилей, стыковочная стойка правой створки 4 – из омегаобразного профиля.

Запорное устройство двери. Торцевая дверь оборудована верхним 9 и нижним 10 запорами. Верхний запор удерживает створки дверей от выжигания наружу и воспринимает усилия распора. Нижний запор удерживает двери в закрытом положении и препятствует их открыванию внутрь. При открытых дверях в кузове можно размещать и перевозить длинномерные

грузы (лес, трубы), длина которых превышает длину кузова в свету, а также колесную технику.

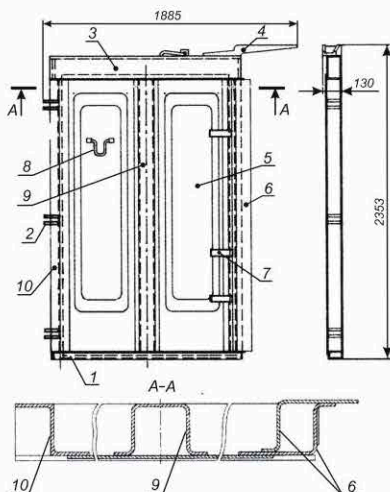


Рисунок 1.72 – Левая створка двери полувагона модели 12-757:

- 1, 3 – нижняя и верхняя обвязки; 2 – петля;
4 – клин; 5 – обшивка; 6 – стыковочная стойка;
7 – ступенька; 8 – лесная скоба; 9, 10 – промежу-
точная и боковая стойки

Верхний клиновой запор состоит из запорного клина 4 (рисунок 1.72), закрепленного на верхней обвязке левой створки, направляющих (для клина) и планки, которые соединены с верхней обвязкой левой створки.

Нижний запор представляет собой шарнирно закрепленную на левой створке закидку. Закрепляет левую створку за порог и удерживает в закрытом положении правую створку посредством верхнего запора.

В эксплуатации торцевые двери относятся к наиболее повреждаемым элементам кузовов, поэтому в настоящее время выпуск таких полувагонов прекращен.

1.5.3 Специализированные полувагоны

Специализированный четырехосный полувагон с глухим кузовом модели 12-1592. Полувагон (рисунок 1.73) спроектирован на базе универсального полувагона, поэтому параметры и линейные размеры его мало изменились. Отличается он конструкцией торцевых стен и настила пола. Изготовители ОАО «МЗТМ» и ОАО «Армавиртяжмаш». Выпускается с 1986 года.

Кузов специализированного полувагона не имеет крышек люков, которые заменены сплошным настилом пола из листов толщиной 6 мм, а торцовые стены выполнены глухими. Для стока воды и зачистки кузова в полу предусмотрены два люка, открывающиеся вовнутрь. Люки расположены по диагонали кузова в его углах.

Рама полувагона отличается от рамы универсального тем, что в ней для поддержания пола между хребтовой балкой и каждой из боковых стен поставлено по дополнительной продольной балке из двутавра № 19. Кроме

того, рама не имеет двутавра хребтовой балки, что позволило увеличить внутреннюю высоту и объем кузова до 83 м³, а грузоподъемность – до 71 т.

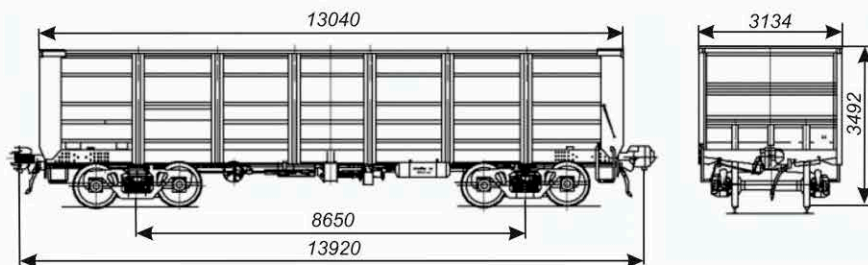


Рисунок 1.73 – Специализированный полувагон с глухим кузовом модели 12-1592

Торцевая стена (рисунок 1.74) также усовершенствована. Она выполнена аналогичной конструкции, применяемой в полувагоне модели 12-119. Стена представляет собой каркас, обшитый гладкими стальными листами 4 толщиной 4 мм. Каркас стены образован верхней 1 и нижней 7 обвязками, двумя боковыми стойками 2, двумя горизонтальными поясами 3 и двумя промежуточными полустойками 5.

Остальные элементы кузова мало изменились по сравнению с конструкциями универсальных полувагонов.

Полувагоны с глухими кузовами, созданные для перевозки массовых сыпучих грузов в замкнутых маршрутах с выгрузкой на вагоноопрокидывателях, значительно эффективнее, чем универсальные, используемые для этих же целей. Это объясняется тем, что в специализированных полувагонах при перевозках сокращаются потери сыпучего груза (до 12 %), снижаются капитальные затраты на изготовление вагонов (до 15 %), уменьшается себе-

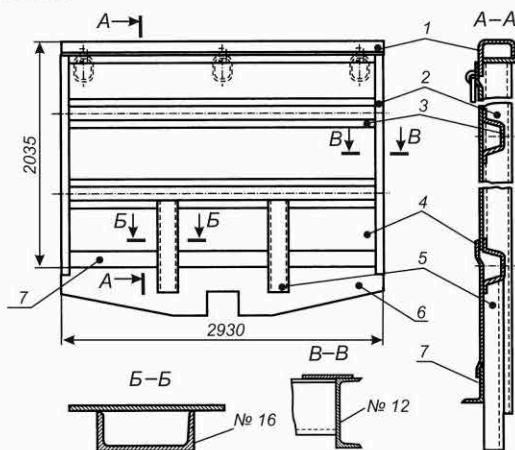


Рисунок 1.74 – Торцевая стена полувагона с глухим кузовом модели 12-1592

стоимость перевозок (до 14 %) при одинаковой осности и снижаются расходы на ремонт и техническое обслуживание кузовов в эксплуатации.

Наряду с описанными выше конструкциями специализированных полувагонов для промышленного транспорта строятся несколько разновидностей полувагонов с плоским полом, а также кузовом бункерного типа. К первым относятся четырехосные цельнометаллические полувагоны для технологической щепы и для медной руды. Они проектируются на базе универсальных полувагонов и имеют схожую с ними конструкцию.

Специализированные полувагоны для технологической щепы.

В эксплуатации находятся два варианта конструктивного исполнения таких полувагонов: с крышками люков в полу (модель 12-4004) и с глухим кузовом (модель 12-4004-01 (рисунок 1.75)).

Техническая характеристика полувагонов моделей 12-4004/12-4004-01: грузоподъемность 63 т, тара 27,3/30 т, объем кузова 154/162 м³, длина по концевым балкам 19,74 м, база 15,69 м, высота кузова внутри 2,54/2,72 м. Вагоны спроектированы по габариту 1-Т.

В модели 12-4004 пол образован из 22 типовых крышек разгрузочных люков, в модели 12-4004-01 – пол глухой из стальных листов. Принципиальным отличием этих вагонов является увеличенный объем его кузова, что обусловлено потребностью реализации расчетной грузоподъемности при невысокой плотности перевозимого груза.

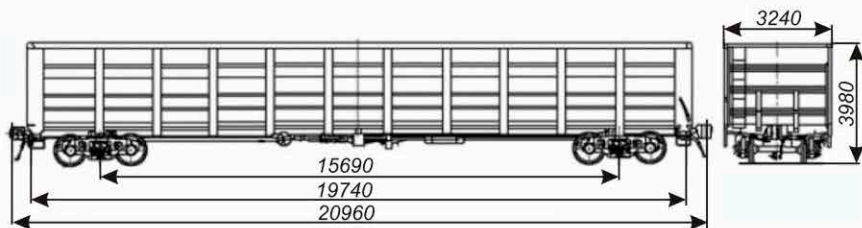


Рисунок 1.75 – Специализированный полувагон для технологической щепы с глухим кузовом модели 12-4004-01

Специализированные полувагоны-хопперы. Специализированные саморазгружающиеся бункерные вагоны типа хоппер с открытыми кузовами строятся для перевозки массовых сыпучих грузов, не требующих укрытия. Количество типов и число строящихся вагонов-хопперов непрерывно возрастает, что способствует повышению уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ за счет использования гравитационных свойств сыпучих грузов. К ним относятся полувагоны-хопперы для горячих окатышей и агломерата, для охлажденного кокса, для торфа и другие.

Специализированный полувагон-хоппер модели 22-471 (рисунок 1.76)

предназначен для перевозки горячих окатышей и агломерата с температурой груза до 700°C с места производства на приемные бункера доменной печи. Его характеристика: грузоподъемность 65 т, тара 23 т, объем кузова 42 м^3 , длина по концевым балкам рамы 10,78 м, габарит 1-ВМ.

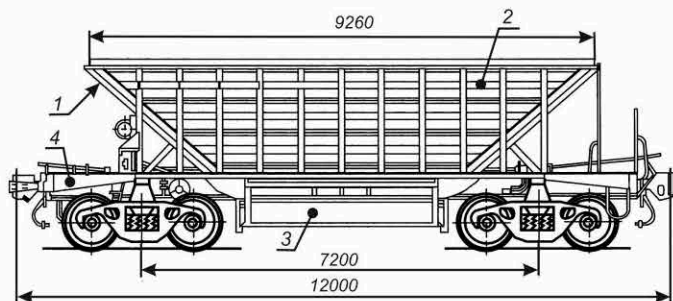


Рисунок 1.76 – Специализированный полувагон-хоппер для горячих окатышей

Кузов полувагона-хоппера имеет раму 4, две боковые вертикальные 2 и две торцовые 1 стены с углом наклона 41° к плоскости рамы и два бункера с двумя разгрузочными люками 3 размером $3500 \times 400 \times 560$ мм.

Рама кузова состоит из хребтовой балки, двух концевых, шкворневых и поперечных балок. Хребтовая балка выполнена из двух двутавров № 45, перекрытых сверху и снизу листами. Концевые, шкворневые и поперечные балки сварные соответственно корытообразного, коробчатого и двутаврового сечений.

Каркас боковой стены изготовлен из прокатных и гнутых профилей. Верхний пояс выполнен коробчатого сечения из швеллера № 14 и гнутого элемента, нижний пояс и шкворневая стойка – из замкнутого прямоугольного профиля коробчатого сечения размером $160 \times 80 \times 7$ мм. Нижний и верхний пояса соединены между собой двенадцатью стойками. Промежуточные стойки выполнены из швеллера № 14. Каркас сварен из швеллеров № 10 и 14.

Обшивка стен представляет собой набор панелей из гнутого профиля, которые не имеют жесткого соединения с каркасом, что обеспечивает их подвижность при температурных расширениях для предупреждения коробления несущих элементов кузова.

Крышки разгрузочных люков бункеров открываются и закрываются при помощи специального механизма разгрузки, который расположен под бункерами и представляет собой систему рычагов, приводимых в действие от пневматического цилиндра с дистанционным управлением. Все несущие элементы кузова выполнены из низколегированной стали 09Г2Д.

1.5.4 Полувагоны нового поколения для осевой нагрузки 245 кН

Вагоны нового поколения – это вагоны, отвечающие современным требованиям эксплуатации и обладающие улучшенными технико-экономическими параметрами.

Основные требования к новым грузовым вагонам: повышение нагрузки на ось до 245 кН (25 тс) и более без увеличения воздействия на путь; снижение коэффициента тары; увеличение срока службы, в том числе и межремонтного; обеспечение сохранности грузов.

1.5.4.1 Универсальный четырехосный полувагон модели 12-196. Полувагон выпускается в ОАО «НПК «Уралвагонзавод» в нескольких модификациях: модели 12-196-01, 12-196-02 и 12-196-04 (рисунки 1.77–1.79).

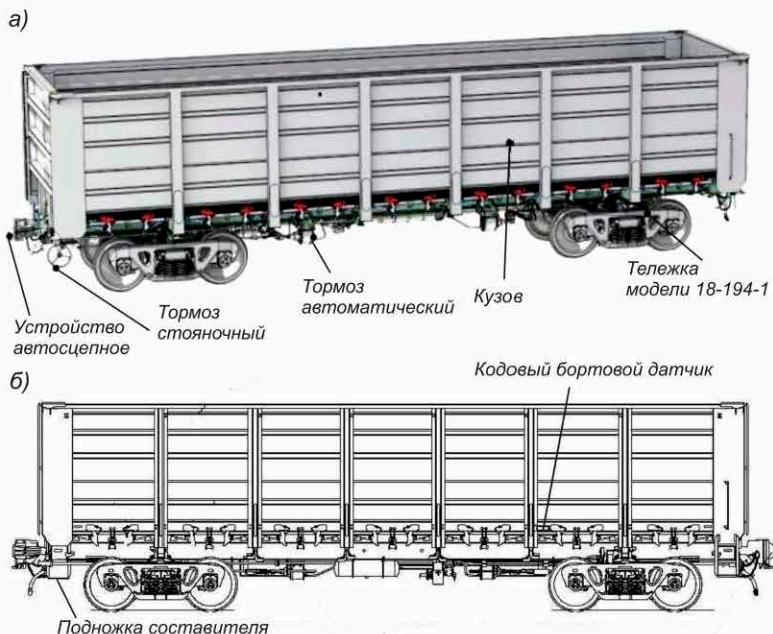
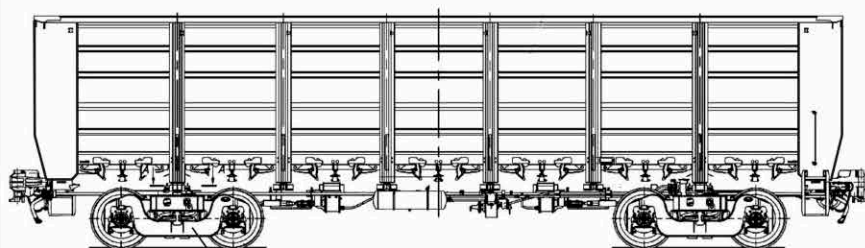


Рисунок 1.77 – Универсальный четырехосный полувагон модели 12-196-01:

а – общий вид; б – схема общего вида



Рисунок 1.78 – Общий вид универсального четырехосного полувагона модели 12-196-02



Тележка модели 18-9999

Рисунок 1.79 – Схема общего вида универсального четырехосного полувагона модели 12-196-04 на штамповарных тележках модели 18-9999

В вагонах применяется раздельная система торможения, в качестве ходовой части в первых двух моделях используются тележки модели 18-194-1, в модели 12-196-04 – штамповарные тележки модели 18-9999. Вагоны предназначены для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) и конструкционной скорости 120 км/ч.

Техническая характеристика полувагонов моделей 12-196-01, 12-196-02 и 12-196-04 приведена в таблице 1.4.

Показатели надежности: назначенный срок службы – 32 года; назначенный срок службы до первого капитального ремонта – 16 лет; назначенный пробег от постройки или капитального ремонта до первого

деповского ремонта – 500 тыс. км, но не более 6 лет; назначенный пробег между деповскими ремонтами – 350 тыс. км, но не более 4 лет.

Таблица 1.4 – Технические характеристики полувагонов модели 12-196

Показатель	Модель вагона		
	12-196-01	12-196-02	12-196-04
Грузоподъемность, т	75	75	74,5
Масса тары, т	$24,3 \pm 0,7$	$24,5 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$
Объем кузова, м ³	88	94	94
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	13920	13920	13920
Длина рамы, мм	–	12980	12780
База вагона, мм	8650	8650	8650
Высота полувагона от уровня головки рельса, мм:			
– до верхней обвязки	3790	3866	3795
– нижней обвязки	–	1420	1359
– оси автосцепки	1040-1080	1040-1080	1040-1080
Внутренние размеры кузова, мм:			
– длина по верхним обвязкам	12771	12980	13030
– ширина по верхним обвязкам стоек	2911	2958	2958
– высота по верхним обвязкам	2365	2446	2436
Ширина наружная по стойкам, мм	3142/3158	3198	3198
Размеры разгрузочного люка в свету, мм	1540 × 1327	1540 × 1327	1540 × 1347
Угол наклона крышек люков при разгрузке, град:			
– средних	32,0	32,0	19,5
– над тележками	19,5	19,5	19,5
– над тормозными цилиндрами	28,0	28,0	19,5
– над авторежимом	–	–	17,0
Габарит по ГОСТ 9238:			
– кузова	1-Т	1-Т	1-Т
– тележки	02-ВМ	02-ВМ	02-ВМ

Полувагоны моделей 12-196-01 и моделей 12-196-02 различаются конструкцией торцевой стены, при этом в полувагонах моделей 12-196-02 по сравнению с моделью 12-196-01 повышен объем кузова за счет увеличения его внутренних размеров.

Разработаны два варианта полувагона модели 12-196-02, различающиеся конструктивным исполнением концевых частей кузовов:

- 1) с вертикальными торцевыми стенами;
- 2) с торцевыми стенами с наклонной нижней частью (см. рисунок 1.78).

Реализации второго варианта позволяет создать конструкцию кузова полувагона с внутренней длиной, превышающей длину рамы.

Полувагоны модели 12-196-04 выполнены с торцевыми стенами с наклонной нижней частью и с ходовой частью в виде штампованных тележек модели 18-9999. Рассмотрим этот вариант кузова полувагона более подробно.

Особенности конструктивного исполнения кузова полувагона модели 12-196-04 по сравнению с кузовами традиционной конструкции – измененная конструкция боковых и торцевых стен и отдельных балок рамы.

Кузов (рисунок 1.80) включает две боковые стены 1, две торцевые стены 2, раму 3, четырнадцать крышек разгрузочных люков 4 с механизмами подъема 5 и запирания 6 в закрытом положении.

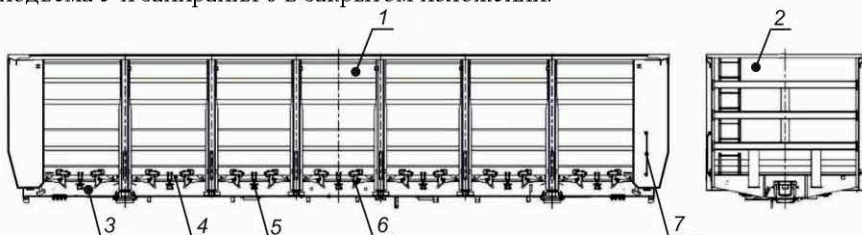


Рисунок 1.80 – Кузов универсального четырехосного полувагона модели 12-196-04

Рама кузова (рисунок 1.81) незначительно отличается от рамы полувагона модели 12-132-03 конструктивным исполнением отдельных балок. На рисунке 1.81 показана конструкция рамы вагона с раздельной системой торможения.

Для увеличения надежности узла соединения концевой балки с хребтовой на верхний лист **концевой балки** установлена накладка 9 размерами 1200×60×8 мм, а для соединения верхнего листа концевой балки с верхней полкой двутавра – планка 10 толщиной 8 мм.

Хребтовая балка в отличие от модели 12-132-03 выполнена из двух зетов 1 № 31 по ГОСТ 5267.3 и горячекатаной или сварной балки 2 двутаврового сечения уменьшенной до 128 мм высоты, что позволяет понизить уровень пола и увеличить внутреннюю высоту кузова. К концевым частям зетов хребтовой балки приварены (приклепаны) передние 3 и задние 4 упоры автосцепного устройства.

Концевая, шкворневая и промежуточная балки конструктивно подобны аналогичным балкам рамы полувагона модели 12-132-03.

Стена боковая (рисунок 1.82) сварная, состоит из каркаса и металлической обшивки. Особенность ее конструктивного исполнения – длина стены в верхней части больше длины рамы.

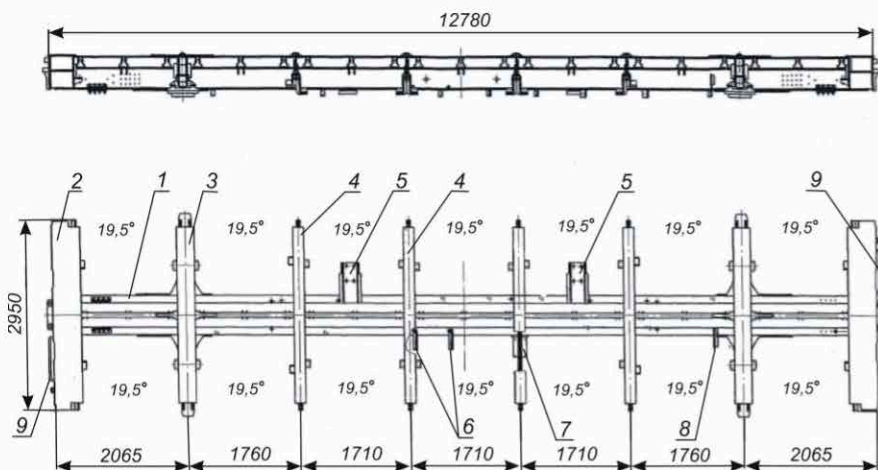


Рисунок 1.81 – Рама полувагона модели 12-196-04

с раздельной системой торможения:

- 1 – балка хребтовая; 2 – балка концевая; 3 – балка шкворневая; 4 – балка промежуточная;
 5 – кронштейн тормозного цилиндра; 6 – кронштейн крепления запасного резервуара;
 7 – кронштейн крепления камеры; 8 – кронштейн крепления авторежима;
 9 – поручень сцепщика

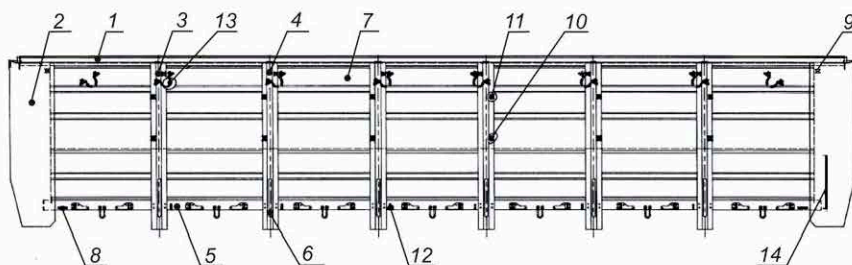


Рисунок 1.82 – Стена боковая полувагона модели 12-196-04:

- 1, 5 – верхняя и нижняя обвязки; 2–4 – угловая, шкворневая и промежуточная стойки;
 6 – накладка; 7 – панель обшивки; 8 – кронштейны для подтягивания вагона;
 9–11 – увязочные скобы; 12 – увязочное кольцо; 13 – скоба лесной стойки; 14 – поручень составителя

Каркас боковой стены состоит из верхней 1 и нижней 5 обвязок и восьми стоек: двух угловых 2, двух шкворневых 3 и четырех промежуточных 4. Верхняя 1 и нижняя 5 обвязки – аналогичны по конструкции модели 12-132.

Угловая стойка 2 выполнена из листа, который имеет скос в нижней части, повторяющий конфигурацию торцевой стены.

Шкворневые 3 и промежуточные 4 стойки выполнены из горячекатаного омегаобразного профиля по ГОСТ 5267.6 постоянного или переменного сечения по длине. Во втором варианте полки омегаобразного профиля в верхней части стоек уменьшены по ширине. Внутри стоек в местах их соединения с поперечными балками рамы вварены планки с усиливающими элементами из углового профиля, а снаружи в местах заделки стоек приварены усиливающие накладки 6.

Обшивка боковой стены 7 аналогична по конструкции модели 12-132-03.

Элементы боковой стены, необходимые для использования полувагона по назначению – поручень составителя 14; тяговые кронштейны 8; увязочные скобы 9; нижние увязочные кольца 12, средние 10 и верхние 11 увязочные скобы и лесные скобы 13 – стандартные, аналогичны модели 12-132-03.

Стена торцевая (рисунок 1.83) сварная, состоит из каркаса и металлической обшивки. В нижней части стена имеет наклон. Такая конфигурация торцевой стены определяется тем, что длина боковой стены в верхней части превышает длину рамы. Наклонная нижняя часть стены обеспечивает соединение торцевой стены с рамой и боковыми стенами.

Обшивка торцевой стены выполнена из трех гладких листов 6–8 толщиной 4,5 мм, соединенных на горизонтальных поясах.

Каркас торцевой стены состоит из верхней обвязки 1, трех горизонтальных поясов 2, двух боковых стоек 3, двух усиливающих стоек (полустоек) 5, а также трех усиливающих поясов 11 и двух стоек 4 в нижней наклонной части стены.

Верхняя обвязка 1 сварная, выполнена из швеллера № 16 по ГОСТ 8240 и планки, образующих коробчатое сечение.

Боковые стойки 3 изготовлены из швеллера № 12 по ГОСТ 8240. Нижние части стоек выполнены с наклоном, обеспечивающим требуемую конфигурацию торцевой стены. Стойки предназначены для соединения торцевой стены с угловой стойкой боковой стены.

Вертикальные стойки 5 выполнены из швеллера № 16 по ГОСТ 8240 и предназначены для распределения нагрузок между поясами, *стойки 4* – из швеллера № 20В-2 по ГОСТ 5267.6 и служат для усиления заделки торцевой стены с рамой.

Горизонтальные пояса 2 имеют сварную конструкцию коробчатого сечения, выполненную из двух швеллеров № 14 по ГОСТ 8240, замкнутых с наружки вертикальной пластиной 12. С торцов пояса закрыты угольниками 13.

Усиливающие горизонтальные пояса 11 выполнены из швеллера № 12 по ГОСТ 8240.

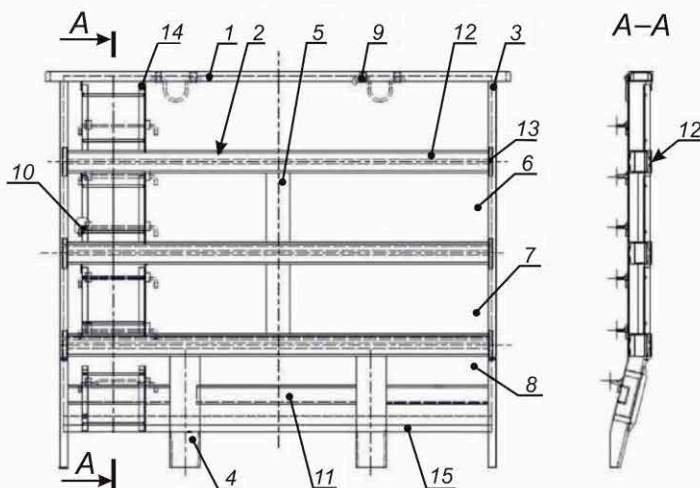


Рисунок 1.83 – Стена торцевая полувагона модели 12-196-04:

1 – верхняя обвязка; 2, 11 – усиливающие горизонтальные пояса; 3–5 – стойки; 6–8 – листы обшивки; 9 – скоба лесной стойки; 10 – откидной поручень; 12 – планка; 13 – угольник; 14 – лестница; 15 – усиливающая планка

Соединение торцевой стены с верхним листом концевой балки выполняется с помощью *усиливающей планки 15* из листа толщиной 10 мм.

С внутренней стороны обшивки стены установлены скобы 9 для установки лесных стоек и откидные поручни 10. С наружной стороны стены закреплена лестница 14, состоящая из четырех частей, приваренных к верхней обвязке, поясам и обшивке в нижней части торцевой стены.

Крышки разгрузочных люков унифицированные с моделью 12-132-03.

1.5.4.2 Четырехосный полувагон с глухим кузовом модели 12-197-02.

Это полувагон со скругленным низом кузова (рисунок 1.84). Разработан ОАО «НПК “Уралвагонзавод”».

Техническая характеристика: $P = 76$ т, $T = 24$ т ($23,5 \pm 0,5$) т, $V = 90$ м³, $V_y = 1,18$ м³/т; $2L_{об} = 13,92$ м; $2L_p = 12,78$ м; $2l = 8,65$ м; $2B_n = 3,175$ м; $p_o = 245$ кН (25 тс); $q_n = 70,4$ кН/м (7,18 т/м); габарит 1-ВМ.

Внутренние размеры кузова: ширина – 3,013 м; длина – 12,442 м; высота – 2,573 м. Высота от уровня верха головок рельсов: максимальная – 3,81 м; до уровня пола – 1,237 м.

В полувагоне используются тележки модели 18-194-1, обеспечивающие межремонтный пробег полувагона 500 тыс. км.



Рисунок 1.84 – Четырехосный полувагон с глухим кузовом модели 12-197-02

Особенности конструкции: (рисунок 1.85):

- глухой кузов;
- гладкая обшивка боковых и торцевых стен;
- скругленный нижний пояс *1* боковых стен;
- боковые стены оборудованы диагонально расположенными в них люками, закрывающимися крышками *3*. Крышки люка открываются внутрь вагона и имеют закругленную форму, повторяющую форму боковой стены в нижней части;
- промежуточные стойки *2* боковой стены переменной высоты сечения, их заделка к раме вагона в виде скругления;
- торцевая стена полувагона усилена тремя поясами и двумя полустойками.

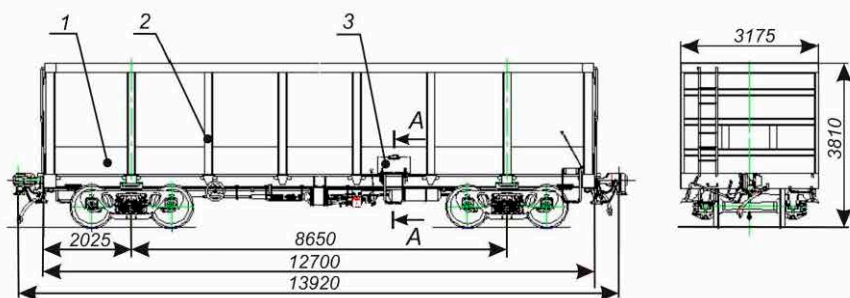


Рисунок 1.85 – Схема полувагона с глухим кузовом модели 12-197-02

В такой конструкции существенно улучшаются условия высыпания груза.

Крышка люка закругленной формы 7 (рисунок 1.86) снабжена направляющими 8 с криволинейными внешними кромками 9 и криволинейными пазами 10, а также поручнями 11 и скобой 12. К основанию днища 13 кузова приварены спаренные кронштейны 14, в которых размещены один 15 или два направляющих ролика 15 и 16 и поддерживающие опорные ролики 17. Здесь же к основанию днища 13 прикреплена подножка 18.

На боковой стене кузова на оси 19 шарнирно закреплен сектор 20 со смещенным центром тяжести и снабжен ручкой 21. Сектор 20 при закрывании крышки 7 поджимает ее к боковой стене кузова при взаимодействии со скобой 12.

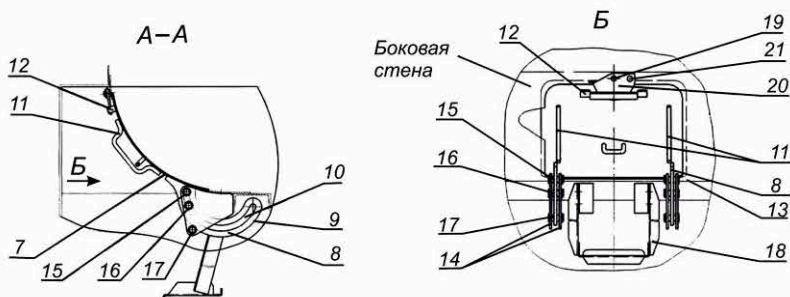


Рисунок 1.86 – Крышка люка в закрытом положении (сечение А-А) (к рисунку 1.85)

Открытие крышки 7 производится после вывода сектора 20 за ручку 21 из скобы 12. Затем за поручни 11 крышка 7 приподнимается вверх и на роликах 15 и 16 поворачивается внутрь полувагона. Внешняя кромка 9 направляющей при этом обкатывается опорным роликом 17, облегчающим поворот крышки.

1.5.4.3 Четырехосный полувагон с глухим кузовом модели 12-2123 в габарите Тпр. Вагон разработан ОАО «Алтайвагон» в более просторном габарите Тпр (рисунок 1.87), что является одним из наиболее действенных способов повышения эффективности грузовых перевозок.

Изготовление полувагонов по габариту Тпр *позволяет создавать вагоны с увеличенным поперечным сечением*, что при неизменных осевых нагрузках и грузоподъемности дает возможность уменьшить длину вагона и тем самым увеличить погонную нагрузку и массу поезда по сравнению с поездом из вагонов габарита 1-ВМ и 0-ВМ.

Использование габарита Тпр позволяет увеличить ширину полувагонов на 150 мм и высоту стенок кузова на величину до 500 мм.



Рисунок 1.87 – Четырехосный полувагон с глухим кузовом модели 12-2123

Техническая характеристика: $P = 76$ т, $T = 24$ т, $V = 89$ м³, $2L_{об} = 12,1$ м, $2l = 7,88$ м, $q_{п} = 7,77$ т/м; габарит Тпр, модель тележки 18-9800. Внутренние размеры кузова: ширина 3,07 м; длина 10,87 м; высота 2,5 м. Высота от уровня верха головок рельсов максимальная 3,95 м.

Особенности конструкции:

- гладкая обшивка боковых и торцевых стен (без гофров) и скругленный нижний пояс;
- промежуточные стойки боковой стены переменной высоты сечения, их усиленная заделка к промежуточным балкам раме вагона в виде скругления, значительно повышающая усталостную прочность этого узла;
- торцовая стена полувагона усилена двумя горизонтальными поясами и двумя полустойками;
- увеличенная площадь поперечного сечения кузова (увеличенные внутренняя ширина (на 150 мм) и внутренняя высота кузова (на 500 мм));
- уменьшенная длина вагона (общая длина таких вагонов 12,1 м, т. е. на 2,82 м меньше длины серийного полувагона модели 12-132), что позволило повысить погонную нагрузку до 7,77 т/м.

Таким образом, **полувагон модели 12-2123 – это полувагон уменьшенной длины, со скругленным нижним поясом и увеличенным поперечным сечением кузова.**

Эксплуатация таких вагонов делает возможным при одной и той же длине станционных путей существенно увеличить массу перевозимого в поездах груза. Число полувагонов в одном составе при использовании габарита Тпр может возрасти на 11 единиц, а масса перевозимого при этом груза – почти на 1300 т без увеличения длины поезда.

1.5.4.4 Четырехосный полувагон с глухим кузовом модели 12-5190.

Полувагон (рисунок 1.88) спроектирован для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) и предназначен для перевозки угля и других неагрессивных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков. Изготовитель – ОАО «НПК «Уралвагонзавод»».

Техническая характеристика:

- грузоподъемность 77 т;
- масса тары 22,5 т;
- объем кузова 95 м³;
- длина по осям сцепления автосцепок 13920 мм;
- габарит кузова 1-ВМ.



Рисунок 1.88 – Специализированный полувагон с глухим кузовом модели 12-5190

1.5.4.5 Специализированный четырехосный полувагон для технологической щепы модели 12-6995. Полувагон (рисунок 1.89) разработан Все-союзным научно-исследовательским центром транспортных технологий (ООО «ВНИЦТТ») совместно с АО «ТихвинСпецМаш» (входит в железнодорожный холдинг «НПК ОВК»).

Полувагон спроектирован в габарите Тпр для осевой нагрузки 245 кН (25 тс) с максимальной длиной в условиях существующей инфраструктуры и с размерами поперечного сечения, максимально использующего габарит.

Для вагона выбрана длина по осям сцепления автосцепок 23800 мм, которая позволяет наилучшим способом использовать подъездные пути и обеспечивать прохождение кривых и стрелочных переводов.

Объем кузова 211 м³, грузоподъемность 70 т.

В связи с увеличенной длиной кузова необходимо было обеспечить требуемую жесткость боковых стен при действии распорных нагрузок, а также частоту собственных колебаний при движении порожнего вагона.

Задача была решена применением в конструкции боковых стен чередующихся стоек двух видов: 8 несущих стоек из швеллера размерами

100×75×8 мм и 9 стоек, подкрепляющих обшивку стены размерами 60×75×8 мм (в каждой стене).



Рисунок 1.89 – Общий вид полувагона для технологической цепи модели 12-6995

Для удобства разгрузки и уменьшения времени зачистки кузова от остатков груза после разгрузки в боковых стенах по диагонали друг относительно друга введены два зачистных люка (рисунок 1.90). Крышки люков открываются внутрь кузова, что исключает просыпание и хищение груза. Запирание дверей происходит снаружи.

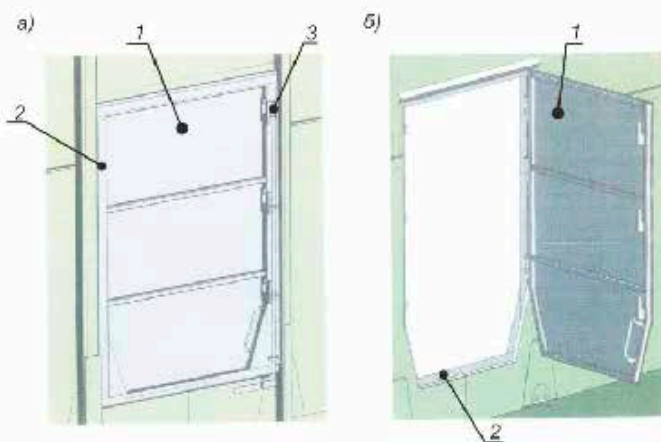


Рисунок 1.90 – Зачистной люк в закрытом (а) и открытом (б) положениях:
1 – дверь; 2 – рамка люка; 3 – механизм запирания двери

1.5.5 Полувагоны нового поколения для осевой нагрузки 265 кН

Ведутся работы по созданию полувагонов повышенной грузоподъемности с осевыми нагрузками 265–294 кН (27–30 тс), предназначенных для перевозок массовых насыпных грузов на специально подготовленных направлениях сети дорог ОАО «РЖД».

Четырехосный полувагон модели 12-9828 с глухим кузовом. Предназначен для перевозки угля и руды с разгрузкой на вагоноопрокидывателях.

Начало разработки – январь 2008 года. Изготовление опытных образцов произведено на Рославльском ВРЗ по конструкторской документации, разработанной ОАО «ВНИКТИ».

Общий вид полувагона показан на рисунке 1.91.



Рисунок 1.91 – Четырехосный полувагон с глухим кузовом модели 12-9828

Основная конструктивная особенность такого вагона: кузов выполнен без хребтовой балки в средней части с максимальным использованием межтележного пространства для размещения специальных ниш 27 для груза. В результате обеспечивается существенное увеличение объема кузова и, следовательно, грузоподъемности без увеличения длины вагона, что делает возможным выгрузку новых полувагонов на большинстве существующих вагоноопрокидывателей.

Отметим также, что поезд из вагонов с осевой нагрузкой 265 кН (27 тс) по сравнению с поездом из серийных полувагонов позволяет дополнительно перевезти 1836 т груза без увеличения длины станционных путей.

Техническая характеристика: $P = 83$ т; $T = 25$ т; $V = 98$ м³; $2L_{об} = 12,1$ м; $2L_p =$ м; $2l = 7,83$ м; $H_{max} = 3,95$ м; $p_o = 265$ кН (27 тс);

$q_n = 87,6$ кН/м (8,93 т/м); внутренние размеры кузова в районе верхней обвязки: длина 11,07 м, ширина 3,075 м; внутренняя длина ниши в межтележечном пространстве 4,5 м; габарит Тпр; конструкционная скорость 100 км/ч; модель тележки 18-9829.

Особенности конструкции:

- конструктивное исполнение рамы, обеспечивающее понижение пола в межтележечном пространстве;
- отсутствие хребтовой балки в средней части, позволяющее максимально использовать межтележечное пространство;
- наличие грузовой ниши в межтележечном пространстве вагона;
- гладкая обшивка боковых и торцевых стен;
- скругленная форма нижних частей боковых стен полувагона для улучшения разгрузки перевозимого насыпного груза;
- промежуточные стойки в концевой части боковой стены со скруглениями внизу, обеспечивающие усиленную их заделку к промежуточным балкам рамы;
- боковые стены на участках между стойками, усиленные горизонтальными балками, образующими горизонтальный пояс по всей длине;
- торцевая стена полувагона, усиленная четырьмя горизонтальными поясами и пятью полустойками;
- уменьшенная длина вагона, позволяющая увеличить погонную нагрузку;
- использование в качестве ходовой части трехэлементных тележек модели 18-9829, предназначенных для осевой нагрузки 265 кН (27 тс).

Кроме того, в вагоне применены поглощающие аппараты класса Т1, колесные пары оборудованы бескорпусными буксовыми узлами с двухрядными коническими подшипниками кассетного типа и использовано раздельное потележечное торможение.

Боковая стена (рисунок 1.92) образована верхней обвязкой 3, четырьмя промежуточными 1 и двумя средними 2 стойками большей высоты, семи продольных балок 12 между стойками, образующих продольный пояс на всей длине стены, и обшивкой 4, 10. Средние стойки 2 приварены к продольным боковым балкам 8 рамы напротив поперечных изогнутых балок 9 рамы.

Торцевая стена (см. рисунок 1.92) состоит из верхней обвязки 3, двух боковых стоек 17, трех средних 18 и двух промежуточных 19 полустоек, трех горизонтальных поясов 21, трех укороченных горизонтальных балок 22, образующих нижний горизонтальный пояс, и листов обшивки 16, 20.

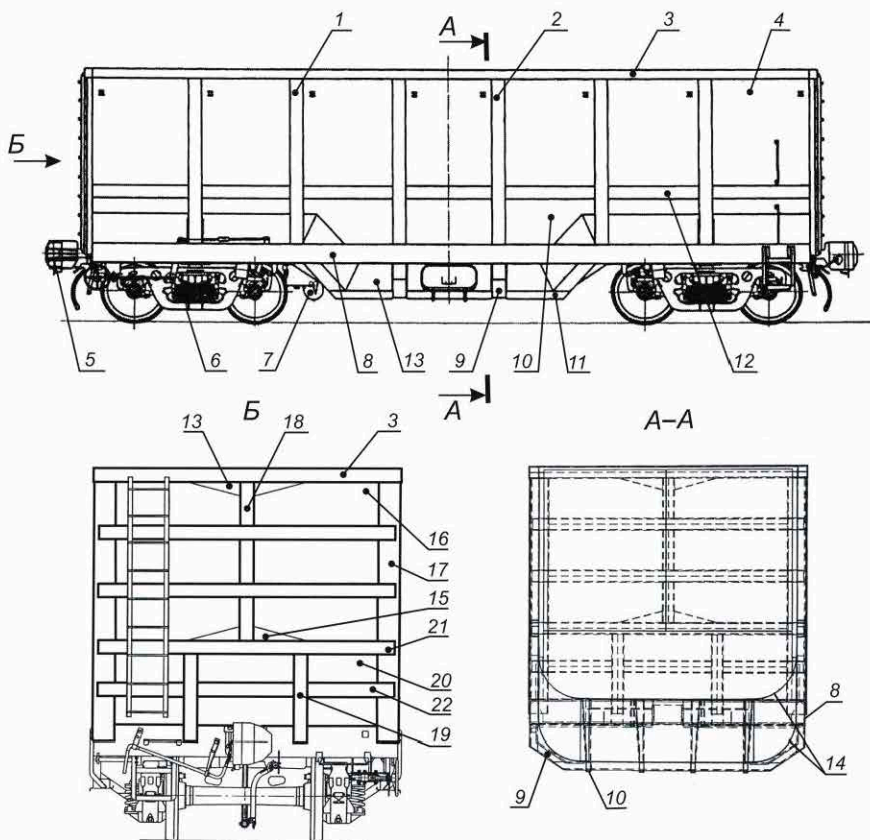


Рисунок 1.92 – Схема полувагона модели 12-9828:

- 1, 2 – промежуточная и средняя стойки; 3 – верхняя обвязка боковой и торцевой стен;
 4, 10 – обшивка боковой стены в концевой и средней частях; 5 – автосцепное устройство;
 6 – тележка; 7 – тормозное оборудование; 8 – боковая балка рамы; 9, 11 – поперечная и продольная изогнутые балки; 12 – продольная балка боковой стены; 13 – грузовая ниша;
 14 – контур нижней скругленной части кузова; 15 – косынка; 16, 20 – листы обшивки торцевой стены; 17 – боковая стойка торцевой стены; 18, 19 – полустойки торцевой стены;
 21 – горизонтальный пояс; 22 – горизонтальная балка

Горизонтальные пояса 19 торцевых стен образуют с продольными поясами боковых стен, выполненными из балок 12, замкнутый силовой пояс кузова.

Для исключения локальных узлов концентрации напряжений в углы соединения средней стойки 18 с профилем верхней обвязки 3 и с горизонтальным поясом 21 сварены косынки 15 П-образного сечения переменной высоты.

Рама с настилом пола (рисунок 1.93) состоит из двух продольных боковых 3, двух надтележных хребтовых балок 1, двух шкворневых балок 4, двух поперечных балок 5, а также продольных 6 и поперечных 7 изогнутых балок.

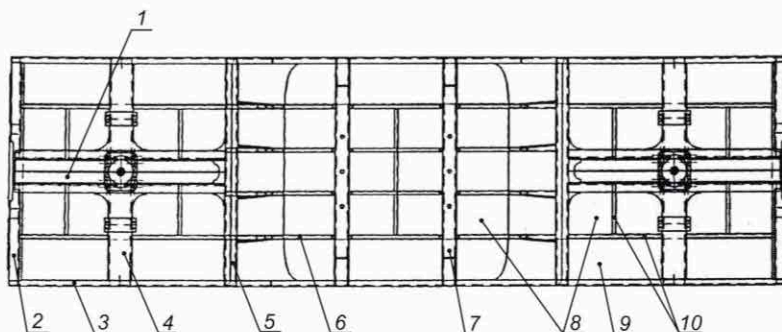


Рисунок 1.93 – Рамы кузова полувагона модели 12-9828 (вид снизу):
1 – надтележная хребтовая балка; 2 – концевая балка; 3 – боковая балка; 4 – шкворневая балка; 5 – поперечная балка; 6, 7 – продольная и поперечная изогнутые балки; 8, 9 – плоские и закругленные листы пола; 10 – вспомогательные профили, подкрепляющие места сварных соединений листов пола 8 и 9

Внутренние концы надтележных хребтовых балок 1 вварены в поперечные балки 5 коробчатого сечения. Поперечные балки 5 соединены между собой продольными балками 6, которые изогнуты по профилю понижения пола кузова в межтележном пространстве. В свою очередь продольные балки 6 вварены в поперечные балки 7, изогнутые по профилю нижнего проектного очертания, полученному вписыванием кузова вагона в заданный габарит и задающему понижение пола кузова в поперечном направлении.

Пол кузова выполнен из плоских листов 8 и закругленных листов 9 в нижней части боковых стен. Места сварных соединений листов пола 8 и 9 подкреплены вспомогательными профилями 10.

Универсальный четырехосный полувагон модели 12-9548-02. Это инновационный универсальный полувагон для тяжеловесного движения производства АО «Тихвинский вагоностроительный завод» (рисунок 1.94).

Техническая характеристика: $P = 82 \text{ т}$; $T = 25,5 \pm 0,5 \text{ т}$; $V = 103 \text{ м}^3$; $p_0 = 265 \text{ кН}$ (27 тс); габарит 1-ВМ; конструкционная скорость – 100 км/ч; модель тележки 18-6863.

При разработке вагона использовались сразу несколько технических решений, направленных на увеличение объема кузова: изогнутая форма торцевой стены и пониженный уровень хребтовой балки, достигнутый за счет

нового автосцепного устройства с автосцепкой СА-3Т с уменьшенными габаритами и размещения тормозного оборудования на тележках.



Рисунок 1.94 – Универсальный четырехосный полувагон модели 12-9548-02

Увеличенный до 103 м³ объем кузова обеспечивает повышение загрузки вагона до 82 т (на 12 т груза больше по сравнению с вагонами-аналогами).

За счет применения в конструкции вагона инновационной тележки модели 18-6863 межремонтный пробег полувагона увеличен до 800 тыс. км.

Серийное производство полувагонов модели 12-9548-02 начато в 2018 году.

Универсальный четырехосный полувагон модели 12-5206. Полувагон производства ОАО «НПК “Уралвагонзавод”», имеет грузоподъемность 82 т и объем кузова 103 м³. В качестве ходовой части используются тележки модели 18-5155 тип 4.

1.5.6 Четырехосный полувагон модели ВА2005 с глхим кузовом из алюминиевых сплавов

Основные преимущества применения алюминиевых сплавов:

- меньший удельный вес (в 3 раза) по сравнению со сталью;
- высокая коррозионная стойкость и технологичность.

Это позволяет снизить массу кузова на несколько тонн и повысить грузоподъемность без увеличения осевой нагрузки.

Несмотря на то, что *алюминиевые сплавы значительно дороже стали*, повышение грузоподъемности за счет снижения массы тары позволяет возвращать вложенные средства уже через 2–3 года эксплуатации.

Большой опыт создания конструкций с высокой весовой эффективностью, в которой полный комплекс нагрузок воспринимается всей конструкцией как единой системой, накоплен в авиастроении. Поэтому в 2004 году ОАО «РЖД» поручило ОАО «Воронежское авиастроительное объединение» («ВАСО») и ВНИИЖТу разработать полувагон с глухим кузовом из алюминиевых сплавов, который был бы конкурентоспособным на внутреннем рынке.

Техническая характеристика разработанного полувагона:

$T = 18$ т; $P = 82$ т; $V = 100$ м³; $k_t = 0,219$, габарит 1-Т, модель тележки – 18-194-1.

Общий вид полувагона показан на рисунках 1.95 и 1.96.

Особенности конструкции кузова (рисунки 1.95–1.97):

- стены, выполненные из полых панелей из алюминиевых сплавов;
- отсутствие стоек. Полые пресованные панели имеют внутренние ребра жесткости и замкнутый наружный контур. Вследствие чего они обладают высокой жесткостью (в продольном и поперечном направлениях) Это позволяет отказаться от стоек, являющихся традиционным элементом жесткости кузовов грузовых вагонов;
- отсутствие сквозной хребтовой балки;
- высокая весовая эффективность ($k_t = 0,219$), позволяющая снизить массу металлоконструкций кузова на 5–6 т и, следовательно, без увеличения осевой нагрузки повысить грузоподъемность грузового вагона на те же 5–6 т.



Рисунок 1.95 – Четырехосный полувагон с глухим кузовом из алюминиевых сплавов модели BA2005

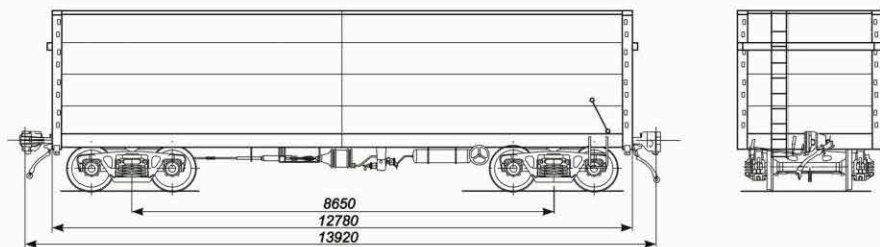


Рисунок 1.96 – Схема полувагона с глухим кузовом из алюминиевых сплавов модели BA2005

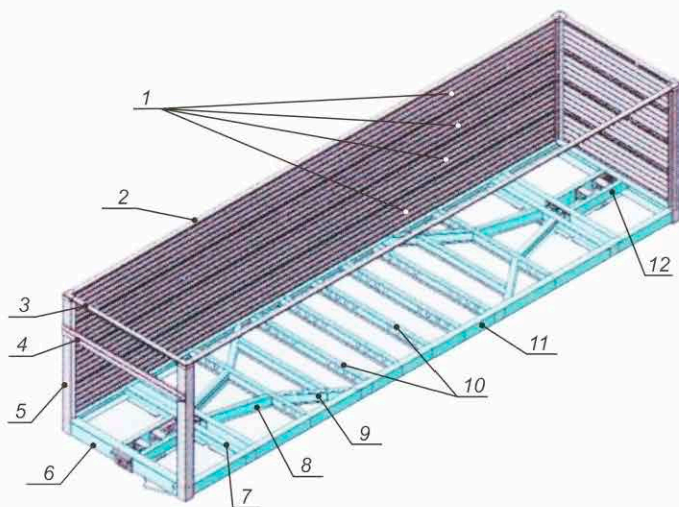


Рисунок 1.97 – Кузов четырехосного полувагона модели BA2005

Кузов цельнонесущий, состоит из стен и рамы с полом.

Основные элементы стен кузова: 1 – панели стен; 2, 3 – верхняя обвязка боковой и торцевой стен; 4 – горизонтальный пояс; 5 – угловая стойка.

Основные элементы рамы: 6 – концевая балка; 7 – шкворневая балка; 8, 9 – раскосы; 10 – промежуточные поперечные балки; 11 – боковая балка; 12 – хребтовая балка.

Стены выполнены из длинномерных (по длине кузова) крупногабаритных прессованных (экструдированных) панелей.

Панели полые двухслойные с гладкими внутренними и внешними поверхностями 1, подкрепленные внутренними ребрами жесткости 2 (рисунок 1.98).

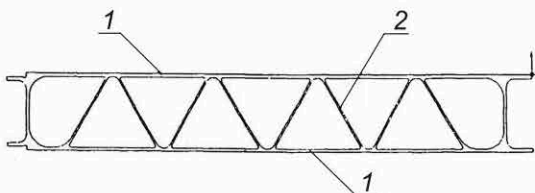


Рисунок 1.98 – Экструдированные панели из алюминиевого сплава для кузова полувагона модели ВА2005

Изготовлены панели из алюминиевого сплава 6005 (сплав системы Al–Mg–Si). Соединение панелей показано на рисунках 1.99 и 1.100.

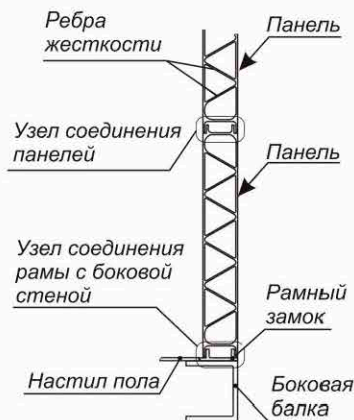


Рисунок 1.99 – Соединение панелей между собой и с боковой балкой рамы

Соединение панелей – комбинированное: панели состыкованы в замок и скреплены сварным швом.

Соединение панелей с боковой балкой рамы: установка стеновых панели на балки рамы производится при помощи рамного замка. При этом рамный замок и рама соединяются болтами, а соединение с панелями осуществляется сварным полуавтоматом.

Размеры панели: ширина 696 мм, толщина 100 мм, толщина стенки 4 мм, толщина ребер 2,8 мм.

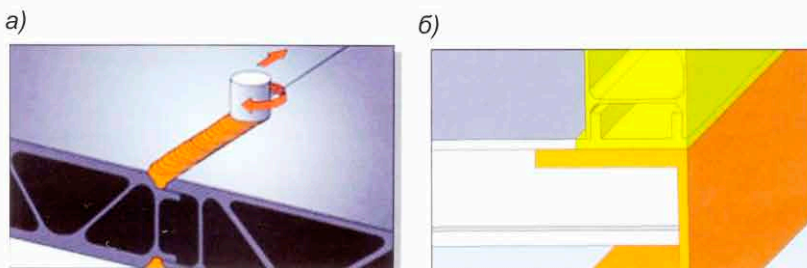


Рисунок 1.100 – Соединение панелей между собой и с боковой балкой рамы:
а – сварное соединение панелей; *б* – соединение панели с рамой

Производство полых панелей повышенной жесткости и прочности освоено на Каменск-Уральском металлургическом заводе.

Рама изготовлена из алюминиевого **сплава 1915Т1**, который обладает высокой прочностью, циклической выносливостью и свариваемостью.

Восприятие нагрузки кузовом:

– *продольные нагрузки*, действующие на вагон, воспринимаются консольной балкой, передаются через шкворневую балку и подкосы на всю конструкцию кузова, распределяясь между продольными элементами рамы, полом и стеновыми панелями;

– *вертикальные нагрузки* передаются через панели пола на поперечные и продольные балки. Возникающие при этом изгибающие моменты и перерезывающие силы воспринимаются продольными балками совместно с боковыми стенами. Жесткость боковых и торцовых стен полувагона обеспечивается их внутренней структурой.

Расчеты ВНИИЖТа показали, что конкурентоспособность полувагона с кузовом из алюминиевых сплавов может быть достигнута при грузоподъемности 82 т, массе тары 18 т (коэффициент тары 0,22) и первоначальной цене, не более чем на 30 % превышающей цену стального полувагона.

1.6 Крытые вагоны

Крытый вагон – грузовой вагон с крытым кузовом с распашными или сдвижными дверями и/или люками, предназначенный для перевозки штучных, тарно-штучных, пакетированных и насыпных грузов, техники, требующих защиты от атмосферных осадков и несанкционированного доступа к грузу (ГОСТ 34056–2017).

Отличительной особенностью крытых вагонов является наличие крыши.

Крытые вагоны разделяются на универсальные и специализированные.

Признаком универсальности является наличие задвижных боковых дверей, печных разделок в крыше и настенного несъемного внутреннего оборудования.

Универсальный крытый вагон – вагон, предназначенный для перевозки широкой номенклатуры штучных, тарно-штучных, пакетированных и навалочных грузов, требующих защиты от атмосферных осадков (ГОСТ 10935–2019).

Специализированный крытый вагон – вагон, предназначенный для перевозки одной или нескольких групп грузов, для которых установлены специальные требования к условиям перевозки, погрузки и выгрузки, и имеющий специальную конструкцию (ГОСТ 10935–2019).

Из универсальных вагонов наибольший удельный вес в вагонном парке составляют вагоны моделей 11-217, 11-260, 11-270 и 11-280. Универсальные крытые вагоны выпускаются в цельнометаллическом исполнении (с металлической обшивкой стен и крыши) с 1984 года.

Универсальные вагоны должны иметь две задвижные двери в боковых стенах, две печные разделки в крыше и несъемное оборудование внутри вагона для установки нар.

Задвижные двери используются для погрузки и разгрузки штучных, тарно-штучных и пакетированных грузов в вагон с боковых эстакад (рамп) автопогрузчиком. Двери должны иметь несъемные приспособления для облегчения их открывания и упоры амортизирующего типа, ограничивающие их перемещение при полном открывании. Печные разделки и несъемное оборудование необходимы при осуществлении людских перевозок – для пропуска труб вагонных печей и установки нар, дверных закладок, ружейных зубчаток.

Техническая характеристика универсальных крытых вагонов приведена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Техническая характеристика универсальных крытых вагонов

Показатель	Модель вагона			
	11-217	11-260	11-270	11-280
Грузоподъемность, т	68	67	68,5	68
Масса тары, т	24,7	26	24,5	26
Объем кузова, м ³	120	140	122	138
Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка, кН	228	228	228	230,5
База вагона, м	10,00	12,24	10,00	12,24

Окончание таблицы 1.5

Показатель	Модель вагона			
	11-217	11-260	11-270	11-280
Длина, м:				
– по осям сцепления автосцепок	14,73	16,97	14,73	1,697
– по концевым балкам рамы	13,87	15,75	13,87	15,75
– кузова внутри	13,844	16,08	13,844	15,724
Ширина, м:				
– максимальная	3,249	3,26	3,266	3,266
– кузова внутри	2,764	2,77	2,764	2,764
– дверного проема	3,794	3,973	3,802	3,802
Высота от уровня головок рельсов, м:				
– максимальная	4,692	4,60	4,688	4,693
– до уровня пола	1,286	1,285	1,286	1,286
Внутренняя высота кузова по осевому сечению, м	–	2,925	–	3,260
Коэффициент тары	0,35	0,388	0,357	0,38
Удельный объем, м ³ /т	1,77	2,09	1,78	2,03
Конструкционная скорость, км/ч	120	120	120	120
Габарит по ГОСТ 9239	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ

К специализированным вагонам относятся вагоны с особыми формами кузова (вагоны-хопперы), а также вагоны, имеющие специальное оборудование и устройства.

Это семейство крытых вагонов-хопперов для зерна, цемента, минеральных удобрений, технического углерода, гранулированной сажи и др.

Это вагоны для перевозки скота (двухъярусный и одноярусный), рулонной бумаги, легковых автомобилей, холоднокатаной стали и др.

В зависимости от длины вагона выделяют длиннобазные крытые вагоны.

Длиннобазный крытый вагон — вагон, длина которого по осям сцепления более 21 м (ГОСТ 10935–2019).

Для длиннобазных вагонов обязательным является применение системы раздельного торможения.

1.6.1 Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-217 с объемом кузова 120 м³

Универсальный крытый вагон модели 11-217 (рисунок 1.101) спроектирован по габариту 1-ВМ ГОСТ 9238 и предназначен для эксплуатации по железным дорогам СНГ колеи 1520 мм. Изготовитель – Алтайский вагоностроительный завод (ОАО «Алтайвагон») с 1976 года.

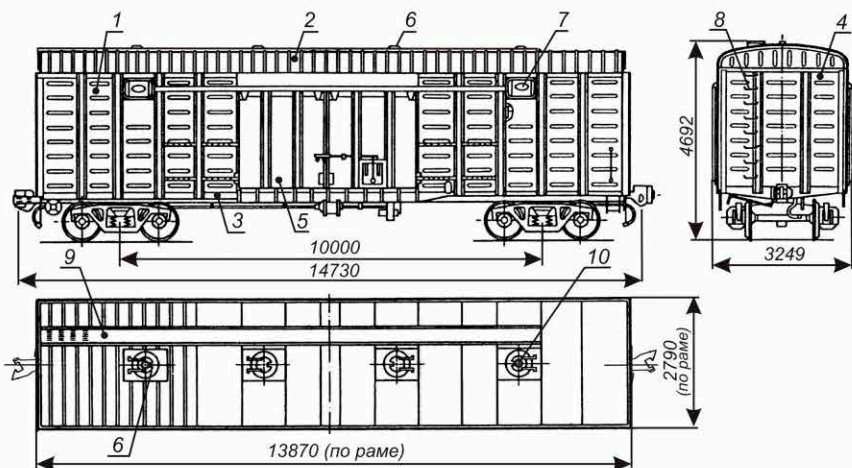


Рисунок 1.101 – Схема универсального крытого вагона модели 11-217

Техническая характеристика вагона приведена в таблице 1.5. Тип дверей – раздвижные, самоуплотняющиеся с верхним подвешиванием, количество загрузочных люков в крыше – 4, удельная материалоемкость (отношение массы тары к объему) – $0,206 \text{ т/м}^3$.

Кузов вагона имеет металлическую наружную обшивку и деревянную внутреннюю облицовку. Состоит (см. рисунок 1.101) из рамы 3 с деревянным настилом пола, двух боковых 1 и двух торцевых 4 стен, а также крыши 2.

Кузов оборудован с каждой стороны двухстворчатой дверью 5 раздвижного типа, загрузочными люками в крыше 6 и в боковых стенах 7.

Крайние верхние загрузочные люки снабжены печными разделками (разделки для установки труб печей отопления) 10 на случай установки печей отопления при перевозке людей в зимнее время.

Для доступа к загрузочным люкам и печным разделкам вагон оснащен лестницей 8 и трапом 9.

По концам кузовов оборудован подножками и поручнями составителя, размещенными с каждой стороны вагона.

Вагон загружают через двери 5 и люки в крыше 6 и боковых стенах 7. Дверной проем по сравнению с предшествующей моделью уширен, что обеспечивает ускорение погрузочно-разгрузочных работ и сокращение простоев вагона под грузовыми операциями.

Прочность настила пола кузова обеспечивает возможность работы автопогрузчиков с осевой нагрузкой до 43 кН.

Все несущие элементы рамы, стен и крыши изготовлены из низколегированной стали 09Г2Д, а обшивка стен и крыши – из низколегированной стали 10ХНДП.

Рама кузова (рисунок 1.102) состоит из хребтовой балки 2, двух боковых 3, двух концевых 1, двух шкворневых 4, двух основных 7 и семи промежуточных 5 поперечных балок, четырех раскосов 10, шести вспомогательных продольных балок 6 для поддержания пола, одной балки для крепления тормозного цилиндра и двух подножек.

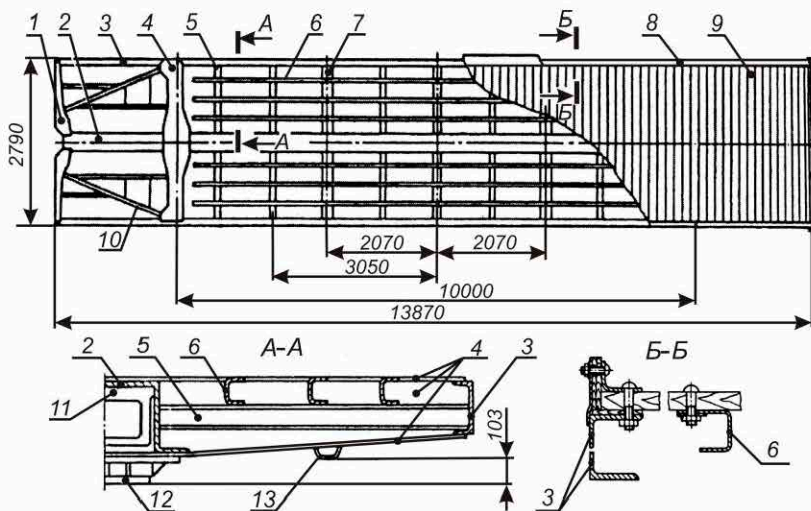


Рисунок 1.102 – Рама с полом универсального крытого вагона модели 11-217

Концевые, шкворневые и основные поперечные балки имеют переменную высоту по своей длине, что обеспечивает их равнопрочность и меньшую массу.

Хребтовая балка 2 сварена из двух Z-образных профилей № 31. В концевых ее частях установлены задние упоры автосцепки, объединенные с надпятниковой отливкой шкворневого узла, а также розетки, отлитые за одно целое с передними упорами автосцепки.

Боковые балки 3 выполнены из швеллеров № 20. В зоне дверного проема к боковым балкам приварены балки в виде Z-образных профилей, выполняющие роль порогов (нижних притворов) дверей. На концах боковых балок рамы приварены специальные скобы для передвижения вагонов лебедкой.

Концевые балки 1 сварные П-образного сечения и выполнены из листов толщиной 6 мм. В зоне постановки розетки балка имеет выштамповку глубиной 180 мм, позволившую заглубить розетку и уменьшить вылет автоцепки с 610 до 430 мм. Такое решение позволило увеличить внутреннюю длину и повысить объем кузова без увеличения длины вагона по осям сцепления автосцепок. На концевой балке установлены *рычаг расцепного привода* автосцепки, *скоба сигнального фонаря* и *поручень* для безопасной работы составителей поездов (на балке, не оборудованной приводом стояночного тормоза).

Шкворневые балки 4 сварные коробчатого сечения. Каждая из них состоит из двух вертикальных толщиной 6 мм, верхнего (8 мм) и нижнего (10 мм) горизонтальных листов. В местах пересечения шкворневых балок с хребтовой установлены стальные надпятниковые коробки 11, связывающие вертикальные стенки хребтовой балки, а также усиливающие пятниковый узел рамы. К нижним листам шкворневых балок приклепаны пятники 12 и скользуны 13.

Основные поперечные балки 7 сварные двутаврового сечения, выполненные из листов толщиной 6 мм.

Раскосы 10 рамы служат для передачи части продольных сил от концевой балки на боковые балки, выполнены из швеллера № 14.

Вспомогательные продольные балки 6 используются для поддержания и крепления настила пола, **поперечные промежуточные балки 5** – для поддержания вспомогательных продольных балок. Все эти балки изготовлены из гнутых швеллеров 100 × 80 × 5 мм.

Настил пола 9 (см. рисунок 1.102) деревянный, выполнен из досок толщиной 55 мм, соединенных в четверть. По периметру окантован *уголком 8* 60 × 40 × 4 мм, а в зоне дверного проема, где интенсивно работают автопогрузчики, усилен *металлическими листами* толщиной 4 мм, что предохраняет деревянные доски от повреждения при производстве погрузочно-разгрузочных работ. Крепление досок пола производится к боковым и продольным поддерживающим балкам рамы с помощью болтов.

Настил пола подкреплен шестью продольными поддерживающими балками, которые в свою очередь опираются на вспомогательные поперечные балки.

Боковая стена. Стена с внутренней обшивкой и дверью показана на рисунке 1.103. Она состоит из каркаса и обшивки – металлической наружной 11 и деревянной внутренней 10. Для загрузки и выгрузки вагона в средней части стены расположены самоуплотняющиеся двери 6 и 7 и два люка 4, снабженные вентиляционными решетками.

Обратите внимание – На рисунке 1.103 отсутствуют угловые стойки и нижняя обвязка. Угловые стойки отнесены к торцевым стенам, а нижней обвязкой боковой стены является боковая продольная балка рамы.

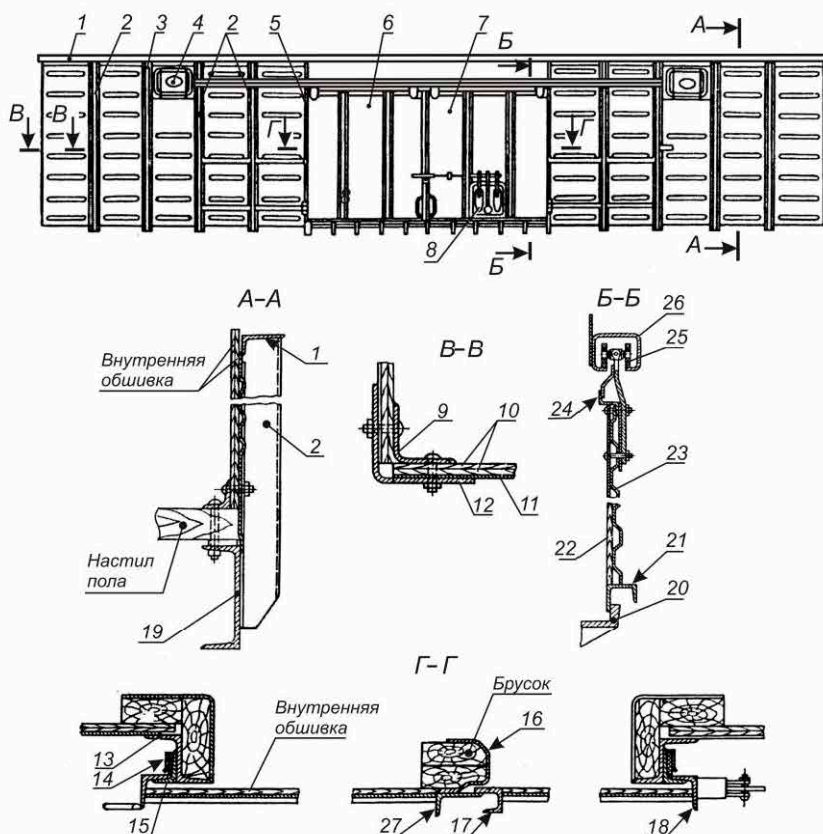


Рисунок 1.103 – Боковая стена с дверью крытого вагона модели 11-217

Каркас стены включает верхнюю обвязку 1, две шкворневые 3, шесть промежуточных 2 и две дверные 5 стойки. В верхней части стены расположен дверной рельс 26, дверной проем стены усилен верхним и нижним 20 поясами.

Верхняя обвязка 1 (разрез А-А) выполнена из горячекатаного уголка 100×63×6 мм. В зоне дверного проема верхняя обвязка усилена верхним (наддверным) поясом.

Верхний пояс дверного проема (наддверной пояс) – сварной замкнутого коробчатого сечения, образован верхней обвязкой стены совместно с уголком усиливающим, внутренним и наружным вертикальными листами.

Шкворневые и промежуточные стойки выполнены из гнутого омегаобразного профиля толщиной 6 мм, а **дверные стойки** (разрез Г-Г) – сварные

из Z-образного профиля *13* размером $100 \times 75 \times 6,5$ мм и притворного уголка *15* размером $75 \times 50 \times 6$ мм.

Дверной рельс 26 выполнен из гнутого С-образного профиля.

Нижний пояс дверного проема (кронштейн дверного порога) – балка Z-образного профиля. Выполняет функцию нижнего *притвора двери*.

К раме стена приварена через продольную боковую балку рамы *19*, а к торцовым стенам – через угловые стойки *12* (разрез *В–В*).

Обшивка боковой стены наружная и внутренняя. *Наружная обшивка 11* стен изготовлена из гофрированных листов толщиной 3 мм снизу и 2,5 мм сверху, а *внутренняя 10* – из влагостойкой фанеры марки ФСФ толщиной 10 мм. Внутренняя обшивка прикреплена к каркасу болтами и обрамлена в стыках уголком *9*.

Схема металлоконструкции боковой стены показана на рисунке 1.104.

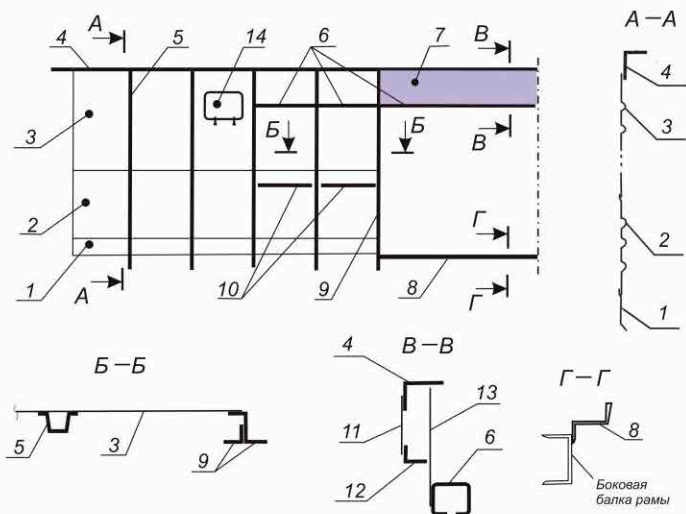


Рисунок 1.104 – Схема боковой стены:

1–3 – нижний, средний и верхний листы обшивки; *4* – верхняя обвязка; *5* – промежуточная стойка; *6* – дверной рельс; *7* – наддверной пояс; *8* – дверной кронштейн (нижний притвор двери); *9* – стойка дверного проема; *10* – уголок направляющий; *11, 13* – внутренний и наружный вертикальные листы наддверного пояса; *12* – усиливающий уголок; *14* – крышка люка с вентиляционной решеткой

Двери боковые (см. рисунок 1.103) двухстворчатые задвижной конструкции, самоуплотняющиеся, с верхним подвешиванием на роликах к дверному рельсу.

В каждом дверном проеме шириной 3825 мм обе створки двери 6 и 7 перемещаются вдоль боковой стены по дверному рельсу 26 на роликах 25, закрепленных в шариковых подшипниках на кронштейнах двери.

Для облегчения передвижения двери к боковой стойке каждой створки приварены скобы, а к каркасу боковой стены – металлические полосы с отверстиями. Эти приспособления при необходимости позволяют применять для перемещения двери ломик, который пропускают через скобу, вводят в одно из отверстий полосы и используют как рычаг.

Дверь имеет механизм запирания и позволяет перевозить зерно без специальных хлебных щитов.

На одной из створок двери в нижней части имеется *обезгуживающий люк*, закрываемый крышкой 8. Люк с крышкой предусмотрен для отсыпки сыпучего груза с целью освобождения двери от напора. Механизм открывания этого люка заблокирован с механизмом открывания и закрывания створок дверей и исключает его случайное открывание.

Каждая из створок дверей 6 и 7 состоит из каркаса, обшитого снаружи металлическими листами 23 толщиной 1,4 мм, а изнутри – фанерой 22 толщиной 8 мм.

Каркасы створок дверей состоят из верхней и нижней обвязок, двух боковых (задней и передней стыковочной) и двух промежуточных стоек.

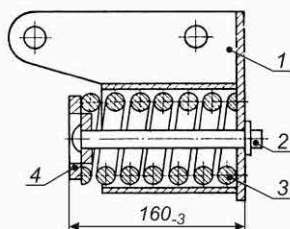
Верхние обвязки 24 створок выполнены из Z-образного профиля, *нижние 21* – П-образного, *промежуточные стойки* – омегаобразного профиля, *боковые задние стойки 18* – из уголков. *Боковая передняя (стыковочная) стойка на левой створке двери* сварная, из прокатного уголка 27 и специального гнутого профиля 16, в паз которого вводится деревянный брус для жесткости. *Боковая передняя (стыковочная) стойка на правой створке 17* выполнена из прокатного П-образного профиля.

При закрытии двери передняя стыковочная стойка правой створки входит в паз передней стыковочной стойки левой створки, образуя герметичное уплотнение.

Для защиты правой створки двери от повреждений при резком открывании на второй от дверного проема стойке кузова установлен *амортизатор* (рисунок 1.105), состоящий из корпуса 1, пружины 3, шайбы 4 и стержня 2.

Герметизация и самоуплотнение створок дверей (см. рисунок 1.103) по стойкам обеспечиваются давлением сыпучего груза и резиновыми элементами 14, а между собой в створе – особой конфигурацией левой 16 и правой 17 стыковочных стоек створок. Герметизация дверей снизу обеспечивается давлением груза и прижатием нижней обвязки 21 к порогу 20 дверного проема.

Рисунок 1.105 – Амортизатор двери крытого вагона модели 11-217



Крышки боковых люков с вентиляционной решеткой выполнены из штампованных стальных листов толщиной 2 мм и замков, обеспечивающих удержание крышек в закрытом положении. Замки открываются только изнутри вагона.

Торцевая стена (рисунок 1.106) изготовлена из каркаса и обшивки – наружной металлической 4, 9 и внутренней деревянной 5.

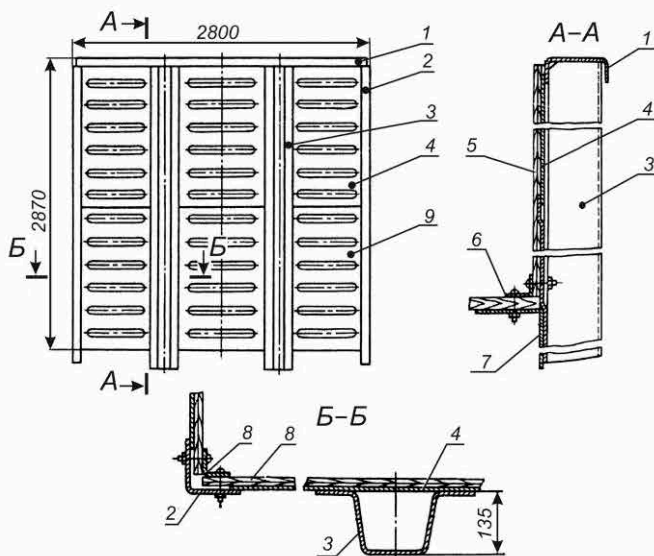


Рисунок 1.106 – Торцевая стена кузова универсального крытого вагона модели 11-217

Обшивка наружная металлическая выполнена из гофрированных листов толщиной 3 мм снизу и 2,5 мм сверху, а внутренняя 5 – из влагостойкой фанеры толщиной 10 мм. Внутренняя обшивка обрамлена по полу уголком 6, а по углам – уголками 8.

Каркас стены состоит из двух угловых 2 и двух промежуточных стоек 3, связанных верхней обвязкой 1. Угловые стойки 2 изготовлены из гнутого уголка $80 \times 80 \times 6$ мм, промежуточные стойки 3 – из омегаобразного элемента $230 \times 135 \times 6$ мм, а верхняя обвязка 1 – из специального профиля толщиной 6 мм. Нижней обвязкой стены служит концевая балка 7 рамы.

На торцевой стене имеется лестница для доступа к загрузочным люкам на крыше.

Крыша кузова (рисунок 1.107) цельносварная с четырьмя загрузочными люками 6 диаметром 400 мм и двумя типовыми печными разделками 4. Печные разделки предусмотрены для установки труб печей отопления на случай людских перевозок.

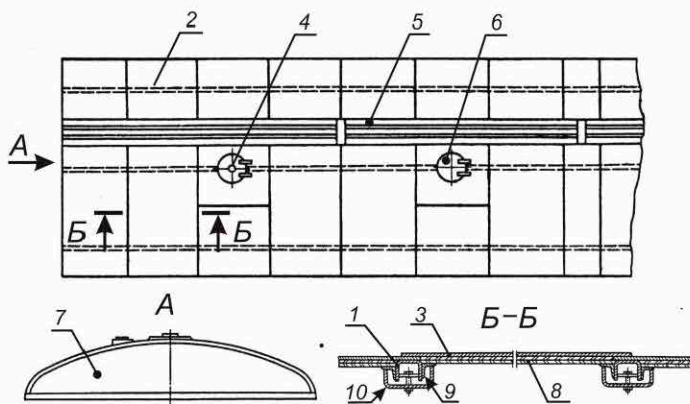


Рисунок 1.107 – Крыша кузова универсального крытого вагона модели 11-217

Крыша съемной конструкции и крепится к верхней обвязке стен с помощью заклепок диаметром 10 мм.

На крышу к загрузочным люкам 6 и печным разделкам 4 можно подняться по торцевой лестнице и трапу 5. Крыша имеет металлический каркас, обшитый снаружи гофрированными листами 3 толщиной 1,5 мм, и две фрамуги 7, с помощью которых крыша крепится к торцевым стенам. Фрамуги выполнены из металлических листов толщиной 2 мм с выштамповками для жесткости и древесноволокнистой подшивки.

Каркас крыши образован набором дуг 1, продольных подкрепляющих элементов 2, расположенных в средней части, и двух боковых продольных обвязок. Дуги 1 выполнены из гнутых швеллеров $60 \times 50 \times 3$ мм, средние продольные элементы 2 – из гнутого уголка $32 \times 32 \times 3$ мм, а боковые обвязки – из двух уголков $56 \times 56 \times 5$ мм.

Листы наружной обшивки приварены к дугам, продольным элементам и верхней обвязке боковых стен. Между собой листы крыши сварены внахлестку и для большей жесткости выполнены с поперечно расположенными гофрами высотой 22 мм. Изнутри крыша подшита влагостойкой фанерой 4 мм в два слоя, которая плотно прилегает к листам кровли снизу, образуя потолок. Фанера прикреплена к обшивке уголками 9 и скобами 10. Такое крепление подшивки практически исключает ее повреждение при погрузке и выгрузке вагона.

Крышки загрузочных люков 4 крыши (рисунок 1.108) двумя петлями 5 крепят к листу 6 и в закрытом положении фиксируют специальными замками 1, открывающимися изнутри вагона. Крышки 2 печных разделок, установленных на крышках люков 4, удерживаются в закрытом положении винтами 3.

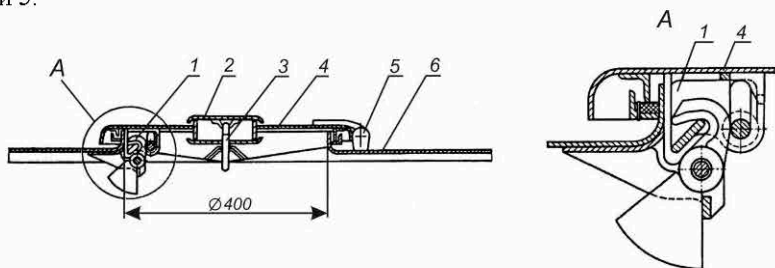


Рисунок 1.108 – Крышка люка крыши универсального крытого вагона модели 11-217

Конструктивные параметры крытого вагона не соответствуют структуре перевозимых грузов, что приводит к низкому использованию его грузоподъемности ($\lambda = 0,62$). Для более эффективного использования грузоподъемности необходимо создание крытых вагонов с увеличенным объемом кузова.

1.6.2 Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-260 с объемом кузова 140 м³

Техническая характеристика вагона приведена в таблице 1.5. Изготавливается Алтайским ВСЗ (ОАО «Алтайвагон») с 1984 года.

Универсальный крытый вагон модели 11-260 (рисунок 1.109) характеризуется увеличенным до 140 м³ объемом кузова. Увеличение объема кузова на 20 м³ позволило улучшить использование грузоподъемности вагона до 85 %. Ударно-тяговые устройства, тормозное оборудование и ходовые части типовые.

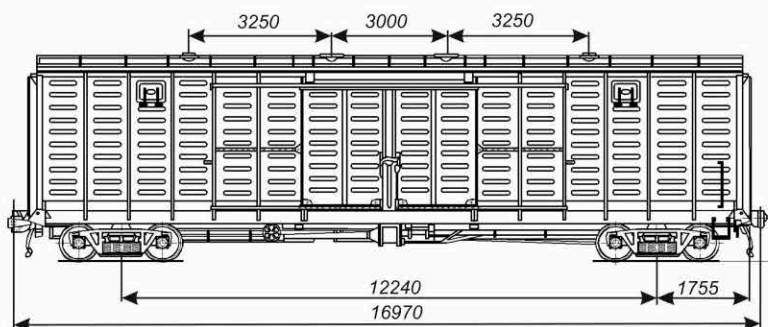


Рисунок 1.109 – Универсальный крытый четырехосный вагон модели 11-260

Конструктивные особенности вагона модели 11-260 по сравнению с моделью 11-217.

1 Увеличенный объем кузова за счет увеличения длины и высоты. При этом кузов спроектирован в том же габарите.

2 Увеличенные размеры дверного проема (ширина \times высота) $3,973 \times 2,717$ мм ($3,797 \times 2,349$ у модели 11-217). За счет более развитого дверного проема вагон лучше приспособлен к погрузочно-разгрузочным работам.

3 Впервые применено нижнее подвешивание двери на роликах к дверному рельсу, что позволило улучшить открытие дверей и повысить надежность их работы.

4 Внутренняя обшивка стен и крыши с целью повышения надежности заменена полимерным напылением $\delta = 5$ мм. Для удобства напыления дуги крыши расположены с наружной стороны.

5 Обшивка боковой стены с целью более рационального распределения металла выполнена из трех листов: нижнего $\delta = 5$ мм, среднего $\delta = 3$ мм, верхнего $\delta = 2,5$ мм и подкреплена П-образными (а не омегаобразными) стойками.

6 Рама имеет усиленную консольную часть и две дополнительные основные поперечные балки. Раскосы отсутствуют, а дополнительные продольные балки выполнены в виде двутавра № 10.

Рама кузова. Вследствие увеличения длины вагона в конструкции рамы (рисунок 1.110) произошли изменения. Увеличено число основных поперечных балок 6 (четыре вместо двух), консольные части рамы усилены за счет введения в каждой из них вместо раскосов по шесть продольных балок 2 из двутавра № 20. Концевые балки 1 выполнены без углублений под розетку автосцепки и на лобовом листе имеют посадочные места для постановки буферных комплектов, предусмотренных с целью необходимости

соединения вагона с подвижным составом европейских железных дорог, оборудованных винтовой стяжкой.

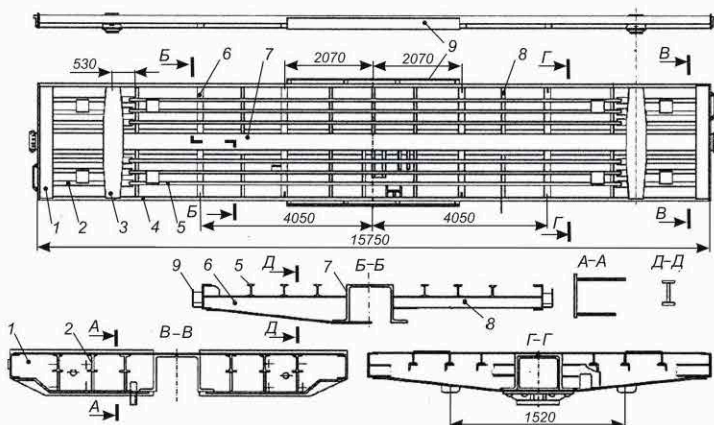


Рисунок 1.110 – Рама универсального крытого вагона модели 11-260:

1 – концевая балка; 2 – вспомогательная продольная балка; 3 – шкворневая балка; 4 – боковая балка; 5 – вспомогательная продольная балка; 6, 8 – основная и вспомогательная поперечные балки; 7 – хребтовая балка; 9 – балка для поддержания дверного кронштейна боковой стены

Для поддержания настила пола используются вспомогательные продольные 2, 5 и вспомогательные поперечные 8 балки. Вспомогательные продольные 5 и поперечные 8 балки выполнены из двутавра № 10, боковые балки 4 – из швеллера № 20, хребтовая балка 7 – из двух зетов № 31. Основная поперечная балка 6 сварная двутаврового сечения.

Настил пола деревянный. В зоне дверного проема усилен стальными листами толщиной 4 мм. На участках между шкворневыми балками и зоной дверного проема усилен двумя стальными полосами листов по ширине колес автопогрузчика. Крепление стальных листов к деревянному настилу осуществляется болтами.

Боковые стены. Боковая стена (рисунок 1.111) состоит из левой и правой частей, соединенных сверху наддверным поясом 4, внизу – кронштейном двери 15, образуя дверной проем. По сравнению с моделью 11-217 длина стены увеличена на 2 пролета.

Каждый полустенок представляет собой каркас, обшитый гофрированными листами.

Каркас образован верхней обвязкой 1 из гнутого уголка, пятью промежуточными стойками 3 – из П-образного гнутого профиля и стойкой 10 дверного проема, которая сварена из двух профилей – Z-образного и уголкового, служащего боковым притвором двери.

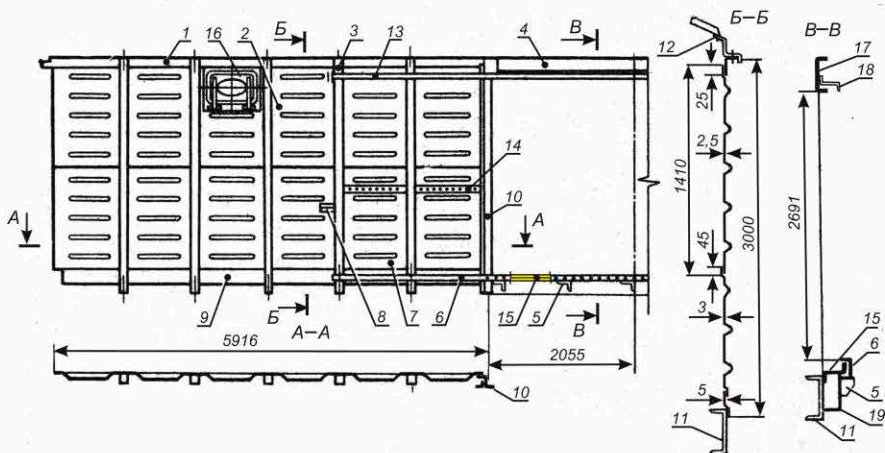


Рисунок 1.111 – Боковая стена универсального крытого вагона модели 11-260

Металлическая обшивка боковой стены выполнена из трех поясов: нижнего 9 – из гладкого листа толщиной 5 мм, среднего 7 и верхнего 2 – из гофрированных листов с периодически повторяющимися (между стойками) гофрами толщиной 3 и 2,5 мм.

Кронштейн двери (дверной порог) 15 изготовлен из прокатного Z-образного профиля и служит нижним притвором двери. Он поддерживается балкой 19. Кронштейн 15 и поддерживающая балка 19 сварены в единое целое с боковой балкой рамы 11.

Наддверной пояс выполнен из сваренных между собой гнутого С-образного 17 и прокатного Z-образного 18 профилей. Последний выполняет роль верхнего кронштейна двери, служащего верхним притвором двери.

Дверной рельс 6 изготовлен из Г-образного профиля с отверстиями в вертикальной полке. В дверном проеме рельс приварен к дверному порогу 15 и укреплен кронштейнами 5 уголкового профиля, за пределами дверного проема рельс крепится к промежуточным стойкам через опорные кронштейны.

Боковая стена имеет два люка 16 с вентиляционными решетками, а также направляющие уголки 14 и направляющие швеллеры 13.

В отличие от модели 11-217 на боковых стенах установлены амортизаторы 8 с каждой стороны от дверного проема для смягчения ударов при открывании створок дверей.

В нижней части боковая стена соединена с боковой продольной балкой 11 рамы, в верхней части – с продольной обвязкой крыши 12.

Внутренняя поверхность боковых стен напылена полимерным материалом.

На рисунке 1.112 показана схема боковой стены с основными сечениями, поясняющими конструкцию стены.

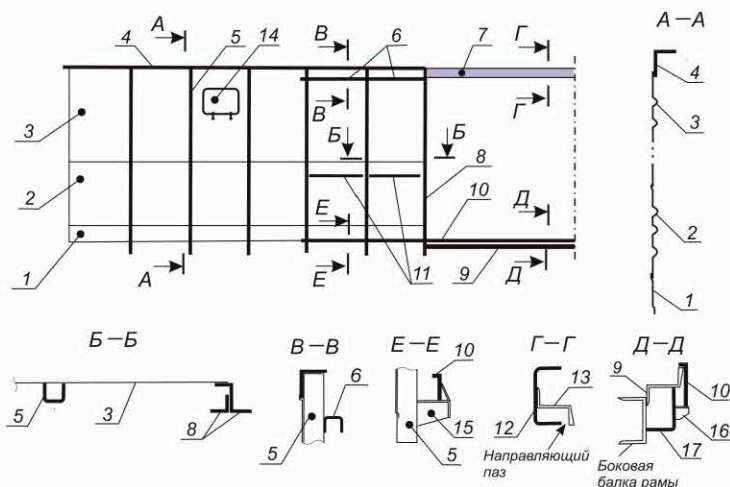


Рисунок 1.112 – Схема боковой стены:

1–3 – нижний, средний и верхний листы обшивки; 4 – верхняя обвязка; 5 – промежуточная стойка; 6 – направляющий швеллер (верхний дверной рельс); 7 – наддверной пояс; 8 – стойка дверного проема; 9 – дверной кронштейн (нижний притвор двери); 10 – дверной рельс; 11 – направляющий уголок; 12 – обвязка наддверного пояса; 13 – верхний кронштейн двери (верхний притвор двери); 14 – крышка люка с вентиляционной решеткой; 15, 16 – опорные кронштейны; 17 – поддерживающая балка

Двери двухстворчатые, задвижной конструкции, не самоуплотняющиеся. Имеют нижнее подвешивание и оборудованы несъемным приспособлением для облегчения их открывания. Обе створки оборудованы устройством для фиксации их в полностью открытом положении. Кроме того, левая створка фиксируется в закрытом положении, а правая – в двух промежуточных. Правая створка оборудована рычагом для открывания ее изнутри вагона. Двери должны открываться и закрываться усилием одного человека. Допускается применение для этих целей монтажного ломика с использованием специальных упоров и скоб на дверях и перфорированных направляющих элементов на боковых дверях.

Каждая створка состоит из каркаса, обшитого снаружи стальными листами.

Каркас каждой створки (рисунок 1.113) образован верхней 13 и нижней 11 обвязками, двумя боковыми (задней 17 и передней (стыковочной) 19 или 20 стойками) и двумя промежуточными 18 стойками. Положение передних

состыкованных стоек обеих створок двери в закрытом положении двери показано на сечении Д-Д.

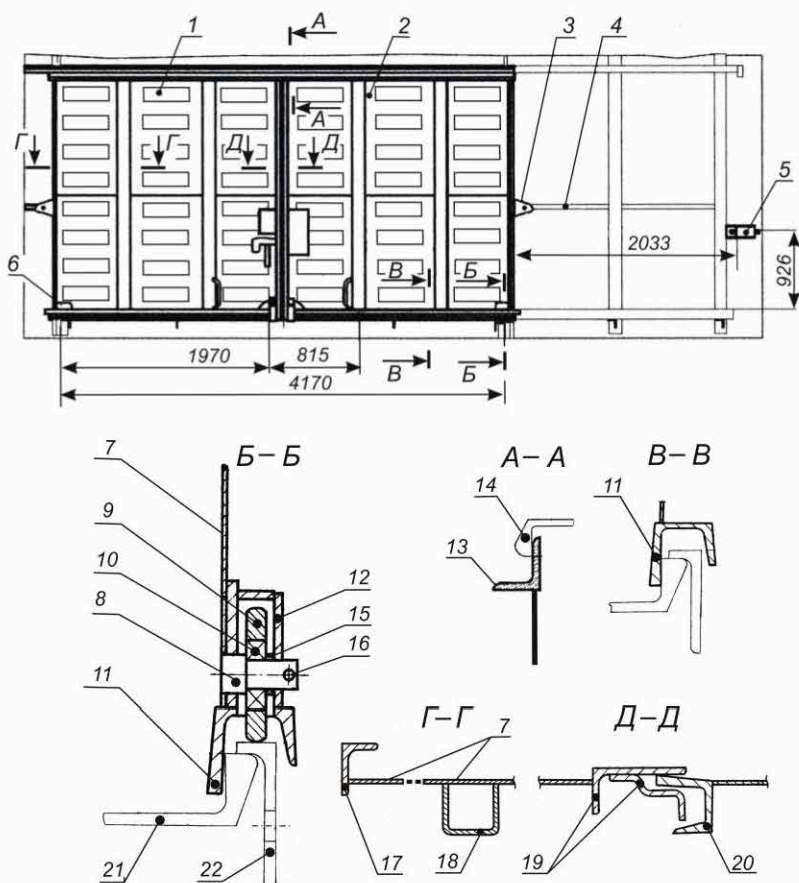


Рисунок 1.113 – Дверь кузова крытого вагона модели 11-260:

1, 2 – створки двери; 3 – кронштейн; 4 – направляющий уголок боковой стены; 5 – амортизатор; 6 – роликовая опора; 7 – обшивка двери; 8 – ось; 9 – ролик; 10 – шарикоподшипник; 11, 13 – нижняя и верхняя обвязки; 12 – корпус; 14 – верхний дверной кронштейн (верхний притвор двери); 15 – кольцо; 16 – шплинт; 17, 18 – боковая задняя и промежуточная стойки; 19, 20 – боковые передние (стыковочные) стойки левой и правой створок двери; 21 – дверной кронштейн (нижний притвор двери); 22 – дверной рельс

Двери оборудованы: роликовыми опорами; запорным устройством створок двери; устройствами фиксации створок; несъемным приспособлением для облегчения их открывания.

Перемещение створок двери вдоль боковых стен осуществляется по рельсу 22 на двух специальных роликовых опорах 6, которые крепятся к створке двери.

Роликовая опора (роликовый опорный узел) представляет собой ролик с державкой (сечение Б-Б). Ролик 9 узла снабжен шарикоподшипником 10 закрытого типа. Подшипник насажен на неподвижную ось 8, закрепленную в корпусе 12. На оси 8 между подшипником 10 и корпусом 12 установлено дистанционное кольцо 15. Ось имеет отверстие для шплинта 16.

Направление движения и фиксация верхней части створки двери в вертикальном положении обеспечиваются (см. рисунок 1.112) пазом направляющего швеллера 6 и пазом наддверного пояса (сечение Г-Г), в последний заходит вертикальная полка уголкового профиля верхней обвязки створки.

Для обеспечения передвижения створок при заедании к их боковым задним стойкам 17 приварены кронштейны 3 с двумя отверстиями, а к боковой стене – направляющие уголки 4, имеющие также отверстия, и используемые в качестве опор монтажного ломика.

Дверной рельс 22 опирается на дверной кронштейн 21. Исключение возможности схода роликов 9 с рельса 22, и уплотнение низа двери обеспечиваются прижатием нижней обвязки 11 створки к дверному кронштейну 21 давлением сыпучего груза на панель 7, а также упором 5. Дверной кронштейн 21 одновременно удерживает дверь от падения.

Запорное устройство створок двери и устройства фиксации створок рассмотрены в п. 1.6.3.

Торцевые стены. Торцевая стена (рисунок 1.114) состоит из каркаса с наружной обшивкой.

Каркас стены включает верхнюю 3 и нижнюю 7 обвязки, две угловые 5 и две промежуточные 4 стойки.

Верхняя обвязка 3 каркаса стены выполнена из специального гнутого профиля, к которой заклепками 8 прикреплена нижняя обвязка 2 фрамуги 1 крыши. Промежуточные стойки 4 стены изготовлены из гнутых П-образных профилей или двутавра № 20 и в нижней части связаны с концевой балкой 9 рамы с помощью сварки и накладок 6. Нижняя обвязка 7 торцевой стены выполнена из гнутого Z-образного профиля и снизу соединена сваркой с концевой балкой 9 рамы. Угловые стойки 5 имеют уголкового профиля и являются общими для боковых и торцевых стен.

Внутренняя поверхность торцевых стен напылена полимерным материалом.

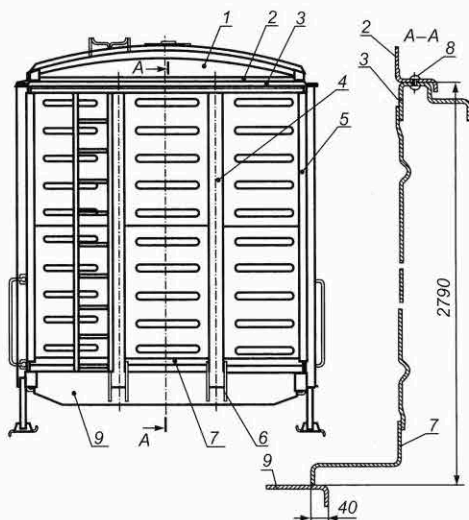


Рисунок 1.114 – Торцевая стена универсального крытого вагона модели 11-260

Крыша. Крыша (рисунок 1.115) кузова цельнометаллическая, сварной конструкции с четырьмя загрузочными люками 5 и двумя печными разделками 4, расположенными в двух крайних крышках загрузочных люков. Для их обслуживания крыша оборудована трапом 7.

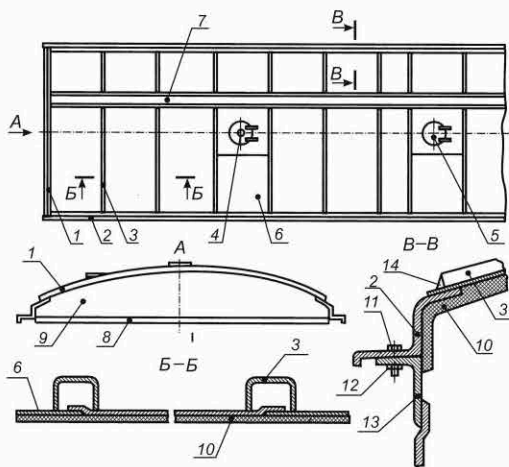


Рисунок 1.115 – Крыша универсального крытого вагона модели 11-260

Крыша выполнена съемной конструкции в виде открытой подкрепленной оболочки толщиной 1,5 мм и двух фрамуг, закрывающих торцы крыши.

Фрамуга (вид А) образована поперечной обвязкой 8 и вертикальным гофрированным листом 9, верхняя часть которого повторяет конфигурацию поперечного очертания крыши.

Подкрепляющий каркас включает продольные боковые обвязки 2, концевые 1 и промежуточные 3 дуги.

Продольные боковые 2 и поперечные 8 обвязки крыши изготовлены из специальных гнутых профилей, концевые дуги 1 – из уголкового профиля, промежуточные дуги 3 – из П-образных профилей. Торцы промежуточных дуг имеют заделки 14.

К верхним обвязкам 13 боковых стен крыша прикреплена болтами 11 и гайками 12 или заклепками.

Для обеспечения необходимого качества напыления полимерного материала 10 и упрощения технологии изготовления дуги 3 расположены на наружной стороне обшивки 6 крыши.

Съемная конструкция крыши облегчает ее замену при заводском ремонте вагона, поэтому ее соединение с верхними обвязками стен кузова осуществляется с помощью болтов.

1.6.3 Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-280 с объемом кузова 138 м³

Крытый универсальный вагон модели 11-280 (рисунок 1.116) выпускается в ОАО «Алтайвагон» с 1991 года. В качестве ходовой части используются типовые тележки модели 18-100. Предназначен для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс) и конструкционной скорости 120 км/ч.

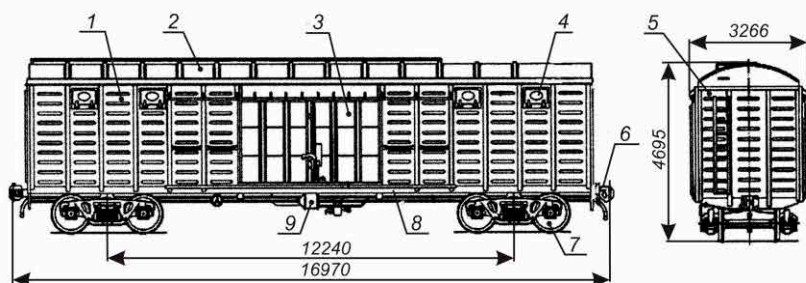


Рисунок 1.116 – Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-280:
1, 5 – боковая и торцевая стены; 2 – крыша; 3 – дверь; 4 – загрузочный люк; 6 – автосцепное устройство; 7 – тележка; 8 – рама; 9 – автоматический тормоз

Техническая характеристика вагона приведена в таблице 1.5. Размеры в свету дверного проема (ширина × высота) – 3802 × 2334 мм; загрузочного люка боковой стены – 614 × 365 мм. Удельная материалоемкость (отношение массы тары к объему) 0,188 т/м³.

Тип дверей – раздвижные, несамонуплотняющиеся с нижним подвешиванием.

Показатели надежности: назначенный срок службы – 32 года; назначенные сроки службы до первого деповского ремонта – 3 года; до первого капитального ремонта – 13 лет; назначенные пробеги от постройки до первого деповского ремонта – 210 тыс. км, но не более 3 лет; между деповскими ремонтами – 100 тыс. км, но не более 2 лет.

Кузов цельнометаллический, сварной конструкции с несущей обшивкой из листов с периодическими гофрами, подкрепленной набором элементов жесткости.

Вагон оборудуется подножками и поручнями для составителей поездов, уступающими подножками в зоне дверного проема для подъема в вагон, лестницей на торцевой стене для подъема на крышу и трапами на крыше, скобами сигнальных фонарей, устройствами для закрепления груза, а также внутренним спецоборудованием, обеспечивающим применение съемного типового оборудования для людских перевозок.

Материалы. Основные несущие элементы кузова, кроме хребтовой балки, изготовлены из низколегированной стали 09Г2Д, 09Г2С не ниже 13-й категории (шкворневая балка – не ниже 14-й категории) и класса прочности не ниже 345-го по ГОСТ 19281.

Хребтовая балка изготовлена из низколегированной стали 10Г2БД-14 или 12Г2ФД-14 класса прочности не ниже 375-го по ГОСТ 5267.3.

Гофрированные листы обшивки стен и крыши выполнены из низколегированной стали 10ХНДП по ГОСТ 19281. Допускается для верхнего пояса обшивки применение стали 09Г2Д категории не ниже 13-й по ГОСТ 19281.

Рама имеет хребтовую балку из усиленных зетовых профилей, шесть цельных (неразрезных) продольных балок, поддерживающих деревянный настил пола в базовой зоне вагона, и поперечные балки.

Хребтовая балка оборудована задними упорами, объединенными с надпятниковой коробкой.

Продольные неразрезные балки для опоры пола (на длине между шкворневыми балками) выполнены из горячекатаного швеллера № 10 по ГОСТ 8240.

Рама оборудована штампованными пятниками и скользунами.

Все несущие элементы рамы выполнены из стали 09Г2Д или 09Г2С.

Боковая стена представляет собой каркас, выполненный из вертикальных стоек и верхней обвязки, обшитый гофрированными листами.

Боковая стена имеет уширенный дверной проем размером 3802×2334 мм и два люка для вентиляции вагона и загрузки отдельных грузов. Люки снабжены металлическими вентиляционными решетками с крышками и запорными устройствами, исключающими возможность открытия люка или вентиляционной решетки снаружи вагона.

Обшивка боковой стены выполнена из листов с периодически повторяющимися (между стойками) гофрами и в виде двух поясов по высоте.

При этом лист нижнего пояса толщиной 3 мм из стали 10ХНДП, а верхнего пояса – толщиной 2,5 мм из стали 09Г2Д или 09Г2С. Стойки боковой стены изготовлены из гнутого швеллера $110 \times 75 \times 5$ мм.

Торцевая стена состоит из каркаса, включающего вертикальные и горизонтальные элементы жесткости, обшитого гофрированными листами.

Промежуточные стойки стены выполнены из двутавра № 20, а угловые стойки – из горячекатаного уголка $80 \times 80 \times 7$ мм.

Обшивка стены гофрированная, выполнена по аналогии с боковой стеной из двух поясов: нижнего толщиной 3 мм, верхнего – 2,5 мм.

Крыша цельнометаллическая сварной конструкции из гофрированных листов толщиной 1,5 мм, подкрепленных по периметру обвязками и поперечными наружными дугами. Выполнена съемной конструкции для облегчения ее ремонта, поэтому соединение ее с верхними обвязками стен осуществляется с помощью болтов.

Загрузочные люки в крыше отсутствуют. Крыша оборудована двумя печными разделками и помостами для перемещения по крыше для их обслуживания. Печные разделки предназначены для пропуска дымовой трубы при установке в вагоне печи при людских перевозках.

Внутренняя обшивка. Боковые, торцевые стены и двери изнутри вагона обшиты водостойкой фанерой толщиной 9 мм марки ФСФ, подшива крыши выполнена вплотную к металлическому листу из древесно-волокнутой плиты марки Т-С толщиной 3,2 мм в два слоя.

Настил пола выполнен из досок хвойных пород толщиной 55 мм, соединенных в четверть. В зоне дверного проема пол защищен сплошным рифленным металлическим листом толщиной 4 мм. В концевых частях от дверного проема до шкворневой балки рамы пол армирован рифлеными полосами под колесо погрузчика.

В углах сопряжения пола с боковыми стенами установлены армировочные уголки, через которые доски пола крепятся к боковым обвязкам рамы.

Внутреннее оборудование. Внутри вагона имеется несъемное настенное оборудование в виде трех ярусов опорных балок из гнутого профиля, закрепленных болтами на боковых стенах, для укладки досок настила нар в случае людских перевозок.

Опорные балки закреплены на боковых стенах на всей длине от дверного проема до угловых стоек кузова. На них предусмотрены отверстия для

крепления типовых увязочных средств (лент, проволоки, канатов и т. п.), закрепляющих при необходимости груз.

Устройство и работа дверей. Двери вагона (рисунок 1.117) цельнометаллические, двухстворчатые задвижной конструкции, имеют нижнее подвешивание, не самоуплотняющиеся.

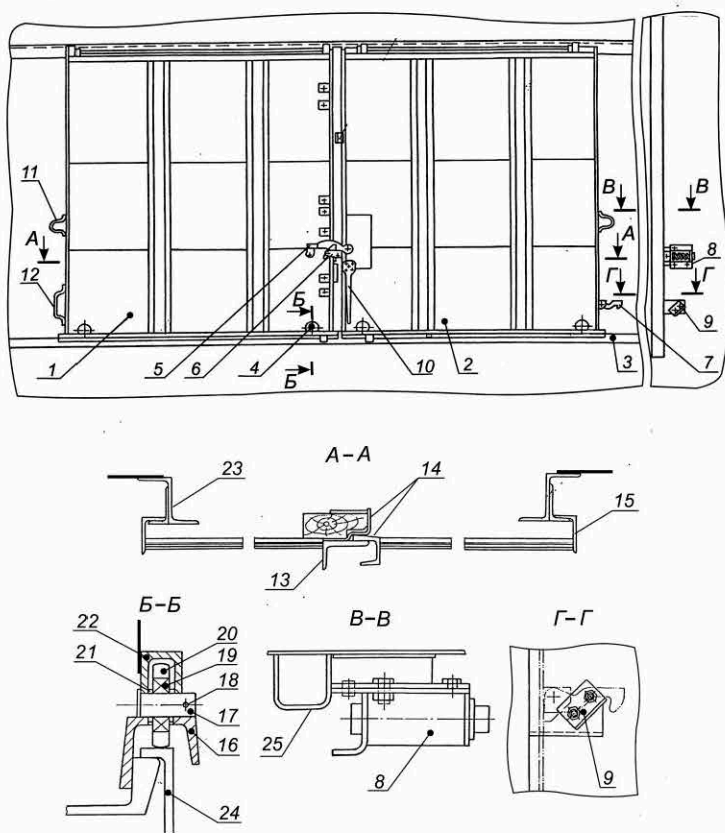


Рисунок 1.117 – Дверь крытого вагона модели 11-280:

- 1, 2 – левая и правая створки двери; 3 – рельс; 4 – роликовый опорный узел; 5 – закидка;
 6 – пробой; 7 – кронштейн; 8 – амортизирующий упор; 9 – фиксирующее устройство; 10 – рычаг;
 11 – скоба; 12 – поручень для открытия и закрытия двери; 13, 14 – стыковочные боковые стойки
 левой и правой створок двери; 15 – крайняя боковая стойка; 16 – нижняя обвязка;
 17 – ось; 18 – шплинт; 19 – шарикоподшипник; 20 – ролик; 21 – кольцо; 22 – корпус;
 23, 25 – дверная и промежуточная стойки боковой стены; 24 – дверной рельс

Каждая дверь состоит из левой 1 и правой 2 цельнометаллических створок, продольно перемещающихся по рельсу 3 на роликах 20 с шарикоподшипниками 19 опорных узлов 4.

Для ограничения перемещения правой створки на боковой стене установлен упор амортизирующий 8. Правая створка фиксируется в полностью открытом положении с помощью фиксирующего устройства 9.

Запорное устройство створок двери (рисунок 1.118) состоит из закидки 1, шарнирно-закрепленной на правой створке, и пробоя 4, жестко закрепленного на стыковочной стойке левой створки двери. Закидка фиксируется в пробое сектором 2.

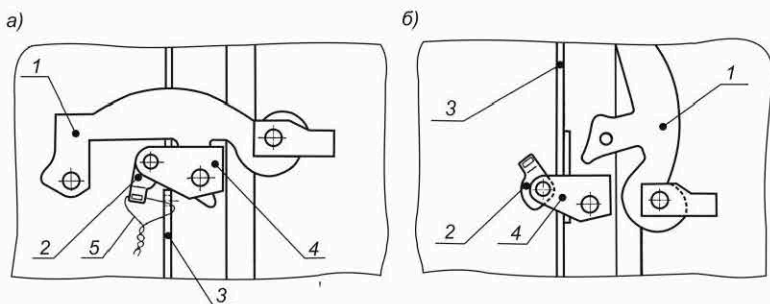


Рисунок 1.118 – Запорное устройство дверей в закрытом (а) и открытом (б) положениях закидки

Роликовый опорный узел двери с разнесенными элементами показан на рисунке 1.119.

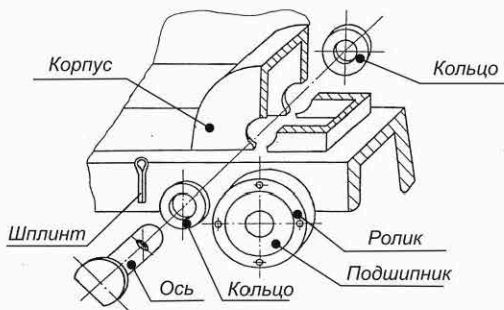


Рисунок 1.119 – Роликовый опорный узел с разнесенными элементами

По конструкции опорный узел подобен соответствующему узлу крытого вагона модели 11-260.

Для закрепления левой створки двери в закрытом положении внутри вагона имеется фиксатор 1 (рисунок 1.120), для закрепления правой створки в промежуточных положениях внутри вагона – фиксатор 1 (рисунок 1.121).

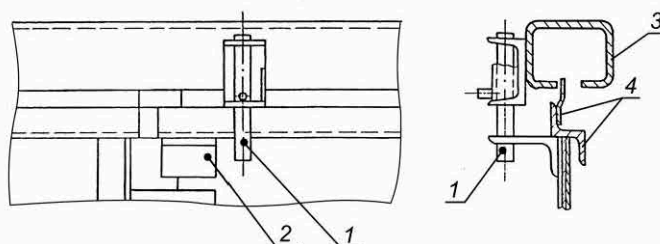


Рисунок 1.120 – Фиксирование левой створки двери вагона модели 11-280 в закрытом положении:

1 – фиксатор; 2 – кронштейн створки двери; 3 – дверной рельс наддверного пояса; 4 – верхняя обвязка двери

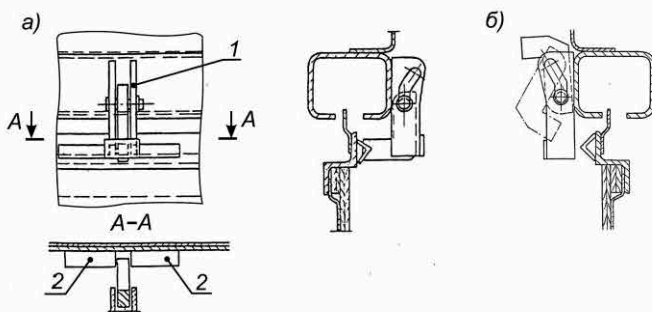


Рисунок 1.121 – К работе фиксатора правой створки двери:

а – фиксирование правой створки в промежуточном положении; б – нерабочее положение фиксатора;

1 – фиксатор; 2 – фиксирующий уголок; 3 – верхняя обвязка двери; 4 – дверной рельс наддверного пояса

Двери вагона должны открываться и закрываться усилием одного человека на всей длине их перемещения. Допускается применение для открывания и закрывания дверей монтажного ломика с использованием для этих целей специальных упоров и скоб на дверях и перфорированных направляющих элементов на кузове.

Порядок открытия двери следующий.

1 Повернуть по часовой стрелке сначала сектор 2, затем закидку 1 (см. рисунок 1.118).

2 Вывести створки двери из притвора используя рычаг 1 и серьгу 2 (рисунок 1.122).

3 Открыть первой правую створку двери до упора 8 и защелкивания фиксатора 9 (см. рисунок 1.117). При необходимости открытия левой створки вывести фиксатор 1 из зацепления с кронштейном створки 2 (см. рисунок 1.120) и откатить створку до упора.

4 В случае затрудненного перемещения створок дверей открытие и закрытие створок производится с помощью ломака (рисунок 1.123).

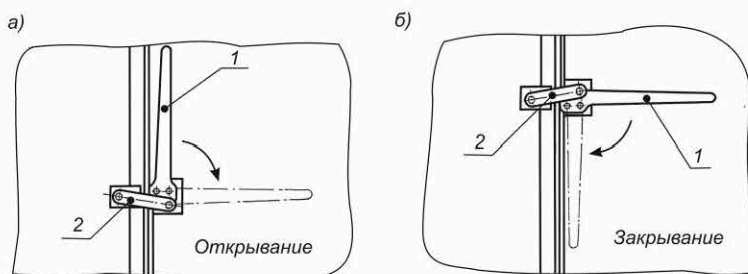


Рисунок 1.122 – Устройство для открывания дверей вагона:

а – открывание; б – закрывание;

1 – рычаг; 2 – серьга

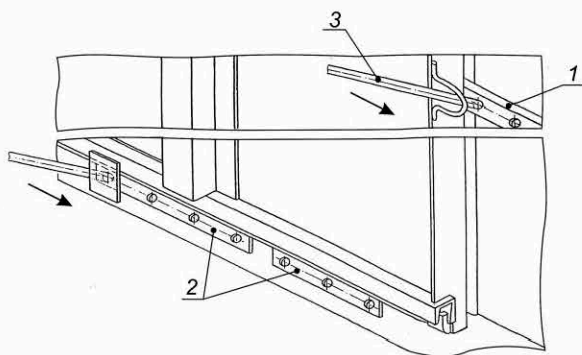


Рисунок 1.123 – Перемещение дверей с помощью монтажного ломака:

1 – направляющий уголок; 2 – рельс; 3 – монтажный ломик

Открытие створок двери изнутри вагона производится с помощью механизма, находящегося на правой створке и состоящего из ру-

коятки 1, толкателя 2, вращающейся обоймы 3 и шипа 4 (рисунок 1.124).
Закрывтие створок изнутри производится также за рукоятку устройства.

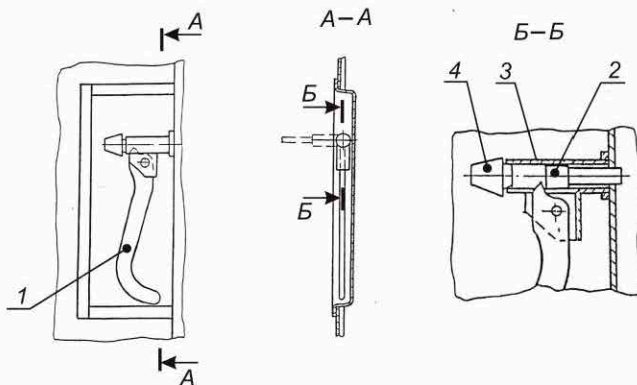


Рисунок 1.124 – Механизм открывания створок двери изнутри вагона:
1 – рукоятка; 2 – толкатель; 3 – обойма; 4 – шип

При закрывании левую створку необходимо застопорить фиксатором 1 (см. рисунок 1.120), правую створку запереть на закидку.

Если закидка не садится в гнездо пробоя, створки необходимо подтянуть друг к другу с помощью рычага 1 и серьги 2 (см. рисунок 1.122) или с помощью монтажного ломика 3 (см. рисунок 1.123).

Для предотвращения преднамеренного открывания дверей груженого вагона в закидке и пробое предусмотрены соосные отверстия для постановки замка или проволоочной закрутки и пломбы.

С целью предотвращения поворота сектора при соударении вагонов в секторе 2 и передней обвязке 3 (см. рисунок 1.118) левой створки выполнены отверстия для установки проволоочной закрутки 5.

В верхней части створок двери установлены дополнительные кронштейны для постановки замков и пломб.

1.6.4 Универсальные крытые вагоны нового поколения с увеличенным объемом кузова

К крытым универсальным вагонам нового поколения можно отнести модели 11-2135, 11-2138, 11-2158, 11-7038, 11-7094, 11-1268 и 11-6874.

Техническая характеристика некоторых из них приведена в таблице 1.6.

Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-2135 с объемом кузова 161 м³. Вагон (рисунки 1.125 и 1.126) разработан ОАО «Алтайвагон» для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс). Объем кузова увеличен до

161 м³. Вагон предназначен для перевозки штучных, тарноупаковочных и пакетированных грузов, требующих защиты от атмосферных осадков.

Таблица 1.6 – Техническая характеристика универсальных крытых вагонов с увеличенным объемом кузова

Показатель	Модель вагона				
	11-2135-01	11-2158	11-7038	11-7094	11-1268
Грузоподъемность, т	67	71,5	68	68	68
Масса тары, т, min/max	27	28,5	23,5	25,3	25/26
Объем кузова, м ³	161	161	161,5	161	174
Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка, кН	230,5	245	230,5	230,5	230,5
Площадь пола, м ²	49,3	49,1	48,8	48,8	52,8
База вагона, м	14,12	13,5	13,5	13,5	14,2
Длина, м:					
– по осям сцепления автосцепок	18,86	18,78	18,72	18,72	19,5
– по концевым балкам рамы	17,7	17,62	–	–	18,28
– кузова внутри	17,687	17,608	17,492	17,492	18,27
Ширина, м:					
– максимальная	3,289	3,289	3,170	3,170	3,28
– по раме	2,790	2,790	2,970	2,970	–
– кузова внутри	2,778	2,740	2,740	2,740	2,890
Высота от уровня головок рельсов, м:					
– максимальная	4,792	4,883	4,525	4,525	4,830
– до уровня пола	1,320	1,263	1,240	1,240	–
Внутренняя высота кузова, м:					
– по осевому сечению	3,393	3,458	–	–	3,45
– боковой стене	2,869	2,934	3,106	3,106	2,97
Размеры дверного проема, м:					
– ширина	4,150	4,050	3,900	3,900	4,050
– высота	2,769	2,830	2,862	2,862	2,830
Конструкционная скорость, км/ч	120	120	120	120	120
Габарит по ГОСТ 9239	1-Г	1-Г	1-Г	1-Г	1-Г

Техническая характеристика вагона приведена в таблице 1.6.

Размеры в свету (ширина × высота): дверного проема – 4150 × 2820 мм; загрузочного люка боковой стены при его наличии – 614 × 365 мм. Диаметр-

ры грузозачепного люка в крыше (при его наличии) – 400 мм, печной разделки (при ее наличии) – 130 мм.

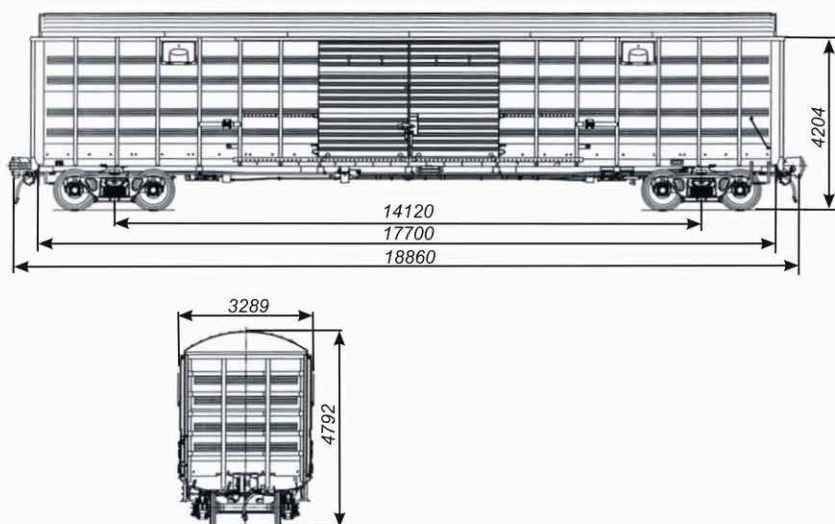


Рисунок 1.125 – Схема общего вида универсального четырехосного крытого вагона модели 11-2135-01



Рисунок 1.126 – Общий вид универсального крытого вагона модели 11-2135-01

Тип дверей – раздвижные, несамоуплотняющиеся с нижним подвешиванием, по две с каждой стороны.

Количество люков в боковых стенах – 4 шт., количество печных разделок в крыше модели 11-2135 – 2 шт. (в модели 11-2135-01 разделки отсутствуют).

Кузов цельнометаллический, сварной конструкции, включающий раму с настилом пола, две боковые и две торцевые стены, крышу.

Кузов оснащен:

- двумя двойными раздвижными дверями;
- настилом пола;
- внутренней обшивкой дверей, боковых и торцевых стен и крыши (для модели 11-2135) и внутренней обшивкой дверей (для модели 11-2135-01);
- оборудованием для обслуживания и безопасной эксплуатации вагона: подножками и поручнями для составителей поездов, а также убирающимися подножками, расположенными в зоне дверного проема для подъема внутрь вагона.

Вагон модели 11-2135-01 не оборудуется печными разделками на крыше, а также трапом на крыше и лестницей на торцевой стене.

По требованию заказчика вагоны могут быть оборудованы следующими дополнительными устройствами и приспособлениями, которые отсутствуют в базовых вариантах вагонов:

- двумя печными разделками в крыше, а также трапом на крыше и лестницей на торцевой стене (модель 11-2135);
- люками с вентиляционными решетками в боковых стенах;
- устройствами для закрепления груза внутри вагона и несъемным оборудованием (балками специального оборудования) для установки нар.

Для изготовления элементов каркаса кузова применяются листовая, универсальный фасонный и гнутые профили металлопроката из сталей марок 09Г2С, 09Г2Д, 09Г2СД, 10ХНДП. Для изготовления металлической обшивки стен и крыши применяется прокат из сталей марок 09Г2Д и 10ХНДП.

Рама и настил пола. Рама вагона (рисунок 1.127) состоит из хребтовой 1, двух боковых 4 (швеллер № 20), двух концевых 2, двух шкворневых 3, десяти основных поперечных 5 (по пять балок относительно продольной оси вагона), шестнадцати вспомогательных поперечных 6 из швеллера № 20 (по восемь балок относительно продольной оси вагона), четырех вспомогательных продольных 7 из швеллера № 10 (по две с каждой стороны относительно продольной оси вагона) и восьми вспомогательных продольных балок 8 из швеллера № 10 в консольных частях рамы.

Вспомогательные продольные и вспомогательные поперечные балки служат для поддержания настила пола.

Рама оборудована скобами (кронштейнами) для установки поездных сигнальных устройств 10 на концевых балках, штампованными пятниками 11, скользунами рамы 12, приваренными к нижнему листу шкворневой балки, уби-

рающимися подножками 13 в зоне дверного проема и кронштейнами 14 для перемещения вагонов при помощи лебедки.

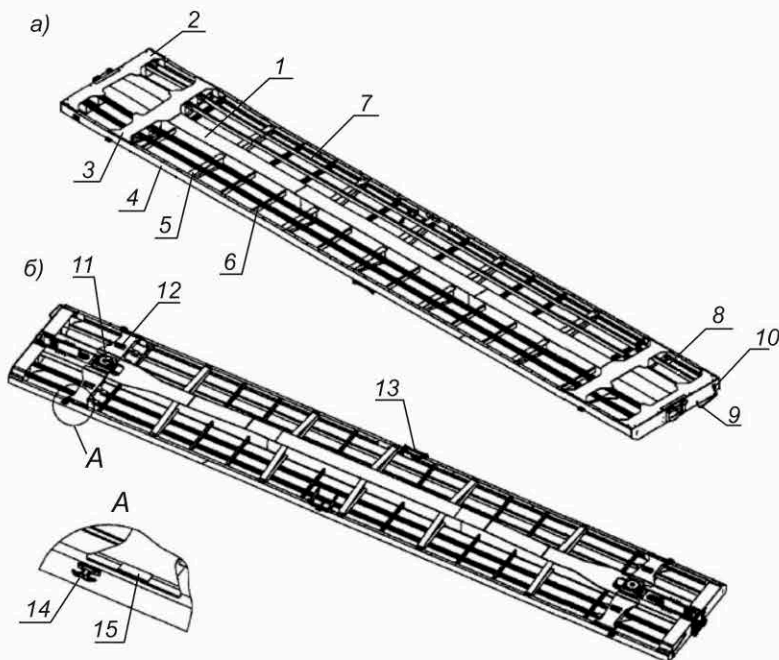


Рисунок 1.127 – Рама кузова крытого вагона модели 11-2135:

а – вид сверху; *б* – вид снизу;

1–4 – хребтовая, концевая, шкворневая и боковая балки; 5, 6 – основная и вспомогательная поперечные балки; 7, 8 – вспомогательные продольные балки в средней и консольной частях рамы; 9 – поручень сцепщика; 10 – скоба (кронштейн) для установки сигнальных устройств;

11 – пятник; 12 – скользящий; 13 – убирающаяся подножка; 14 – тяговый кронштейн;

15 – место для установки домкрата

Хребтовая балка (рисунок 1.128) представляет собой сварную конструкцию переменного коробчатого сечения из листового металлопроката, состоящую трех частей. Каждая часть образована двумя вертикальными стенками, а также верхним (толщиной 9 мм) и нижним (толщиной 12 мм) поясами. Вертикальные стенки двух крайних частей имеют толщину 14 мм, стенки средней части – 12 мм.

Хребтовая балка оборудована литыми передними 1 и задними 2 упорами автосцепного устройства и надпятниковыми коробками 3. Надпятниковые коробки устанавливают в узлах соединения хребтовой балки со шкворне-

выми. Коробки усиливают место над пятниками и связывают между собой вертикальные стенки хребтовой балки. Крепление упоров и надпятниковой коробки к стенкам балки выполнено сваркой. Между передними и задними упорами установлены накладки 4, предотвращающие истирание стенок балки корпусами поглощающих аппаратов.

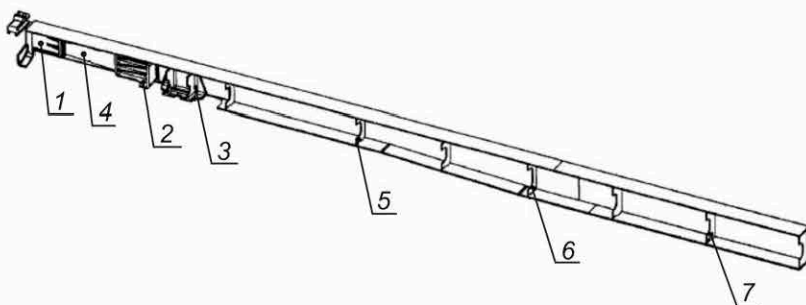


Рисунок 1.128 – Хребтовая балка рамы крытого вагона модели 11-2135:
1, 2 – передние и задние упоры автосцепного устройства; 3 – надпятниковая коробка;
4 – накладка; 5–7 – диафрагмы

Внутри хребтовой балки в межбазовом пространстве в местах примыкания поперечных балок установлены приварные диафрагмы 5, 6 и 7.

Концевые балки имеют сварную П-образную конструкцию, состоящую из верхнего листа толщиной 12 мм, а также вертикального и нижних листов толщиной 9 мм. Каждая концевая балка оборудована кронштейнами для установки поездных сигнальных фонарей и поручнем сцепщика.

Шкворневые балки – сварные замкнутого коробчатого переменного сечения по длине. Верхние и вертикальные листы балки имеют толщину 12 мм, нижние – 14 мм. К нижнему листу шкворневой балки приварены скользуны. На наружных поверхностях нижних листов, в зоне сопряжения с боковыми балками установлены планки с рифленой поверхностью 15 (см. рисунок 1.127).

Основные поперечные балки выполнены в виде сварного двутавра переменного сечения. Балки, расположенные в зоне дверного проема, имеют толщину листов 12 мм. Балки, расположенные ближе к балкам шкворневым, – толщину 9 мм.

Настил пола (рисунок 1.129) деревометаллический, выполнен из набора досок 1 толщиной 55 мм, соединенных в четверть, и защищающих их металлических листов. Вдоль боковых и торцевых стен доски закреплены армировочными уголками 4 и 5 размером сечения 60×40×3 мм. Боль-

шие по высоте полки уголков 4 и 5 (горизонтальные) размещены вдоль плоскости пола.

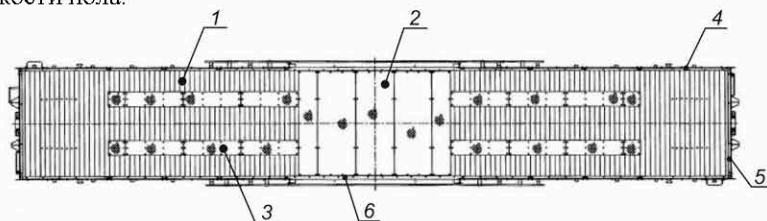


Рисунок 1.129 – Настил пола крытого вагона модели 11-2135:

1 – доски пола; 2, 3 – металлические рифленые листы; 4, 5 – армировочные уголки;
6 – порог двери

В зоне дверного проема торцы досок закреплены порогами двери 6, в сечении, имеющими форму уголка с углом между полками 100° и изготовленными из металлического рифленого листа.

Доски настила пола в дверном проеме защищены набором металлических рифленых листов 2. От дверного проема до зон шкворневых балок доски пола защищены двумя полосами металлических рифленых листов под колею погрузчика 3.

Для крепления элементов настила пола к элементам рамы и стен применяются болты М12.

Боковые стены. Боковая стена (рисунок 1.130) состоит из левой 1 и правой 2 частей, соединенных между собой в верхней части наддверным поясом 3, а в нижней части – кронштейном двери 4.

Каждая часть (полустенок) – стоечно-сварной конструкции, состоящей из каркаса и металлической обшивки.

Обшивка полустенки выполнена из гладкого стального листа нижнего пояса 18, гофрированных листов с гофрами по всей длине стены среднего 11 и верхнего 20 поясов. Нижний и средний пояса выполнены толщиной 3 мм, верхний пояс – толщиной 2 мм. Листы поясов металлической обшивки сварены между собой внахлест по высоте.

Обшивка подкреплена **каркасом**, образованным верхней обвязкой 8 (уголок $100 \times 100 \times 6,5$ мм), шестью промежуточными стойками 9 (труба $80 \times 60 \times 4$ мм) и дверной стойкой 10 из сваренных между собой швеллеров № 10 и стойки (накладки) угловой 19. Угловая стойка 19 выполнена из листа толщиной 5 мм и предназначена для соединения боковых и торцевых стен между собой и с рамой.

Наддверной пояс 3 состоит из сваренных между собой балки 5 (уголок $100 \times 100 \times 8$ мм) и дверного рельса 6 (уголок $75 \times 50 \times 6$ мм). К балке 5 через дистанционные элементы приварен рельс (направляющий уголок $45 \times 45 \times 5$ мм)

7, который совместно с дверным рельсом 6 образуют лабиринтное уплотнение для верхних обвязок сдвижных дверей.

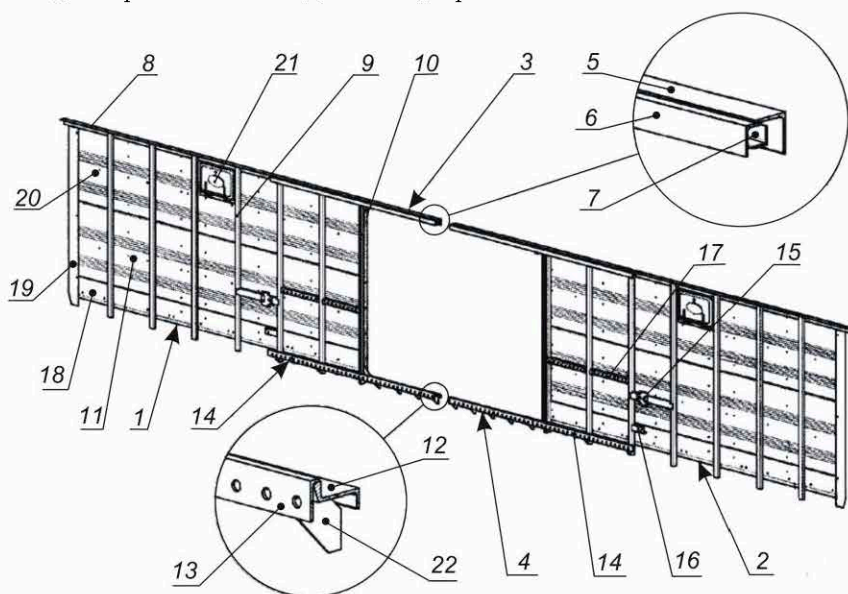


Рисунок 1.130 – Боковая стена кузова крытого вагона модели 11-2135:

1, 2 – левая и правая части стены; 3 – наддверной пояс; 4 – кронштейн двери; 5, 6 – балка и дверной рельс углового профиля наддверного пояса; 7 – направляющий уголок наддверного пояса; 8 – верхняя обвязка; 9, 10 – промежуточная и дверная стойки; 11, 18, 20 – средний, нижний и верхний пояса обшивки; 12 – Z-образный профиль кронштейна двери; 13, 14 – средние и крайние рельсы; 15, 16 – кронштейны для установки амортизирующих упоров и фиксатора двери в открытом положении; 17 – уголок направляющий; 19 – угловая стойка (накладка); 21 – крышка люка с вентиляционной решеткой; 22 – ребро

Кронштейн двери 4 выполнен из Z-образного профиля 12, к которому приварены рельсы средние 13 и рельсы крайние 14, имеющие перфорацию в вертикальных полках.

Стены боковые оборудованы кронштейнами 15 для установки амортизирующих упоров, кронштейнами 16 для установки кронштейна – фиксатора двери в открытом положении и уголками направляющими 17 с перфорацией в вертикальных полках.

По требованию заказчика боковые стены могут быть оборудованы люками 21 в боковых стенах, оснащенных вентиляционными решетками.

Торцевые стены. *Торцевая стена* (рисунок 1.131) состоит из верхней обвязки 4 (швеллер 200 × 100 × 6 мм), двух промежуточных 5 (двутавр 20Б1)

и двух угловых 6 (уголок $80 \times 80 \times 7$ мм) стоек, пятнадцати поперечных балок 7 (гнутый профиль $110 \times 75 \times 5$ мм), размещенных между стойками 5 и 6.

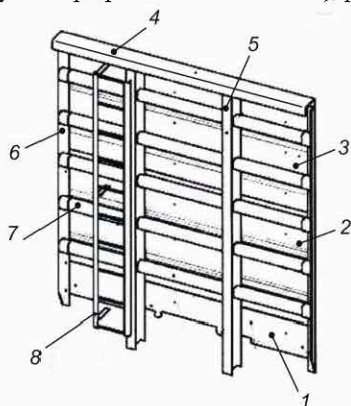


Рисунок 1.131 – Торцевая стена кузова крытого вагона модели 11-2135:

1–3 – нижний, средний и верхний листы обшивки; 4 – верхняя обвязка; 5, 6 – промежуточная и угловая стойки;

7 – поперечная балка; 8 – лестница

Обшивка стены выполнена из трех листов. Для нижнего листа 1 использован гладкий листовой прокат толщиной 3 мм, для среднего 2 и верхнего 3 листов использован гофрированный профиль $1300 \times 6 \times 2$ мм.

Одна из торцевых стен вагона, оборудованного по требованию заказчика печными разделками в крыше, оснащается лестницей 8.

Крыша (рисунок 1.132) состоит из двух продольных обвязок 1 (гнутый профиль из гладкого листового проката толщиной 4 мм), двух фрамуг 2 и восемнадцати поперечных дуг 3, подкрепляющих изнутри обшивку 4. Обшивка выполнена из трех поясов: среднего из листов с продольными, непрерывными гофрами и двух крайних – из гладких листов. Фрамуга представляет собой конструкцию из гладкого листа толщиной 4 мм с приваренной дугой из горячекатаного швеллера № 5.

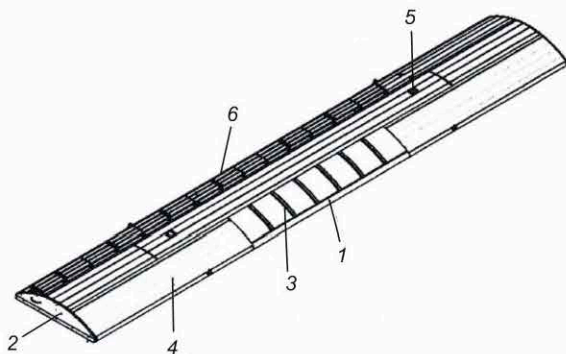


Рисунок 1.132 – Крыша кузова крытого вагона модели 11-2135:

1 – продольная обвязка; 2 – фрамуга; 3 – дуга; 4 – обшивка; 5 – печная разделка; 6 – помост

По требованию заказчика в крыше вагона модели 11-2135 могут быть установлены печные разделки 5. В этом случае на крыше вагона должен быть установлен помост 6. Помост 6 состоит из трех рядов досок шириной 110 мм и толщиной 35 мм, закрепленных болтовыми соединениями на кронштейнах, приваренных к крыше в зоне расположения дуг.

Двери (рисунок 1.133) состоят из левой и правой цельнометаллических створок, образованных обшивкой и каркасом. Обшивка 1 каждой створки выполнена из трех гофрированных профилей 1080×30×2 мм: двух цельных листов (нижний и средний) и одного (верхнего), обрезанного по ширине.

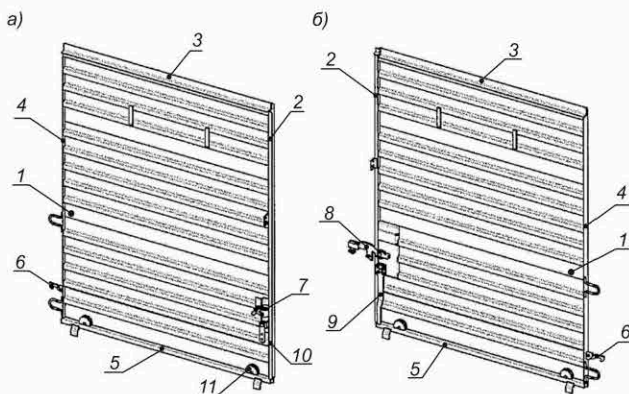


Рисунок 1.133 – Левая (а) и правая (б) створки двери крытого вагона модели 11-2135:

1 – обшивка; 2 – боковая передняя стыковочная стойка; 3 – верхняя обвязка; 4 – боковая задняя стойка; 5 – нижняя обвязка; 6 – фиксатор; 7 – пробой с сектором; 8 – закидка; 9 – рычаг; 10 – серья; 11 – ролик

Каркас створки образован верхней 3 (уголок 75×50×6 мм) и нижней 5 (профиль по ГОСТ 5267.13) обвязками, передней стыковочной 2 (швеллер № 5) и боковой задней 4 (уголок 75×50×6 мм) стойками.

Створки двери (рисунок 1.134) продольно перемещаются по рельсу 3 на роликах 4, которые снабжены шарикоподшипниками закрытого типа.

Для ограничения перемещений правой створки 2 двери на боковой стене установлен амортизирующий упор 8. Правая створка фиксируется в полностью открытом положении с помощью фиксирующего устройства 9.

Для закрепления левой створки 1 двери в закрытом положении внутри вагона имеется фиксатор 1 (рисунок 1.135). Такой же фиксатор использует-

ся для закрепления правой створки в промежуточных положениях. При необходимости открытия левой створки фиксатор 1 выводится из зацепления с уголком 2, и дверь откатывается до упора.

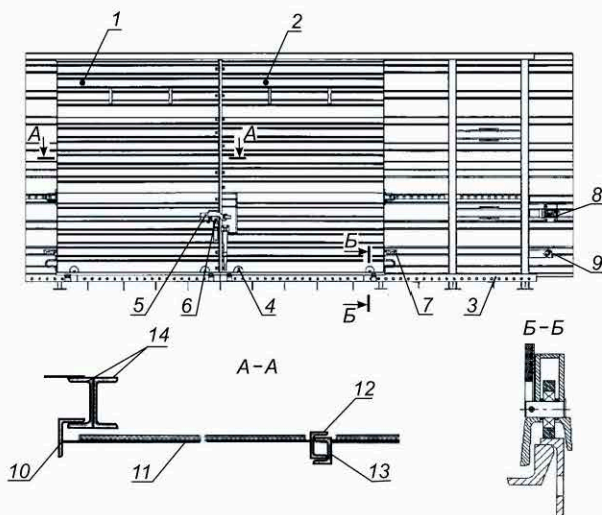


Рисунок 1.134 – Створки двери в закрытом положении:

1, 2 – левая и правая створки двери; 3 – рельс; 4 – ролик; 5 – задка; 6 – пробой с сектором; 7 – кронштейн; 8 – упор амортизирующий; 9 – устройство фиксирующее; 10 – крайняя стойка; 11 – обшивка двери; 12, 13 – боковые стыковочные стойки левой и правой створок; 14 – стойка дверного проема боковой стены

Конструктивное исполнение запорного устройства двери, роликовых опорных узлов, а также устройств для открывания двери снаружи и изнутри аналогичны модели 11-280.

Порядок открывания дверей соответствует модели 11-280.

Внутренняя обшивка. Вагоны модели 11-2135 оборудуются внутренней обшивкой дверей, стен и крыши. В вагонах модели 11-2135-01 внутренняя обшивка стен и крыши отсутствует.

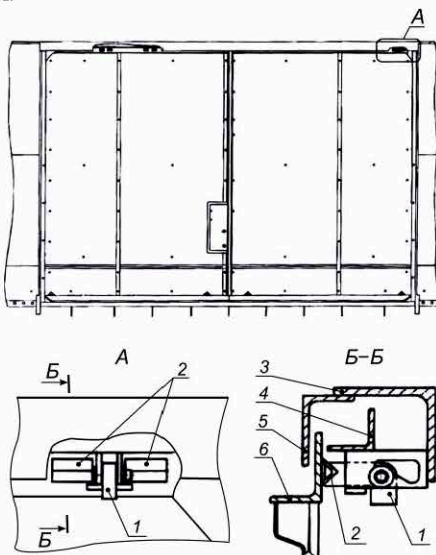
Двери и стены изнутри обшивают фанерой хвойной общего назначения из утолщенного шпона марки ФСФ. Крепление панелей обшивки выполняется армировками, расположенными в зоне стыков панелей фанеры. Армировки и панели крепятся болтами М8 через отверстия, просверленные в металлической обшивке стен и дверей. Армировки выполнены из листового металлопроката толщиной 2,5 мм.

Крыша вагона модели 11-2135 обшивается древесноволокнистой плитой марки СТ или Т. Крепление производится армировками с применением бол-

тов. Стыки панелей обшивки крыши расположены на продольной оси крыши и в зонах поперечных дуг крыши.

Рисунок 1.135 – Фиксирование левой створки в закрытом положении:

1 – фиксатор; 2 – уголок фиксирующий;
3 – балка углового профиля наддверного пояса; 4, 5 – дверные рельсы (направляющие уголки) наддверного пояса; 6 – верхняя обвязка двери



Устройства для закрепления груза внутри вагона. Такими устройствами могут быть оборудованы вагоны по требованию заказчика.

Устройства для закрепления груза внутри вагона (рисунок 1.136) состоят из двух балок 1, расположенных на противоположных боковых стенах, друг напротив друга. Балки 1 приварены на наружной поверхности боковой стены между первой и второй, четвертой и пятой промежуточными стойками от стойки дверной. По высоте балки расположены в два яруса (расстояние от уровня пола до первой балки – 760 мм, до второй – 1650 мм).

Балка 1 выполнена в форме гнутого швеллера толщиной 5 мм. Внутри каждой балки, по центру, вварена металлическая ось 2 с диаметром стержня 20 мм, за которую могут быть закреплены различные средства увязки грузов (цепи, проволока, ленты текстильные и др.). В зоне расположения оси 2 в металлической обшивке боковых стен вырезаны окна, показанные на виде А.

Балки специального оборудования. По требованию заказчика вагон может быть оборудован балками специального оборудования, установленными на внутренней поверхности боковых стен на всей длине от дверного проема до торцевой стены.

Балки 1 (рисунок 1.137) выполнены из швеллера 60×50×3 мм и установлены в три яруса по высоте, на расстоянии 453, 1208 и 1993 мм от уров-

ня пола. Крепление балок к боковой стене выполнено болтами М12 через отверстия, просверленные в металлической обшивке.

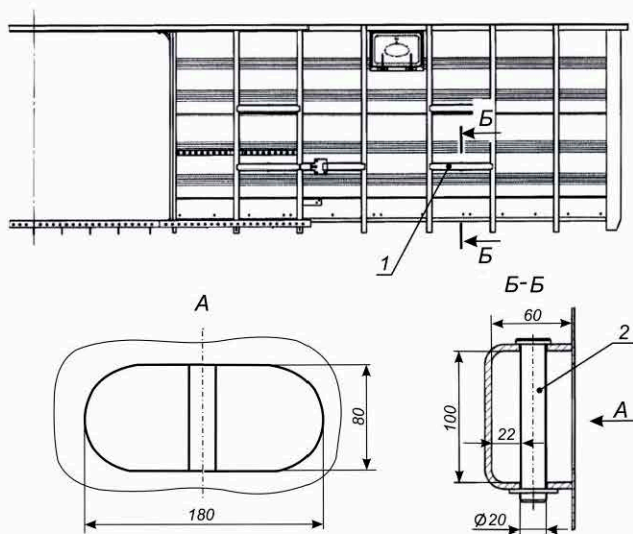


Рисунок 1.136 – Устройства для закрепления грузов внутри вагона

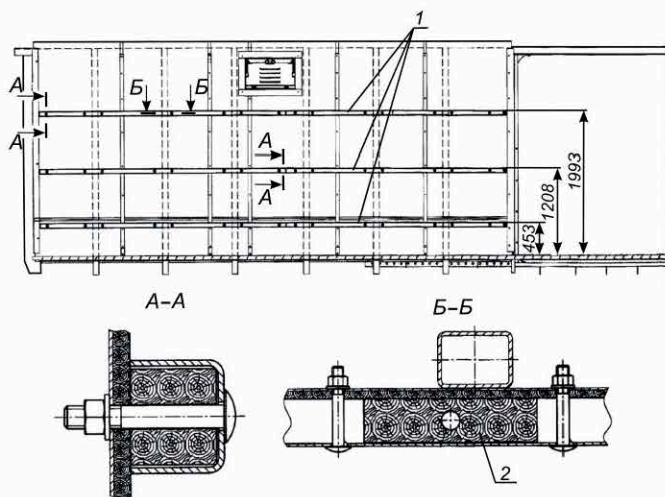


Рисунок 1.137 – Балки специального оборудования на боковой стене

В горизонтальных полках балок 1 выполнены отверстия D диаметром 21 мм, предназначенные для крепления типовых средств увязки грузов. В зоне отверстий D в балки установлены деревянные бруски 2 сечением 46×51 мм, которые служат для предупреждения деформации горизонтальных полок балок от нагрузок, передаваемых средствами увязки.

Вагоны моделей 11-2135 и 11-2135-01 могут быть оборудованы одним из указанных выше устройств: или устройства для закрепления груза или балками специального оборудования. Одновременная их установка не допускается.

Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-2158 с объемом кузова 161 м^3 и осевой нагрузкой 245 кН. Крытый вагон модели 11-2158 (рисунок 1.138) разработан ОАО «Алтайвагон» для повышенной до 245 кН (25 тс) осевой нагрузки.

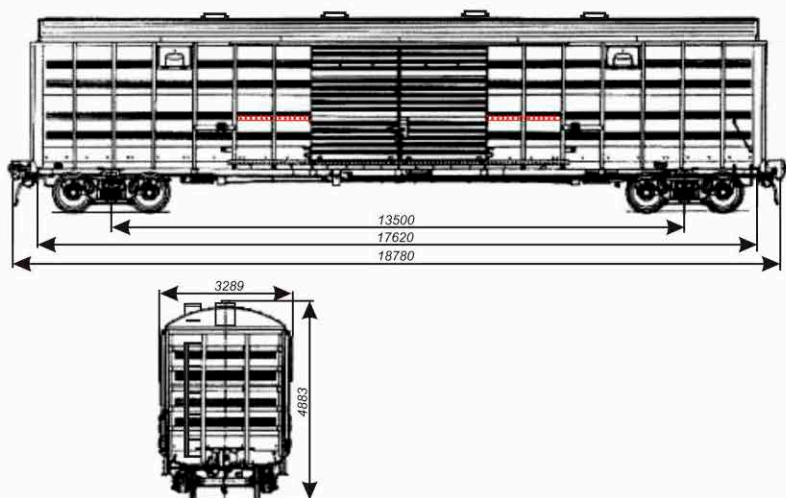


Рисунок 1.138 – Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-2158

Грузоподъемность вагона увеличена до 71,5 т, что позволяет перевозить в вагоне на 4,5 т больше груза. В качестве ходовой части используются тележки модели 18-9800.

В отличие от модели 11-2135 вагон предназначен для перевозки не только штучных, тарноупаковочных, пакетированных грузов, но и насыпных грузов, требующих защиты от атмосферных осадков. Разработанный вагон характеризуется высокой надежностью, которая достигнута за счет усиле-

ния боковых стен и использования тележек модели 18-9800. Межремонтный пробег вагона 500 тыс. км.

Техническая характеристика вагона приведена в таблице 1.6. Размеры в свету (ширина × высота): дверного проема – 4150 × 2820 мм; загрузочного люка боковой стены – 614 × 365 мм.

Диаметры загрузочного люка в крыше (при его наличии) – 400 мм, печной разделки (при ее наличии) – 130 мм.

Тип дверей – раздвижные, несамоплотняющиеся с нижним подвешиванием, по две с каждой стороны.

Показатели надежности: назначенный срок службы, лет – 32; назначенный срок службы до капитального ремонта после постройки, лет – 16; назначенный срок службы (ресурс), лет (тыс. км пробега) до деповского ремонта: после постройки и после капитального ремонта – 6 (500); после деповского ремонта – 4 (350).

Кузов вагона цельнометаллический, сварной конструкции, включающий раму с настилом пола, две боковые и две торцевые стены, крышу.

Кузов оснащен:

- двумя двойными раздвижными дверями;
- внутренней обшивкой дверей, боковых и торцевых стен и крыши;
- оборудованием для обслуживания и безопасной эксплуатации вагона: подножками и поручнями для составителей поездов, а также убирающимися подножками, расположенными в зоне дверного проема для подъема внутрь вагона; трапом на крыше и лестницей на торцевой стене; устройствами 6, обеспечивающими автоматическую идентификацию бортового номера; кронштейнами для установки поездных сигнальных фонарей и тяговых кронштейнами – приспособлениями для возможности подтягивания вагона при помощи лебедки вдоль фронта погрузки и выгрузки;

- дополнительными устройствами и приспособлениями: люками с вентиляционными решетками в боковых стенах, двумя печными разделками в крыше, четырьмя загрузочными люками на крыше, устройствами для закрепления груза внутри вагона и несъемным оборудованием (балками специального оборудования) для установки нар.

Рама вагона, боковые стены и двери по конструкции аналогичны модели 11-2135.

Настил пола (рисунок 1.139) выполнен из стальных рифленых листов толщиной 6 мм.

Торцевая стена в отличие от модели 11-2135 (см. рисунок 1.131) имеет двенадцать поперечных балок (а не пятнадцать).

Крыша (рисунок 1.140) состоит из двух продольных обвязок 2, двух фрамуг 1 и обшивки, подкрепленной изнутри поперечными дугами 3.

Обвязка 2 и дуга 3 крыши выполнены в виде гнутого профиля из гладкого листового проката толщиной 4 и 3,2 мм. Обшивка крыши изготовлена из

трех поясов. Средний пояс выполнен из гладких листов 5 и 6 толщиной 2 мм, а два крайних – из гнутого профиля 4 с продольными гофрами толщиной 1,5 мм.

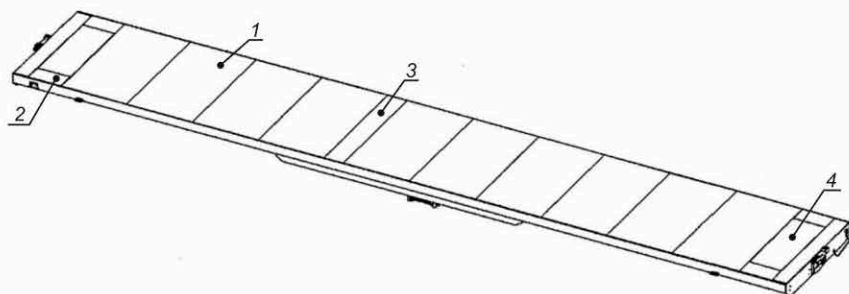


Рисунок 1.139 – Настил пола крытого вагона модели 11-2158:
1–4 – металлические листы пола

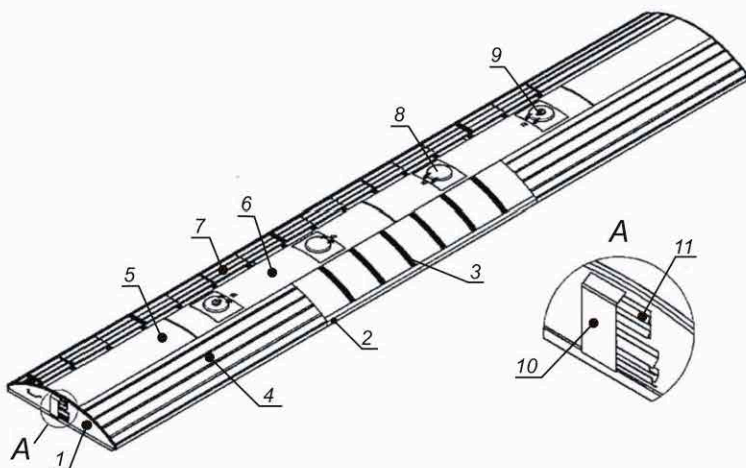


Рисунок 1.140 – Крыша кузова крытого вагона модели 11-2158:
1 – фрамуга; 2 – продольная обвязка; 3 – дуга; 4 – гофрированный лист обшивки; 5, 6 – гладкие листы обшивки; 7 – помост; 8, 9 – люки без печной разделки и с печной разделкой; 10 – короб; 11 – вентиляционная решетка

Фрамуга образована гладким листом толщиной 4 мм и приваренной дугой из горячекатаного швеллера № 5. Одна из фрамуг оборудована вентиляционным коробом, представляющим собой вентиляционную решетку 11, закрытую коробом 10.

Крыша оборудована помостом 7 и четырьмя загрузочными люками: двумя с печной разделкой 9 и двумя без разделок 8.

Люки предназначены для загрузки в вагон сыпучих грузов навалом, печная разделка – для пропуска дымовой трубы при установке в вагоне печи при людских перевозках, *помост* – для обслуживания люков и печных разделок.

Крыша по требованию заказчика может изготавливаться без люков в крыше.

Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-2138 с объемом кузова 161 м³ и осевой нагрузкой 245 кН. Вагон модели 11-2138 (рисунок 1.141) разработан ОАО «Алтайвагон» в сотрудничестве с торгово-транспортной компанией ТТК-Транс для повышенной до 245 кН (25 тс) осевой нагрузки. Объем кузова увеличен до 161 м³, грузоподъемность – до 72 т, что позволяет перевозить в вагоне на 5 т больше груза.

а)



б)



Рисунок 1.141 – Универсальный крытый вагон модели 11-2138 с объемом кузова 161 м³

Разработанный вагон характеризуется высокой надежностью, которая достигнута за счет усиления боковых стен и использования тележек модели 18-194-1. Межремонтный пробег вагона – 500 тыс. км.

За счет усиления конструкции кузова и установки загрузочных люков в крыше расширилась номенклатура перевозимых грузов за счет возможности перевозки сыпучих грузов. Увеличенный дверной проем вагона позволит ускорить погрузочно-разгрузочные работы.

Внутри вагона предусмотрена установка устройств и приспособлений для крепления грузов. Вентиляционные короба, расположенные в боковых стенах, позволяют проветривать вагон по ходу движения.

База нового вагона делает возможным его взвешивание на типовых вагонных весах.

Четырехосный крытый вагон модели 11-7038 с объемом кузова 161,5 м³. Вагон модели 11-7038 (рисунок 1.142) разработан ОАО «Крюковский

вагоностроительный завод» (Украина) для осевой нагрузки 23,5 тс с полным объемом кузова 161,5 м³. Полезный объем кузова – 150 м³.

Вагоны модели 11-7038 оборудованы дверями с верхним подвешиванием и металлическим полом. При этом они не имеют печных разделок и трапа на крыше, лестницы на торцевой стене и люков в боковых стенах.

Техническая характеристика вагона приведена в таблице 1.6. Размеры в свету дверного проема (ширина × высота) – 3900 × 2862 мм.

Тип дверей – раздвижные, несамонеплотняющиеся с верхним подвешиванием, по две с каждой стороны.

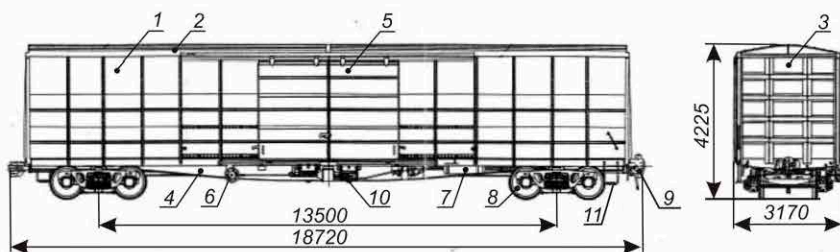


Рисунок 1.142 – Схема универсального четырехосного крытого вагона модели 11-7038:

1, 3 – боковая и торцевая стены; 2 – крыша; 4 – рама; 5 – двери; 6, 7 – стояночный и автоматический тормоза; 8 – тележка; 9 – автосцепное устройство; 10 – убирающаяся подножка; 11 – подножка составителя

Кузов (см. рисунок 1.142) состоит из рамы 4 с настилом пола, двух боковых 1 и двух торцевых 3 стен, дверей 5 задвижной конструкции с верхним подвешиванием и крыши 2.

Боковые стены (рисунок 1.143) состоят из верхней обвязки 4 сварной конструкции, стоек 3, выполненных из двутавра № 10, стоек 2 дверного проема, кронштейна двери (дверного порога) и обшивки 1, выполненной из гофрированного профиля размером 944 × 13 × 11 × 3 мм (в нижней части стены) и гладкого листа толщиной 2,5 мм (в верхней части стены).

Верхняя обвязка 4, сварной конструкции. В концевых частях (сечение А-А) обвязка образована гнутым уголком 10 и козырьком 11, образующих замкнутое коробчатое сечение. Средняя часть (наддверной пояс), коробчатого незамкнутого сечения (сечение Б-Б), состоит из горячекатаного уголка 14 размером 125 × 80 × 10 мм и вертикальной полосы 12, накрытых сверху козырьком 13.

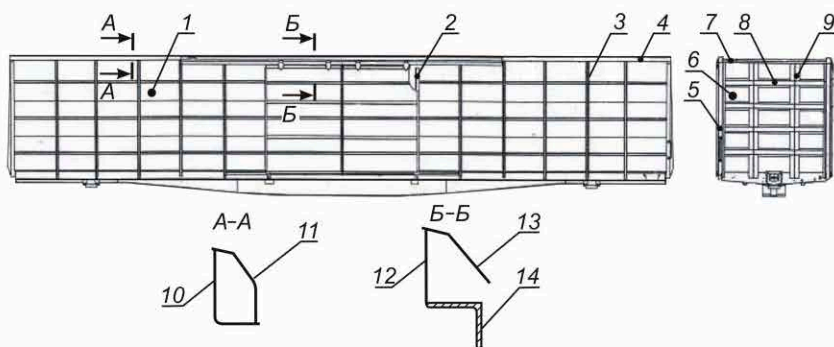


Рисунок 1.143 – Стены кузова универсального крытого вагона модели 11-7038

Торцевые стены (см. рисунок 1.143) состоят из верхней обвязки 7 и крайних боковых стоек 5 коробчатого сечения, вертикальных полустоек 9 таврового сечения, горизонтальных поясов 8 П-образного профиля и обшивки 6, выполненной из гладкого листа.

Дверь боковая (рисунок 1.144) имеет две створки, которые состоят из каркаса, обшитого гофрированным листом 1 и включающего верхние обвязки 2 из гнутых уголков, замкнутых в коробочку, нижние обвязки 3, стойки боковые задние (на рисунке 1.144 скрыты обшивкой) и стыковочные 4 и 5.

Стойки задние створок и стойка стыковочная 4 правой створки выполнены из горячекатаного уголка размерами $50 \times 50 \times 5$ мм. Стойка стыковочная 5 левой створки изготовлена из швеллерообразного профиля, в который заходит уплотнитель 9, расположенный на стойке 4 и обеспечивающий плотность створок двери при закрытом положении.

На верхней обвязке каждой створки двери имеются по два кронштейна 6 с роликами 7 для перемещения створок двери по направляющим наддверного пояса при открывании и закрывании. Для перемещения створок двери на крайних стойках имеются рукоятки 8 и скобы 14.

Для предотвращения самопроизвольного открывания дверь оборудована закладкой 10 и балансиrom 11, установленным на оси кронштейна 12. В фиксирующей закладке 10 и кронштейне 12 выполнены отверстия 13, предназначенные для постановки запорно-пломбирующего устройства (ЗПУ) (или проволочных закруток).

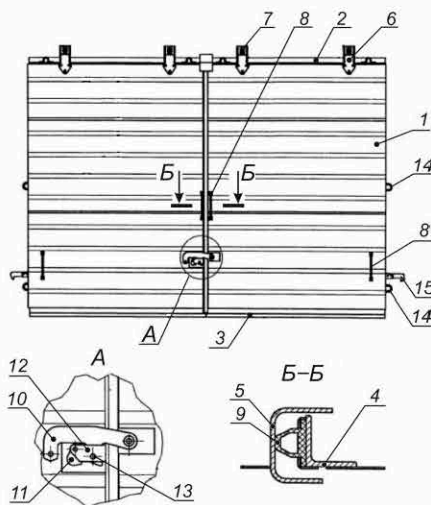


Рисунок 1.144 – Дверь боковая

Для удержания двери в открытом положении на боковой обвязке каждой створки двери имеется защелка 15, которая заводится в скобу на боковой стене.

Для открывания двери необходимо снять ЗПУ (проволочные скрутки), повернуть балансир 11 в нерабочее положение, вывести зуб закладки 10 из полости кронштейна 12 и откинуть закладку. Передвигая створки при помощи рукоятки 8, открыть дверь. Для облегчения открывания двери можно использовать лом, устанавливаемый через скобу 14 в отверстие дверного упора на боковых стенах кузова.

Для закрывания створки двери необходимо сдвинуть ее до полного закрытия дверного проема и при помощи закладки 10 и балансира 11 зафиксировать в закрытом положении.

Рама включает хребтовую балку, две боковые балки, две шкворневые балки, две промежуточные поперечные балки, центральную поперечную балку, две концевые балки и металлический пол с рифленой поверхностью, который опирается на систему продольных и поперечных балок, выполненных из горячекатаного швеллера № 10.

Хребтовая балка сварной конструкции, состоит из верхнего листа толщиной 10 мм, нижнего листа толщиной 16 мм и двух вертикальных листов переменного сечения. Концевые части вертикальных листов выполнены толщиной 12 мм, средняя часть – толщиной 8 мм. В зоне расположения промежуточных поперечных балок сварены диафрагмы.

Боковые балки выполнены из горячекатаного швеллера № 20.

Крыша состоит из 16 поперечных дуг, двух фрамуг и обшивки, состоящей из крайних гофрированных листов и среднего гладкого листа.

Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-7094 с объемом кузова 161 м³. Вагон (рисунки 1.145 и 1.146) разработан ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (Украина) для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс) и изготавливается в двух модификациях 11-7094 и 11-7094-01. Вагон модели 11-7094-01 отличается от модели 11-7094 наличием внутренней обшивки стен, дверей, пола и крыши.



Рисунок 1.145 – Универсальный крытый вагон модели 11-7094 с объемом кузова 161 м³

Техническая характеристика вагона приведена в таблице 1.6. Размеры в свету дверного проема (ширина × высота) – 3900 × 2862 мм.

Кузов вагона модели 11-7094, как и модели 11-7038 оборудован дверями с верхним подвешиванием и металлическим полом и не имеет печных разделок и трапа на крыше, лестницы на торцевой стене и люков в боковых стенах.

Конструктивно они мало отличаются друг от друга. Конструкция боковых и торцевых стен, дверей и крыши аналогичны модели 11-7038. Основные изменения имеют место по раме.

Рама (рисунок 1.147) образована хребтовой балкой 1, двумя боковыми балками 2, двумя шкворневыми балками 3, четырьмя промежуточными поперечными балками 4, двумя концевыми балками 5, металлическим полом 6 из листов толщиной 4 мм с рифленной поверхностью, который опирается на систему продольных и поперечных балок, выполненных из горячекатаного швеллера № 10.

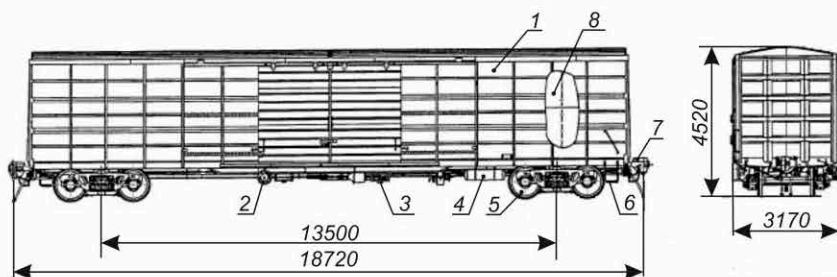


Рисунок 1.146 – Схема универсального крытого вагона модели 11-7094 с объемом кузова 161 м³:

1 – кузов; 2, 4 – стояночный и автоматический тормоза; 3 – подножка убирающаяся; 5 – тележка; 6 – подножка составителя; 7 – автосцепное устройство; 8 – внутренняя облицовка

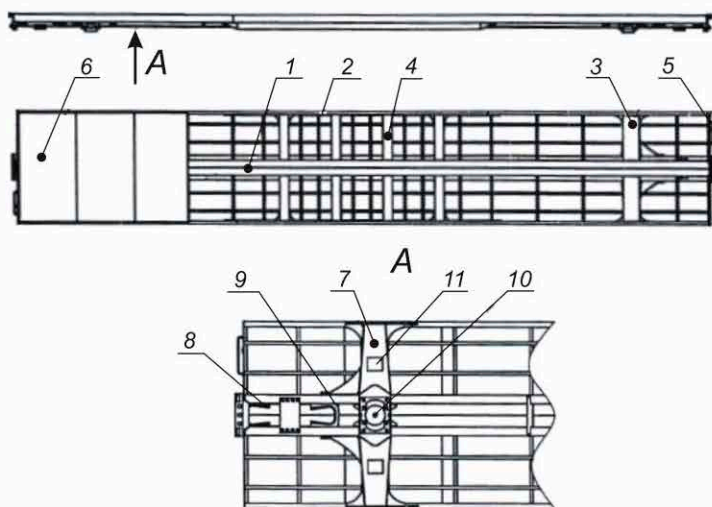


Рисунок 1.147 – Рама кузова универсального крытого вагона модели 11-7094:

1 – хребтовая балка; 2 – боковая балка; 3 – шкворневая балка; 4 – поперечная балка; 5 – концевая балка; 6 – пол; 7 – лист нижний шкворневой балки; 8, 9 – передний и задний упоры; 10 – пятник; 11 – скользян

Основное отличие рамы в конструкции хребтовой балки – она выполнена из двух сваренных между собой балок зетового профиля по ГОСТ 5267.3-90.

Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-1268 с объемом кузова 174 м³. Вагон (рисунок 1.148) разработан АО «РМ Рейл Инжиниринг».

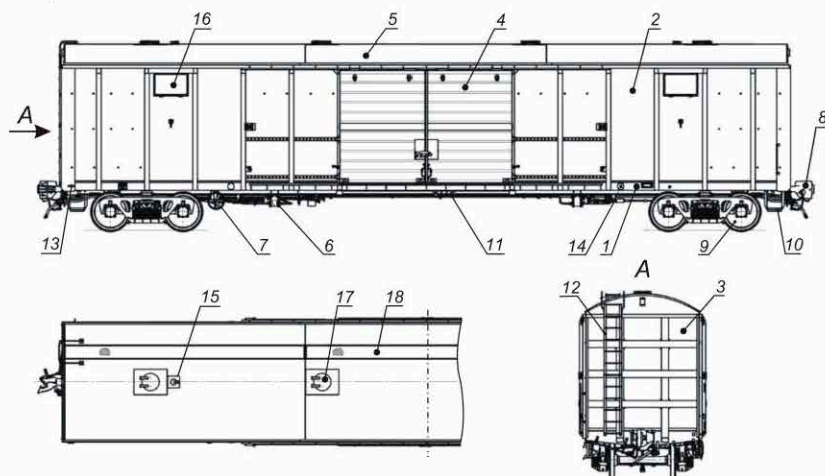


Рисунок 1.148 – Крытый вагон модели 11-1268:

1 – рама; 2, 3 – боковая и торцевая стены; 4 – двери; 5 – крыша; 6, 7 – автоматический и стояночный тормоза; 8 – автосцепное устройство; 9 – тележка; 10 – подножка составителя; 11 – подножка складная; 12 – лестница; 13 – тяговый кронштейн; 14 – цапфа для строповки порожнего кузова вагона; 15 – печная разделка; 16 – вентиляционный люк; 17 – загрузочный люк; 18 – помост

На рисунке 1.148 показаны основные узлы вагона. По требованию заказчика кузов вагона может быть оборудован загрузочными люками 17 на крыше и помостом 18.

Вагон оснащен несъемным оборудованием для установки нар, дверных закладок, ружейных зубчаток.

Рама (рисунок 1.149) состоит из хребтовой 1, двух концевых 5, двух шкворневых 2, двух поперечных 4 и двух боковых 3 балок, а также вспомогательных поперечных подкрепляющих балок 7. На раме устанавливаются автосцепные устройства. Автоматический и стояночный тормоза.

Хребтовая балка выполнена из двух Z-образных профилей № 31, боковые балки – из швеллеров 20П, концевые балки – из листов толщиной 8 мм, образующих коробчатую форму с ребрами жесткости.

Настил пола металлический, выполнен из листового проката, толщиной 4 мм, с чечевициным рифлением на рабочей поверхности.

Боковая стена образована двумя частями (полустенками), соединенными между собой в верхней части наддверным поясом, а в нижней части кронштейном двери.

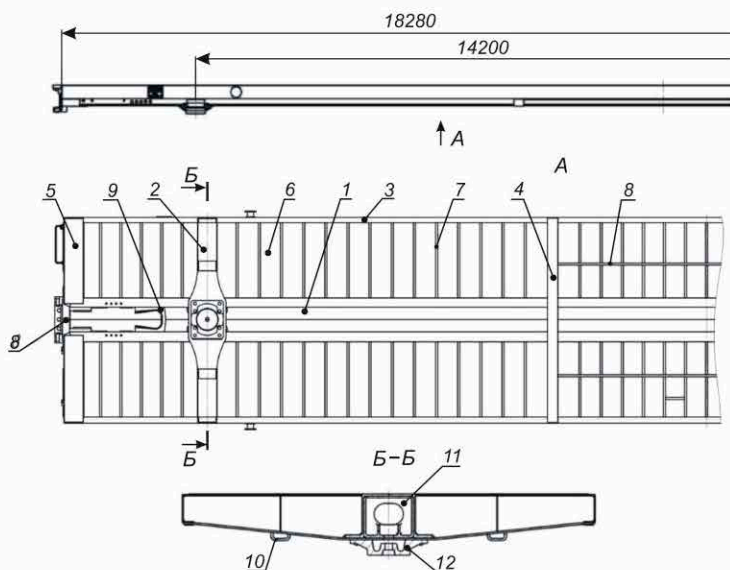


Рисунок 1.149 – Рама крытого вагона модели 11-1268:

1, 3 – хребтовая и боковая балки; 2, 4, 5 – шкворневая, поперечная и концевая балки;
6 – лист настила пола; 7 – подкрепляющий элемент; 8, 9 – передний и задний упоры;
10 – скользящий; 11 – натяжниковая коробка; 12 – пятник

Каждый полустенок (рисунок 1.150) представляет собой каркас, к которому приварена обшивка.

Каркас образован верхней 1 и нижней 2 обвязками, промежуточными стойками 3, угловыми стойками 7 и стойками 4 дверного проема. Верхняя обвязка изготовлена из профиля $80 \times 80 \times 4$ мм по ГОСТ 30245, нижняя обвязка – из уголка $40 \times 40 \times 4$ мм по ГОСТ 8509, промежуточная стойка – из швеллера $120 \times 80 \times 4$ мм по ГОСТ 8278, стойка дверного проема – из швеллера $80 \times 80 \times 4$ мм по ГОСТ 30245.

Обшивка состоит из гладкого листа толщиной 2,5 мм.

Боковая стена оборудована вентиляционными люками 6. Для фиксации крышки вентиляционного люка в открытом положении используется крючок 8.

Торцевая стена (рисунок 1.151) представляет собой обшивку, укрепленную каркасом.

Каркас включает верхнюю 1 и нижнюю 2 обвязки, три горизонтальных пояса 3, восемь усиливающих стоек (полустоек) 6–8 и две боковые стойки 4. Верхняя обвязка выполнена из профиля $120 \times 80 \times 4$ мм по ГОСТ 30245, нижняя обвязка – из уголка $63 \times 630 \times 5$ мм по ГОСТ 8509, горизонтальный пояс – из швеллера $120 \times 80 \times 4$ мм по ГОСТ 8278, боковая стойка – из швеллера 12П по ГОСТ 8240.

Обшивка 5 изготовлена из гладкого листа толщиной 3 мм.

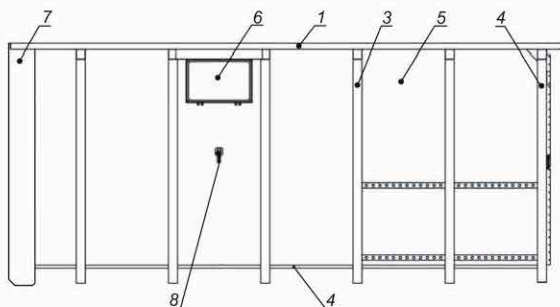


Рисунок 1.150 – Боковая стена кузова крытого вагона модели 11-1268:
1, 2 – верхняя и нижняя обвязки; 3, 7 – промежуточная и угловая стойки; 4 – стойка дверного проема; 5 – обшивка; 6 – крышка вентиляционного люка; 8 – крючок

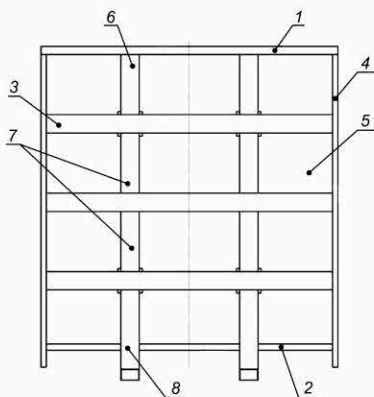


Рисунок 1.151 – Торцевая стена кузова крытого вагона модели 11-1268:
1, 2 – верхняя и нижняя обвязки; 3 – горизонтальный пояс; 4 – стойка боковая; 5 – обшивка; 6–8 – усиливающие стойки (полустойки)

Крыша (рисунок 1.152) образована дугами 1, боковыми обвязками 2, обшивкой 3 и двумя фрамугами 4, установленными на торцах крыши.

Дуги выполнены из труб прямоугольного сечения $60 \times 40 \times 3$ мм по ГОСТ 30245, боковые обвязки – из гнутого листового проката толщиной 5 мм,

обшивка – из гладкого листа или листов с периодически повторяющимися гофрами, фрамуги – из листового проката толщиной 3 мм.

Фрамуга оборудована дыхательным коробом 5.

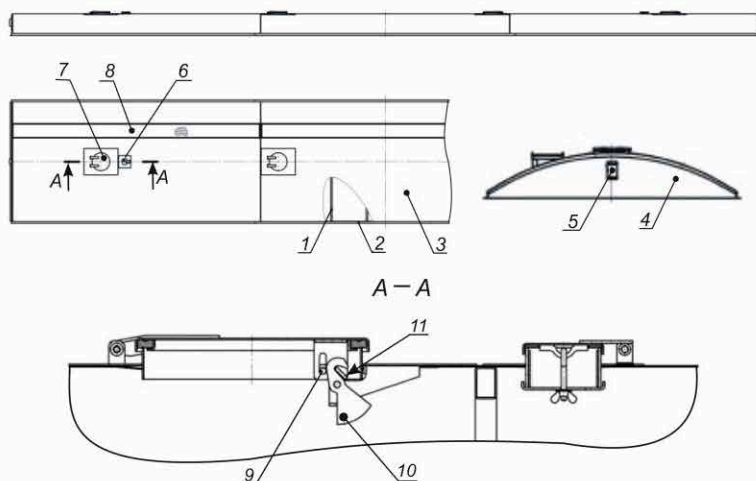


Рисунок 1.152 – Крыша кузова крытого вагона модели 11-1268:

1 – дуга; 2 – продольная обвязка; 3 – обшивка; 4 – фрамуга; 5 – дыхательный короб; 6 – печная разделка; 7 – загрузочный люк; 8 – помост (трап); 9 – ось; 10 – закидка; 11 – планка

На крыше расположены две печные разделки 6. По требованию заказчика крыша может оборудоваться четырьмя загрузочными люками 7 и помостом 8.

Для отпирания крышки загрузочного люка требуется при поднятой оси 9 замка, отвести закидку 10 в крайнее противоположное положение и удерживая ее в нем, поднять крышку люка.

Для запирания люка необходимо с небольшим усилием закрыть крышку люка. При этом закидка 10 должна войти в зацепление с планкой 11 замка.

Двери (рисунок 1.153) двухстворчатые задвижные. Каждая створка состоит из каркаса и гофрированной обшивки.

Каркас выполнен из гнутого листового проката толщиной 4 мм, подкрепленного корытным профилем $40 \times 40 \times 30 \times 2,2$ мм по ГОСТ 8283 и швеллером 6,5П по ГОСТ 8240. Обшивка – из листов с периодически повторяющимися гофрами.

Створки дверей передвигаются вдоль боковых стен по двум направляющим: нижней и верхней.

Нижняя направляющая 3 является опорной. По ней створка двери перемещается на двух специальных роликовых опорах 4, которые крепятся к

створке двери. *Верхняя направляющая 5* служит для ограничения поперечных смещений створки за счет наличия у нее направляющего ролика 6.

Нижняя направляющая 3 выполнена из уголка 45 × 45 × 5 мм по ГОСТ 8509, верхняя – из швеллера 6,5П по ГОСТ 8240.

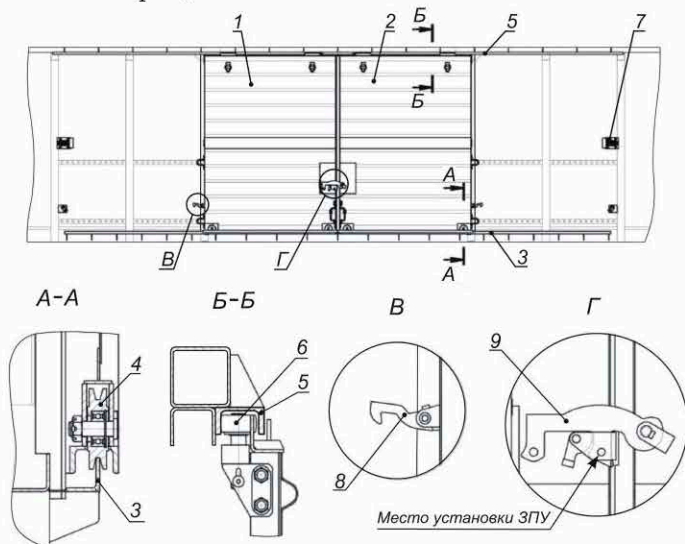


Рисунок 1.153 – Дверь:

1, 2 – левая и правая створки двери; 3, 5 – нижняя и верхняя направляющие двери; 4 – опорный ролик; 6 – направляющий ролик; 7 – упор; 8 – фиксатор; 9 – закидка

Роликовая опора 4 состоит из стального ролика с V-образной проточкой, который через шарикоподшипник насажен на ось.

В продольном направлении перемещение створок двери ограничивается упором 7 и фиксатором 8.

В закрытом положении створки двери фиксируются между собой закидкой 9, в которой предусмотрено отверстие для установки запорно-пломбировочного устройства (ЗПУ).

В дверном проеме (по краям и сверху) предусмотрены места для установки дверных заграждений (щитов, досок и т. п.), препятствующих навалу груза на двери. Навал груза на двери не допускается.

Универсальный четырехосный крытый вагон модели 11-6874 с объемом кузова 175 м³. Разработан ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий». Вагон (рисунок 1.154) позволяет перевозить широкую номенклатуру грузов и обладает лучшим из

имеющихся на рынке вагонов-аналогов сочетанием основных технико-экономических показателей.

Объем кузова увеличен до 175 м³ за счет увеличения площади пола, ширины кузова и отсутствия выступающих элементов на внутренней поверхности кузова. Благодаря увеличению объема перевозимого груза значительно до 73 т выросла грузоподъемность вагона, что превышает данный показатель типовых крытых вагонов на 3,7 т.



Рисунок 1.154 – Универсальный крытый вагон модели 11-6874
с объемом кузова 175 м³:
а – общий вид; б – вид с торца

Пол из стального «рифленого» листа обеспечивает лучшее сцепление груза с его поверхностью и колес погрузчика при загрузке-выгрузке. Размеры дверного проема позволяют проводить погрузочно-разгрузочные операции всеми существующими типами автопогрузчиков. Четыре загрузочных люка на крыше обеспечивают быструю и легкую загрузку сыпучих грузов.

Применение в качестве ходовой части инновационных тележек с осевой нагрузкой 25 т позволило увеличить сроки межремонтных пробегов крытого вагона до 800 тыс. км (или 8 лет), что обеспечивает снижение стоимости его жизненного цикла более чем в 2 раза. Срок службы вагона – 32 года.

Появление на сети дорог крытых вагонов нового поколения будет способствовать возвращению части грузов на железную дорогу и составит серьезную конкуренцию автомобильному транспорту.

1.6.5 Специализированные крытые вагоны

Техническая характеристика специализированных крытых вагонов приведена в таблице 1.7.

Крытые вагоны для легковых автомобилей. Крытый вагон для легковых автомобилей модели 11-835 (рисунок 1.155) создан для повышения сохранности и товарного вида перевозимых автомобилей. Его характеристика приведена в таблице 1.7. Вагон разработан фирмой «Раутаруукки» (Финляндия) и выпускается с 1986.

Таблица 1.7 – Техническая характеристика специализированных крытых вагонов

Показатель	Вагон для перевозки				
	легковых автомобилей, 11-835	скота (двухъярусный), 11-240	цемента, 19-758	зерна, 19-756	минеральных удобрений, 19-923
Грузоподъемность, т	25	22	72	76,5	70
Тара, т	35	25,4	19,2	23,5	23
Объем кузова, м ³	—	—	60	111	81
База вагона, м	17	10	7,7	10,5	8,98
Длина, м:					
– по осям сцепления авто-сцепок	24,26	14,73	11,92	14,72	13,2
– по концевым балкам рамы	23,24	13,87	10,7	13,5	11,9
– кузова внутри	22,68	13,8	7,91	10,7	9,17
Ширина максимальная, м	5,126	5,133	4,405	4,873	4,69
Высота максимальная от уровня головок рельсов, м	5,126	5,133	4,405	4,873	4,69
Ширина дверного проема	2,1	2,0	—	—	—
Размеры разгрузочных люков в свету, мм	—	—	0,621	1,592 × × 0,562	2,382 × × 0,840
Коэффициент тары	1,4	1,15	0,27	0,307	0,329
Удельный объем кузова, м ³ /т	—	—	0,83	1,45	1,125
Максимальная расчетная статическая осевая нагрузка, кН	147	117	223,6	245	228
Нагрузка на 1 м пути, т/м	2,47	3,2	7,65	6,8	7,05
Конструкционная скорость, км/ч	120	120	120	120	120
Габарит по ГОСТ 9238	1-Т	1-Т	1-Т	1-Т	1-Т

Кузов вагона цельнометаллический, двухъярусный. Нижний ярус кузова образован рамой 6 (рисунок 1.156). Кроме того, имеются верхний ярус 4, боковые стены 7, торцевые двери 2, крыша 1 и переездные площадки 3. Торцевые двери и переездные площадки обеспечивают беспрепятственный проезд автомобилей по всему составу. В средней части вдоль боковых стен вагона предусмотрены проемы 5, закрытые металлической сеткой.



Рисунок 1.155 – Общий вид двухъярусного крытого вагона для легковых автомобилей модели 11-835

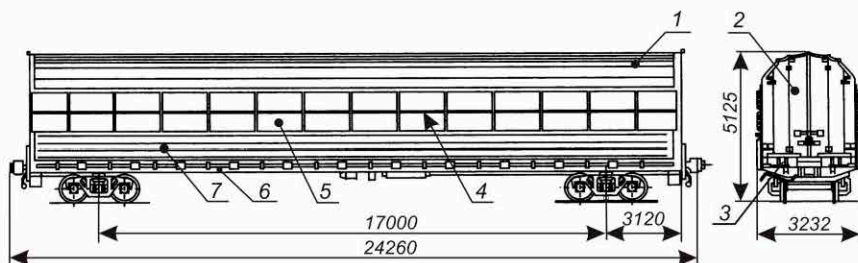


Рисунок 1.156 – Схема двухъярусного крытого вагона для легковых автомобилей модели 11-835:

1 – крыша; 2 – торцевые двери; 3 – переездная площадка; 4 – верхний ярус; 5 – проем;
6 – рама; 7 – боковая стена

Особенностью конструкции **рамы 6** является наличие в хребтовой балке балластных грузов общей массой 2,7 т, размещенных вблизи шкворневых балок в средней части кузова. В результате обеспечивается требуемая устойчивость вагона против опрокидывания от центробежной силы и дав-

ления ветра при повышенном центре тяжести и увеличенной боковой поверхности кузова.

Основа рамы кузова (рисунок 1.157) – *хребтовая балка 5*. Она соединена с двумя боковыми 2, двумя концевыми 1 балками, двумя шкворневыми 4, девятью поперечными 8 и четырьмя продольными 6 балками, а также четырьмя раскосами 3. Хребтовая балка выполнена из двух швеллеров № 30, соединенных между собой диафрагмами. В консольной ее части установлены передние и задние упоры автосцепки, а за шкворневыми балками размещены грузы 7 общей массой 2,7 т для придания устойчивости вагону против опрокидывания от центробежной силы и ветровой нагрузки.

Боковые балки рамы изготовлены из швеллера № 20.

Концевые балки сварные П-образного сечения и сварены из листов толщиной 12 мм. В месте постановки ударной розетки концевая балка имеет углубление на 100 мм, позволившее уменьшить вылет автосцепки с 610 до 510 мм. Для безопасности работы составителей поездов на концевых балках установлены поручни.

Шкворневые балки сварные коробчатого сечения. В зоне пересечения с хребтовой балкой на нижних листах шкворневых балок установлены пятники, усиленные сверху надпятниковыми коробками, а на расстоянии 762 мм от продольной оси вагона снизу приварены скользуны.

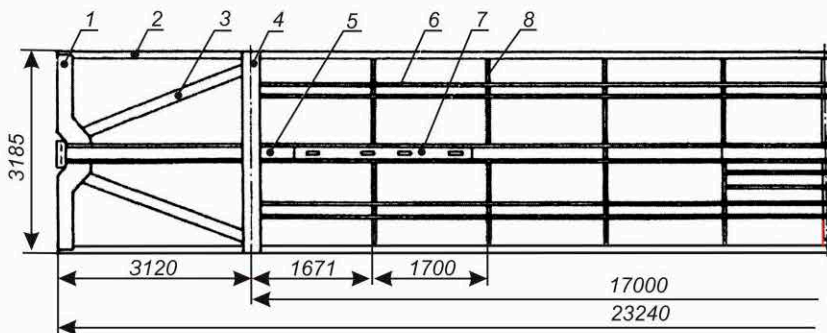


Рисунок 1.157 – Рама кузова двухъярусного крытого вагона для легковых автомобилей модели 11-835:

1 – концевая балка; 2 – боковая балка; 3 – раскос; 4 – шкворневая балка; 5 – хребтовая балка; 6 – продольная балка; 7 – балластный груз; 8 – поперечная балка

Поперечные промежуточные балки рамы выполнены из швеллеров № 14, продольные – из швеллеров № 10, а раскосы – из швеллера № 30.

Пол настил из металлических гофрированных листов толщиной 3 мм. Для установки колесных упоров, предназначенных для крепления автомо-

билей, в полу предусмотрены щелевые пазы.

Верхний ярус (рисунок 1.158) кузова представляет собой раму с металлическим настилом пола из гофрированных листов толщиной 3 мм со щелевыми пазами для колесных упоров. Рама верхнего яруса состоит из двух боковых продольных 6, двух концевых и набора промежуточных поперечных балок 14.

Продольные и концевые балки сварные замкнутого коробчатого сечения из гнутых профилей, а поперечные балки – из гнутых П-образных элементов.

Боковые стены кузова вагона цельнометаллические. Они состоят (см. рисунок 1.158) из каркаса, металлической обшивки и двух рядов окон 5 и 7, размещенных по всей длине вагона и закрытых сетками.

Один из рядов 7 расположен на уровне крыши автомобилей нижнего яруса, а другой 5 – на уровне колес автомобилей верхнего яруса.

Рамы окон изготовлены из гнутых уголков и приварены к стойкам, а также к верхней и средней продольной обвязкам стен.

В рамки вделаны сетчатые решетки, выполненные из проволоки сечением 6 мм.

Ячейки решетки имеют ромбическую форму с размерами большей диагонали 150 мм.

Каркас стены включает верхнюю 4 и нижнюю 10 обвязки, среднюю продольную балку 6, являющуюся боковой балкой рамы верхнего яруса, две угловые и тринадцать промежуточных стоек 9, а также двенадцать раскосов. Раскосы поставлены только между нижней обвязкой и средней продольной балкой и направлены в противоположные стороны от середины вагона. Угловые стойки замкнутого коробчатого сечения, а верхняя обвязка – из гнутого уголка, нижняя обвязка – из прокатного швеллера № 20, промежуточные стойки и раскосы – из гнутых швеллеров. Обшивка стен 8 металлическая гофрированная. С нижней обвязкой 10 стена связана накладкой 11 и усилена уголками 12 и 13.

Крыша кузова металлическая сварная. Каркас крыши обшит гофриро-

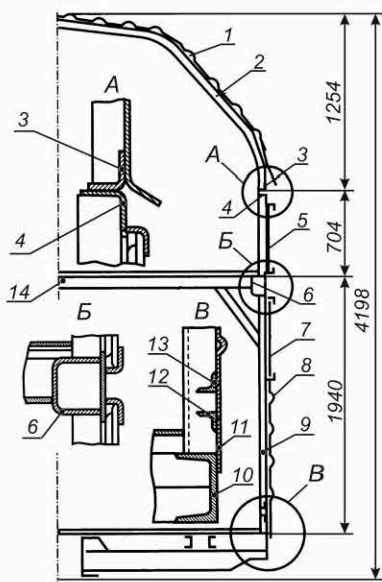


Рисунок 1.158 – Поперечное сечение кузова двухъярусного крытого вагона для легковых автомобилей модели 11-835

ванными листами 1. Каркас выполнен из двух продольных обвязок 3 и набора дуг 2 соответственно уголкового и Z-образного профилей. Дуги крыши, стойки стен и поперечные балки лежат в одной плоскости, образуя замкнутые шпангоуты.

Торцевые стены обеих сторон кузова представляют собой двустворчатые двери. Переездные площадки при закрытии дверей поднимаются в вертикальное положение. При этом нижняя площадка располагается с наружной стороны дверей, а второго яруса – с внутренней стороны кузова. Стопорное устройство нижней площадки может быть заперто навесным замком, без открытия которого нельзя опустить переездную площадку и открыть двери. Для облегчения подъема переездные площадки снабжены пружинными компенсаторами.

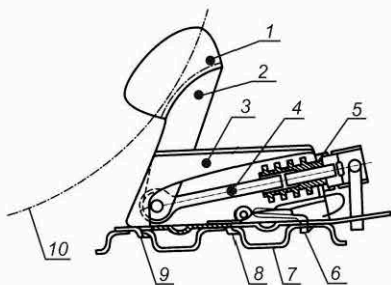


Рисунок 1.159 – Упор колесный

Закрепление автомобилей в вагоне предусматривается съемными колесными упорами (рисунок 1.159).

Колесный упор имеет корпус 3, внутри которого размещены винт 4 с регулировочной гайкой 5 и закидка 6. Винт шарнирно соединен с рычагом 2, заканчивающимся башмаком 1, на который опирается колесо 10 автомобиля. Подошва корпуса упора крепится к полу 7 рамы двумя захватами 9 через щелевые пазы и удерживается закидкой 6, которая

прижимается к полу пружиной 8. При вращении гайки винт поступательно перемещается относительно нее, тянет за нижнее плечо рычага и прижимает башмак 1 к колесу. Обжатие всех четырех колес обеспечивает надежное закрепление автомобиля на вагоне.

Ходовые части, автосцепное устройство и тормозное оборудование – типовые. В качестве ходовых частей используются тележки грузовых вагонов модели 18-100 с четырьмя пружинами в комплекте вместо семи.

Крытый двухъярусный вагон для легковых автомобилей модели 11-287 (рисунок 1.160) выпускается ОАО «Алтайвагон» с 1994 года.

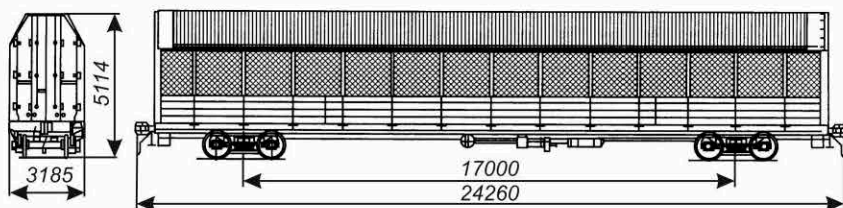


Рисунок 1.160 – Крытый двухярусный вагон для легковых автомобилей модели 11-287

Грузоподъемность вагона 16 т, масса тары 38,5 т, общая длина – 24,26 м, длина рамы – 23,24 м, база – 17 м, высота проема первого яруса 1,82 м, а второго – 1,85 м.

Крытый вагон-хоппер для зерна модели 19-756. Вагон выпускается Крюковским вагоностроительным заводом. Он спроектирован по габариту 1-Т. Характеристика вагона приведена в таблице 1.7.

Вагон цельнометаллический, саморазгружающийся, бункерного типа (рисунок 1.161). Рама 8, боковые 5 и торцовые 6 стены и крыша 1 образуют кузов вагона. Вагон имеет шесть бункеров 11 по три с каждой стороны с механизмами 12 для открывания и закрывания разгрузочных люков.

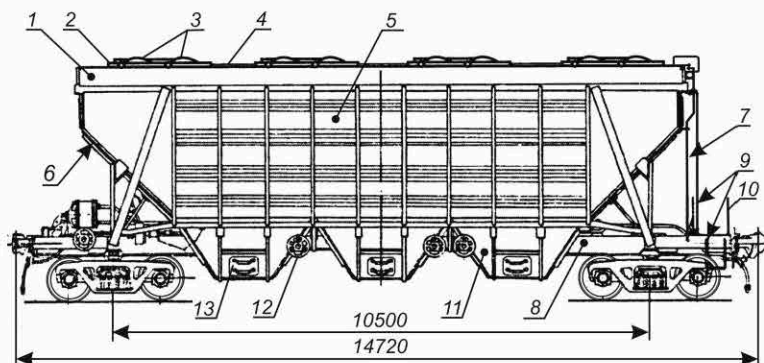


Рисунок 1.161 – Крытый вагон-хоппер для зерна модели 19-756

Для облегчения высыпания груза на бункерах предусмотрены устройства 13 для постановки вибраторов. Вагон загружают через четыре щелевых загрузочных люка 2, расположенных в крыше кузова. Люки закрывают крышками (1690×660 мм) с резиновыми уплотнениями. Каждая крышка запирается двумя упругими закидками 3, которые в закрытом положении заходят за захватные скобы, приваренные к крыше, и прижимают крышку к

горловине люка. Для предупреждения самопроизвольного выхода закидок из захватных скоб крышки снабжены механизмом запирания. Он представляет собой вал 4, расположенный вдоль крышек люков по всей длине крышки, с приваренными к нему против каждой захватной скобы секторами. Привод вала 7 расположен на торцевой стене вагона. При повороте вала по часовой стрелке его секторы закрывают открытое пространство захватных скоб и исключают выход закидок 3 из-под них. При повороте вала против часовой стрелки секторы выходят из-под захватных скоб, выводят закидки из них и позволяют открыть крышки. Для влезания на крышу на торцевой стороне кузова и на раме установлены лестницы 9. Переходная площадка вагона снабжена ограждением 10. Все несущие элементы кузова выполнены из низколегированной стали 09Г2Д, а обшивка – из стали 10ХНДП-2.

Рама (рисунок 1.162) состоит из хребтовой 3, двух концевых 5, двух шкворневых 1, двух средних 4 балок, а также боковых балок: двух основных 2 на участке между шкворневыми балками и четырех боковых облегченных 17 в концевых частях рамы.

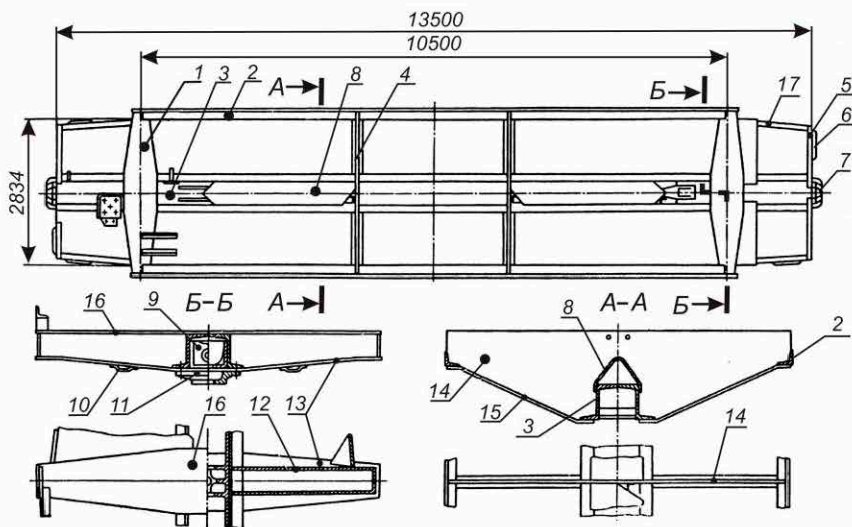


Рисунок 1.162 – Рама крытого вагона-хоппера для зерна модели 19-756

Хребтовая балка сварена из двух Z-образных профилей № 31, перекрытых в средней части коньком 8 (4 мм) для лучшего ссыпания груза. В консольной части хребтовая балка усилена розеткой 7 и упорами автосцепки. *Боковые балки* выполнены из уголка 125 × 80 × 10 мм. *Концевые балки* сварены Г-образной формы поперечного сечения из листов толщиной 4 мм.

Для безопасной работы составителя на концевой балке установлены поручни 6. Шкворневые балки коробчатого сечения состоят из верхнего 16, нижнего 13 листов толщиной 10 мм и четырех вертикальных 12 (6 мм). На нижнем листе балки укреплены скользуны 10 и пятник 11. Для обеспечения прочности опорного узла и повышения жесткости сопряжения шкворневой и хребтовой балок между ними установлена надпятниковая коробка 9. Средние поперечные балки состоят из вертикального 14 (6 мм) и нижнего наклонного (8 мм) листов.

На рисунке 1.163 показана торцевая часть вагона с поперечным сечением кузова. С помощью рисунка 1.163 поясним конструкцию боковой и торцевой стен, а также бункеров и крыши.

Боковые стены выполнены из гофрированных металлических листов 6 толщиной 3 мм, подкрепленных для жесткости десятью стойками 5, верхней 4 и нижней 7 обвязками.

Стойки изготовлены из двутавра № 10, верхняя обвязка 4 – из гнутого специального профиля толщиной 6 мм, а нижняя – из прокатного уголка 125×80×10 мм. Для большей жесткости каждая стена связана с рамой двумя наклонными швеллерами № 14.

Бункеры 9 сварены из листов толщиной 5 мм в форме усеченной пирамиды и имеют разгрузочные крышки 10 люков с резиновыми уплотнениями.

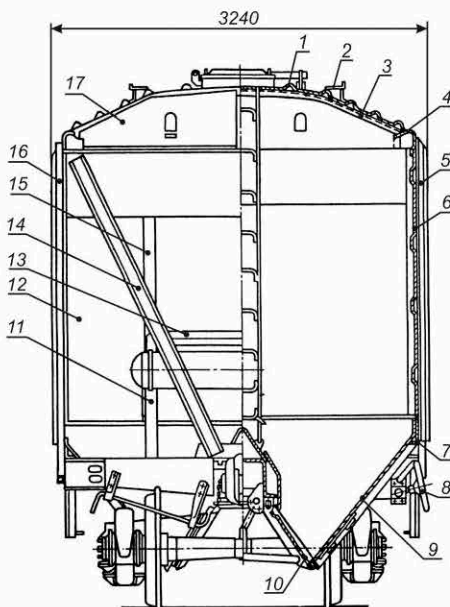


Рисунок 1.163 – Поперечное сечение кузова крытого вагона-хоптера для зерна модели 19-756

Каждые два противоположные бункера снабжены одним рычажным механизмом разгрузки с приводным штурвалом 8. Механизм разгрузки обеспечивает попарное открывание и закрывание крышек люков бункеров, а также позволяет дозировать высыпание зерна или прекращать выгрузку в любой момент времени. Он состоит из винтового привода со штурвалом, укрепленного на кронштейне, и системы шарнирно связанных между собой рычагов и тяг с распорками, соединенными попарно с крышками разгрузочных люков. Закрытие крышек обеспечивается переходом осей распорок за

«мертвую» точку, что предохраняет крышки от самопроизвольного открывания. Для более полной выгрузки вагона предусмотрена возможность установки на бункерах вибраторов.

Наклонные торцевые стены кузова *12* располагаются под углом 55° к плоскости рамы. Они сварены из верхнего и нижнего листов толщиной 4 мм и двух боковых обвязок уголкового профиля сечением $60 \times 60 \times 6$ мм. Верхний лист имеет отбортовку, которая выполняет роль верхней обвязки. В нижней части сделана фигурная подштамповка, которая, соединяясь с наклонным листом стены, образует поперечную балку коробчатого сечения. Нижний лист обшивки усилен двумя продольными *15* и одним поперечным *13* поясами и подкосами *11*. Для придания консольным частям кузова достаточной прочности и жесткости каждая торцевая стена усилена двумя стойками-раскосами *14* и *16* из швеллера № 14.

Крыша кузова сварная и состоит из листовой гофрированной обшивки *1* толщиной 3 мм в середине и 1,8 мм по бокам, подкрепленной двенадцатью дугами *3*, выполненными из уголка $75 \times 50 \times 5$ мм. На крыше расположены четыре загрузочных люка щелевого типа. С торцовыми стенами крыша связана фрамугами *17*, а с боковыми – непосредственно приваркой к верхней обвязке *4* стены. Для доступа на крышу и внутрь вагона имеются лестницы, а по всей длине крыши – трап *2*.

Крытый вагон-хоппер для цемента модели 19-758. Специализированный крытый вагон-хоппер для цемента модели 19-758 (рисунок 1.164) имеет характеристику, указанную в таблице 1.7.

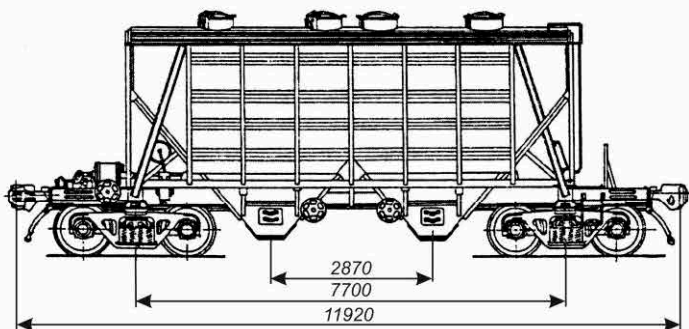


Рисунок 1.164 – Крытый вагон-хоппер для цемента модели 19-758

Вагон служит для бестарной перевозки цемента к местам массового потребления, где имеются приемные устройства, расположенные между рельсами. Кузов цементовоза от кузова зерновоза отличается только своими размерами и числом бункеров, которых в вагоне четыре, а не шесть. Торце-

вые стены кузова наклонены под углом 50° к плоскости рамы.

Крытый вагон-хоппер для минеральных удобрений модели 19-923.

Вагон (рисунок 1.165) отличается от рассмотренных ранее бункерных типов тем, что крышки его загрузочных люков (1630×480 мм) открываются, как и у всех вагонов, вручную, а разгрузочные (2382×840 мм) – от пневматической магистрали с локомотива или от стационарного источника питания воздухом. Кроме того, разгрузочные люки бункеров имеют не нижнюю, а боковую разгрузку.

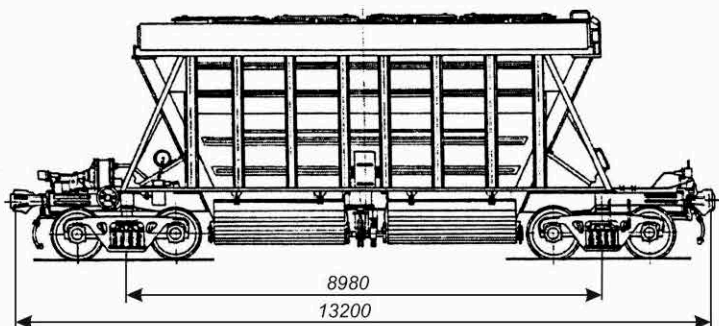


Рисунок 1.165 – Крытый вагон-хоппер для минеральных удобрений модели 19-923

1.7 Вагоны-цистерны

1.7.1 Назначение, состав и классификация вагонов-цистерн

Назначение. Вагон-цистерна – грузовой вагон с кузовом в виде резервуара цилиндрической формы, имеющего загрузочные люки, сливно-наливную, контрольную и запорную арматуру, предназначенный для перевозки жидких грузов, сжиженных газов, сыпучих пылевидных грузов (ГОСТ 34056–2017).

Кузов цистерны состоит из котла, типовой рамы, унифицированных узлов крепления котла к раме и специальных устройств, необходимых для использования цистерны по назначению (устройства загрузки и разгрузки, предохранительно-контрольная арматура и дополнительные устройства (при необходимости)).

Отличительной особенностью вагонов-цистерн (далее – цистерн) является кузов, выполненный в виде резервуара.

Конструкция. Цистерна должна состоять из следующих основных сборочных единиц (ГОСТ Р 51659–2000):

- емкости (котла) с арматурой;
- крепления котла к платформе;

– платформы, оборудованной тележками, автосцепными устройствами, автоматическим и стояночным тормозами.

Котлы цистерн должны быть оборудованы люками-лазами, устройствами для загрузки и выгрузки, предохранительной контрольной арматурой, наружной лестницей, подножками, поручнями, помостами.

В зависимости от назначения цистерн котлы могут быть оборудованы подогревающим устройством, теневой защитой, теплоизоляционным покрытием, приспособлениями для установки запорно-пломбировочных устройств и другими устройствами.

Котлы цистерн должны иметь конфигурацию и (или) быть оборудованы устройствами, способствующими полной выгрузке продукта. Котлы нефтебензиновых цистерн с нижним сливом оборудуют унифицированными сливными устройствами.

Цистерны для перевозки опасных грузов оборудуют устройствами защиты котла и арматуры, а также устройством, обеспечивающим герметизированный отбор проб.

Классификация. В зависимости от вида перевозимых грузов цистерны подразделяются на две группы: *общего назначения* – для перевозки широкой номенклатуры нефтепродуктов, *специализированные* – для перевозки отдельных видов грузов.

Для удобства эксплуатации, ремонта и постройки цистерны общего назначения и специальные имеют унифицированные рамы и узлы крепления котла к раме.

Цистерны различаются также:

– *назначением* – для грузов наливных, сжиженных, вязких, скоропортящихся, затвердевающих и порошкообразных;

– *калибровочным типом* – для определения массы жидкого груза замерно-калибровочным способом без взвешивания цистерны;

– *конструкцией кузова* – рамные и безрамные

– *конструкцией котла* – безсекционные, секционные и бункерного типа;

– *наличием дополнительных устройств* – теневая защита, термоизоляция, устройства разогрева груза;

– *способом загрузки* – открытый или закрытый;

– *состоянием груза при движении* – без давления и под давлением;

– *способом разогрева груза в котле* – пароподогрев (наружный – кожух, змеевики, внутренний – змеевики) и электроподогрев (электронагреватели);

– *способом поддержания температурного режима* – с термоизоляцией и без термоизоляции;

– *технической характеристикой* – осностью, грузоподъемностью, объемом котла, габаритом и др.;

– *принадлежностью* – собственность дороги или собственность предприятий, выпускающих продукцию, перевозимую в цистернах.

Замерно-калибровочный способ определения массы жидкого груза.

Цистерны различаются калибровочным типом для возможности определения массы жидкого груза без взвешивания цистерны. Калибровочный тип

цистерны обозначен металлическими цифрами, приваренными к котлу на обеих сторонах его цилиндрической части.

Для использования замерно-калибровочного способа необходимо произвести измерения высоты наполнения котла *метритом* и плотности груза *денсиметром*. Далее посредством специальных *таблиц калибровки*, в которых приведена емкость котла в зависимости от уровня его налива, вычисляют массу груза умножением плотности груза на объем заполнения котла.

Таким образом, калибровочный номер характеризует объем котла, заполненный грузом, а калибровочный тип используется для возможности применения замерно-калибровочного способа.

Конструкция котла. Вагоностроительные заводы выпускают вагоны-цистерны с различным конструктивным оформлением котлов, которые наилучшим образом приспособлены к тем или иным условиям перевозки-погрузки-выгрузки цистерн. Как правило, это котлы безсекционные, секционные и бункерного типа.

Дополнительные устройства цистерн. Специфические особенности перевозимых грузов влияют не только на форму резервуаров, но и на оснащение их различными устройствами.

Теневая защита верхней части котла необходима для предохранения котла от нагрева солнечными лучами, что может привести к перегреву некоторых грузов и, следовательно, к их потере и заражению окружающей среды. Такими защитными экранами оборудовано большинство цистерн для перевозки сжиженных газов.

Термоизоляция котла предназначена для поддержания температурного режима груза в котле при его транспортировке. Используется в цистернах для скоропортящихся и затвердевающих грузов. В этих цистернах котел изолирован термоизоляционным материалом толщиной 200–300 мм, покрытым металлическим кожухом. Кожух представляет собой цилиндрическую обечайку с днищами. Обечайка состоит из поперечных секций, стыки между которыми закрываются декоративными хомутами. Крепится металлический кожух к раме платформы.

Термоизоляция цистерн различается в основном изоляционным материалом, в качестве которого применяется стеклорулонный материал МРТ-35 толщиной 300 мм, пенополиуретан или стеклянное штапельное волокно ЦФД.

Устройства для разогрева груза в котле перед сливом применяются в цистернах для вязких и затвердевающих грузов. Подогрев осуществляется с помощью теплоносителей – пара, горячей воды или воздуха. Для этого цистерны снабжены подогревательным кожухом, змеевиками внутри или снаружи котла, электронагревательными трубчатыми элементами, установленными в нижней части котла изнутри.

Способы загрузки-выгрузки цистерн. В цистернах используются два способа загрузки: открытый или закрытый.

Открытый способ характеризуется загрузкой груза через верхний люк.

Закрытый способ исключает вредное воздействие грузов на окружающую среду, т. е. отвечает требованиям экологичности. Заполнение груза происходит по герметичной наливной трубе, а газы из котла отводятся по специальному трубопроводу в соответствующее место (в отдельный резервуар пункта загрузки). Для этой цели на цистернах предусматривают установку наливных труб и патрубков для выхода газов. При загрузке к ним подсоединяют жидкостные и газовые коммуникации пункта погрузки. Трубы и патрубки на цистернах оборудуются заглушками или вентилями.

Способы выгрузки – под давлением (передавливанием, сифонированием, аэропневматический) или без давления (самотеком).

Сифонирование осуществляется посредством вакуум-насоса. Перед сливом необходимо в котле создать избыточное давление для первоначального подпора груза (залива насоса). Воздух в котел поступает или из атмосферы, или из резервуара, куда сливается груз.

Примечание – *Сифон* (от греч. *siphon* – трубка, насос).

Цистерны с верхним открытым способом загрузки и нижним сливом (рисунок 1.166) проектируют для грузов, случайная утечка которых через нижний сливной прибор не наносит значительный экологический ущерб окружающей среде. К ним относятся пять групп цистерн: *I* – для бензина и светлых нефтепродуктов; *II* – для вязких нефтепродуктов, фенола и патоки; *III* – для пищевых продуктов (молока, виноматериалов и плодоовощных соков); *IV* – для порошкообразных грузов (цемента, кальцинированной соды) и *V* – для пасты сульфанола.

Цистерны с верхним закрытым способом загрузки и выгрузки (рисунок 1.167) проектируют для опасных грузов, утечка которых в окружающую среду недопустима. К ним также относятся пять групп цистерн: *I* – для улучшенной серной кислоты, серной кислоты, желтого фосфора, олеума, серы, соляной кислоты; *II* – для слабой азотной кислоты, уксусной кислоты, жидкого пека; *III* – для метанола, этиловой жидкости, плодоовощных соков, капролактама, пасты сульфанола. Все они (кроме цистерны для пасты сульфанола) имеют закрытый способ загрузки и выгрузки; *IV* – для ацетальдегида, сжиженного газа (аммиака, пропана, пентана, углеводородных газов); *V* – для хлора.

Выгрузка цистерн *I* группы производится передавливанием под давлением 0,15 МПа. Газовый патрубок этих цистерн соединяется не с атмосферой, а с отдельным резервуаром. У цистерн для соляной кислоты газовый патрубок соединяется с атмосферой.

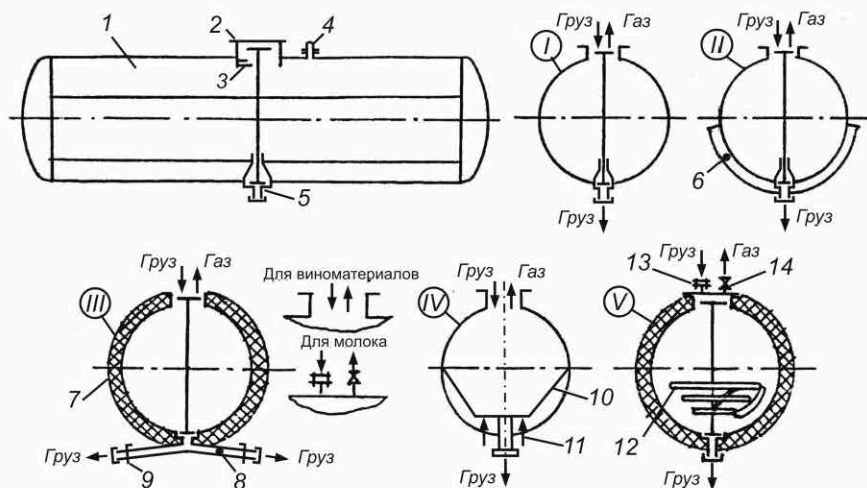


Рисунок 1.166 – Схемы котлов с верхним открытым способом загрузки и нижним выгрузки:

1 – котел; 2 – люк-лаз; 3 – сегментные планки; 4 – предохранительно-впускной клапан; 5 – сливной прибор; 6 – паровая рубашка; 7 – теплоизоляция; 8 – патрубок; 9 – кран; 10 – откос; 11 – воздушная коммуникация; 12 – паровой эмсевик; 13 – заглушка; 14 – вентиль

Выгрузка цистерн II–V групп может производиться как передавливанием груза, так и сифонированием.

Предохранительно-контрольная арматура. Для обеспечения безопасности эксплуатации цистерн, их загрузки и выгрузки используется предохранительно-контрольная арматура, часть из которой устанавливается на котлах.

1 *Предохранительная арматура:* предохранительный клапан (КП), предохранительно-впускной клапан (КПВ), предохранительная мембрана (ПМ), скоростной клапан (КС), обратный клапан (КО).

2 *Арматура для контроля уровня груза в котле:* трубки контроля с вентилями (ТК), поплавковый уровнемер (У), сегменты (С) или планки (ПЛ), электроконтактные датчики уровня (ЭУ).

3 *Пробоотборник (П).*

4 *Манометродержатель (М).*

5 *Терморкарман (Т) или термореле (ТР).*

В зависимости от предъявляемых требований арматура устанавливается в различном сочетании.

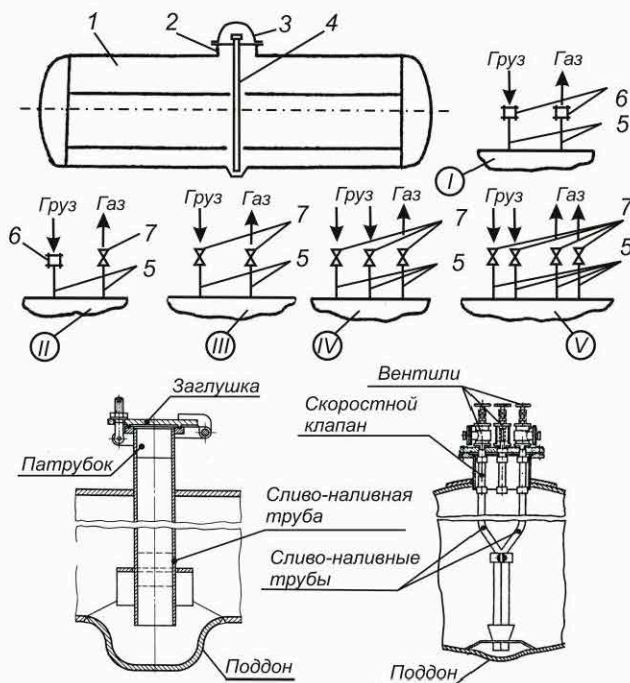


Рисунок 1.167 – Схемы верхней загрузки и выгрузки котлов с опасными грузами:
 1 – котел; 2 – люк-лаз; 3 – кожух; 4 – сливо-наливная труба; 5 – патрубок; 6 – заглушка; 7 – вентиль

Предохранительными клапанами оборудованы цистерны для соляной кислоты, этиловой жидкости, сжиженных газов, ацетальдегида, соков, суперфосфорной кислоты и порошкообразных грузов. Предохранительные клапаны (рисунок 1.168, а) имеют различное регулировочное давление от 0,07 до 2,0 МПа и предназначены для предотвращения повышения давления в котле выше допустимого при транспортировке, загрузке или выгрузке груза.

Предохранительно-впускные клапаны (рисунок 1.168, б) установлены на цистернах для наливных и вязких грузов, виноматериалов, капролактама, пасты сульфанола. Их назначение – регулировать давление в котле, а также не допускать возникновения в нем вакуума при транспортировке, загрузке или выгрузке. Эти клапаны бывают различных конструкций и имеют различные параметры.

Предохранительно-впускной клапан имеет отдельную регулировку усилия затяжки пружины 14 предохранительного клапана (клапана максимального давления) 19 и пружины 20 впускного клапана (вакуумного клапана) 18. В нефтебензиновых цистернах регулировка клапанов производится на из-

быточное давление 0,15 МПа (1,5 кгс/см²) и на разряжение 0,01–0,02 МПа (0,1–0,2 кгс/см²). Для предотвращения нарушения регулировки на предохранительно-впускной клапан устанавливаются две пломбы.

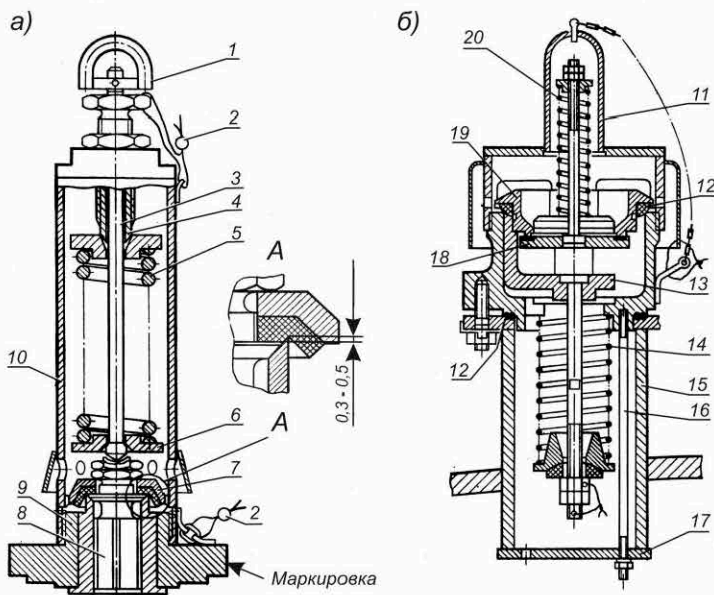


Рисунок 1.168 – Предохранительный (а) и предохранительно-впускной (б) клапаны:

1 – рым; 2 – пломба; 3 – шток; 4 – втулка; 5 – пружина; 6 – опора; 7 – клапан; 8 – золотник; 9 – фланец; 10 – крышка; 11 – колпак с цепочкой; 12 – прокладка; 13 – втулка направляющая; 14 – пружина предохранительного клапана; 15 – корпус; 16 – шпилька; 17 – планка прижимная; 18 – впускной клапан (клапан вакуума); 19 – предохранительный клапан (клапан максимального давления); 20 – пружина впускного клапана

Предохранительные мембраны (рисунок 1.169), рассчитанные на определенное избыточное давление в котле, устанавливаются на цистернах для хлора, плодовоовощных соков, жидкой серы и пека. Они отличаются конструктивным исполнением.

Скоростными клапанами (рисунок 1.170) оборудуют трубопроводы цистерн для сжиженных газов для груза в жидком и газообразном состояниях. Они автоматически перекрывают трубопроводы в случае отрыва подключенных к ним шлангов (кроме трубопровода для груза в газовом состоянии у цистерн для хлора).

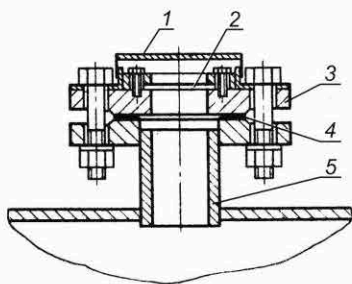


Рисунок 1.169 – Мембранный узел:
1 – кожа; 2 – мембрана; 3 – фланец; 4 – прокладка; 5 – патрубок

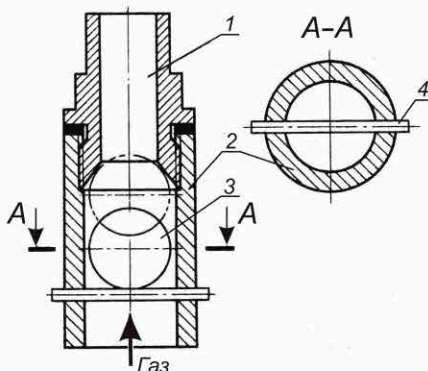


Рисунок 1.170 – Скоростной клапан:
1 – штуцер; 2 – труба; 3 – шарик; 4 – упор

Обратные клапаны (рисунок 1.171) размещают на воздухопроводах цистерн для порошкообразных грузов. Их назначение – предотвратить попадание груза в воздухопроводы при падении давления воздуха в них.

Пробоотборники на цистернах представляют собой трубу с вентилями или крышкой.

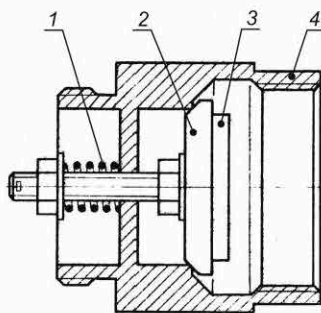


Рисунок 1.171 – Обратный клапан:
1 – пружина; 2 – прокладка; 3 – тарелка;
4 – корпус

Манометры на цистернах не устанавливают, так как они выходят из строя при движении. Однако на цистернах предусмотрены **манометродержатели** с заглушками, а на некоторых – с вентилями, чтобы можно было использовать манометры при загрузке и выгрузке.

Термореле для автоматического регулирования температуры в воздушной полости электронагревателей, оборудована цистерна для серы.

На цистернах для пека, капролактама и серы имеются **термокарманы**, в которые на пунктах слива устанавливаются термодатчики для контроля за температурой груза в котле.

1.7.2 Особенности цистерн рамной конструкции

Все серийные четырехосные цистерны выполняют рамной конструкции.

Цистерна рамной конструкции (рисунок 1.172) состоит из котла 1 с арматурой, платформы 4 и узлов крепления котла к раме платформы 2, 3 и 5. Она имеет типовые раму платформы для котла и схему крепления котла к раме [43].

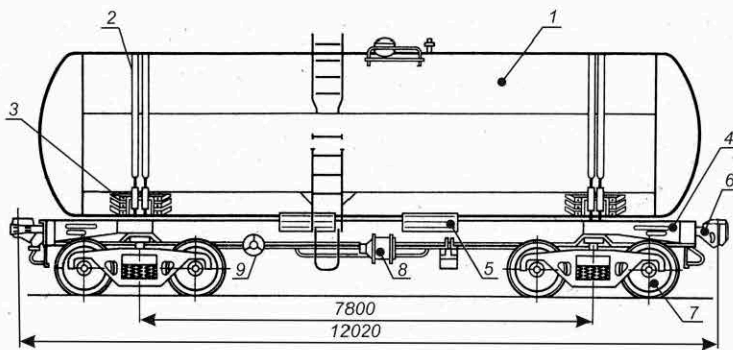


Рисунок 1.172 – Цистерна для перевозки бензина и светлых нефтепродуктов рамной конструкции модели 15-1443:

1 – котел; 2, 3 – концевые крепления котла к раме; 4 – рама платформы; 5 – среднее крепления котла к раме; 6 – автосцепное устройство; 7 – тележка; 8, 9 – автоматический и стояночный тормоза

Платформа, на которую устанавливается котел с арматурой, включает раму 4, ходовую часть 7, автосцепное устройство 6, автоматический 8 и стояночный 9 тормоза.

Вагоностроительные заводы изготавливают цистерны на базе нескольких модификаций типовых платформ, имеющих унифицированные основные размеры: длину по осям сцепления автосцепок 12020 мм, длину рамы по концевым балкам 10800 мм и базу 7800 мм.

Типовая рама платформы может быть *усиленной (полной)* – со сквозными боковыми балками или *облегченной* – с боковыми балками только в консольных частях рамы.

Возможность применения облегченной рамы объясняется особенностью нагружения ее основных элементов.

Продольные балки рам цистерн практически не участвуют в восприятии основных вертикальных сил ввиду того, что жесткость котла значительно превышает жесткость продольных балок рамы. В результате почти вся нагрузка от котла передается на шкворневые балки, на которых размещены опоры котла. Основные ударно-тяговые продольные усилия воспринимает хребтовая балка, которая выполняется из усиленных профилей. Вследствие

этого отсутствует необходимость в наличии в раме боковых и промежуточных поперечных балок, а также мощных концевых балок.

Облегченная рама имеет облегченные концевые балки и боковые балки, соединяющие в консольных частях рамы концевые и шкворневые балки.

Полная (усиленная) рама включает усиленные концевые и боковые балки. Такая рама обеспечивает возможность установки буферных комплектов, что является обязательным для международных перевозок.

На рисунках 1.173 и 1.174 показаны платформы с облегченной и усиленной рамами, используемые для установки котлов соответственно на вагоностроительных заводах ОАО «Азовмаш» (Украина) и ОАО «НПК «Уралвагонзавод»».

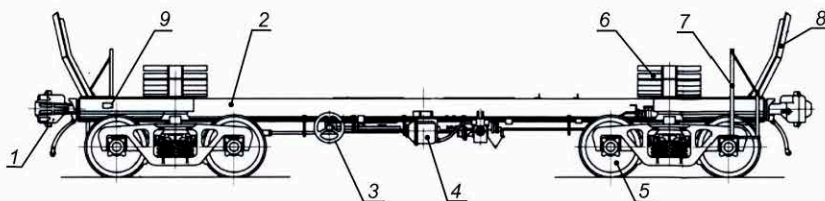


Рисунок 1.173 – Платформа четырехосной цистерны с облегченной рамой с опорными узлами для котла:

- 1 – устройство автосцепное; 2 – рама; 3, 4 – стояночный и автоматический тормоза; 5 – тележка;
6 – опора котла; 7 – подножка составителя; 8 – защитный экран (предохранительный щит);
9 – табличка с данными о цистерне

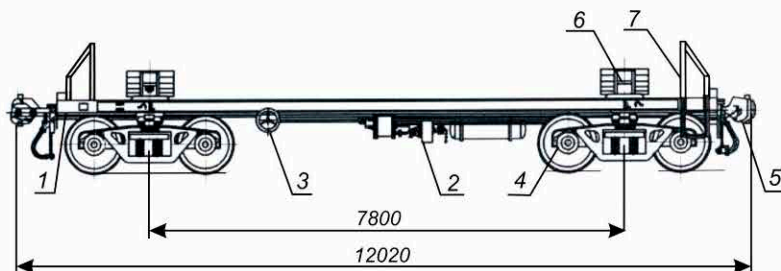


Рисунок 1.174 – Платформа четырехосной цистерны с усиленной рамой с опорными узлами для котла:

- 1 – рама; 2, 3 – автоматический и стояночный тормоза; 4 – тележка; 5 – автосцепное устройство;
6 – опора котла; 7 – подножка с поручнем составителя

Ходовыми частями платформ являются двухосные тележки типа 2, а в автосцепном устройстве используются автосцепки с верхним и нижним

ограничителем вертикальных перемещений и поглощающие аппараты не ниже класса Т2. Платформы оборудованы двумя боковыми подножками с поручнями составителя, расположенными в консольных частях рамы со стороны расцепного рычага автосцепки, кронштейнами (скобами) сигнальных фонарей и тяговыми кронштейнами для перемещения цистерны безрельсовым транспортом. Особенностью платформы, показанной на рисунке 1.173, является наличие защитных экранов 8, предотвращающих разгерметизацию котла (днища) при аварийных соударениях. На боковых балках рамы закреплены таблички с данными о цистерне.

Рамы платформ с опорами котла – облегченная и усиленная – показаны на рисунках 1.175 и 1.176.

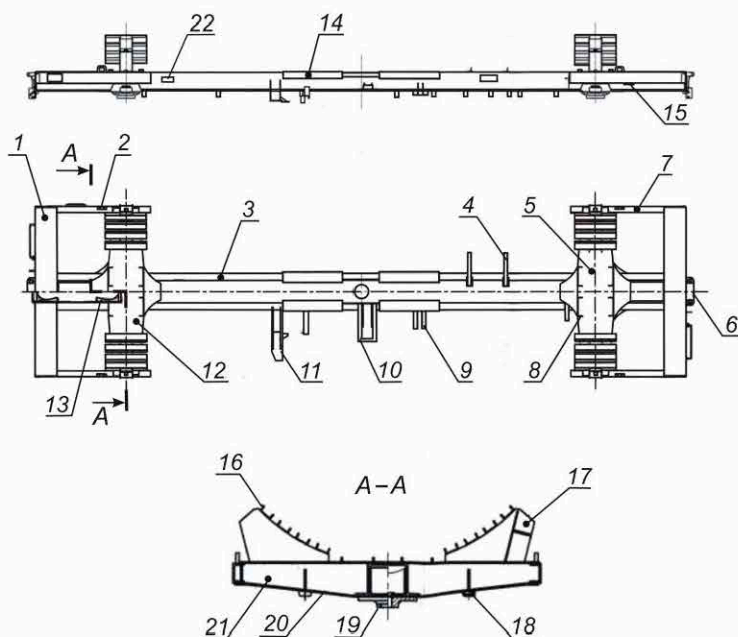


Рисунок 1.175 – Облегченная рама платформы с опорами для котла:

- 1 – концевая балка; 2 – кронштейны для подтягивания вагона; 3 – хребтовая балка;
 4, 9–11 – кронштейны для тормозного оборудования; 5, 20, 21 – верхний, нижний и вертикальный
 листы шкворневой балки; 6, 13 – передний и задний упоры; 7 – боковая балка; 8 – планка;
 12 – шкворневая балка; 14 – лапа рамы; 15 – пята для домкрата; 16 – желоб; 17 – опора;
 18 – скользяц; 19 – пятник; 22 – табличка

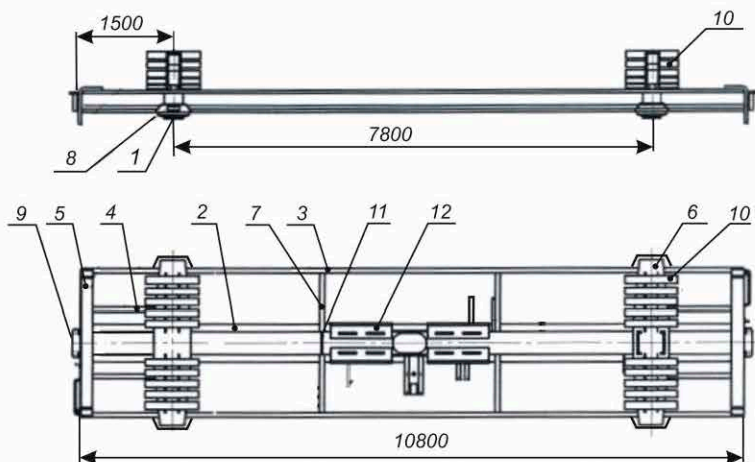


Рисунок 1.176 – Усиленная рама платформы с опорами котла:

1 – пятник; 2 – хребтовая балка; 3 – боковая балка; 4 – усиливающая балка;
5 – концевая балка; 6 – шкворневая балка; 7 – промежуточная балка; 8 – скользян; 9 – передний упор;
10 – опора котла; 11 – диафрагма; 12 – лапа рамы

Облегченная рама с опорами котла (см. рисунок 1.175) состоит из хребтовой 3, двух боковых 7 в каждой консольной части, двух концевых 1 и двух шкворневых балок 12 и опор котла.

На верхнем листе *шкворневой балки* установлены опоры 17 с желобами 16 и планки 8 для размещения деревянных брусков, служащих опорой котла. На нижнем листе шкворневой балки закреплены пятник 19 и скользяны 20 для опирания соответственно на подпятник и скользяны тележки.

В средней части *хребтовой балки* приварены лапы рамы 14 для крепления котла и табличка 22 с информацией о хребтовой балке, в консольных частях установлены передние 6 и задние 13 упоры для размещения автосцепного устройства.

На *боковых балках* 7 с каждой стороны установлены кронштейны для подтягивания вагона 2. К нижней полке боковых балок, в районе шкворневой балки, приварены пяты 15 для упора головки домкрата при подъеме цистерны для производства ремонта.

Усиленная рама с опорами котла показана на рисунке 1.176, а на рисунке 1.177 – рама без опор. Рассмотрим более подробно конструкцию самой рамы.

Усиленная рама (рисунок 1.177) платформы модели 13-149 состоит из хребтовой балки 1, двух боковых балок 4, двух концевых балок 3,

двух шкворневых балок 2, четырех промежуточных балок 7, четырех усиливающих балок 10 и двух усиления 5 и 6.

В средней части рамы размещены кронштейны: для крепления тормозного цилиндра 11, камеры 12 и запасного резервуара 9. В районе шкворневой балки расположен кронштейн авторежима 8.

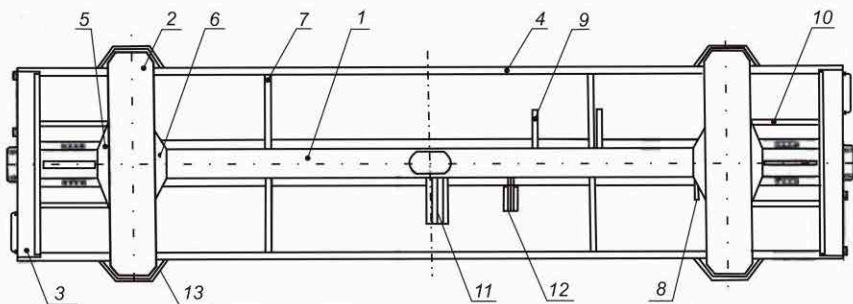


Рисунок 1.177 – Усиленная рама платформы:

1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – концевая балка; 4 – боковая балка; 5, 6 – усиления; 7 – промежуточная балка; 8 – кронштейн авторежима; 9 – кронштейн для крепления запасного резервуара; 10 – усиливающая балка; 11 – кронштейн для крепления тормозного цилиндра; 12 – кронштейн для крепления камеры; 13 – ограждение

Хребтовая балка состоит (рисунок 1.178) из двух усиленных зетовых профилей 4 № 31. В концевых частях хребтовой балки крепятся передние 1 и задние 3 упоры автосцепного устройства. В средней части хребтовой балки расположены фасонные лапы для крепления котла к раме.

Между передними и задними упорами к стенкам зета приклепаны заклепки планки 2 для исключения истирания стенок зета поглощающими аппаратами.

Для усиления хребтовой балки в районе ее соединения с промежуточными балками стенки зета соединены четырьмя диафрагмами 6.

В средней части хребтовой балки выполнено овальное отверстие, предназначенное для размещения корпуса сливного прибора цистерны. В районе отверстия стенки зета усилены накладкой 9.

Шкворневая балка (рисунок 1.179) – сварная коробчатого сечения переменной высоты, образованная верхним 1, нижним 8 и вертикальными 2 листами.

Сверху на шкворневой балке размещают сварные металлические опоры котла с желобами, в которых крепятся болтами деревянные опорные бруски.

К нижнему листу приварены скользуны 9. Между вертикальными листами для жесткости установлены диафрагмы 4. К нижнему листу, зетам хребтовой балки и надпятниковой коробке крепится заклепками пятник 10.

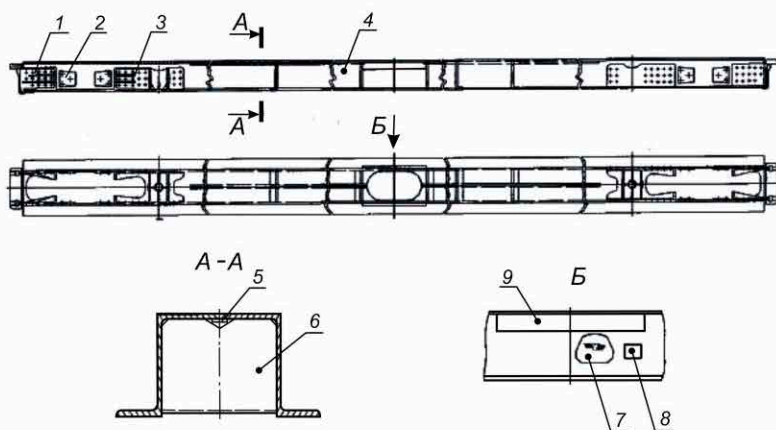


Рисунок 1.178 – Хребтовая балка усиленной рамы платформы:
 1 – передний упор с ударной розеткой; 2 – планка против истирания; 3 – задний упор с надпятником;
 4 – зет; 5 – планка; 6 – диафрагма; 7 – доска фирменная; 8 – табличка кода государства-
 собственника; 9 – накладка

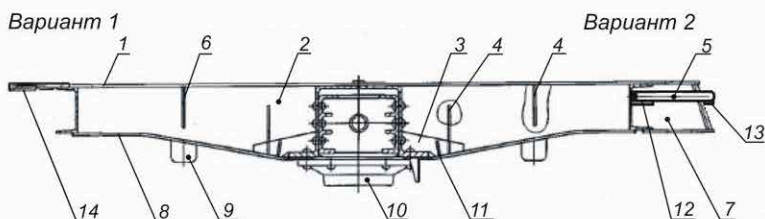


Рисунок 1.179 – Шкворневая балка усиленной рамы платформы:
 1, 2, 8 – верхний, вертикальный и нижний листы; 3 – компенсатор;
 4 – диафрагма; 5 – ограждение; 6, 11 – ребра; 7, 14 – коробка и планка поддомкрачивания; 9 – сколь-
 зун; 10 – пятник; 12, 13 – планки

Для устранения технологических зазоров при сборке предусмотрены компенсаторы 3, к которым для равномерного распределения напряжений в зоне перехода нижнего листа к полке зета приварены ребра 11.

К верхнему листу приварены планки поддомкрачивания 14 с рифленой поверхностью (вариант конструктивного исполнения 1). По требованию заказчика шкворневые балки могут быть оборудованы коробками поддомкрачивания 7 (вариант 2).

Во избежание травмирования людей об острые кромки нижнего и верхнего листов шкворневой балки, установлено ограждение 5.

Верхний лист шкворневой балки подкреплён в районе хребтовой балки усилениями 5 и 6 (см. рисунок 1.177).

Концевая балка (рисунок 1.180) представляет собой конструкцию, состоящую из лобового 1, верхнего 3 и нижнего 7 листов. Для увеличения жесткости внутри приварены ребра 4. Верхний и нижний листы концевой балки усилены соответственно планками 2 и 8.

На лобовых листах устанавливаются скобы расцепного рычага 6, 9 и сигнального фонаря 5, поручень сцепщика 10.

В концевых балках внутри приварен уголок, который служит для крепления балок, усиливающих консольную часть рамы, а также увеличивает жесткость конструкции.

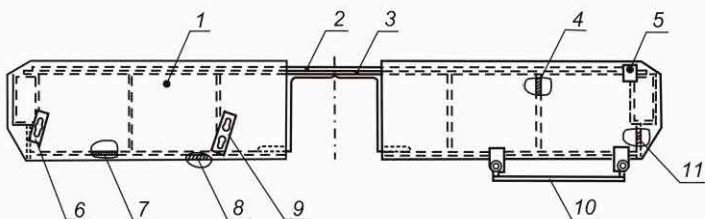


Рисунок 1.180 – Концевая балка усиленной рамы платформы:

1, 3, 7 – лобовой, верхний, нижний и листы; 2, 8, 11 – планки;
4 – ребро; 5 – скоба сигнального фонаря; 6, 9 – скобы расцепного рычага; 10 – поручень сцепщика

Концевые балки платформы модели 13-491-01 в отличие от модели 13-491 дополнительно усилены ребрами и планками для установки буферного комплекта.

Боковые балки 4 (см. рисунок 1.177) выполнены из специального швеллера 20В-2 ГОСТ 5267.1, по концам которого сварены планки для крепления подножек составителя 7 (см. рисунок 1.174).

Промежуточные балки 7 (см. рисунок 1.177) выполнены из швеллера 16В-2 ГОСТ 5267.1.

Усиливающие балки 10 (см. рисунок 1.177) представляют собой конструкцию коробчатого сечения, образованную швеллером 16-В ГОСТ 8240 и планкой.

Крепление котла на раме (рисунок 1.181) осуществляется в средней и концевых его частях.

Для предотвращения смещения котла при действии продольных нагрузок котел в средней части снабжен приваренными к его нижнему листу лапами 2, которые соединены с лапами рамы 8 с помощью призонных (чистых) болтов 4, запрессованных в отверстия лап.

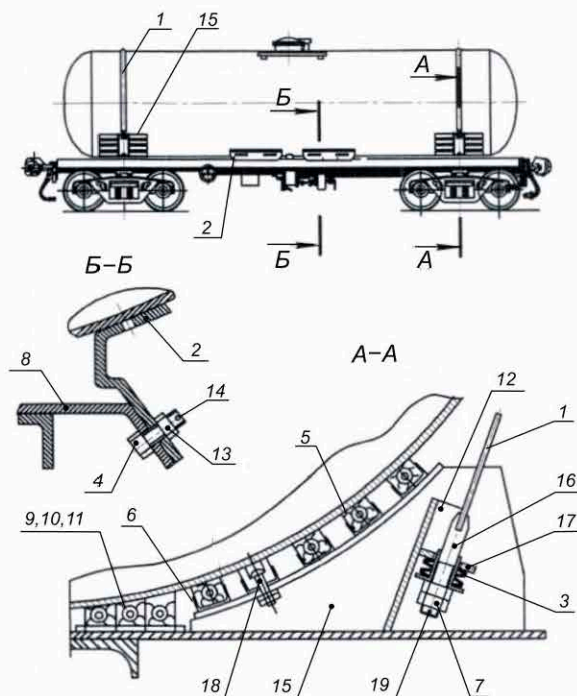


Рисунок 1.181 – Крепление котла на раме четырехосной цистерны:

1 – хомут; 2, 8 – лапы котла и рамы; 3 – пружина тарельчатая; 4 – призонный болт;
5, 9–11 – деревянные бруски; 6 – желоб (швеллер); 7, 13 – гайки М42 и М24; 12 – предохранитель скручивания; 14, 19 – шпильки; 15 – опора; 16 – наконечник; 17 – кронштейн опоры; 18 – болт

Примечание – **Болт призонный** – болт, диаметр гладкой части стержня которого определяют из условия обеспечения работы соединения на срез (ГОСТ 27017–86).

Концевые части котла лежат на деревянных опорных брусках (лежнях) 5, 9–11 и могут перемещаться относительно ее середины при температурных деформациях.

Бруски 5 установлены в желобах (швеллерах) 6 металлических опор 15 рамы и прикреплены к ним болтами 18. Деревянные бруски 9–11 между опорами 15 укладываются непосредственно на хребтовую балку. Размеры деревянных брусков (лежней) – $100 \times 50 \times 1000$ мм. По высоте бруски подгоняются индивидуально для каждого котла.

Для предотвращения перемещений котла в вертикальном и поперечном направлениях котел к опорам притянут хомутами 1. Хомут выполнен сечением 8×100 мм или 7×130 мм с приваренными наконечниками 16.

Хомуты, охватывающие котел, притянуты гайками 7 к кронштейнам 17 опор рамы с применением тарельчатых пружин 3. За счет деформации тарельчатых пружин хомуты постоянно находятся в натянутом состоянии, обеспечивая наиболее равномерное их натяжение при движении цистерны.

Тарельчатые пружины 3 выполнены из пружинной стали, термообработаны, имеют сверху и снизу шлифованные опорные пояски, исключаящие врезание крайних пружин в планку опор и фланец стакана.

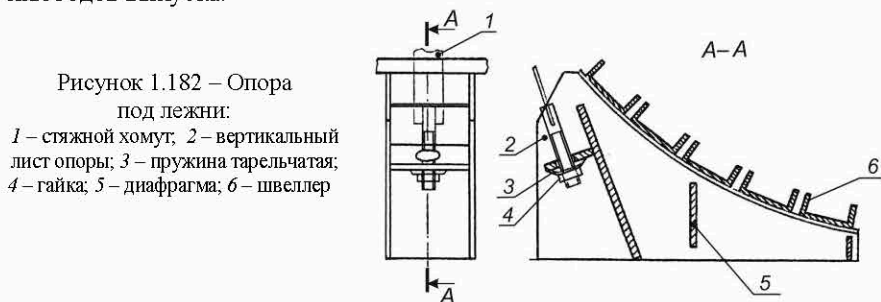
Максимальное усилие сжатия комплекта из четырех пружин – 106852 Н (10685 кгс). Высота сжатого комплекта пружин в эксплуатации должна быть 30–32 мм.

Хомуты 1 защищены от скручивания при затяжке гаек 7 специальными пластинами 12 (у некоторых моделей).

Для предотвращения потери гаек 7 и 13 в болтах 4 и наконечниках хомутов 1 установлены шплинты 14 и 19.

Конструкция металлических опор для деревянных брусков имеет вид, показанный на рисунке 1.182.

Опоры под лежни выполнены сварной конструкции из листов 10 мм в виде открытой коробки, для жесткости которой вертикальные листы 2 связаны в середине диафрагмами 5. Для большей площади контакта котла с лежнями, число швеллеров 6 каждой опоры увеличено в цистернах новой конструкции до пяти вместо трех, имеющих место в цистернах более ранних годов выпуска.



Крепление котла к раме в цистернах более ранних лет выпуска. Покажем для сравнения узлы крепления котла к раме в цистернах более ранних годов изготовления (рисунок 1.183).

Крепление в средней части аналогично приведенному выше. Выполняется призонными болтами 3, запрессованными в лапы 4 рамы и лапы 2 котла и затянутыми гайками через шайбы.

Концевые части котла, лежащие на деревянных брусках 8 и 10, имеют меньшую площадь контакта за счет уменьшенного числа брусков (три) 10,

установленных в металлических желобах 11 на каждой опоре (диафрагме) 12. Бруски закреплены в желобах болтами 9.

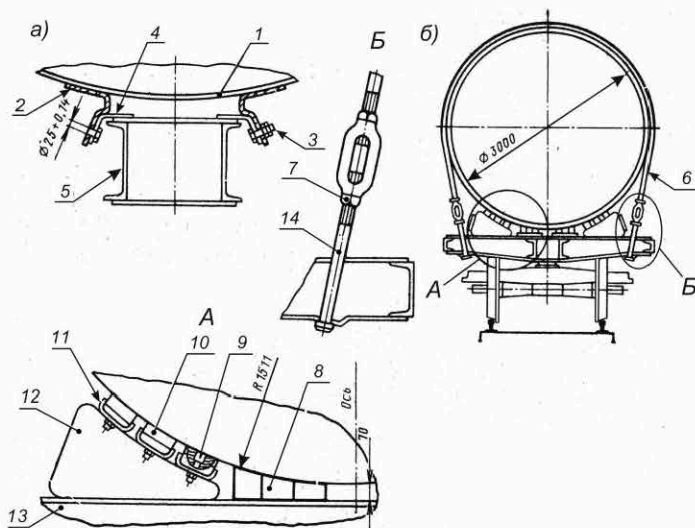


Рисунок 1.183 – Крепление котла к раме четырехосной цистерны:

а – крепление в средней части цистерны; *б* – крепление в концевой части;
 1 – котел; 2, 4 – лапы котла и рамы; 3 – призонный болт; 5, 13 – хребтовая и шкворневая балки;
 6 – хомут; 7 – муфта; 8, 10 – деревянные бруски; 9 – болт с гайкой; 11 – желоб (швеллер); 12 – опора (диафрагма); 14 – стяжной болт

Крепление концевых частей котла к опорам выполняется четырьмя (а не двумя) хомутами *б* с муфтами 7 и стяжными болтами.

Затягивают хомуты муфтой, соединяющей их наконечники со стяжным болтом, имеющим левую резьбу.

1.7.3 Цистерны общего назначения

Цистерны общего назначения предназначены для перевозки широкой номенклатуры жидких нефтепродуктов, не требующих подогрева при наливке и сливе в диапазоне климатических изменений температуры груза. К таким грузам относятся светлые нефтепродукты (бензин, керосин, лигроин и т. п.) и темные (нефть, минеральные масла и т. п.).

Цистерны общего назначения составляют основную часть парка вагонов-цистерн. Они имеют унифицированные узлы и элементы, к которым относятся **люк-лаз** для загрузки продукта, технического обслуживания и

доступа внутрь котла, **сливной прибор** для слива груза и **предохранительно-впускной клапан** для ограничения избыточного давления в котле при повышении температуры груза и защиты котла от вакуума при охлаждении груза и конденсации его паров.

Основными изготовителями цистерн являются ОАО «НПК “Уралвагон-завод”», ОАО «Рузхиммаш» (Россия) и ОАО «Азовмаш», ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (Украина).

1.7.3.1 Конструкция четырехосной цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-150. Цистерна разработана Уральским конструкторским бюро вагоностроения ОАО «НПК “Уралвагонзавод”» для расчетной статической нагрузки от колесной пары на рельсы 230,5 кН (23,5 тс) и конструкционной скорости 120 км/ч. Изготавливается рамной конструкции в ОАО «НПК “Уралвагонзавод” и ЗАО «МогилевТрансВагон» (Республика Беларусь).

Цистерна изготавливается в климатическом исполнении «У» для категории размещения 1 ГОСТ 15150 с обеспечением эксплуатационной надежности в диапазоне температур от минус 50 до плюс 50 °С.

Техническая характеристика цистерны модели 15-150 и ее модификаций приведена в таблице 1.8.

Способ погрузки – налив через люк при открытой крышке люка.

Способ выгрузки – самотеком при открытом сливном приборе и открытой крышке люка.

Предусмотрена **возможность установки буферных устройств и защитных экранов.**

Примечание – Код цистерны по СМГС (Соглашению о международном грузовом сообщении) содержит информацию о расчетном давлении котла, расположении устройств, предназначенных для слива-налива, и предохранительных устройствах. Он состоит из цифр и букв, расположенных в определенной последовательности [75].

Цистерны модели 15-150 и ее модификации различаются диаметрами применяемых котлов:

– 15-150, 15-150-01, 15-150-02 – внутренний диаметр котла 3000 мм, габарит цистерны 02-ВМ;

– 15-150-03, 15-150-04 – внутренний диаметр котла 3200 мм, габарит цистерны 1-ВМ.

Для установки котлов используются платформы моделей 13-491 и 13-491-01.

Цистерна (рисунок 1.184) состоит из следующих частей: котла 1, типовой четырехосной платформы 9, типовых узлов крепления котла 2, 7 и 8 к платформе и специальных устройств, необходимых для использования ци-

стерны по назначению, – лестниц и помостов 3, сливного прибора, предохранительно-впускного клапана 5 и защитного козырька 6.

Таблица 1.8 – Техническая характеристика цистерны модели 15-150 и ее модификаций

Показатель	Модель цистерны				
	15-150	15-150-01	15-150-02	15-150-03	15-150-04
Грузоподъемность, т	66				
Масса тары, т	26,74; 27,5	26,74	26,74; 27,5	27,5	27,5
Объем кузова, м ³	73,5	72,44	74,0	85,6	85,6
Диаметр котла внутренний, мм	3000	3000	3000	3200	3200
Длина котла, мм	10818	10770	10894	11094	11094
Калибровочный тип котла	81	72	85	66	90
Длина платформы, мм: – по осям сцепления автосцепок; – по концевым балкам	12020 10800				
База цистерны, мм	7800				
Ширина рамы, мм: – по боковым балкам; – по шкворневым балкам	2550 3091				
Высота от уровня головок рельсов, мм: – максимальная – до оси автосцепок	4600 1060±20	592 1060±20	4600 1060±20	4661 1060±20	4661 1060±20
Габарит кузова по ГОСТ 9238	02-BM	02-BM	02-BM	1-BM	1-BM

В верхней части котла имеется люк-лаз 4, который герметично закрывается крышкой с ригельным запором, и предохранительно-впускной клапан (ПВК) 5. Люк-лаз используется для загрузки продукта и технического обслуживания, предохранительно-впускной клапан предотвращает повышение давления внутри котла сверх допустимого, а также для исключения вакуума.

В средней части котла установлены козырьки 6 для защиты тормозного оборудования от случайно пролитого продукта.

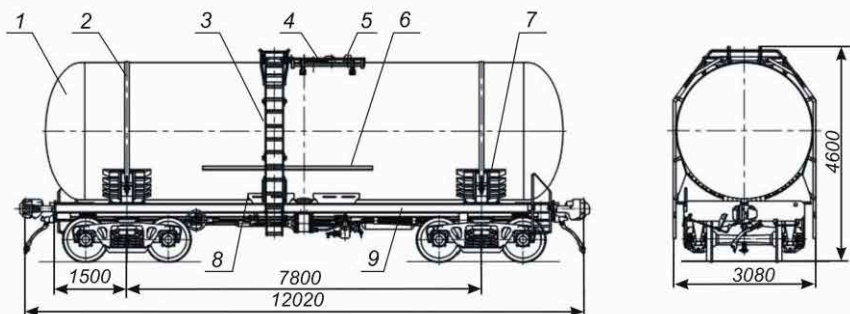


Рисунок 1.184 – Четырехосная цистерна для светлых нефтепродуктов модели 15-150:

1 – котел; 2, 7 – концевые крепления котла к раме; 3 – лестница и помосты; 4 – люк-лаз с крышкой; 5 – предохранительно-впускной клапан; 6 – козырек; 8 – среднее крепление котла к раме; 9 – платформа

Котел оборудован сливным прибором, который предназначен для слива продукта и обеспечения его сохранности при транспортировании.

Для удобства обслуживания цистерна оборудована наружной двухсторонней лестницей 3 с помостами (площадками) около люка и внутренней лестницей для доступа обслуживающего персонала внутрь котла.

Котел цистерны опирается концевыми частями на деревянные бруски 7 концевых опор, которые исключают его поперечное перемещение. Фиксация котла от вертикальных перемещений осуществляется хомутами 2.

В нижней средней части котла расположены фасонные лапы 8, которые соединены призонными болтами к лапам рамы и предотвращают продольные перемещения котла.

Типовая платформа. Котлы цистерн модели 15-150 и ее модификаций в зависимости от исполнения устанавливаются на платформы моделей 13-149 и 13-149-01. Для платформы модели 13-149-01 предусмотрена возможность установки буферных комплектов. Общий вид платформы для установки котла показан на рисунке 1.174, рамы – на рисунке 1.177.

Крепление котла на раме платформы показано на рисунке 1.181.

Котел цистерны. Корпус котла (рисунки 1.185) представляет собой цилиндрическую емкость сварной конструкции из низколегированной стали марок 09Г2С-14 и 09Г2С-13, состоящую из обечайки (цилиндрической части) 2 и двух днищ 1.

Обечайка котлов цистерн постройки ОАО «НПК «Уралвагонзавод»» изготовлена не из продольных листов, а из кольцевых элементов (царг). Каждая царга имеет в нижней части утолщенный броневого лист.

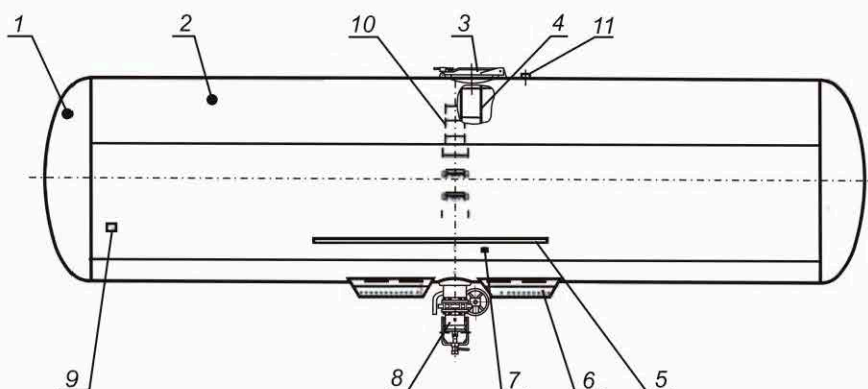


Рисунок 1.185 – Котел четырехосной цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-150:

1 – днище; 2 – обечайка; 3 – люк-лаз; 4 – предохранительно-впускной клапан; 5 – внутренняя лестница; 6 – табличка маркировки; 7 – лапа котла; 8 – корпус сливного прибора; 9 – упор; 10 – устройство для присоединения заземления; 11 – защитный козырек

В цистернах модели 15-150 и ее модификациях используются различные модели котлов (таблица 1.9), различающиеся длиной (количеством царг в обечайке), внутренним диаметром котла D_v (3,0 или 3,2 м) и типом днищ (эллиптические 1 или торосферические 2).

Таблица 1.9 – Модели котлов и их характеристика

Обозначение котла	Количество царг	Длина, мм		Толщина, верх/низ, мм		Тип днища	D_v , мм
		средняя царга	крайние царги	средняя царга	крайние царги		
150.01.00.000-01	3	6410	1570	9/10/12	10/12	2	3000
150.01.00.000-03	3	6394	1578	10/12	10/12	2	3000
150.01.00.000-04	3	6394	1578	12/12	12/12	2	3000
150.01.00.000-07	1	9550	—	10/12	—	2	3000
ГТ740.00.00.000	3	4926	2100	10/12	10/12	1	3000
150.01.00.000-08	3	6394	1578	10/12	10/12	1	3000
150.01.00.000-09	3	6394	1578	12/12	12/12	1	3000
150.01.00.000-10	1	9550	—	10/12	—	1	3000
150.01.00.000-1	1	9450	—	10/12	—	1	3200
150.01.00.000-1-0	1	9670	—	10/12	—	1	3200

Котел оборудован люком-лазом 3, корпусом сливного прибора 8, бонкой (штуцером) 4 для установки предохранительно-впускного клапана, фасонными лапами 7, защитными козырьками 11, внутренней лестницей 5, бонкой 10 для присоединения заземления и табличкой 6 с данными о котле.

Люк-лаз 14 (рисунок 1.186) герметично закрывается быстросъемной крышкой ригельного типа, состоящей из крышки 18, ригеля 13 и откидного болта 22. Ригель с одной стороны шарнирно соединен с помощью валика 29 с кронштейном 28, приваренным к котлу, с другой стороны зажимается при помощи гайки 11 с рукояткой до упора средней его части в крышку 18. Применение крышки ригельного типа облегчает и ускоряет сливно-наливные операции.

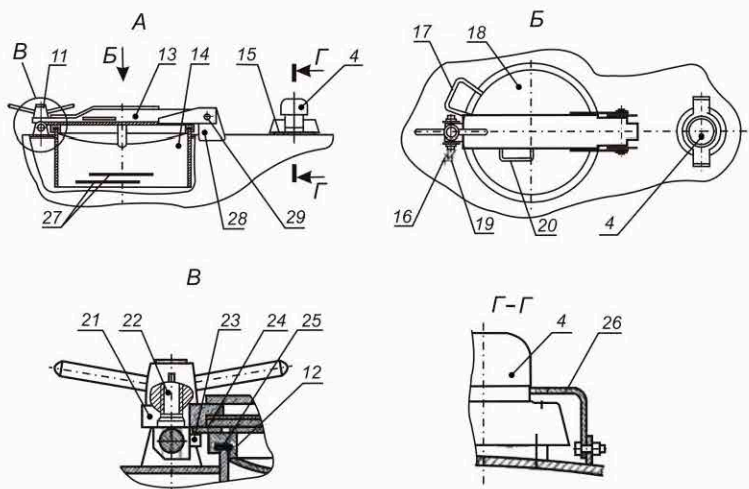


Рисунок 1.186 – Крышка люка-лаза четырехосной цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-150 (к рисунку 1.185):

4 – предохранительно-впускной клапан; 11 – гайка; 12 – опорное кольцо; 13 – ригель; 14 – люк-лаз; 15 – бонка; 16 – запорно-пломбировочное устройство; 17, 20 – ручка; 18 – ригельная крышка; 19 – проволока; 21 – стопорный винт; 22 – откидной болт; 23 – упор откидного болта; 24 – планка; 25 – уплотнительная прокладка; 26 – скоба; 27 – сегментные планки; 28 – кронштейн; 29 – валик

Закрытие люка-лаза ригельной крышкой 18 осуществляется путем затяжки откидного болта 22. Усилие затяжки болта передается ригелем 13 на середину крышки, что обеспечивает равномерное прижатие ее к горловине люка. Герметичность закрытия крышки обеспечивается тем, что опорное кольцо 12 крышки прижимается к горловине люка через уплотнительную кольцевую прокладку 25, размещенную в пазу опорного кольца.

Уплотнительная прокладка 25 выполнена из маслобензостойкой резины. Ригель и крышка закреплены на одной оси и имеют ручки 17 и 20. Гайка 11 откидного болта 22 выполнена «закрытой». В нижней ее части имеется резьбовое отверстие, куда ввинчен стопорный винт 21, ограничивающий отвинчивание гайки и предотвращающий возможность потери ее в эксплуатации.

На откидном болте 22 предусмотрен упор 23, который при отбрасывании болта упирается в планку 24, чем обеспечивается отрыв крышки 18 в случае ее примерзания или наличия вакуума в котле.

Для обеспечения безопасного открытия крышки при наличии в котле избыточного давления откидной болт 22 с планкой 24 установлены таким образом, что отрыв крышки происходит раньше, чем болт выходит из зацепления с ригелем 13.

Внутри горловины люка размещены две **сегментные планки** 27: верхняя – для контроля предельного уровня налива и нижняя сигнальная – для указания необходимости замедления налива котла. При этом объем котла при наливе груза заполняется на 98 %. Оставшиеся 2 % обеспечивают возможность температурного расширения груза.

Запорно-пломбировочное устройство 16 на люк-лаз устанавливают для обеспечения контроля доступа посторонних лиц к перевозимому грузу.

На боковой поверхности котла установлена бонка 10 для присоединения заземления и табличка 6 с данными о котле.

Для доступа обслуживающего персонала внутрь котла для проведения осмотров котел имеет **внутреннюю лестницу** 5, прикрепленную болтами М12 к обечайке люка и зафиксированную с другого конца упорами 9, приваренными к нижнему листу обечайки котла.

В нижней части котла приварены лапы 6 котла для крепления его к раме и установлен сливной прибор 8.

Сливной прибор. Цистерна может комплектоваться универсальным сливным прибором с двумя степенями защиты или сливным прибором с тремя степенями защиты с верхним управлением. Они предназначены для слива груза из котла, а при необходимости – налива снизу при помощи насоса.

Для обеспечения более полного слива в обечайке предусмотрен уклон к сливному прибору, который создается выштамповкой броневых листов на глубину 25–30 мм. В случае обечайки котла, состоящей из трех царг, выштамповку выполняют у средней царги.

Поясним процесс слива нефтепродуктов на примере универсального сливного прибора.

Универсальный сливной прибор (рисунок 1.187) крепится к нижнему листу средней части котла. Управление сливом – верхнее. Слив производится через патрубок (трубу) 7, приваренный к седлу 6 клапана 10.

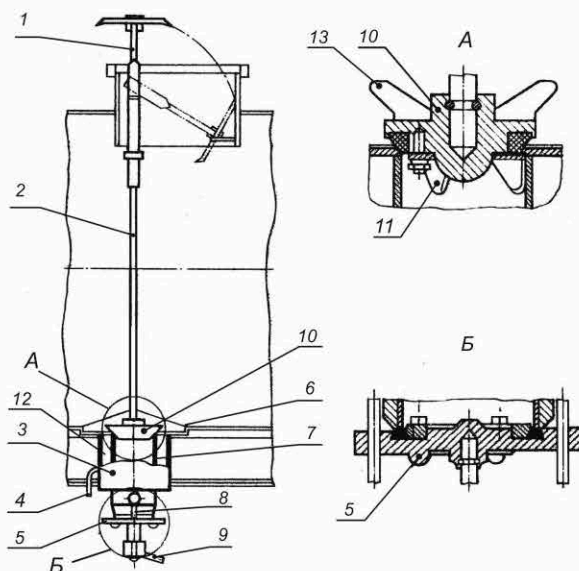


Рисунок 1.187 – Универсальный сливной прибор с верхним управлением:

1 – вороток; 2 – штанга; 3 – подогревательный кожух; 4 – патрубок для пара; 5 – крышка-клапан; 6 – седло клапана; 7 – патрубок; 8 – крючок; 9 – запорное устройство; 10 – клапан; 11, 13 – нижние и верхние перья; 12 – полость

Открытие и закрытие клапана 10 осуществляется вращением воротка 1, который расположен в горловине люка-лаза и шарнирно соединен со штангой 2. В нерабочем положении вороток 1 должен быть опущен в горловину люка-лаза. Перед сливом крышка с запорным устройством должна быть отведена в сторону и подвешена на крючке 8. Прибор имеет патрубок 4 для подачи пара или горячей воды в полость 12 для разогрева груза в приборе.

По требованию заказчика котел цистерны может быть оборудован **сливным прибором с дополнительным (средним) затвором**, установленным между основным клапаном и крышкой, запирающей сливной патрубок снизу. Дополнительный затвор представляет собой дисковую заслонку 5, установленную в корпусе, и приводимую во вращение рукояткой перпендикулярно оси сливного прибора.

Подробно конструкции универсального сливного прибора и сливного прибора с тремя степенями защиты рассмотрены в подп. 1.7.3.4.

Предохранительно-впускной клапан (ПВК) устанавливается на бонке 15 (см. рисунок 1.186), приваренной в верхней части котла рядом с горловиной люка-лаза.

Предохранительно-впускной клапан предназначен для предотвращения повышения давления внутри котла сверх допустимого, а также возникновения недопустимого вакуума при конденсации паров в зимнее время. Полное открытие предохранительного клапана должно производиться при давлении в котле 0,2 МПа (2,0 кгс/см²).

Давление в котле, МПа (кгс/см²):

- рабочее давление – 0,067 (0,7);
- избыточное давление – 0,15 (1,5);
- пробное давление при гидравлическом испытании – 0,51 (5,2);
- пробное давление при испытании крышки люка-лаза – 0,245 (2,5);
- внешнее избыточное давление по регулировке впускного клапана – 0,015–0,005 (0,15–0,05).

Предохранительно-впускной клапан (рисунок 1.188) закрепляется на бонке 22 шпильками 14 с гайками.

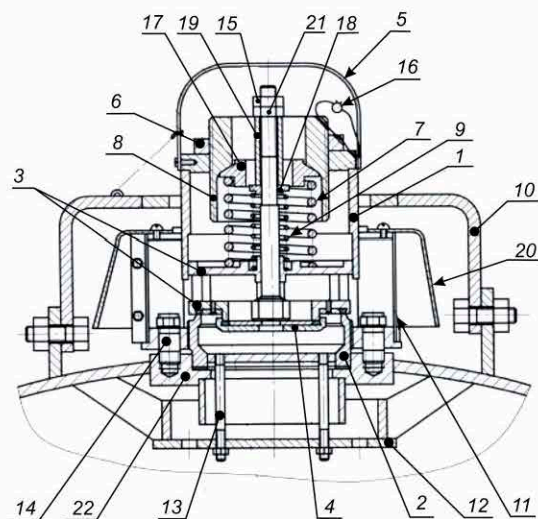


Рисунок 1.188 – Предохранительно-впускной клапан:

- 1 – корпус; 2 – седло в сборе; 3 – клапан предохранительный; 4 – клапан впускной; 5 – колпак защитный в сборе; 6, 15 – контргайка; 7, 9 – пружина; 8, 21 – регулировочная гайка; 10 – ограждение; 11 – пламегаситель; 12 – отражатель; 13, 14 – шпильки М6 × 95 и М12 × 40; 16 – пробка; 17, 18 – тарель; 19 – втулка; 20 – кожух; 22 – бонка

Предохранительно-впускной клапан состоит из корпуса 1, предохранительного 3 и впускного (вакуумного) 4 клапанов, пружин 7 и 9, седла 2, регулировочных гаек 8 и 21, тарелей 17 и 18, защитного колпака 5, контргаяк 6 и 15, пламегасителя 11.

Пружина 7 отрегулирована гайкой 8 на давление 0,15 МПа, пружина 9 – гайкой 21 на давление 0,015 МПа.

Впускной клапан 4 прижимается прокладкой к выступу клапана 3, а клапан 3 – к седлу 2 устанавливаемым на клапане уплотнительным кольцом и фиксируется прижимным кольцом.

При избыточном давлении в котле свыше 0,15 МПа предохранительный клапан 3, преодолевая сопротивление пружины 7, поднимается, отрываясь от седла 2 и открывая выход газа в атмосферу через отверстие в корпусе 1.

Впускной клапан 4 срабатывает *при образовании в котле вакуума*, при котором атмосферное давление на 0,015 МПа выше давления в котле. При этом клапан 4 под действием атмосферного давления преодолевает сопротивление пружины 9 и опускается, образуя кольцевой зазор с выступом клапана 3, через который поток воздуха устремляется в полость котла. С уменьшением разряжения под клапаном клапан 4 под действием пружины возвращается в исходное положение и поток воздуха через клапан прекращается.

Для исключения искрообразования при работе предохранительно-впускного клапана клапан предохранительный 3 и тарели 17, 18 выполнены из латуни.

Для предотвращения выплескивания перевозимого продукта через клапан предусмотрен отражатель 12. Клапан оснащен пламегасителем 11 с кожухом 20 на случай возникновения пожара.

Для предотвращения демонтажа клапана в пути следования цистерны он дополнительно закреплен двумя шпильками 13, ввинчиваемыми в седло внутри котла через отверстия отражателя.

На корпус предохранительно-впускного клапана надевается колпак 5, фиксируемый винтами.

После регулировки и испытания клапан пломбируется пломбой 16 через отверстие в контргайке 6 и регулировочной гайке 8.

Пломба служит для обеспечения контроля доступа посторонних лиц к клапану. Конструкция клапана и его размещение на котле исключают возможность аварийного выброса и хищения продукта из цистерны.

Предохранительно-впускной клапан не является предохранительным устройством от возникновения недопустимого вакуума в котле после промывки горячей водой или пропарки котла при закрытой крышке люка.

Уплотнительные прокладки должны изготавливаться из маслобензостойкой резины и обеспечивать работоспособность в пределах температур от минус 50 до плюс 100 °С с возможностью кратковременного (не более 4 часов) повышения температуры до плюс 120 °С.

Лестницы наружные и помосты (рисунок 1.189). Для удобства обслуживания цистерна оборудована наружными лестницами 1, которые соеди-

нены поперечным помостом 4 (1000×400 мм) и двумя продольными помостами 2, 3 (1500×390 мм).

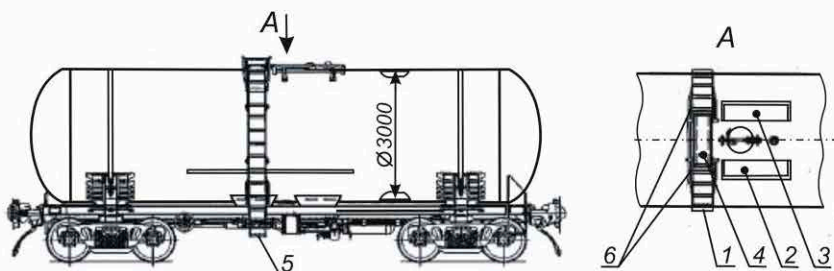


Рисунок 1.189 – Лестницы и помосты:

1 – наружная лестница; 2, 3 – продольный помост; 4 – поперечный помост; 5 – подножка;
6 – поручень

Опорные поверхности помостов выполнены из просечно-вытяжного листа. Длина и ширина помостов выбрана с учетом удобства обслуживания сливо-наливных операций, а также выполнения профилактических осмотров и ремонта. Крепление поперечного помоста 4 и продольных помостов 2, 3 производится к кронштейнам котла при помощи болтов М16.

Лестница 1 выполнена из полос (50×10 мм) и ступенек из гнутого рифленого листа. В нижней части к лестницам 1 при помощи болтов М16 крепится подножка 5, выполненная из полосы (50×10 мм) и ступеньки из гнутого рифленого листа.

Для удобства подъема на помосты котла к лестницам 1 в верхней ее части при помощи болтов М12 прикреплены поручни 6, выполненные из трубы 15×3,2.

1.7.3.2 Конструкция четырехосной цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-1755. Цистерна разработана в ООО «ГСКБВ» («Главное специализированное конструкторское бюро вагоностроения») им. В. М. Бубнова для осевой нагрузки 230,5 кН (23,5 тс) и конструкционной скорости 120 км/ч. Изготавливается машиностроительным заводом «Азовмаш» (Украина). Цистерна может комплектоваться универсальным сливным прибором или сливным прибором с тремя степенями защиты.

Цистерна изготовлена в исполнении «УХЛ» для категории размещения 1 ГОСТ 15150 с обеспечением эксплуатационной надежности в диапазоне температур от минус 60 до плюс 50 °С.

Техническая характеристика:

Грузоподъемность, т, не более, – 68, 0.

Масса тары, т, – 25,8 (+0,2; –0,2).

Длина вагона по осям сцепления автосцепок, мм, – 12020 (+60; –45).

База вагона-цистерны, мм, – 7800±5.

Объем кузова, м³, – 86,5±0,4.

Давление в котле, МПа (кгс/см²):

– пробное при гидравлическом испытании – 0,53±0,015 (5,2±0,15);

– расчетное согласно «Норм...» – 0,384 (3,77);

– расчетное в соответствии с требованиями СМГС – 0,4 (4,0).

Высота от уровня головок рельсов до оси автосцепок, мм – 1060±20.

Габарит кузова по ГОСТ 9238 – 1-ВМ.

Цистерна (рисунок 1.190) представляет собой котел 1, укрепленный на типовой платформе при помощи типовых узлов крепления котла к раме 2 и 5. Цистерна оборудована сливным прибором, предохранительно-впускным клапаном 13, лестницами 14 и помостами 11, защитными экранами 15 и козырьками 10.

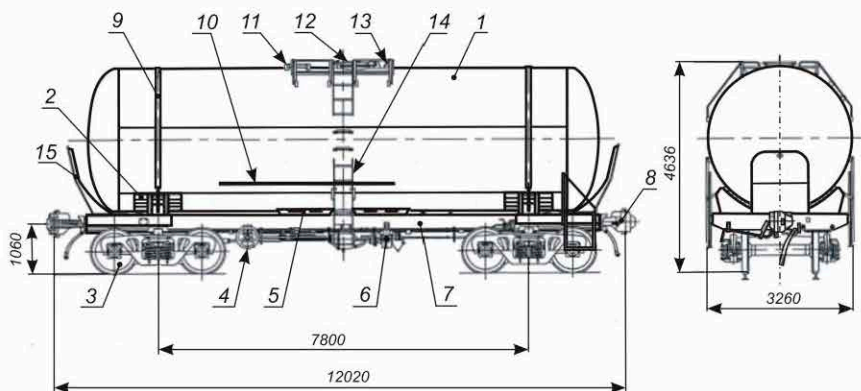


Рисунок 1.190 – Четырехосная цистерна для светлых нефтепродуктов модели 15-1755:

- 1 – котел; 2, 9 – концевые крепления котла к раме; 3 – тележка; 4 – тормоз стояночный; 5 – среднее крепление котла к раме; 6 – автоматический тормоз; 7 – рама; 8 – устройство автосцепное; 10 – козырек; 11 – помост; 12 – горловина люка-лаза с крышкой; 13 – предохранительно-впускной клапан; 14 – наружная лестница; 15 – предохранительный щит

Типовая платформа, используемая для установки котла, показана на рисунке 1.173. В отличие от платформы цистерны модели 1-150 она имеет облегченную раму (см. рисунок 1.175) и защитные экраны, устанавливаемые с двух сторон. Экраны обеспечивают защиту котла (днища) при аварийных соударениях, предотвращая его разгерметизацию.

Крепление котла на раме – типовое (см. рисунок 1.181).

Котел цистерны. Корпус котла (рисунок 1.191) образован цилиндрической обечайкой и двумя днищами. Материал котла – сталь марки 09Г2С.

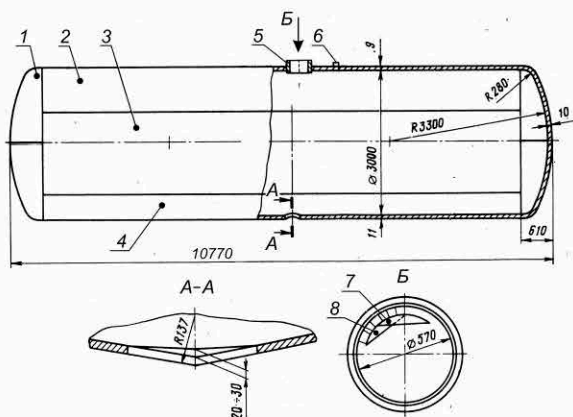


Рисунок 1.191 – Корпус котла четырехсосной цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-1755:

1 – днище; 2–4 – верхний, боковой и нижний листы обечайки; 5 – люк, 6 – бонка для предохранительно-впускного клапана; 7, 8 – верхняя и нижняя сегментные планки

Корпус котла цистерны модели 15-1755 отличается от котла модели 15-150 тем, что **цилиндрическая обечайка** сварена не из кольцевых элементов (царг), а из пяти продольных листов: нижнего броневого 4 (толщиной 11 мм), двух верхних 2 и двух боковых 3 (толщиной 9 мм), сваренных между собой встык по длине листов. **Днище** 1 выполнено из листа толщиной 10 мм. Обечайка котла и ее развертка показаны на рисунке 1.192.

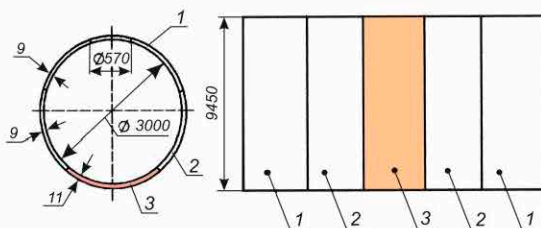


Рисунок 1.192 – Обечайка котла и ее развертка:

1, 2 и 3 – верхний, боковой и нижний листы

Примечание – При сборке котла все листы, заготовленные для цилиндрической его части, связывают в одно полотно. Затем подвергают вальцовке для придания ему формы цилиндра (обечайки). Обечайку укладывают в специ-

альный стенд и производят окончательную сварку замыкающего шва цилиндрической части котла.

Котел в сборе показан на рисунке 1.193.

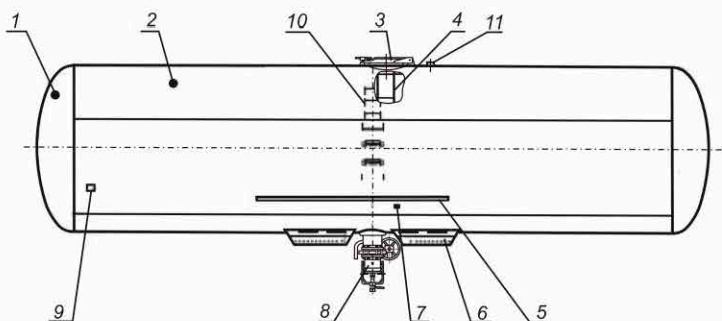


Рисунок 1.193 – Котел четырехосной цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-1755:

1 – днище; 2 – обечайка; 3 – люк; 4, 10 – внутренняя и наружная лестницы; 5 – козырек; 6 – лапа котла; 7, 11 – бонки; 8 – корпус сливного прибора; 9 – табличка

Котел оборудован:

- в *верхней части* – люком-лазом 3 и бонкой 11 для установки предохранительно-впускного клапана;
- в *нижней части* – корпусом сливного прибора 8 и фасонными лапами 6 для крепления котла к раме;
- на *боковой поверхности* – козырьками 5 для защиты тормозного оборудования от попадания на него перевозимого продукта, наружными лестницами 10, бонкой 7 для заземления и табличкой 9 с данными о котле;
- *внутри* – лестницей 4 проведения осмотров, которая в верхней части крепится к горловине люка, а в нижней вставляется в специальные кронштейны-ограничители.

Люк-лаз (рисунок 1.194) закрывается крышкой ригельного типа по конструкции, подобной крышке цистерны модели 15-150.

В люке размещен привод основного затвора сливного прибора и две **сегментные планки** 9 и 14, установленные на разных уровнях. Планки служат для контроля за предельными уровнями налива котла.

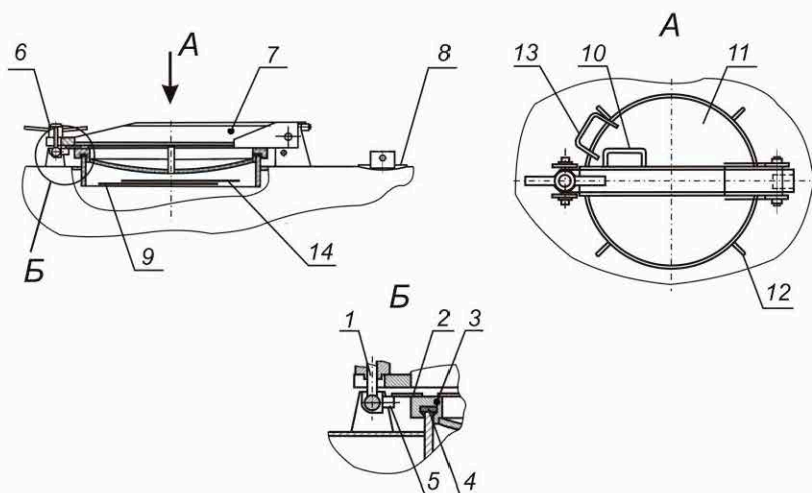


Рисунок 1.194 – Крышка люка-лаза четырехосной цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-1755:

1 – откидной болт; 2 – планка; 3 – опорное кольцо; 4 – уплотнительная прокладка; 5 – упор; 6 – гайка; 7 – ригель; 8 – бонка; 9, 14 – нижняя и верхняя сегментные планки; 10, 13 – ручки; 11 – крышка; 12 – стойка

Сливной прибор. Котел имеет нижний слив и может быть оборудован универсальным сливным прибором или сливным прибором с тремя степенями защиты 8 (см. рисунок 1.193). Для обеспечения полного слива продукта нижний броневого листа котла имеет уклон к сливному прибору, образованный выштамповкой нижнего листа на глубину 20–30 мм (см. рисунок 1.191).

Схема работы универсального сливного прибора поясняется на рисунке 1.187.

Сливной прибор с тремя степенями защиты имеет дополнительный средний дисковый затвор, размещенный между основным клапаном и крышкой, представляющей собой наружный затвор. Открытие и закрытие дискового затвора осуществляется вращением маховика. Конструкции универсального сливного прибора и сливного прибора с тремя степенями защиты цистерны модели 15-1755 рассмотрены в подп. 1.7.3.4.

Предохранительно-впускной клапан (рисунок 1.195) по конструкции несколько отличается от предохранительно-впускного клапана цистерны модели 15-150. Он оборудован пламегасителем 2 и устройством противогидроударным 1.

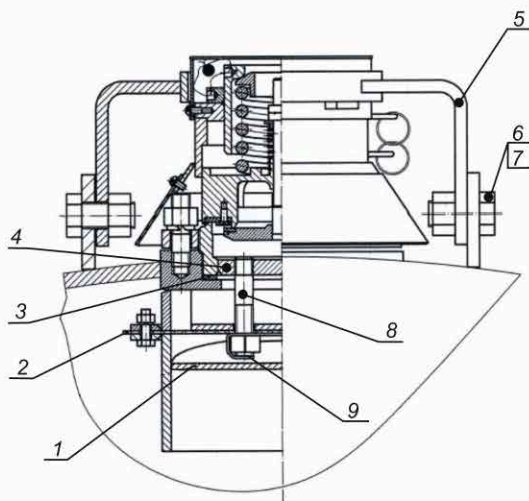


Рисунок 1.195 – Предохранительно-впускной клапан:

1 – устройство противогидроударное; 2 – пламегаситель; 3 – прокладка; 4 – седло; 5 – устройство от хищения груза; 6 – болт; 7 – гайка; 8 – шпилька; 9 – стопорная шайба

Предохранительно-впускной клапан установлен на прокладку 3, выполненную из маслобензостойкой резины. Шпильки 8 с шайбой стопорной 9, ввинчиваемые в седло 4 изнутри котла, служат для предотвращения несанкционированного демонтажа клапана. Давление настройки клапана предохранительного – 0,15 МПа (1,5 кгс/см²), клапана впускного – 0,01–0,013 МПа (0,15–0,013) кгс/см²), ПВК 0,15 МПа (1,5 кгс/см²).

Предохранительно-впускной клапан не исключает образование недопустимого вакуума в котле после разогрева груза паром или пропарки котла при закрытой крышке люка-лаза.

Для предотвращения хищения перевозимого груза на предохранительно-впускной клапан надевается устройство от хищения груза 5, состоящее из кольца и кронштейнов, соединенных с кронштейнами на котле болтом 6 и гайкой 7.

Лестницы наружные и помосты (рисунок 1.196) устанавливаются для безопасного обслуживания цистерны при осмотре и промывке котла. Цистерна оборудована лестницами 5, находящимися с обеих сторон котла, поперечным 7 и двумя продольными помостами 8, ограждениями в виде поручней 3, приварными 2 и откидными 1 ступеньками.

Откидные ступеньки 1 установлены на поворотных осях 11. В транспортном положении ступеньки удерживаются в пределах рамки габаритного очертания пружиной кручения 10. В рабочее положение откидные ступень-

ки отводятся ногой до упора в кронштейны 9 при подъеме или спуске по наружной лестнице.

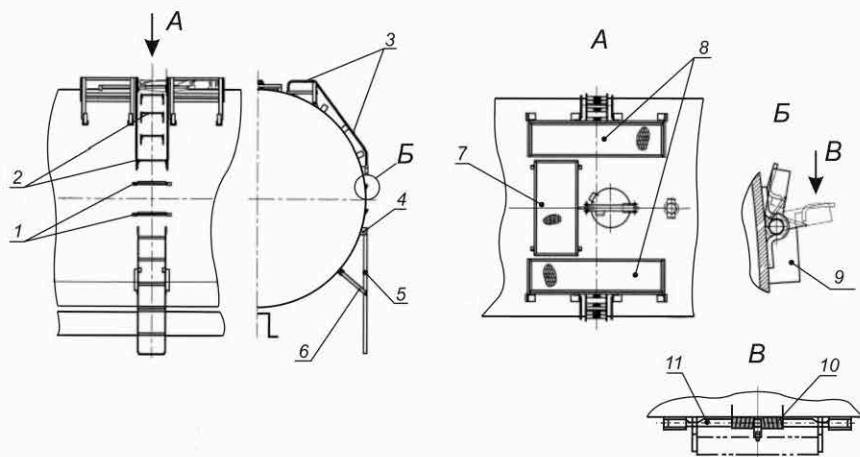


Рисунок 1.196 – Лестницы наружные и помосты цистерны для светлых нефтепродуктов модели 15-1755:

1, 2 – откидная и приварная ступеньки; 3 – поручень; 4, 9 – кронштейны; 5 – лестница; 6 – распорка; 7, 8 – поперечный и продольный помосты; 10 – пружина кручения; 11 – ось

Длина помостов позволяет с максимальным удобством производить сливо-наливные операции и профилактические осмотры.

Тетива лестницы выполнена из полосы, ее ступеньки – из листа с ромбическим рифлением, а помосты – из просечно-вытяжного листа.

Лестницы крепятся к котлу при помощи кронштейнов 4 и распорок 6.

1.7.3.3 Конструкция восьмиосной цистерны безрамной конструкции.

Восьмиосные цистерны имеют существенные преимущества по сравнению с четырехосными. Они позволяют увеличить грузоподъемность вагона в пределах заданной осевой нагрузки, а следовательно, увеличить провозную способность железных дорог и снизить себестоимость перевозок. Масса грузового поезда, составленного из восьмиосных цистерн, на 35–40 % больше по сравнению с массой поезда из четырехосных цистерн при одинаковой их длине за счет большой погонной нагрузки.

Все восьмиосные цистерны имеют безрамную конструкцию с цельнонесущим котлом. В такой конструкции все основные действующие на цистерну нагрузки воспринимает котел, и она имеет меньшую массу по сравнению с рамной цистерной.

Рассмотрим конструкцию восьмиосной цистерны модели 15-871 (рисунок 1.197).

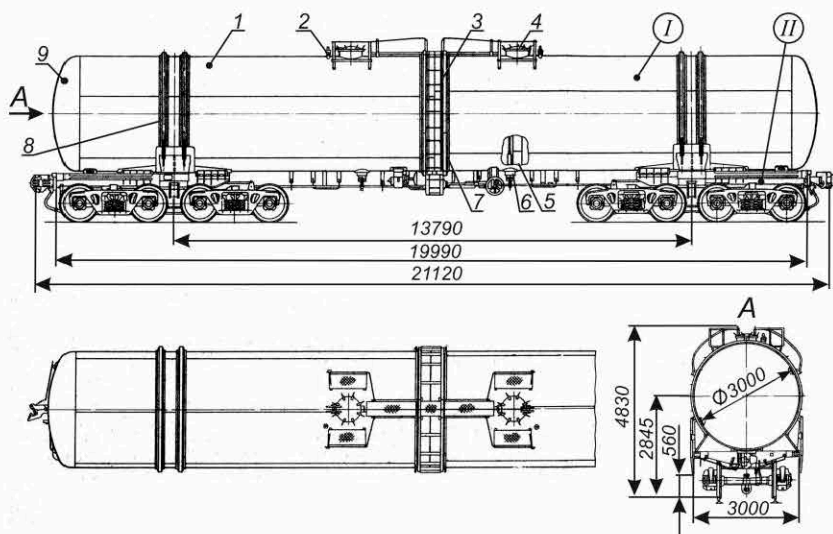


Рисунок 1.197 – Восьмиосная цистерна для нефтепродуктов модели 15-871:
 I – обечайка; 2 – предохранительно-впускной клапан; 3, 5 – наружная и внутренняя лестницы;
 4 – люк-лаз с крышкой; 6 – универсальный сливной прибор; 7, 8 – шпангоуты; 9 – днище

Технико-экономические параметры цистерны: грузоподъемность – 120 т, масса тары – 48,8 т, объем котла – 140 м³, удельный объем – 1,14 м³/т, осевая нагрузка – 207 кН (21,1 тс), погонная нагрузка – 78,48 кН/м (8 т/м), база вагона – 13790 мм, длина по осям сцепления автосцепок – 21120 мм, длина по концевым балкам рамы – 19990 мм, высота от уровня головок рельсов максимальная – 4790 мм, внутренний диаметр котла – 3000 мм, длина котла наружная – 20226 мм, габарит 1-Т.

Кузов вагона-цистерны безрамной конструкции состоит из котла I, двух опор (полурам) II и специальных элементов, необходимых для использования цистерны по назначению.

Котел. Корпус котла состоит из цилиндрической части (обечайки) I и двух днищ 9. Цилиндрическая часть котла составлена из двух половин, сваренных встык, и подкреплена в средней и опорных частях шестью кольцевыми шпангоутами 7 и 8 омегаобразного поперечного сечения. Каждая половина состоит из пяти продольных листов: двух верхних и двух боковых толщиной 9 мм и нижнего броневого толщиной 14 мм. Внутренний диаметр цилиндрической части котла – 3,0 м.

Примечание – Цилиндрическая часть котла состоит из двух половин вследствие ограничения по длине листового проката, поставляемого металлургической промышленностью.

Наличие усиливающих шпангоутов, обеспечивающих повышение несущей способности и жесткости цилиндрической оболочки, – отличительная особенность котлов безрамной конструкции. Шпангоуты приварены к наружным стенкам котла.

Днища выполнены эллиптической формы и имеют толщину 10 мм.

Котел оборудован двумя люками-лазами с крышками 4, двумя предохранительно-впускными клапанами 2, двумя универсальными сливными приборами 6, наружной 3 и внутренней 5 лестницами, а также помостами с ограждениями.

Налив груза производится сверху через **люки**, герметично закрываемые крышками 4 ригельного типа (рисунок 1.198), основными элементами которых являются крышка 4, ригель 3 и откидной болт 1.

Внутри горловины каждого люка предусмотрены по две сегментные планки: верхняя – для контроля предельного налива котла и нижняя – для указания о необходимости замедления налива. Заполнение котла производится на 98 %.

Для обеспечения полного слива груза в броне листе выполнены уклоны к двум универсальным сливным приборам 6, полученные выштамповкой броневых листов на глубину 30 мм.

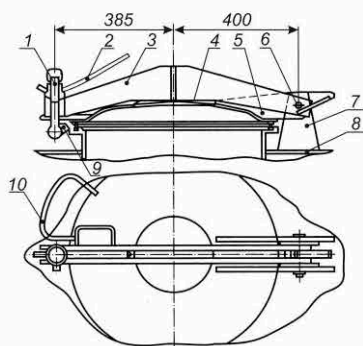


Рисунок 1.198 – Крышка ригельного типа:
1 – откидной болт; 2 – рукоятка; 3 – ригель;
4 – крышка люка; 5 – кольцевая прокладка;
6 – валик; 7 – кронштейн; 8 – котел; 9 – упор;
10 – скобка-ручка

Опора котла (полурама)

представляет собой консольную часть цистерны и предназначена для передачи нагрузки от котла на тележку и обратно.

Опора котла (рисунок 1.199) включает мощную короткую хребтовую балку 1 из двух зетов, шкворневую балку 8, облегченные концевую 10 и две боковые 9 балки.

Шкворневая балка образована вертикальными 13, а также верхним 12 и нижним 11 горизонтальными листами, ребрами 18, 19 и концевыми частями 20.

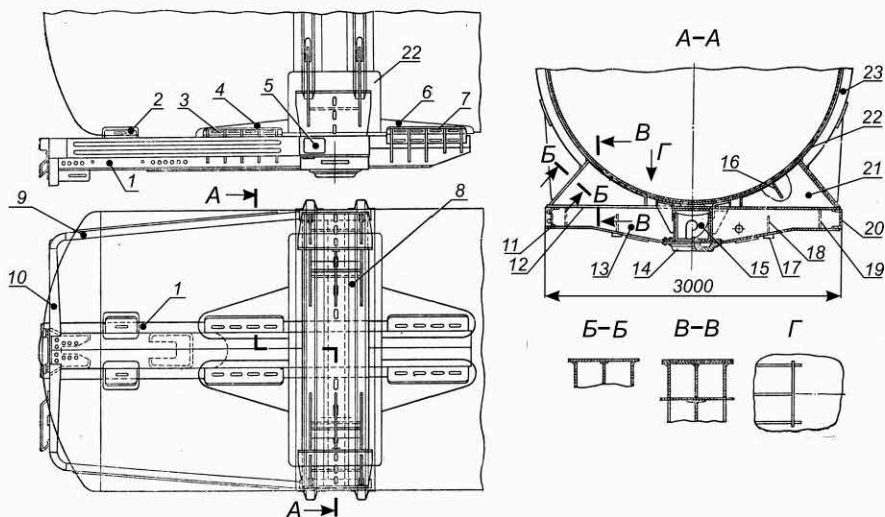


Рисунок 1.199 – Опора котла:

1 – хребтовая балка; 2 – дополнительное соединение; 3, 7 – лапы; 4, 6 – опорные накладки; 5 – табличка завода-изготовителя; 8 – шкворневая балка; 9 – боковая балка; 10 – концевая балка; 11–13 – нижний, верхний и вертикальный листы шкворневой балки; 14 – пятник; 15 – надпятниковое усиление; 16, 21 – подкрепляющие ребра; 17 – скользян; 18, 19 – ребра; 20 – концевая часть шкворневой балки; 22 – опорный лист; 23 – кольцевой шпангоут

На хребтовой балке размещены упоры автосцепного устройства, на шкворневой – опоры цистерны – пятник 14 и скользяны 17. На пересечении шкворневой и хребтовой балок установлено надпятниковое усиление 15.

Котел опирается непосредственно на опорный лист 22 толщиной 12 мм и четыре опорные накладки 4 и 6, расположенные с обеих сторон от опорного листа.

Опорный лист 22, подкрепленный ребрами 21 и 16, приварен к шкворневой и хребтовой балкам. Опорные накладки 4 и 6 соединены с хребтовой балкой лапами 3 и 7. Предусмотрено также дополнительное соединение 2 концевых участков котла с балкой, обеспечивающее повышение сопротивления хребтовой балки большим продольным силам сжатия.

Изготовление восьмиосных цистерн различных типов и конструкций осуществлялось на вагоностроительном заводе ОАО «Азовмаш» до 1991 года. В настоящее время по ряду технико-экономических причин строительство восьмиосных цистерн прекращено.

1.7.3.4 Сливные приборы цистерн общего назначения.

Универсальный сливной прибор. Таким прибором оснащаются практически все цистерны общего назначения. Прибор снабжен двумя затворами: основным внутренним (клапаном) и дополнительным наружным (крышкой-клапаном), т. е. имеет две степени защиты. Управление внутренним основным затвором сливного прибора – верхнее, а дополнительным – нижнее.

Схема универсального сливного прибора с приводом основного затвора показана на рисунке 1.187, конструкция самого прибора – на рисунке 1.200.

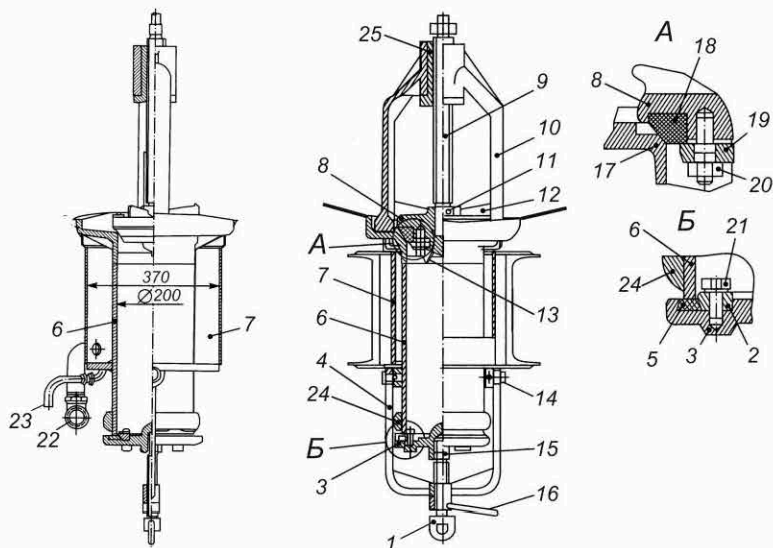


Рисунок 1.200 – Универсальный сливной прибор:

1 – винт; 2 – кольцо; 3 – крышка-клапан; 4 – откидная скоба; 5, 18 – уплотнительные кольца;
6 – сливная труба; 7 – паровобогревательный кожух; 8 – клапан; 9 – штанга; 10 – стойка;
11, 15, 21 – болты; 12, 13 – верхние и нижние перья клапана; 14 – валик; 16 – рукоятка стопорной гайки; 17 – седло клапана; 19 – прижимное кольцо; 20 – гайка; 22, 23 – патрубки для подвода пара и удаления конденсата; 24 – кольцевой наконечник сливной трубы; 25 – втулка

Сливной прибор включает:

- *сливную трубу* 6, приваренную к седлу клапана 17;
- *основной затвор (внутренний)* – клапан 8 с уплотнительным кольцом 18, герметично закрывающий совместно с седлом 17 сливную трубу внутри котла сверху;
- *привод основного затвора* – вороток со штангой 9 и стойку 10 со втулкой 25;

- *дополнительный затвор (наружный)* – крышку-клапан 3 с уплотнительным кольцом 5, закрывающую сливную трубу снаружи снизу;
- *запорное устройство дополнительного затвора* – специальный винт 1 с откидной скобой 4 и стопорной гайкой с рукояткой 16;
- *парообогревательный кожух* 7 с патрубками 22 и 23 – для подвода пара и отвода конденсата.

Открытие и закрытие внутреннего клапана 8 (основного затвора) осуществляется вращением воротка, соединенного со штангой.

Вороток с верхним концом штанги размещен в горловине люка, а нижний резьбовой конец штанги 9 ввинчен в стойку 10.

На нижнем конце штанги болтами 11 закреплен клапан 8 (*основной затвор*) с уплотнительным резиновым кольцом 18, который при вращении воротка поднимается или опускается на седло 17, обеспечивая таким образом открытие и закрытие сливного прибора. Клапан снабжен верхними 12 и нижними 13 перьями. Верхние перья обеспечивают центрирование клапана 8 в седле 17, нижние перья препятствуют вращению (повороту) клапана при его движении вверх и вниз. Резиновое кольцо 18, обеспечивающее плотность затвора, укреплено прижимным кольцом 19 и шпильками с гайками 20.

Слив производится через трубу 6 с кольцевым наконечником 24. Труба приварена к седлу 17 клапана 8. Для обеспечения более полного слива продукта нижний лист обечайки котла имеет уклон к сливному прибору. Кольцевой наконечник 24 сливной трубы обеспечивает возможность герметичного присоединения сливного рукава.

Сливная труба 6 закрывается снаружи снизу *дополнительным затвором* – откидной крышкой-клапаном 3 с резиновым уплотнительным кольцом 5. Кольцо закрепляется на крышке 3 кольцом 2 и болтами 21. Крышка прижимается к торцу сливной трубы 6 нажимным винтом 1. Винт соединяется с крышкой болтами 15. Опорой для винта 1 служит откидная скоба 4, которая подвешена на валиках 14, закрепленных на трубе 6.

Для удобства вращения винта предусмотрена кольцевая ручка, а для предотвращения самопроизвольного открывания крышки – стопорная гайка с рукояткой 16.

Сливная труба прибора оборудована парообогревательным кожухом 7 для облегчения разгрузки в холодное время года за счет разогрева зоны клапана 8 в случаях замерзания воды, которая скапливается иногда внизу котла, и подогрева сливаемого груза в этой зоне. Пар или горячая вода подводится через патрубок 22 с резьбовым концом, а конденсат отводится через патрубок 23. На трубке 22 предусмотрена резьбовая заглушка.

Открытие сливного прибора осуществляется отворачиванием винта 1, последующим поворотом скобы 4 вместе с крышкой 3 и винтом 1 и фиксацией такого положения этих деталей навешиванием скобы на крюк, приваренный к хребтовой балке рамы или к котлу безрамной цистерны. После этого, открыв

крышку горловины люка-лаза, с помощью воротка вращают штангу 9, вследствие чего клапан 8 отходит от седла 17, поднимаясь вверх. Закрытие сливного прибора происходит в обратной последовательности.

Универсальный сливной прибор с приводом основного затвора показан на рисунке 1.201, общий вид универсального сливного прибора и крышки-клапана с креплением – на рисунке 1.202.

На подвижные детали сливного прибора, клапан 15, стойку 2, вороток 4 нанесено защитное покрытие, исключающее искрообразование при управлении клапаном. Уплотнение сливного прибора выполнено из маслобензостойкой резины.

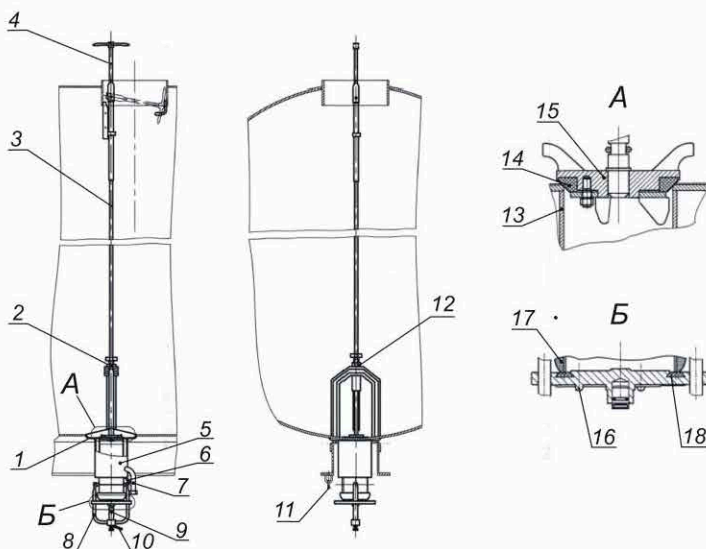


Рисунок 1.201 – Универсальный сливной прибор:

- 1 – седло клапана; 2 – стойка; 3 – штанга; 4 – вороток; 5 – корпус; 6, 7 – трубки; 8 – скоба;
9 – специальный винт; 10 – рукоятка; 11 – крючок; 12 – втулка; 13 – сливная труба;
14, 18 – уплотнительные кольца; 15 – клапан; 16 – крышка-клапан;
17 – кольцо наконечника

Сливные приборы с тремя затворами. В настоящее время на все вновь строящиеся цистерны для светлых нефтепродуктов устанавливаются сливные приборы с тремя независимыми затворами, исключающими потерю перевозимого груза.

Обязательное применение сливных устройств с тремя запорными элементами в конструкции нефтебензиновых вагонов-цистерн, участвующих в меж-

дународных перевозках, устанавливается требованиями Правил перевозок жидких грузов наливом в вагонах-цистернах и Правилами перевозок опасных грузов Соглашения о международном грузовом сообщении.

Указанные документы определяют следующую **конструкцию сливного устройства вагона-цистерны**:

- внутренний (основной) затвор;
- внешний (первый дополнительный) затвор;
- устройство прикрытия (второй дополнительный затвор).

Второй дополнительный (средний) затвор устанавливается между основным затвором и крышкой, запирающей сливной патрубок снизу. *Внешний затвор* сохраняется типовым, что обусловлено действующими стандартами на форму и размеры присоединительных коммуникаций. Как правило, типовым остается и *внутренний основной затвор*.

Рассмотрим конструктивное исполнение нескольких сливных приборов с тремя затворами.

Сливной прибор, изготавливаемый ЗАО «Сплав-Модернизация», показан на рисунках 1.203 и 1.204. Прибор разработан Проектно-конструкторским и технологическим институтом трубопроводной арматуры (ПКТИ) «Атомармпроект» совместно с кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» МГУПС (МИИТ) [29].

В новом сливном приборе в качестве основного затвора вместо внутреннего прижимного клапана используется **шаровой кран**, обеспечивающий более высокую надежность и плотность закрытия. Кроме того, добавлен промежуточный дисковый затвор типа «бабочка». В качестве нижнего дополнительного затвора применяется **откидная крышка**, заимствованная у универсального сливного прибора.

Основные преимущества прибора :

- повышение экологической безопасности за счет применения в качестве основного затвора шарового крана;
- обеспечение повышенной защиты от несанкционированного доступа к продукту.

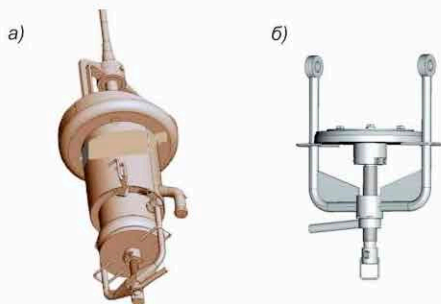


Рисунок 1.202 – Общий вид универсального сливного прибора (а) и нижняя крышка с креплением (б)

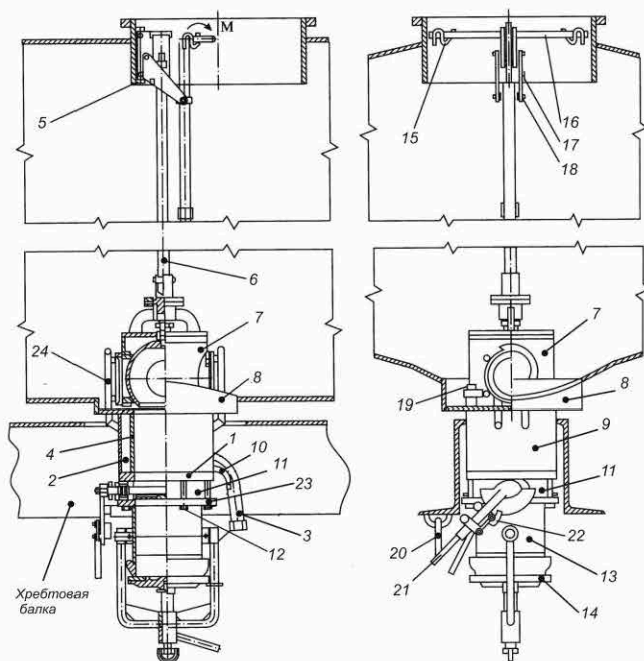


Рисунок 1.203 – Схема сливного прибора конструкции ПКТИ «Атомармпроект» и МГУПС (МИИТ):

1, 23 – соединительные фланцы верхнего и нижнего сливных патрубков; 2 – перегородки парообогрева; 3 – патрубок; 4, 13 – верхний и нижний патрубки сливной трубы; 5 – кронштейн узла управления; 6 – штанга; 7 – шаровой кран; 8 – поддон; 9 – парообогревательный кожух; 10 – патрубок для удаления конденсата; 11 – дисковый затвор; 12 – болт; 14 – крышка; 15, 20 – крючки для рукоятки управления шаровым краном и откидной крышки; 16 – рукоятка управления шаровым краном; 17 – узел управления; 18 – рычаг; 19 – болт; 21 – рукоятка управления дисковым затвором; 22 – стопор; 24 – трубы парообогрева

Особенности конструкции сливного прибора:

- основной затвор – шаровой кран (вместо прижимного клапана);
- наличие узла управления шаровым краном;
- соединение сливного прибора с нижней частью котла выполнено с помощью поддона (вместо седла клапана);
- невозможность закрытия крышкой горловины верхнего люка при незакрытом шаровом кране.

Шаровой кран 7, установленный внутри нижней части котла, обеспечивает сохранность груза при транспортировке и сливо-наливных операциях.

Дисковый затвор 11 служит для обеспечения герметичности котла в случае возникновения неисправности шарового крана, крышка 14 – для обеспечения герметичности котла при нарушении герметичности шарового крана и дискового затвора.

Для управления шаровым краном 7 используется рукоятка 16 с узлом управления 17, расположенные в горловине верхнего люка котла, а также штанга 6, соединяющая узел управления с шаровым краном. Кронштейн 5 узла управления 17 шаровым краном приварен к горловине люка котла.

Шаровой кран 7 с резиновым уплотнительным кольцом крепится к поддону 8, вваренному в нижнюю часть котла, четырьмя болтами 19.

Кран имеет два входных и одно выходное отверстия.

Открытие шарового крана осуществляется поворотом рукоятки 16 против часовой стрелки на 90°. При этом происходит поворот сферической пробки шарового крана, совмещение боковых поверхностей пробки с входными отверстиями шарового крана и слив груза через нижнее отверстие пробки. Крайние положения пробки фиксируются выступом на втулке корпуса шарового крана. *При закрытии шарового крана* происходит поворот пробки на 90° по часовой стрелке и перекрытие входного отверстия шарового крана.

Отметим, что при незакрытом шаровом кране невозможно закрытие верхнего люка крышкой. Этому будет препятствовать рукоятка 16 управления шаровым краном. Она может опускаться в горловину люка котла и опираться на крючки 15 при повороте рычагов 18 только при закрытом шаровом кране.

Сливной прибор оборудован парообогревательным кожухом (рубашкой парообогрева) 9, обеспечивающим в холодное время года обогрев верхнего сливного патрубка 4 и разогрев окружающего шаровой кран нефтепродукта помощью пара.

Пар поступает через патрубок 3 внутрь рубашки парообогрева 9 с перегородками. Через трубы 24 парообогрева (входных патрубков) шарового крана и зазоры между перегородками 2 и рубашкой 9 пар из одной части



Рисунок 1.204 – Общий вид сливного прибора конструкции ПКТИ «Атомармпроект» и МГУПС (МИИТ)

рубашки переходит в другую, разогревая сливной патрубок поддона, шаровой кран и окружающий его нефтепродукт. Конденсат удаляется через патрубок 10.

Промежуточный дисковый затвор типа «бабочка» представляет собой дисковый поворотный клапан, расположенный между присоединительными фланцами верхнего 1 и нижнего 23 патрубков сливной трубы в зоне между вертикальными стенками хребтовой балки цистерны. Затвор имеет два рабочих положения: вертикальное – клапан открыт и горизонтальное – клапан закрыт.

Управление дисковым затвором 11 осуществляется вручную рукояткой 21 снизу котла. Открытие выполняется поворотом рукоятки от себя против часовой стрелки, а закрытие – по часовой стрелке от себя. Рукоятка фиксируется подпружиненным стопором 22 в двух положениях затвора: «закрыто» и «открыто». Герметизация узла дискового затвора с верхним 1 и нижним 23 фланцами сливных патрубков осуществляется резиновыми уплотнительными кольцами. Затвор 11 поджимается к фланцу 1 верхнего сливного патрубка через фланец 23 нижнего патрубка 13 сливной трубы восемью болтами 12.

Промежуточный дисковый затвор находится в зоне паровой рубашки, что способствует его работоспособности при низких температурах. Общий вид и схема дискового затвора показаны на рисунке 1.205.

Дисковый затвор включает следующие узлы и детали:

- корпус 1 с размещенным в нем кольцом (седлом) 10;
- шпиндель, установленный в корпусе перпендикулярно оси проходного сечения со смещением относительно этой оси, с помощью оси (пальца) 3, фиксируемой шплинтом 4 с шайбой 5;
- заслонку (поворотный диск) с уплотнительным кольцом 11, закрепленную на шпинделе;
- рукоятку управления затвором с защелкой 20, закрепленную на шпинделе гайкой 18;
- элементы герметизации по шпинделю: два фторопластовых кольца 17, два резиновых кольца 16 и фторопластовую втулку 15, поджимаемую с помощью втулки 14, тарельчатой пружины 13 и фланца 6 болтами 7, ввинчиваемыми во фланец 8 корпуса. Втулка 15 и кольца 17 выполняют также роль подшипника скольжения;
- фланец 9 с пазами для фиксирования крайних положений заслонки, закрепленный на фланце 8 корпуса болтами 19;
- кольца 12, герметизирующие соединения корпус – кольцо 10;
- упор 2, приваренный к корпусу и обеспечивающий точную установку заслонки в закрытое положение затвора;
- технологические кронштейны 1, приваренные с боков корпуса, для крепления кольца (седла) 10 при постановке и упаковке затвора.

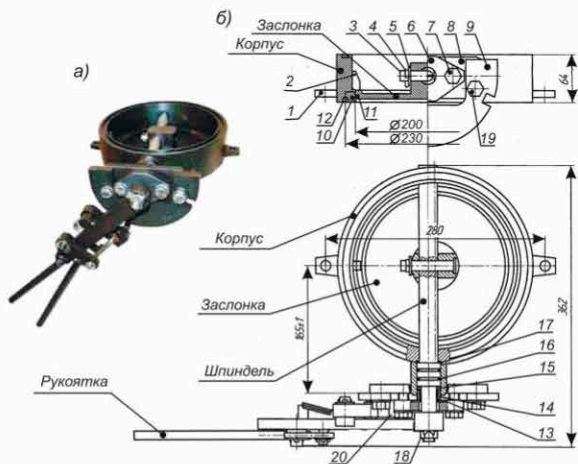


Рисунок 1.205 – Промежуточный дисковый затвор:

а – общий вид; *б* – схема;

1 – кронштейн; 2 – упор; 3 – ось; 4 – шплинт; 5 – шайба; 6, 8, 9 – фланцы; 7, 19 – болты;
10, 17 – кольца; 11, 12, 16 – уплотнительные кольца; 13 – тарельчатая пружина; 14, 15 – втулки;
18 – гайка; 20 – защелка

Затвор работает следующим образом.

В закрытом положении затвора заслонка прижимает резиновое кольцо 11 к кольцу (седлу) 10, обеспечивая герметичность затвора. Заслонка выполнена упругой. Поэтому воздействие давления среды увеличивает усилие в уплотнении, повышая его надежность и герметичность.

Открытие затвора производится, как уже отмечалось выше, движением рукоятки против часовой стрелки от себя, закрытие – по часовой стрелке движением на себя. Рукоятка фиксируется в двух положениях затвора: «Открыто» и «Закрыто» подпружиненной защелкой 20.

Конструкция нижнего дополнительного затвора выполняется типовой с сохранением принятых присоединительных элементов.

Слив нефтепродуктов из котла вагона-цистерны происходит следующим образом:

- открывают нижний затвор откидыванием крышки-клапана;
- подключают сливные коммуникации эстакады к наконечнику сливной трубы;
- открывают дисковый затвор путем перевода рукоятки затвора из фиксированного крайнего положения «закрыто» в положение «открыто»;

— открывают крышку горловины люка и затем поворотом рукоятки управления шаровым краном против часовой стрелки на 90° открывают шаровой кран.

После слива нефтепродуктов указанные действия производят в обратной последовательности.

Сливной прибор цистерны модели 15-150 с дополнительным (средним) затвором показан на рисунке 1.206.

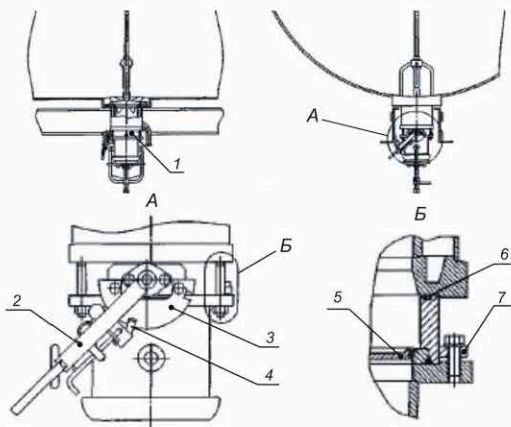


Рисунок 1.206 – Сливной прибор с дополнительным затвором цистерны модели 15-150:

1 – дисковый затвор; 2 – рукоятка; 3 – сектор; 4 – фиксатор; 5 – заслонка дискового затвора;
6 – уплотнительное кольцо; 7 – проушина

Дополнительный средний затвор 1 выполнен в виде *дискового поворотного клапана*, аналогичного по конструкции затвору рассмотренного выше сливного прибора. Для установки затвора на сливной трубе предусмотрены присоединительные фланцы.

Затвор представляет собой дисковую заслонку 5, размещенную в корпусе, и приводимую во вращение рукояткой 2 перпендикулярно оси сливного прибора. Герметичность установки затвора обеспечивается установкой резиновых прокладок 6.

На рукоятке установлен подпружиненный фиксатор 4, позволяющий застопорить заслонку в положениях «Открыто» и «Закрыто» через соответствующие пазы в секторе 3.

Для предварительной фиксации перед сборкой корпус дискового затвора к нижнему присоединительному фланцу крепится двумя болтами через проушины 7.

Сливной прибор цистерны модели 15-1755 производства ОАО «Азовмаш» показан на рисунке 1.207.

Конструкция сливного устройства разработки «Азовмаш» в целом подобна конструкции универсального сливного прибора в части наличия основного и дополнительного затвора прислонного типа. В качестве дополнительного среднего затвора применен *дисковый поворотный клапан, оборудованный червячной передачей*.

Дополнительный средний затвор 1 размещен между клапаном (внутренним затвором) и крышкой (наружным затвором) и крепится между фланцами трубы восемью болтами.

Открытие и закрытие дискового затвора осуществляется вращением маховика 2.

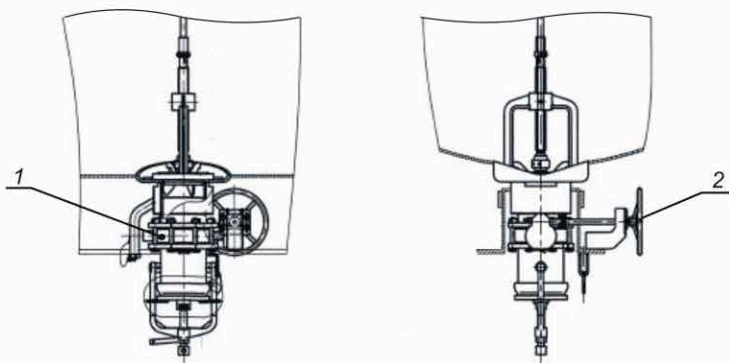


Рисунок 1.207 – Сливной прибор с тремя затворами цистерны модели 15-1755:

1 – дисковый затвор; 2 – маховик

Перед сливом крышка корпуса сливного прибора должна быть отведена в сторону и подвешена скобой на крючок, а маховик 2 привода дискового затвора 1 зафиксирован в положении «открыто».

Общий вид дискового затвора сливного прибора показан на рисунке 1.208.

Сливное устройство, выпускаемое «Ружиммаш» (рисунок 1.209) состоит из трех последовательно установленных затворов.

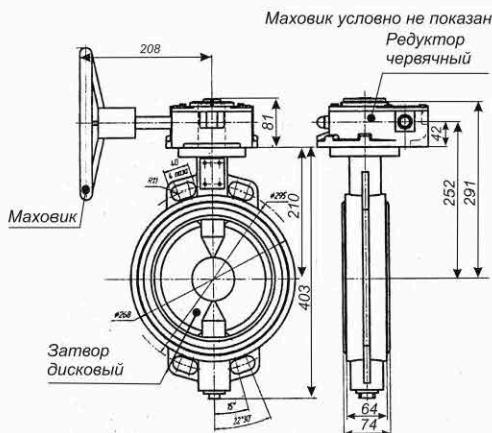


Рисунок 1.208 – Общий вид дискового затвора цистерны модели 15-1755

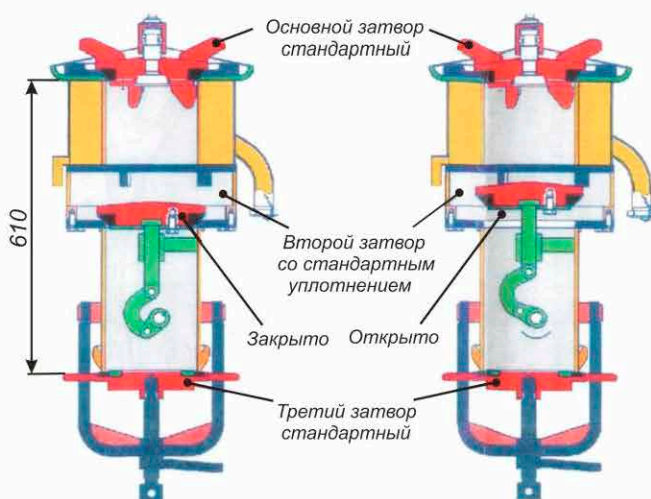


Рисунок 1.209 – Сливной прибор с тремя затворами разработки «Ружхиммаш»

Основной внутренний и внешний нижний дополнительный затворы соответствуют универсальному сливному прибору.

В отличие от рассмотренных выше сливных приборов с промежуточным затвором в виде заслонки в данном сливном приборе *промежуточный дополнительный затвор* выполнен в виде клапана, аналогичного основному.

В качестве привода промежуточного затвора используется *привод в виде рычажной передачи*.

Преимущества предлагаемой конструкции сливного прибора по сравнению с приборами, оборудованными заслонками, заключаются в следующем.

1 Улучшение герметичности сливного прибора в эксплуатации за счет компенсации износа прокладки промежуточного затвора в результате дополнительного поджатия клапана, которое осуществляется специально сконструированным фиксатором.

2 Увеличение срока службы уплотнителя за счет исключения трения между уплотнителем и седлом промежуточного затвора. Если перемещение клапана в новом сливном приборе осуществляется по оси прибора, то в существующих приборах заслонка поворачивается на 90° на валу, ось которого перпендикулярна оси сливного прибора. При этом в процессе открытия и закрытия заслонки происходит трение между заслонкой и уплотнителем, вызывая износ уплотнителя.

3 Простота конструкции и унификации узлов.

Сливной прибор УСП-3 (рисунок 1.210, а) разработан Нижегородским отделением ВНИИЖТ.

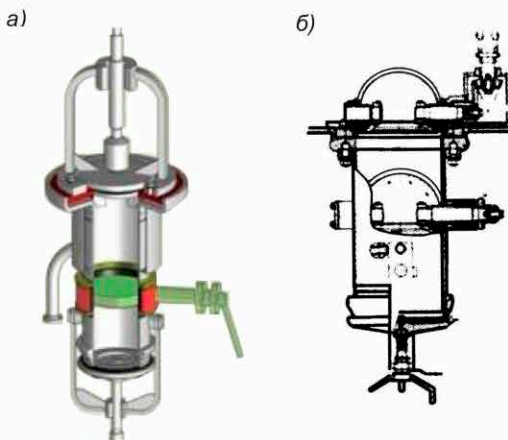


Рисунок 1.210 – Сливные приборы УСП-3 (а) и ЦКБА (б)

В новом приборе верхний клапан и откидная крышка остались без изменений. В конструкцию добавлен *промежуточный дисковый затвор*, который находится ниже паровой рубашки и не обогревается ею. Поэтому при низких температурах у сливного прибора УСП-3 промежуточный дисковый затвор открыть практически невозможно.

В целом УСП-3 обладает теми же недостатками, что и универсальный сливной прибор с двумя затворами. Удовлетворительная герметичность этого прибора обеспечивается только при работоспособном промежуточном дисковом затворе.

Сливной прибор, разработанный на ЦКБА (Санкт-Петербурге) (рисунок 1.210, б) включают три запорных элемента: основной клапан, дисковый поворотный затвор и крышку прислонного типа. В качестве основного затвора используется дисковый затвор с коническим редуктором.

В настоящее время отсутствуют сливные устройства с тремя затворами, полностью удовлетворяющие требованиям безопасности, коммерческим, экологическим, эргономическим и функциональным требованиям.

Основные направления совершенствования сливных приборов [68]:

- модернизация соединения сливного устройства с обечайкой котла с целью улучшения показателей прочности;
- уменьшение диаметра условного прохода для снижения массы и момента инерции сливного устройства;
- внедрение конструктивных мероприятий, предотвращающих потерю герметичности котла и сливного устройства в аварийных ситуациях;
- исключение верхнего привода основного запорного элемента, использование быстродействующих запорных элементов для сокращения времени разгрузки;
- применение надежных механизмов фиксации элементов привода затворов для исключения их самопроизвольного открытия или закрытия;
- использование современных уплотнительных материалов, стойких к воздействию перевозимого груза и посторонних включений;
- модернизация первого дополнительного затвора для обеспечения возможности разогрева груза и пропарки сливного устройства;
- применение максимального количества унифицированных компонентов и узлов для обеспечения ремонтпригодности.

1.7.4 Цистерны для вязких грузов (цистерны с подогревательным кожухом)

Перевозка вязких грузов связана со значительными трудностями. Цистерны для вязких грузов отличаются друг от друга параметрами и материалами котлов, устройствами загрузки и выгрузки и предохранительными устройствами.

К вязким грузам относятся вязкие нефтепродукты (мазут, смазочные масла), патока, желтый фосфор, фенол, олеум (серная дымящаяся кислота) и уксусная кислота. Перед сливом вязких грузов из котла необходим их подогрев, поэтому они имеют парообогревательный кожух (парообогреватель-

ную рубашку). **Цистерны для вязких грузов** – это цистерны с подогревательным кожухом.

Особенности конструкции котлов цистерн для вязких нефтепродуктов.

1 Оборудованы устройством для разогрева груза в котле перед сливом в виде подогревательного кожуха (рисунок 1.211), а цистерна для желтого фосфора – **устройством для разогрева и охлаждения** в виде подогревательно-охлаждающего кожуха.

Подогрев осуществляется с помощью теплоносителей – пара и горячей воды. Подогревательный и подогревательно-охлаждающий кожухи изготовлены из углеродистой стали толщиной до 3 мм и охватывают нижнюю часть котла. Устанавливаются они на каркасе из уголка. Каркас приваривается к котлу снизу, а к нижней части кожуха приваривается воронка для слива конденсата. По концевым частям кожуха снизу варены патрубки для подачи и выпуска теплоносителя.



Рисунок 1.211 – Цистерна для патоки (модель 15-1613)

В цистерне для желтого фосфора *при разогреве* пар подается в пространство между кожухом и котлом через штуцер воронки в средней части кожуха, а выходят пар и конденсат через два патрубка, расположенных по концам котла в нижней части кожуха. *При охлаждении* вода в кожух попадает через штуцер, расположенный в верхней части кожуха. Патрубки выхода и подачи пара должны быть закрыты.

2 Имеют небольшой объем котла (внутренний диаметр котла $D = 2,0 \dots 2,8$ м) из-за большой плотности грузов (кроме цистерн для вязких нефтепродуктов, уксусной кислоты и фенола) и **изготавливаются из материалов, обеспечивающих качество перевозимых грузов и стойких против их разрушающего воздействия** (2-слойные стали, защита внутренней поверхности).

Так, *цистерны для уксусной кислоты и желтого фосфора* имеют котел, выполненный из двухслойной стали ВСт3сп2 (09Г2С)+12Х18Н10Т (второй

слой – нержавеющая сталь). В цистерне для фенола внутренняя поверхность котла, изготовленного из низколегированной стали марки 09Г2С, покрыта защитным слоем цинка толщиной 0,08–0,1 мм для предотвращения воздействия фенола.

Примечание – Двухслойные стали (ГОСТ 10885-85) представляют собой листы, состоящие из двух соединенных слоев: основного из недорогой черной стали и плакирующего (защитного) из высоколегированной стали. Наиболее часто применяют двухслойные стали толщиной 8–40 мм с основным слоем из стали ВСтЗсп2, 09Г2, 09Г2С, 20К и защитным (плакирующим) слоем из коррозионно-стойких сталей марок 10Х17Н13М2Т, 12Х18Н10Т, Х18Н10Т.

3 Оборудованы отличными друг от друга устройствами загрузки и выгрузки груза:

- устройствами верхнего налива и нижнего слива (цистерны для патоки, вязких нефтепродуктов и фенола);
- устройствами верхнего налива и слива (цистерны для желтого фосфора, олеума, уксусной кислоты).

Примечание – Устройства верхнего налива и нижнего слива характеризуются открытым способом загрузки – через верхний люк, разгрузкой нижней самотеком через сливной прибор по трубопроводу склада в емкость. Воздух поступает в котел через открытый люк или газовый патрубок.

Устройства верхнего налива и слива характеризуются закрытым способом загрузки и разгрузки (передавливанием или откачиванием насосом)

4 В качестве предохранительно-контрольных устройств используются: цистерны для патоки, вязких нефтепродуктов и фенола – КПВ, С; для желтого фосфора и уксусной кислоты – КПВ, М, П; для олеума – КПВ, М.

5 Расположение сливо-наливной и предохранительно-контрольной аппаратуры – в цистернах с верхним наливом и сливом, как правило, на крышке люка и закрыто кожухом.

6 Контроль за уровнем груза в котле при загрузке:

- по сегментным планкам – цистерны для патоки, фенола и вязких нефтепродуктов;
- методами, принятыми на пункте погрузки (по контрольным средствам склада) – цистерны для желтого фосфора;
- с помощью уровнемера, установленного на пункте погрузки в специальный люк цистерны – цистерны для уксусной кислоты.

Цистерны для вязких нефтепродуктов. Котел цистерна для вязких нефтепродуктов модели 15-1566 состоит из цилиндрической обечайки, сва-

ренной из продольных листов, и двух днищ. Материал котла – сталь марки 09Г2С.

Котел имеет нижний слив и оборудован универсальным сливным прибором.

Нижнюю часть котла охватывает паровобогревательный кожух, изготовленный из углеродистой стали толщиной 3 мм и служащий для разогрева продукта. Пар через штуцер на кожухе сливного прибора подается в пространство между кожухом и котлом и через два патрубка, расположенных по концам котла и нижней части кожуха, выходит наружу.

Для налива продукта используется люк диаметром 570 мм, закрываемый крышкой. В нем размещается устройство для определения предельного уровня заполнения котла и привод затвора универсального сливного прибора. Рядом с люком установлен предохранительно-впускной клапан, отрегулированный на избыточное давление 0,15 МПа (1,5 кгс/см²).

Цистерна модели 15-897 отличается от цистерны модели 15-1566 меньшим диаметром котла и соответственно меньшим объемом.

Техническая характеристика цистерн для вязких грузов приведена в таблице 1.10.

Цистерны для олеума и уксусной кислоты. Цистерна для олеума модели 15-1424 показана на рисунке 1.212.

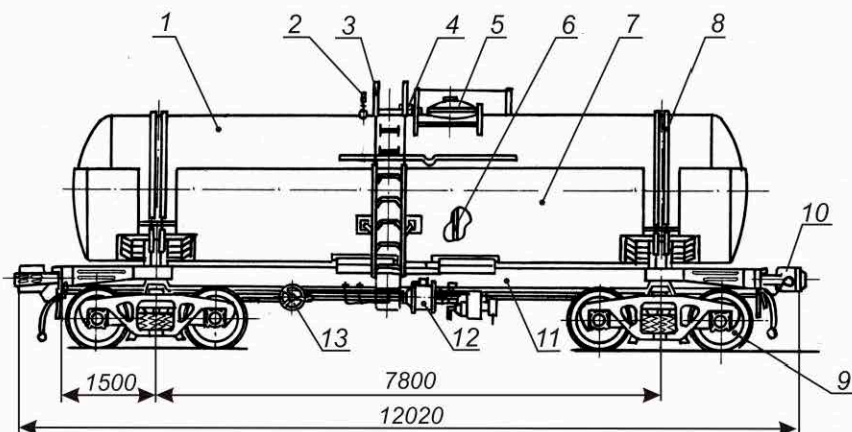


Рисунок 1.212 – Цистерна для олеума модели 15-1424:

1 – котел; 2 – предохранительно-впускной клапан; 3, 6 – наружная и внутренняя лестницы; 4 – сливоналивное устройство; 5 – крышка люка; 7 – подогревательный кожух; 8 – крепление котла к раме; 9 – тележка; 10 – автосцепное устройство; 11 – рама; 12, 13 – автоматический и стояночный тормоза

Таблица 1.10 – Техническая характеристика цистерн для вязких грузов

Показатель	Модель вагона-цистерны
------------	------------------------

	15-1566 для вяз- ких нефте- продук- тов	15-1608 для уксу- сной кисло- ты	15-1525 для желтого фосфора	15-1424 для олеума	15-1432 для ядохи- микатов
Грузоподъемность, т	67	68,5	70	66/70	63
Масса тары, т	24,47	24,5	22	21,4/21, 6	24,8
Расчетная статиче- ская осевая нагрузка от оси колесной па- ры, кН	224	228	225,6	214,3	215,6
Габарит	02-ВМ	1-ВМ	02-ВМ	02-ВМ	02-ВМ
Высота центра тяже- сти цистерны (по- рожной) от головок рельсов, мм	1525	1573	1310	1021	1385
Параметры котла: – объем полный, м³	73,1	73,1	46	38,5	47,59
– диаметр внутрен- ний, мм	3000	3000	2400	2200	2400
– длина наружная, мм	10770	10850	10590	10508	11400
– толщина листов, мм:					
- верхних	9	8	8	8	10
- средних (боковых)	9	8	8	8	10
- нижнего	11	11	10	11	10
- днищ	10	10	10	10	10
Удельный объем, м³/т	1,04	0,95	0,59	0,533	0,71
Рабочее давление, МПа	0,147	0,2	0,25	0,25	0,15

Котел цистерны (рисунок 1.213) состоит из цилиндрической обечайки 2 и двух днищ 1. Толщина нижнего листа – 11 мм, средних и верхних – 8 мм. Изготовлен котел из стали марки 09Г2С.

В средней части котла расположен люк диаметром 570 мм, закрываемый крышкой 7. На крышке люка имеются штуцер под манометродержатель 5 и патрубки 6 и 8 соответственно для отвода газа при наливке и подвода воздуха при сливе. Имеется также патрубок для отбора проб, который может быть использован для подачи воздуха в котел при сливе продукта перекачиванием.

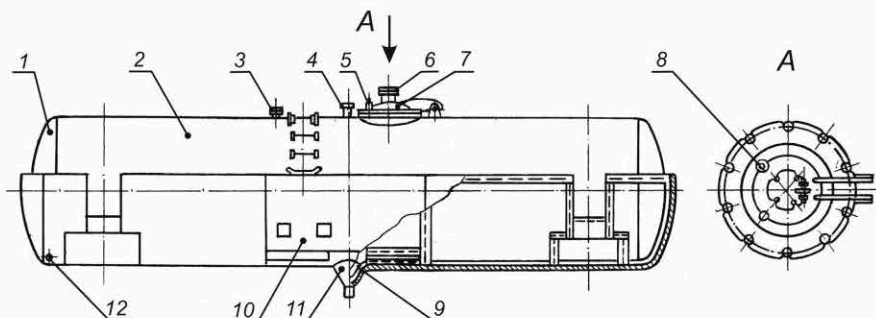


Рисунок 1.213 – Котел цистерны для олеума модели 15-1424:

1 – днище; 2 – обечайка; 3 – патрубок для предохранительно-впускного клапана; 4 – сливо-наливной патрубок; 5 – штуцер под манометродержатель; 6 – патрубок для отвода газа при наливке; 7 – крышка люка-лаза; 8 – патрубок для подвода воздуха при сливе; 9 – поддон; 10 – подогревательный кожух; 11 – воронка для подвода пара; 12 – трубка для отвода конденсата

В верхней части котла размещены *патрубок 4 сливо-наливной трубы* (сливо-наливной патрубок) и патрубок 3 для предохранительно-впускного клапана.

Предохранительно-впускной клапан отрегулирован на избыточное давление 0,25 МПа (2,5 кгс/см²).

Для разогрева продукта котел оборудован *парообогревательным кожухом*, который изготовлен из стали толщиной 3 мм и охватывает нижнюю часть котла. Пар подается в пространство между кожухом и котлом через штуцер воронки в средней части кожуха, а выход пара или конденсата происходит через два патрубка, расположенных по концам котла в нижней части кожуха.

Сливо-наливное устройство (рисунок 1.214) состоит из трубы 2, воронки 1, патрубка 3, откидного болта 4, заглушки 5 и фторопластовой прокладки 6. Устройство используется для верхнего слива и налива продукта.

Налив продукта в цистерну производится *закрытым способом*.

Для налива необходимо открыть заглушку сливо-наливной трубы и крышку патрубка 6 люка и затем подсоединить к их фланцам соответственно наливную коммуникацию и коммуникацию для отвода газов.

Слив продукта цистерны производится двумя способами: откачиванием насосом или передавливанием.

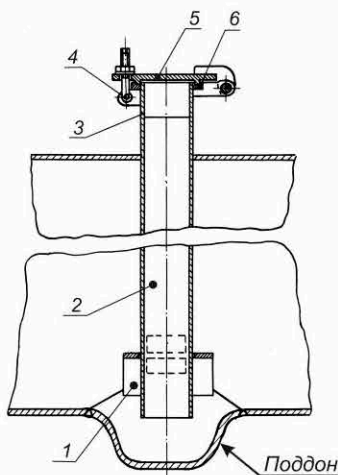


Рисунок 1.214 – Сливо-наливное устройство цистерны модели 15-1424:
 1 – воронка; 2 – труба; 3 – патрубок;
 4 – откидной болт; 5 – заглушка; 6 – фторопластовая прокладка

При сливе продукта *откачиванием насосом* необходимо:

- открыть заглушку (крышку) сливо-наливного устройства и подсоединить к его фланцу сливную коммуникацию с насосом;
- открыть крышку патрубка 8 люка и подсоединить к его фланцу коммуникацию сжатого воздуха давлением не более $0,7 \text{ кгс/с}^2$, для осуществления первоначального подпора продукта (залив насоса);
- отсоединить коммуникацию сжатого воздуха после начала работы насоса;
- произвести слив продукта из цистерны, при этом патрубок крышки люка-лаза сообщить с атмосферой или закольцевать с приемной емкостью.

При сливе продукта *передавливанием* необходимо:

- открыть заглушку (крышку) сливо-наливного устройства и подсоединить к его фланцу сливную коммуникацию;
- подсоединить коммуникацию сжатого воздуха и при давлении не более 2 кгс/с^2 производить слив. Давление поддерживать до полного слива продукта.

Конструкция цистерны для уксусной кислоты модели 15-1608 аналогична описанной выше модели 15-1424. Отличается большим объемом котла и наличием ограждающего желоба в зоне расположения люка, сливо-наливной арматуры и дренажных трубок для отвода разливающегося при сливо-наливных операциях продукта.

Цистерны для ядохимикатов. Отличительной особенностью цистерн для перевозки ядохимикатов является *наличие на котле двух горловин люка-лаза*. Котлы цистерн для ядохимикатов изготавливаются из двухслойной стали.

Общий вид котла цистерны модели 15-1432 показан на рисунке 1.215.

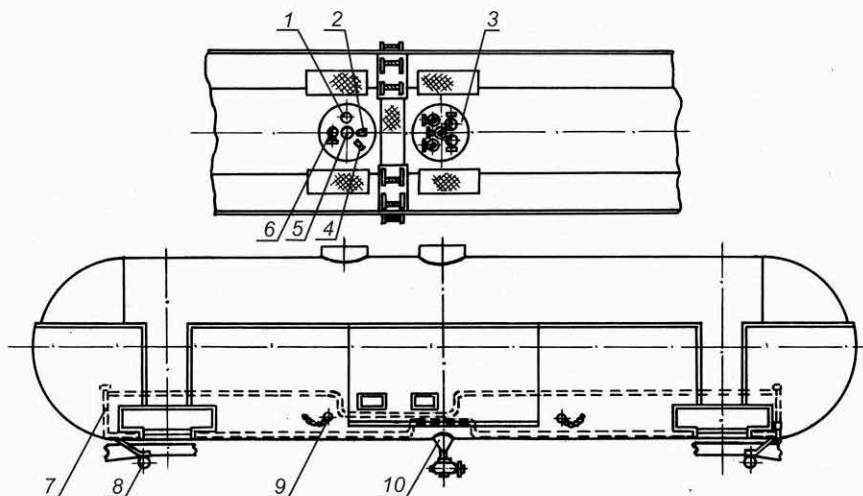


Рисунок 1.215 – Котел цистерны для ядохимикатов модели 15-1432:

1 – клапан; 2 – пробоотборное устройство; 3 – устройство слива-налива; 4 – манометродержатель; 5 – устройство для установки термометра; 6 – газовый вентиль; 7 – коллектор; 8 – патрубок для стока конденсата; 9 – дополнительный штуцер для подвода пара; 10 – воронка для слива конденсата

На одной из крышек люков установлены пробоотборник 2, газовый вентиль 6, предохранительный клапан 1, установки под манометр 4 и термометр 5.

На второй крышке люка размещены *сливо-наливные трубы с вентилями 3* в количестве пяти штук. Каждый вентиль пронумерован цифрами от 1 до 5. Такая нумерация дает возможность производить слив продукта отдельными равными порциями, начиная с номера 1. Сливо-наливная труба номер 5 устанавливается в центральной части котла цистерны, где имеется поддон, и служит для окончательного и полного слива продукта.

Налив продукта в цистерну производится закрытым способом. Перед наливом необходимо *проверить наличие давления в котле* цистерны, которое должно контролироваться до окончания наполнения, *подсоединить наливную коммуникацию (рукав)* к одному из вентилях сливноналивного устройства и *подсоединить шланг к газовому вентилю*, закольцевав с маги-

стралью или другой емкостью для перехода избыточного давления азота из котла цистерны при ее заполнении.

Наполнение цистерны производится с недоливом на 300 мм от верхней образующей котла.

Слив продукта производится передавливанием сухим азотом давлением до 0,15 МПа (1,5 кгс/см²).

Перед началом слива производится *разогрев цистерны паром*. Через 4–6 часов после подачи пара, а также по показаниям термометра необходимо через трубку отбора проб *проверить состояние продукта*. Убедившись, что продукт расплавлен, приступить к сливу.

Цистерны для фенола. Рассмотрим цистерну для фенола модели 15-898. Котел с парообогревательным кожухом в основном по конструктивным параметрам аналогичен котлу, показанному на рисунке 1.213 с толщиной нижнего листа 11 мм, средних и верхних 8 мм. Для защиты от воздействия продукта котел из стали 09Г2С покрыт с внутренней стороны слоем цинка толщиной 0,08–0,1 мм. Для обеспечения технологических операций при покрытии цинком внутренней поверхности котел имеет два дополнительных технологических люка. Цистерна оборудована универсальным сливным прибором и предохранительно-впускным клапаном, отрегулированным на внутреннее давление в котле 0,15 МПа (1,5 кгс/см²) и вакуум – 0,02 МПа (0,2 кгс/см²).

Операции слива и налива продукта аналогичны операциям, применяемым у всех цистерн, имеющих универсальный сливной прибор, после проведения разогрева котла паром.

Цистерны для желтого фосфора. Цистерны модели 15-4112 и 15-1525 предназначены для перевозки желтого фосфора в кристаллизованном виде.

Обечайка котла цистерны *изготовлена из продольных листов двухслойной стали марки ВСтЗсп2 (09Г2С)+12Х18Н10Т* толщиной 8 мм верхнего и средних и 10 мм – нижнего.

Котел имеет подогревательно-охлаждающий кожух, сливо-наливное устройство и предохранительную арматуру.

Загружается фосфор через люк, закрываемый крышкой (рисунок 1.216). На крышке установлены штуцер под манометр 7, предохранительно-впускной клапан 9 и патрубки: 2 – для слива-налива продукта, 3 – для воды и 8 – для отбора проб. Герметичность крышки обеспечивается постановкой паронитовых прокладок 1 и затяжкой болтами, а также заглушками 6. *Для полного слива продукта в нижней части котла варен поддон, в который опущена сливо-наливная труба.* Крышка люка с арматурой закрыта кожухом.

Продукт перевозится в кристаллизованном виде под слоем незамерзающего раствора (хлористого кальция или хлористого натрия) толщиной не менее 300 мм.

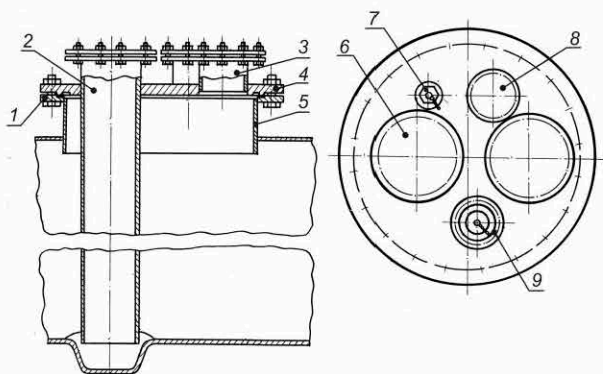


Рисунок 1.216 – Установка сливо-наливной и контрольно-измерительной аппаратуры на цистерне модели 15-1525:

1 – прокладка; 2, 3 – патрубки для слива-налива груза и воды; 4 – крышка люка; 5 – люк;
6 – заглушка; 7 – штуцер под манометр; 8 – патрубок для отбора проб; 9 – предохранительно-впускной клапан

Предохранительно-впускной клапан отрегулирован на внутреннее давление в котле $0,25 \text{ МПа}$ ($2,5 \text{ кгс/см}^2$) и вакуум – $0,03 \text{ МПа}$ ($0,3 \text{ кгс/см}^2$).

Подогревательно-охлаждающий кожух используется как при наливе, так и при сливе продукта. Залив воды при охлаждении фосфора производится через один из патрубков, расположенных с двух сторон в средней части кожуха. Стеkanie конденсата при подогреве котла во время слива продукта осуществляется через воронку в нижней части котла.

Налив продукта в цистерну производится закрытым способом в следующем порядке:

- открыть предохранительный кожух люка и снять заглушки с патрубков слива-налива фосфора и воды;
- открыть заглушки на патрубке 8 для отбора проб и установить уровнемер или другой прибор для контроля наполнения;
- подсоединить материальную линию подачи фосфора к патрубку слива-налива. Линия должна быть снабжена паровой рубашкой, в которую подается пар, а через материальную линию – горячая вода температурой $65\text{--}70^\circ\text{C}$. Подача вода производится до образования слоя воды в котле не менее 50 см ;
- после подогрева трубопровода в котел подается фосфор и производится налив цистерны.

По окончании налива над фосфором в зимних условиях заливают слой незамерзающего раствора высотой 30 см , в условиях жаркого климата и

летом слой воды должен быть не менее 40–60 см. Цистерну можно транспортировать только после полного застывания фосфора в котле.

Слив продукта цистерны производится двумя способами: передавливанием продукта водой или откачиванием насосом.

При сливе продукта передавливанием необходимо:

- снять заглушки с патрубков слива-налива фосфора и воды;
- подсоединить материальную линию подачи фосфора к патрубку слива-налива;

— подсоединить к водяному патрубку шланг для подачи воды в котел (температура воды должна быть не ниже 60–65 °С) и произвести подачу воды в котел, создавая давление в нем до 0,2 МПа (2 кгс/см²) до полного слива продукта.

При сливе продукта откачиванием насосом:

- после разогрева фосфора в котле снять с люка кожух и заглушку с патрубка слива-налива и подсоединить материальную линию с насосом;
- продолжая подогрев фосфора в котле, произвести перекачивание продукта.

1.7.5 Цистерны для затвердевающих грузов (цистерны с подогревательным кожухом и термоизоляцией)

Все цистерны для затвердевающих грузов оборудованы устройствами термоизоляции и разогрева груза перед сливом. Они различаются конструкцией узлов разогрева, материалов котлов и термоизоляции.

Перевозка жидких застывающих (затвердевающих) грузов связана с определенными трудностями. Цистерны должны обеспечивать сохранность груза в жидком состоянии, т. е. при определенной температуре, в течение 4–5 суток. Цистерны для затвердевающих грузов отличаются друг от друга параметрами и материалами котлов, устройствами загрузки и выгрузки и предохранительными устройствами.

К затвердевающим грузам относятся жидкий пек, жидкая сера, капролактамы, паста сульфанола, суперфосфорная кислота.

Особенности конструкции котлов цистерн.

1 Все цистерны имеют устройство для разогрева груза в котле перед сливом и оборудованы термоизоляцией.

Среди цистерн этой группы различают цистерны с электроподогревом (цистерны для жидкой серы и пека), с пароподогревом или водонагревом (цистерны для пасты сульфанола и суперфосфорной кислоты, капролактама).

Подогрев груза перед сливом из котла необходим для вязких и затвердевающих грузов. Подогрев осуществляется с помощью теплоносителей: пара, горячей воды или воздуха. Для этого цистерны снабжены подогрева-

тельными кожухом, змеевиками внутри или снаружи котла, электронагревательными трубчатыми элементами.

Подогревательным кожухом с использованием пара и горячей воды оборудованы цистерны для капролактама. Он выполнен из углеродистой стали толщиной до 3 мм и охватывают нижнюю часть котла. Устанавливаются они на каркасе из уголка. Каркас приваривается к котлу снизу, а к нижней части кожуха приваривается воронка для слива конденсата. По концевым частям кожуха снизу вварены патрубки для подачи и выпуска теплоносителя.

Трубчатые змеевики, установленные в нижней части котла изнутри, осуществляют внутренний подогрев в цистернах для пасты сульфанола и суперфосфорной кислоты.

Цистерны для жидкой серы и пека оборудованы электрообогревом груза. В нижней части под котлом установлены *трубчатые электронагреватели* мощностью по 2,5 кВт каждый, соединенные в секции по несколько штук. Между нагревателями и котлом смонтирован стальной экран, предохраняющий низ котла от лучистой тепловой энергии нагревателей и тем самым исключающий местный нагрев. Вокруг всего котла предусмотрена воздушная полость между поверхностью котла и теплоизоляцией. Она предназначена для равномерного разогрева котла по всей поверхности горячим воздухом, конвектируемым от электрических трубчатых нагревателей.

Для поддержания температурного режима груза в котле при транспортировке цистерны для скоропортящихся и затвердевающих грузов оборудованы *термоизоляцией*. В этих цистернах котел изолирован термоизоляционным материалом толщиной 200–300 мм, покрытым металлическим кожухом. Кожух представляет собой цилиндрическую обечайку с днищами. Обечайка состоит из поперечных секций, стыки между которыми закрываются декоративными хомутами. Крепится металлический кожух к раме платформы.

Термоизоляция цистерн различается в основном изоляционным материалом:

- стеклорулонный материал МРТ-35 толщиной 300 мм – для капролактама и пасты сульфанола;
- пенополиуретан – для суперфосфорной кислоты;
- стеклянное штапельное волокно ЦФД – для жидкой серы и пека.

2 Изготавливают из материалов, обеспечивающих качество перевозимых грузов и стойких против их разрушающего воздействия (нержавеющая сталь, 2-слойные стали, защита внутренней поверхности):

цистерны для жидкой серы – двухслойные стали ВСт3сп2+12Х18Н10Т или 09Г2+12Х18Н10Т;

– *цистерны для капролактама и сульфанола* – нержавеющая сталь марки 08Х22Н6Т;

– *цистерны для жидкого пека* – низколегированная сталь марки 09Г2С.

В *цистерне для суперфосфорной кислоты* внутренняя поверхность котла, выполненного из углеродистой стали, (гуммирована) покрыта защитным слоем резины.

3 Имеют небольшой объем из-за большой плотности грузов. Внутренний диаметр котлов от 2,0 до 2,8 м, кроме цистерны для бензола.

4 Оборудованы отличными друг от друга устройствами загрузки и выгрузки груза:

– устройствами верхнего налива и слива: для жидкого пека, жидкой серы, капролактама и суперфосфорной кислоты (*способ загрузки* – закрытый; *способ разгрузки* – передавливанием, а для жидкой серы – сифонированием);

– устройствами верхнего налива и нижнего слива: для пасты сульфанола и суперфосфорной кислоты (одна из моделей) (*способ загрузки* – открытый через верхний люк, *способ разгрузки* – нижний самотеком через сливной прибор по обе стороны цистерны).

5 В качестве предохранительно-контрольных устройств используются: *цистерна для жидкого пека* – Т, ПМ; *цистерна для жидкой серы* – М, ПМ, ТР; *цистерны для для капролактама и пасты сульфанола* – КПВ, П, М, Т; *цистерна для суперфосфорной кислоты* – КП (Т – термокарман, ТР – термореле, ПМ – предохранительная мембрана, П – пробобортборник, М – манометродержатель).

Термокарман (Т) – для установки в пункте налива термодары, с помощью которой контролируется температура груза в котле.

Термореле (ТР) – для регулирования температуры воздушной прослойки между котлом и кожухом электронагревателей.

6 Контроль за уровнем груза в котле при загрузке:

– *метрштоком через смотровой люк* – цистерны для капролактама и пасты сульфанола;

– *визуально или деревянной рейкой с делениями через смотровой люк* – цистерны для жидкого пека;

– *методами, принятыми на пункте погрузки (по контрольным средствам склада)* – цистерны для желтого фосфора;

– *с помощью уровнемера, установленного на пункте погрузки в специальный люк цистерны* – цистерны для уксусной кислоты.

Техническая характеристика цистерн для затвердевающих грузов приведена в таблице 1.11.

Цистерны для жидкого пека. Каменноугольный пек – токсичное вещество. Жидкий пек выделяет пары, которые соединяясь с воздухом, образуют горючие смеси, способные легко воспламениться от любой искры, нагретых поверхностей и др. Кроме того, пары пека могут вызвать отравление и ожоги.

Таблица 1.11 – Техническая характеристика цистерн для затвердевающих грузов

Показатель	Модель вагона-цистерны				
	15-1532 для пека	15-1482 для серы	15-1565 для суль- фанола	15-1522 для бензола	15-1552 для капролак- тама
Грузоподъемность, т	63	67	62	62,3	50
Масса тары, т	27,5	25,8	26	26,4	26
Нагрузка от оси ко- лесной пары на рель- сы, кН	221,7	227,4	215,8	217,6	188,2
Число осей	4	4	4	4	4
Габарит	1-BM	02-BM	1-BM	1-T	1-BM
Удельный объем, м³/т	0,82	0,56	0,89	1,15	0,99
Высота центра тяже- сти цистерны (порож- ней) от головок рель- сов, мм	1654	1459	1562	1620	1679
Параметры котла: – объем полный, м³ – диаметр внутрен- ний, мм – длина наружная, мм – толщина листов, мм: - верхних - средних (боковых) - нижнего - днищ	54,4 2600 11300 9 9 11 10	38,5 2200 11030 8 8 11 10	55,2 2600 11300 8 8 10 10	72,76 3000 11060 9 9 11 10	55,2 2600 11300 8 8 10 10
Рабочее давление, МПа	0,2	–	0,07	0,06	0,2
Максимально допу- стимая температура загружаемого продук- та, °С	+300–250	+135– 150	+50	+10–20	+95
Рабочая температура в котле, °С	-50–+300	-50–+50	+20–+50	–	+40–+100
Толщина изоляции, мм	190	–	–	–	150–190

Цистерна для жидкого пека 15-1532 (рисунок 1.217) обеспечивает сохранность груза в жидком состоянии при температуре налива 250 °С и окружающей среды –30 °С в течение пяти суток. Жидкий каменноугольный пек перевозится при температуре окружающего воздуха до –50 °С.

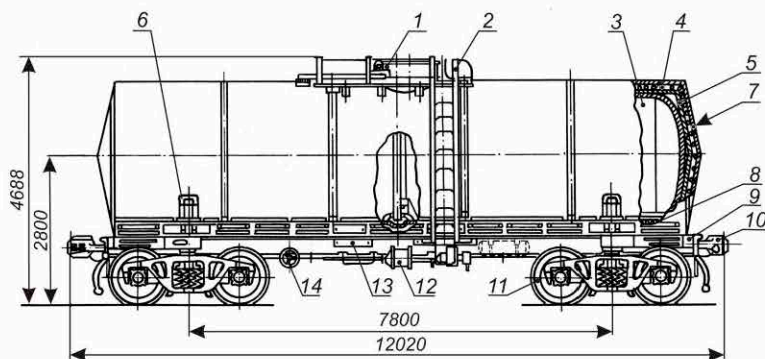


Рисунок 1.217 – Цистерна для жидкого пека модели 15-1532:

1 – теплоизоляционная крышка горловины; 2 – наружная лестница с помостами; 3 – котел; 4 – изоляция котла; 5 – кожух электронагревателей; 6 – крепление котла на раме; 7 – каркас и кожух изоляции; 8 – электрооборудование; 9 – рама; 10 – автосцепное устройство; 11 – тележка; 12, 14 – автоматический и стояночный тормоза; 13 – панельный ящик

Разогрев груза в цистерне производится трубчатыми электронагревателями, мощность которых составляет 90 кВт. Слив осуществляется при температуре 140–180 °С при скорости разогрева около 2,4 °С в час.

Котел имеет кожух электронагревателей 5, каркас и кожух изоляции 7, изоляцию 4, устройство разогрева груза 8, сливо-наливное устройство и предохранительную арматуру.

Котел включает цилиндрическую обечайку с двумя продольными листами (верхний толщиной 8 мм, нижний – 11 мм) и эллиптические днища толщиной 11 мм. Выполнен из низколегированной стали марки 09Г2С-12.

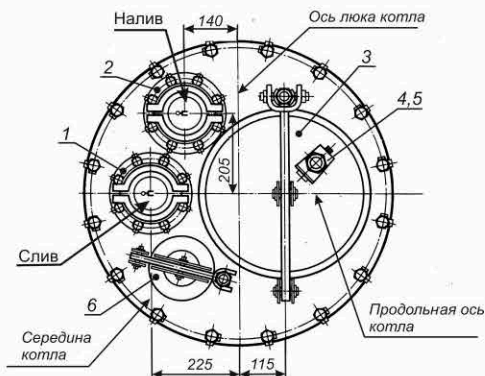
Для более полного слива продукта нижний лист котла имеет с двух сторон уклон к поддону сливной трубы. Налив и слив продукта – верхние.

Для этого в середине верхней части котла приваривается горловина **основного люка-лаза**, закрываемая крышкой с арматурой (рисунок 1.218). На крышке люка установлены сливная 1 и наливная 2 трубы и две быстрооткрывающаяся ригельные крышки, которые закрывают вспомогательный 3 и смотровой 6 люки, имеющиеся на крышке люка-лаза.

Вспомогательный люк диаметром 400 мм служит для налива пека посредством ввода иглы заливного устройства установок автоматического налива, имеющихся на некоторых заводах, а также является технологическим люком для прохода в котел. Крышка вспомогательного люка оборудована штуцером 4 и муфтовым краном 5. Кран предназначен для подачи пара в котел при разгрузке цистерны передавливанием и может служить для проверки давления (вакуума) и его сброса, а также продувки емкости.

Рисунок 1.218 – Арматура цистерны для жидкого пека модели 15-1532:

1, 2 – сливная и наливная трубы; 3 – вспомогательный люк; 4 – штуцер; 5 – кран; 6 – смотровой люк



Сливная труба (рисунок 1.219) диаметром 100 мм служит для слива продукта. Ее устанавливают по центру котла над поддоном на уровне образующей нижнего листа котла на расстоянии 90 мм от поддона.

Сливная труба 4 при помощи фланца 5 крепится шпильками 1 к крышке основного люка-лаза. Сверху она закрывается заглушкой 2 с хомутами 3.

Наливная труба служит для налива продукта в котел и по конструкции аналогична сливной трубе.

Смотровой люк (рисунок 1.220) предназначен для определения уровня продукта в котле визуально или деревянной рейкой с делениями, а также для установки термопары при замере температуры продукта.

Смотровой люк закрывается крышкой, оборудованной предохранительной мембраной 6, которая защищает котел от избыточного давления свыше 0,2 МПа.

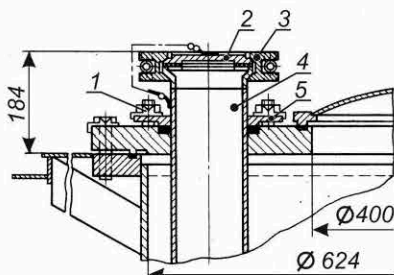


Рисунок 1.219 – Сливная труба цистерны для пека модели 15-1532:

1 – шпилька; 2 – заглушка; 3 – хомут; 4 – труба; 5 – фланец

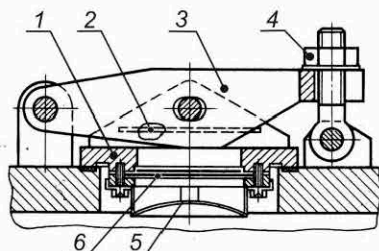


Рисунок 1.220 – Смотровой люк цистерны для пека модели 15-1532:

1 – крышка; 2 – экран; 3 – ригель; 4 – болт; 5 – отражатель; 6 – мембрана

Предохранительная мембрана защищена со стороны груза фторопластовой пленкой толщиной 0,15 мм и отражателем 5, а сверху защищена экраном 2. Защитная пленка мембраны должна разрушаться от вакуума свыше 0,04–0,06 МПа и температуры среды 100 °С.

Котел снаружи закрывается двумя кожухами – вначале кожухом электронагревателей и затем кожухом изоляции, между которыми укладывается тепловая изоляция.

Кожух электронагревателей предназначен для создания воздушного зазора, составляющего 30 мм, между наружной поверхностью котла и его тепловой изоляцией. Воздушный зазор обеспечивает равномерный разогрев котла горячим воздухом, который поступает от электрических трубчатых нагревателей, расположенных в нижней части между котлом и рамой вагона.

Кожух электронагревателей крепится при помощи каркаса кожуха изоляции.

Каркас кожуха изоляции состоит из приваренных к котлу кронштейнов, на которых крепятся четыре кольцевых опорных пояса, а также поясов днищ. Между опорными поясами, расположенными в середине котла, сверху крепятся два продольных уголка, а на них – помосты и лестницы.

Кожух изоляции и кожух электронагревателей представляют собой листы, выполненные из углеродистой стали толщиной 1,5 мм, которые соединяются с каркасом изоляции.

Тепловая изоляция котла, размещенная между кожухом электронагревателей и кожухом изоляции, служит для предотвращения охлаждения продукта в котле. Изоляция состоит из отдельных матов, каждый из которых обернут стеклотканью и прошит стеклянной нитью. Изоляционный мат, имеющий толщину 190 мм, включает термостойкий холст СТВ (50 мм) и стеклянное штапельное волокно ЦФД (140 мм).

Разогрев груза в цистерне осуществляется трубчатыми электронагревателями, которые для удобства монтажа и демонтажа объединяют в съемные секции (рисунок 1.221).

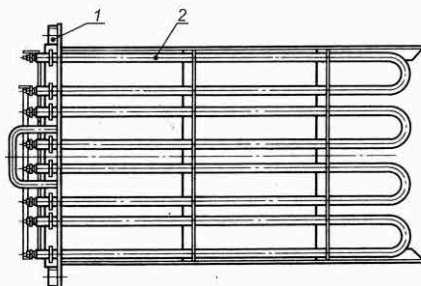


Рисунок 1.221 – Секция нагревателей цистерны для пека модели 15-1532:

1 – каркас; 2 – электронагреватель

Секции электронагревателей устанавливают под котлом в нижней части воздушного зазора между котлом и кожухом электронагревателей в специальных нишах (рисунок 1.222) и легко снимаются

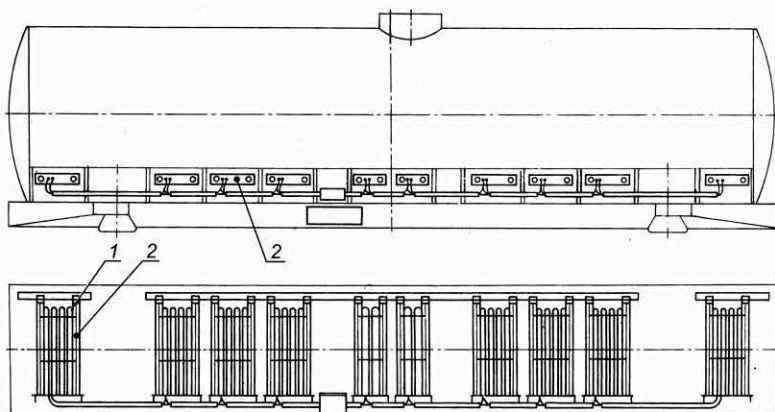


Рисунок 1.222 – Установка электронагревателей на цистерне для пека модели 15-1532:

1 – электрические нагреватели; 2 – съемные секции

Питание нагревателей осуществляется от силовой сети напряжением 220 В, подключаемым через штепсельные разъемы, которые устанавливаются в смонтированном на раме вагона панельном ящике 13 (см. рисунок 1.217).

В связи с высокой температурой груза в концевых опорных узлах не используются деревянные бруски. Между котлом и металлической опорой устанавливаются многослойные прокладки, выполненные из паронита, асбестовой ткани и алюминиевого листа. Для улучшения теплоизоляции под опорами размещаются текстолитовые листы.

Слив продукта производится передавливанием (паром) или сифонированием (откачкой с помощью насоса).

Цистерны для расплавленной серы. Для перевозки жидкой серы служат четырехосные цистерны моделей 15-1480 (рисунок 1.223) и 15-1482. Они обеспечивают ее сохранность при температуре налива 150 °С, а окружающей среды –25 °С в течение не менее четырех суток, летом – не менее шести суток.

Разогрев груза в цистерне производится электроподогревателями, мощность которых составляет 90 кВт. Слив осуществляется при температуре 120–125 °С при скорости разогрева около 3,2 °С в час.

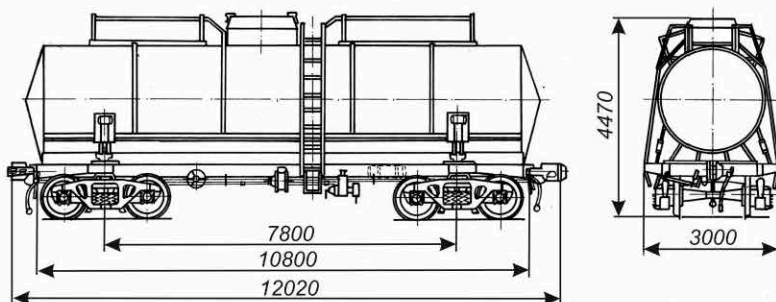


Рисунок 1.223 – Цистерна для расплавленной серы модели 15-1480

Слив, налив и хранение жидкой серы приводят к выделению паров серы, органических веществ, керосина, сероводорода и др., способных образовывать с воздухом горючие смеси, которые могут воспламеняться от открытого пламени, нагретых поверхностей, от любой искры. Кроме того, выделяющиеся из жидкой серы пары могут вызвать отравление, а сама жидкая сера может, попадая на кожу человека, вызвать термические ожоги.

Конструкция цистерны для серы модели 15-1482 аналогична конструкции цистерны для пека модели 15-1532, т. е. имеют те же узлы, что и цистерна для пека. Аналогично выполняются и операции по наливу и сливу.

Отметим некоторые из конструктивных отличий, обусловленных спецификой перевозимого груза.

1 Котел цистерны для серы изготавливается из двухслойной стали марки 09Г2+12Х18Н10Т или ВСтЗсп2+12Х18Н10, причем к грузу котел обращен нержавеющей сталью 12Х18Н10.

2 Ближе к концам котла в зоне верхней образующей ввариваются продувочные патрубки, с помощью которых производится удаление вредных газов из котла цистерны.

Аналогична конструкция и цистерны для серы модели 15-1480.

Цистерны для пасты сульфанола. Цистерны имеют котлы с термоизолирующей. Для разогрева груза в цистерне используется пар, пропускаемый по змеевику из нержавеющей труб, расположенному в нижней части котла.

Цистерна для пасты сульфанола модели 15-1417 представлена на рисунке 1.224.

Налив продукта верхний, **слив** – нижний через сливной прибор с верхним управлением.

Котел цистерны изготовлен из стали марки ВСтЗсп5 по ГОСТ 380-88. Наружная поверхность котла покрыта изоляционным материалом МРТ-35 по ГОСТ 10499-78 толщиной 100 мм и металлическим кожухом из листо-

вой стали толщиной 1,5 мм. Подогрев продукта (в случае его охлаждения до температуры от +15 до +20 °С) производится паром при давлении до 0,6 МПа.

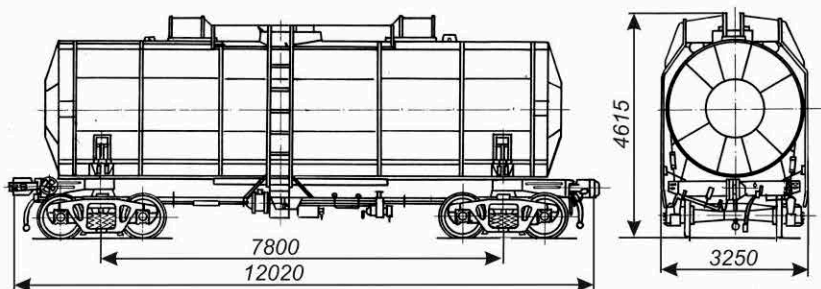
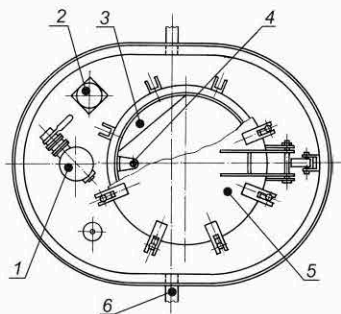


Рисунок 1.224 – Цистерна для пасты сульфанола модели 15-1417

Котел оборудован люком-лазом с откидной крышкой (рисунок 1.225). В люке размещается устройство для установления предельного уровня заполнения котла и привод основного затвора универсального сливного прибора. Рядом с люком находится предохранительно-впускной клапан, отрегулированный на внутреннее давление в котле 0,06 МПа (0,6 кгс/см²) и вакуум 0,005–0,015 МПа (0,05–0,15 кгс/см²).

Рисунок 1.225 – Люк-лаз цистерны для пасты сульфанола модели 15-1417:

1 – кран $D_y 50$ для подвода воздуха; 2 – предохранительно-впускной клапан; 3 – указатель уровня наполнения; 4 – привод сливного прибора; 5 – крышка люка; 6 – сливные трубки для удаления остатков промывающей жидкости



На котле в верхней его части имеются два патрубка, закрытые крышками. К этим патрубкам подключается напорный трубопровод для перемешивания продукта до однородного состава при разогреве его перед сливом.

Подключение пароподводящей магистрали для разогрева продукта осуществляется с помощью фланца на патрубке змеевика, размещенного вблизи горловины сливного прибора.

Цистерны для сульфанола. Общий вид цистерны для сульфанола модели 15-1565 показан на рисунке 1.226. Котел цистерны для сульфанола

изготовлен из стали марки 08Х22Н6Т с толщиной нижнего листа 10 мм, боковых и верхнего – 8 мм. Котел цистерны имеет термоизоляцию и стальной кожух, аналогичные изоляции и кожуху цистерны для пасты сульфанола. Для разогрева продукта котел имеет подогревательный кожух, охватывающий нижнюю поверхность котла. Конструктивное исполнение подогревательного кожуха аналогично цистернам, рассмотренным в п. 1.7.4.

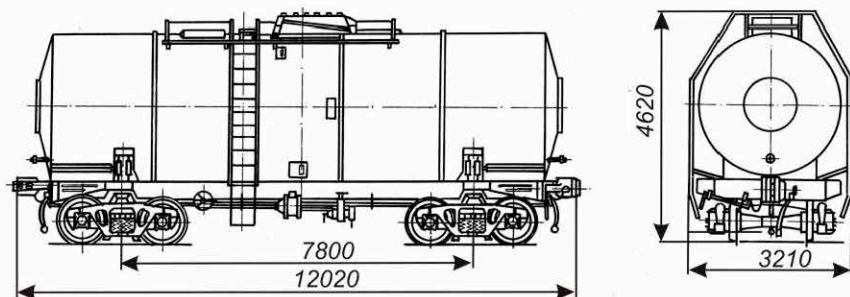


Рисунок 1.226 – Цистерна для сульфанола модели 15-1565

На подогревательном кожухе установлен предохранительно-впускной клапан, отрегулированный на внутреннее давление в котле 0,06 МПа (0,6 кгс/см²) и вакуум 0,03 МПа (0,3 кгс/см²). Трубы для подвода и отвода теплоносителя выведены за пределы кожуха теплоизоляции цистерны. Теплоносителем может быть пар или вода.

Вверху котел имеет две горловины, в одной из которых находится люк-лаз с крышкой, в другой арматуры и приборы для проведения необходимых операций по сливу и наливу продукта, отбору проб, замеру температуры и давления в котле. Схема расположения сливо-наливной арматуры показана на рисунке 1.227. Горловины закрыты теплоизолирующими крышками.

Налив продукта верхний, **слив** – нижний через сливное устройство с верхним управлением на обе стороны цистерны.

При наливе трубопровод подключается к одному из расположенных в горловине вентилях с проходным сечением D_y 80, которые установлены на вваренных в котел трубах. Эти вентили и трубы используются также для перемешивания продукта.

При сливе продукта трубопровод подключается к патрубкам внизу котла в средней его части, которые выведены на обе стороны цистерны. Открытие и закрытие клапана сливного устройства осуществляется с помощью маховика, расположенного в горловине вверху котла. Для отбора проб продукта с двух уровней (верхнего и нижнего) предусмотрены два вентиля D_y 20 с вваренными в котел трубами.

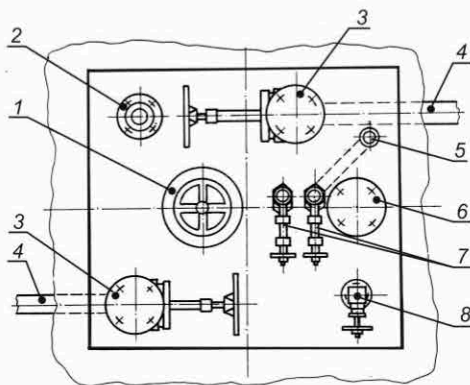


Рисунок 1.227 – Расположение сливо-наливной арматуры цистерны модели 15-1565: 1 – привод сливного устройства; 2 – предохранительно-впускной клапан; 3 – вентиль D_y 80 для налива продукта; 4 – наливная труба; 5 – термопара; 6 – смотровой люк; 7 – вентиль D_y 20 для отбора проб; 8 – манометродержатель с вентилем D_y 6

Температура в котле (в среднем уровне) измеряется с помощью **термопары**. Температура продукта в котле после разогрева не должна быть выше $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. **Манометр** в период слива и налива продукта устанавливают в манометродержатель с вентилем D_y 6. На котле установлен предохранительно-впускной клапан, отрегулированный на избыточное давление $0,2\text{ МПа}$ (2 кгс/см^2) и вакуум $0,03\text{ МПа}$ ($0,3\text{ кгс/см}^2$).

Теплоноситель (горячая вода или пар) к системе разогрева подводится снизу через воронку, установленную в районе сливного устройства, а отвод теплоносителя производится через трубы D_y 50, размещенные на торцах кожуха. Подвод теплоносителя возможен с двух сторон. На этих трубах имеются соединительные головки ГМ-50 с заглушками. Трубы слива продукта закрыты теплоизоляционными колпаками.

На котле имеется смотровой люк D_y 80 с заглушкой, предназначенной для осмотра котла, а также для замера уровня продукта метрштоком или другим устройством.

Цистерны для капролактама. Цистерна для капролактама модели 15-1552 показана на рисунке 1.228. По конструктивному исполнению котла, системы разогрева перевозимого груза и термоизоляции эта цистерна аналогична цистерне для перевозки сульфанола, описанной выше.

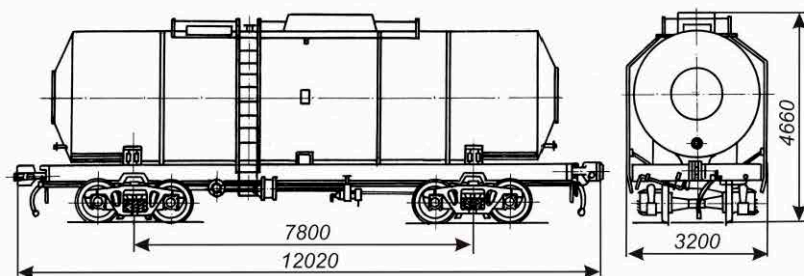


Рисунок 1.228 – Четырехосная цистерна для капролактама модели 15-1552

Котел цистерны (рисунок 1.229) изготовлен из двухслойной стали марки 08Х22Н6Т по ГОСТ 7350-77 с толщиной листов: нижнего – 10 мм, средних и верхних – 8 мм.

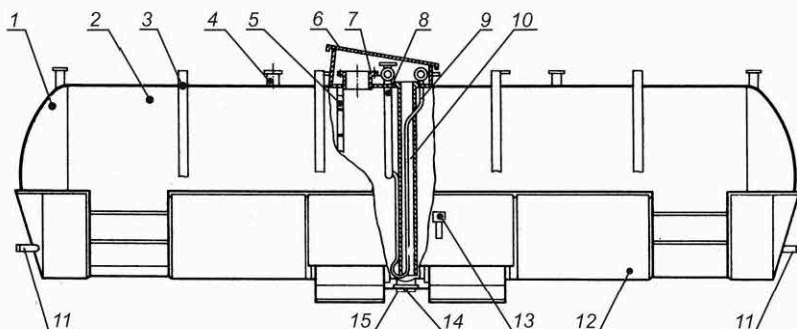


Рисунок 1.229 – Котел цистерны для капролактама модели 15-1552:

1 – днище; 2 – обечайка; 3 – пояс; 4 – люк для термопар; 5 – внутренняя лестница; 6 – арматурная горловина; 7 – люк-лаз; 8 – труба пробоотборника; 9 – труба для обогрева; 10 – сливо-наливная труба;

11 – патрубки для вывода теплоносителя; 12 – подогревательный кожух (рубашка); 13 – предохранительно-впускной клапан; 14 – патрубок для ввода теплоносителя; 15 – поддон

Налив и слив продукта – верхние.

Теплоносителем служит горячая вода или пар. На подогревательном кожухе, охватывающем нижнюю часть котла, установлен предохранительно-впускной клапан, отрегулированный на избыточное давление в котле 0,06 МПа (0,6 кгс/см²) и вакуум 0,03 МПа (0,3 кгс/см²).

Схема расположения вентилей и других элементов сливо-наливной коммуникации цистерн показана на рисунке 1.230.

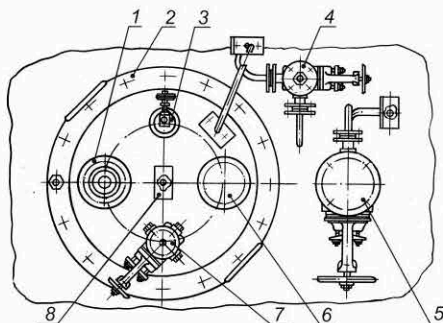


Рисунок 1.230 – Сливо-наливная и контрольно-измерительная арматура цистерны для капролактама модели 15-1552:

- 1 – предохранительно-впускной клапан; 2 – крышка люка; 3 – манометродержатель;
4 – вентиль D_y 25 проботоотборника; 5 – сливо-наливной вентиль D_y 80; 6 – смотровой люк;
7 – газовый вентиль D_y 25; 8 – фланец патрубка теплоносителя

В **комплект сливо-наливных коммуникаций** цистерны входят: сливо-наливная труба с вентилем D_y 80, газовый вентиль D_y 25, проботоотборный вентиль D_y 25, вентиль для установки манометра, смотровой люк D_y 65, предохранительно-впускной клапан, отрегулированный на избыточное давление 0,2 МПа (2 кгс/см²) и вакуум 0,03 МПа (0,3 кгс/см²), термопары для замера температуры в верхнем, среднем и нижнем уровнях котла. Все вентили имеют заглушки.

Перед наливом капролактама котел цистерны надо наполнить газообразным азотом.

Цистерны для бензола. Цистерна для бензола модели 15-1527 по конструктивному исполнению котла, термоизоляции и системы разогрева аналогична цистерне для перевозки пасты сульфанола модели 15-1417, описанной выше. Котел цистерны для бензола изготовлен из стали марки 09Г2С-12.

Налив и слив – верхние. Способ слива – передавливанием или откачиванием вакуум-насосом. Подогрев продукта осуществляется паром или горячей водой через змеевик, расположенный внутри котла в нижней его части. Операции по разогреву продукта аналогичны цистерне модели 15-1417.

Теплоизоляция имеет толщину 90 мм. Допускаемая температура продукта при наливе +20 °С, при сливе – +25 °С.

Цистерны для суперфосфорной кислоты. Общий вид цистерны для суперфосфорной кислоты модели 15-889 показан на рисунке 1.231.

Цистерна имеет котел из стали повышенной прочности марки ТТСТ52, изготовленный в ФРГ. Цистерна модели 15-1578 имеет котел из стали марки ZINCDU 25–20 (УРАНУСБ), изготовленный во Франции.

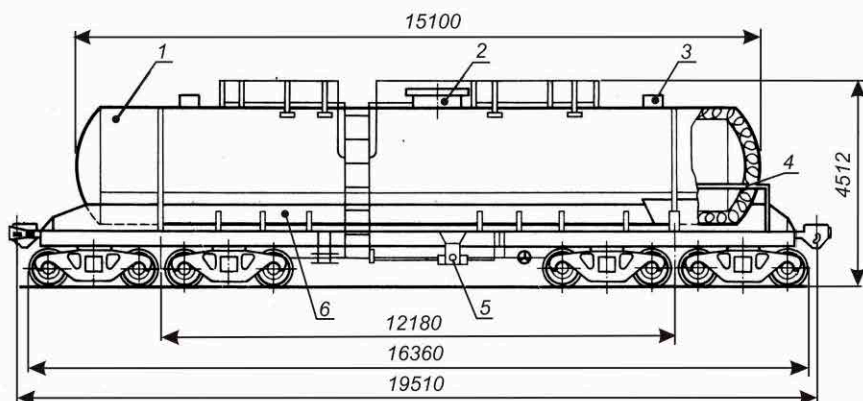


Рисунок 1.231 – Цистерна для суперфосфорной кислоты модели 15-889:

1 – котел; 2 – люк-лаз; 3 – технологический люк; 4 – змеевик для разогрева груза;
5 – сливное устройство; 6 – рама

Котел изолирован пенополиуретаном и обшит листовой сталью толщиной 1 мм. Котел располагается в каркасе кожуха – специальном несущем элементе, аналогичном броневому листу восьмьюсных цистерн, но имеющему подкрепления в виде элементов шпангоута. Концевые части этого несущего элемента имеют полурамы и защитные щиты.

Налив продукта – верхний, **слив** – нижний через разгрузочное устройство.

В верхней части котла имеется люк со сливо-наливной арматурой и два технологических люка-лаза. Все люки закрыты теплоизолирующими крышками. В среднем люке установлена сливоналивная труба с быстросъемной крышкой, комбинированный предохранительный клапан, патрубок с кулачковой муфтой для соединения с уровнемером.

В нижней части котла установлено разгрузочное устройство для нижнего слива продукта.

На одном конце вагона расположены штуцеры для подключения системы разогрева к внешнему источнику пара. **Система разогрева** состоит из труб, расположенных вдоль котла вагона. Температура пара должна быть не выше 120° С при давлении 0,1 МПа (1 кгс/см²).

Цистерны для амилла. Амилл является едкой жидкостью. По классификации опасных грузов амилл относится к восьмому классу – едкие и коррозионные вещества. Цистерны для амилла принадлежат грузоотправителю или грузополучателю и должны следовать как в груженом, так и в порожнем состояниях в сопровождении бригады (грузоотправителя и грузополучателя).

Общий вид цистерны для амилла модели 15-1576 (ЖАЦ-44) показан на рисунке 1.232.

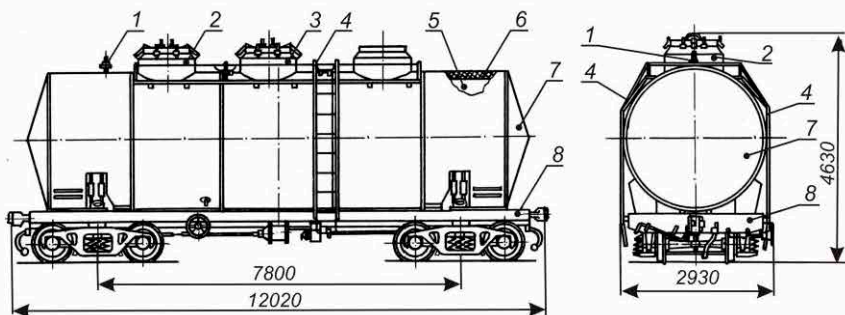


Рисунок 1.232 – Цистерна для амила модели 15-1576:

1 – предохранительно-впускной клапан; 2, 3 – технологический и арматурный люки; 4 – наружная лестница с помостами; 5 – котел с каркасом; 6 – изоляция котла; 7 – кожух изоляции; 8 – типовая платформа

Котел 1 цистерны для амила модели 15-1576 (ЖАЦ-44) (рисунок 1.233) имеет цилиндрическую обечайку из сваренных продольных листов (нижнего толщиной 10 мм, средних и верхний толщиной 8 мм) с внутренним диаметром 2417 мм и два эллиптических днища (толщиной 12 мм).

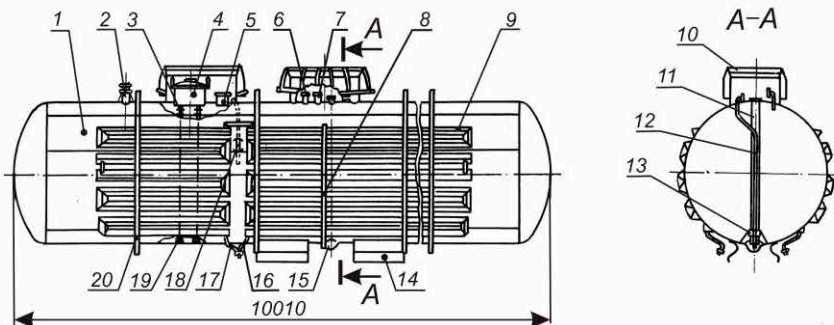


Рисунок 1.233 – Котел с каркасом цистерна для амила модели 15-1576:

1 – котел; 2 – патрубок предохранительно-впускного клапана; 3 – внутренняя лестница; 4 – люк-лаз; 5 – патрубок для термопар; 6 – патрубок $D_s 70$; 7 – направляющая поплавка; 8 – отводящая труба; 9 – теплообменник; 10 – обечайка колпака; 11, 12 – сливно-наливная и зачистная трубы; 13 – направляющая; 14 – лапа котла; 15 – поддон; 16–18 – подающая, соединительная и кабельная трубы; 19 – упор лестницы; 20 – опорный пояс

Для нагрева или охлаждения продукта на котле снаружи приварен теплообменник 9, который представляет собой змеевик. Котел и теплообменник изготовлены из *кислотостойкой стали марки 08X18H10T*.

Подвод горячей (или холодной) воды к теплообменнику и слив ее осуществляется при помощи труб 16 и 17, выведенных наружу цистерны (за кожух изоляции) и заканчивающихся патрубками с соединительными головками ГМ-50 (типа пожарных рукавов).

На котле с помощью кронштейнов, стекловолоконитовых прокладок и винтов крепится шесть опорных колец 20 для установки кожуха теплоизоляции.

К нижнему листу котла привариваются четыре лапы 14 для крепления котла к раме, а также поддон 15, к которому для полного слива продукта имеется двусторонний уклон. Внутрь поддона вводятся: сливо-наливная труба 11, зачистная труба 12 (для слива остатков продукта из котла) и труба для отбора проб из отстойника. Здесь же располагается направляющая 13, предотвращающая смещение и поломку труб при гидроударе и образование гидрозавихрений *при сливе продукта насосом*. Сливо-наливная и зачистная трубы в верхней части цистерны выведены в арматурный люк и оканчиваются фланцами для крепления вентилей $D_y 100$ и $D_y 25$.

Наверху котла устанавливаются (см. рисунок 1.232) технологический 2 и арматурный 3 люки, предохранительно-впускной клапан 1.

Тепловую изоляцию котла составляют изоляционные маты, покрывающие всю поверхность котла снаружи. Маты состоят из изоляционного материала АТИМСЕ-30, пришитого к стеклоткани стеклонитью.

Сверху изоляция защищена от механических повреждений **кожухом изоляции** из нержавеющей стали.

Котел с изоляцией устанавливается на опорах платформы и крепится от продольного смещения 56 болтами, связывающими лапы котла с лапами рамы, от поперечного смещения – четырьмя хомутами в зоне шкворневых балок.

Предохранительно-впускной клапан отрегулирован на избыточное давление в котле 0,35 МПа (3,5 кгс/см²) и вакуум 0,01–0,02 МПа (0,1–0,2 кгс/см²).

В горловине технологического люка размещается люк-лаз (см. рисунок 1.233) с внутренней лестницей 3, патрубков термопар 5, на фланце которого устанавливается крышка с вваренными в нее трубами для датчиков электротермометра.

В горловине технологического люка имеется также отверстие для ввода кабельной трубы 18, которая с помощью кронштейнов установлена внутри котла и служит для подвода проводов к показывающему прибору.

Для контроля температуры продукта в котле цистерны используется электротермометр типа ЭТ-ЗБ, который состоит из трех датчиков температуры (для определения температуры продукта в трех точках) и показывающего прибора. Датчики размещены внутри котла на разных уровнях и выведены на крышку патрубка в технологическом люке. Показывающий прибор установлен в специальной нише в кожухе изоляции цистерны у ближайшей

к технологическому люку лестницы. Пределы измерения температуры – от -50 до $+50$ °С.

При транспортировке к месту эксплуатации сверху в горловину технологического люка ставят три ящика, в которых находится комплект запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) для устранения неисправностей и выполнения мелких ремонтных работ.

В горловине арматурного люка размещаются (рисунок 1.234):

– *сифонный вентиль D_y 100 4* с двумя сливоналивными коленами D_y 100 (для слива и налива продукта);

– *сифонный вентиль D_y 70 1* с двумя коленами D_y 70 (для соединения котла с нейтрализатором или вакуумно-сборной линией);

– *пробоотборное устройство 2* (для отбора усредненной пробы, а также пробы из отстойника);

– *два сифонных вентиля D_y 25 5* (один – для разрыва струи сифона, другой – для слива отстоя);

– *манометродержатель 3* (для установки манометра типа МТИ с пределом измерения до 1 МПа (10 кгс/см^2), предназначенного для контроля давления внутри котла);

– *указатель окончания наполнения 6* (для определения верхнего предельного уровня продукта в котле при заполнении цистерны).

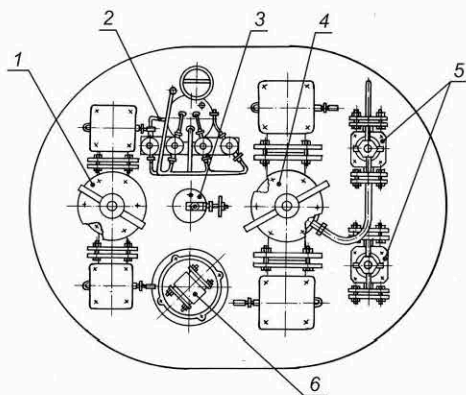


Рисунок 1.234 – Установка арматуры в горловине арматурного люка цистерны для амла модели 15-1576:

1 – вентиль D_y 70; 2 – пробоотборное устройство; 3 – манометродержатель; 4 – вентиль D_y 100;
5 – вентиль D_y 25; 6 – корпус указателя наполнения

Присоединительные патрубки колен D_y 100 и D_y 70 закрыты заглушками.

Сверху горловины люков закрываются теплоизоляционными крышками горловин, состоящими из левой и правой створок, которые поднимаются и опускаются с помощью двух ручек.

Третий колпак наверху цистерны – **имитационный**, для сохранения внешних очертаний вагона. Он приварен внахлест к полотнищу кожуха изоляции.

Налив и слив – верхние. **Способ слива** – передавливанием сжатым воздухом давлением 0,35 МПа (3,5 кгс/см²) или перекачивающими средствами (мотопомпами МПК-30).

Контроль окончания налива продукта осуществляется по всплытию указателя окончания заполнения.

Конструкция цистерны позволяет выполнять следующие операции: наполнение котла продуктом, слив продукта из котла, слив отстоя, отбор усредненных проб продукта и проб продукта из отстойника, охлаждение продукта до заданной температуры, поддержание температуры продукта в заданных пределах и подогрев его до заданной температуры.

1.7.6 Цистерны для сжиженных газов

Сжиженные газы перевозятся при большом давлении, поэтому при эксплуатации котлов цистерн для сжиженных газов должны соблюдаться правила и требования, установленные для емкостей, работающих под давлением. В цистернах перевозятся следующие сжиженные газы: сжиженный аммиак, хлор, пентан, пропан, винилхлорид, сжиженные углеводородные газы и легкое углеводородное сырье.

Особенности конструкции котлов цистерн для сжиженных газов.

1 Увеличенная толщина стенок котла (18-32 мм), обусловленная большим рабочим давлением газа внутри котла (до 2 МПа). Исключение составляют цистерны для винилхлорида модели 15-1421 и для пентана модели 15-1520, в которых рабочее давление в котле существенно ниже. Котлы изготавливают, как правило, из низколегированной стали марки 09Г2С-12.

2 Верхняя часть котлов для аммиака и хлора оборудованы теневой защитой в виде кожуха, окрашенного в светлый цвет и расположенного над котлом – для защиты груза от солнечных лучей.

3 Котлы всех цистерн снабжены сложной предохранительно-контрольной арматурой, устройствами заполнения и опорожнения котлов. В частности, все цистерны имеют предохранительный клапан (КП) и скоростные клапаны (КС), манометродержатель (кроме углеводородных газов и сырья), трубки контроля груза с вентилями ТК (кроме хлора). Цистерна для хлора имеет предохранительную мембрану (ПМ), выполненную совместно с КП.

4 Расположение сливоналивной и предохранительно-контрольной арматуры – на крышке люка-лаза. Лишь на нескольких моделях (15-1556, 15-1581) предусмотрена отдельная установка предохранительного клапана на фланце патрубка, расположенного рядом с люком.

5 Котлы оборудованы устройствами верхнего налива и слива груза. *Способ загрузки* – закрытый через два жидкостных вентиля и сливоналивные трубы, выход газа – через один или газовых вентиля. *Способ разгрузки* – передавливанием.

6 Контроль за уровнем заполнения и опорожнения котла (кроме хлора) осуществляется посредством трех труб с вентилями (ТК), расположенных на разных уровнях в котле.

7 Специальная окраска в связи с повышенной опасностью: как правило, котел белый или черный с желтой полосой), по некоторым грузам – предупреждающие надписи, например «Метанол (яд) – опасно».

Типовые элементы конструкции котлов. Типовое сливоналивное устройство цистерн для сжиженных газов включает (рисунок 1.235) два жидкостных 1 и один газовый 2 (уравнительный) вентиля с условным проходом $D_y 40$ ($D_y 38$, $D_y 32$), к которому присоединены скоростные клапаны 3. К жидкостным вентилям присоединены сливоналивные трубы 4, концы которых закреплены в воронке 5 и доходят до поддона 6.

Скоростной клапан предназначен для автоматического перекрытия сливоналивных и уравнительного вентилей в случае разрыва внешних сливоналивных и уравнительных шлангов. В новых моделях цистерн применяются скоростные клапаны шарикового типа.

Контрольно-измерительное устройство включает (рисунок 1.236) вентили контроля слива 1, контроля предварительного уровня налива 2, предельного уровня налива 3, дренажа (зачистки) 5 и манометродержатель 4.

На вентилях контроля уровня и слива установлены трубки соответствующей длины. Маховики вентилей окрашены в разные цвета: предварительного уровня наполнения – в зеленый, предельного – в красный. Газ и жидкость, поступающие через контрольные вентили при проверке уровня слива или наполнения во время сливоналивных операций, должны отводиться в специальную емкость склада продукта получателя (отправителя) груза.

Техническая характеристика цистерн для сжиженных газов приведена в таблице 1.12.

Цистерны для аммиака. Для перевозки сжиженного аммиака используются цистерны моделей 15-1408, 15-1440, 15-1597 и 15-1619. При этом цистерна модели 15-1408 (рисунок 1.237) оборудована теневой защитой.

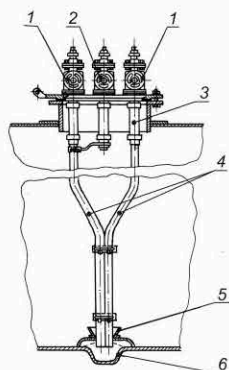


Рисунок 1.235 – Сливо-наливное устройство цистерны для пентана модели 15-1520:

1, 2 – жидкостной и газовый вентили;
3 – скоростной клапан; 4 – сливо-наливные трубы; 5 – воронка;
6 – поддон

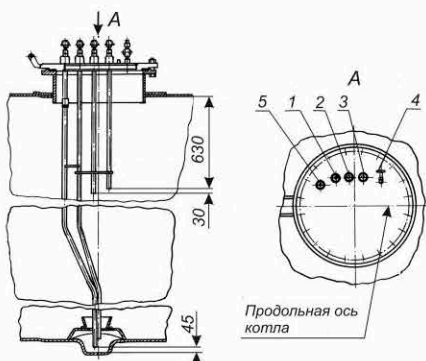


Рисунок 1.236 – Контрольно-измерительное устройство цистерны для пентана модели 15-1520:

1 – вентиль контроля слива; 2, 3 – вентили контроля предварительного и предельного уровней налива;
4 – манометродержатель; 5 – вентиль контроля дренажа (зачистки)

Таблица 1.12 – Техническая характеристика цистерн для сжиженных газов

Показатель	Модель вагона-цистерны				
	15-1619 для аммиака	15-1556 для хлора	15-1421 для винил-хлорида	15-1520 для пентана	908Р для пропана
Грузоподъемность, т	49,4	57,5	58,4	40	43,75
Масса тары, т	40	28,1	28,9	23,4	37
Расчетная статическая осевая нагрузка, кН	219	210	214	155	197,8
Габарит	1-Т	02-ВМ	1-Т	1-Т	1-Т
Высота центра тяжести цистерны (порожней) от головок рельсов, мм	–	1563	1717	1448	–
Параметры котла:					
– объем полный, м³	87	46	73	73,3	73,6
– диаметр внутренний, мм	3200	2400	3000	3000	3000
– длина наружная, мм	11358	10616	10759	10790	10980
– толщина листов, мм:					
- цилиндрической части	24	20	16	9/11	24
- днища	25+(12)	22	16	10	26
Рабочее давление, МПа	2,0	1,5	0,8	0,3	2,0

Цистерна модели 15-1597 имеет котел из низколегированной стали марки 09Г2С-12. Толщина листов обечайки 24 или 26 мм, днищ – соответственно 25 или 26 мм.

На крышке люка диаметром 500 мм установлена сливо-наливная и предохранительно-контрольная арматура (рисунок 1.238).

Сливо-наливная арматура состоит из двух жидкостных и одного газового вентилей D_y 32 (или D_y 40), на которых установлены скоростные клапаны.

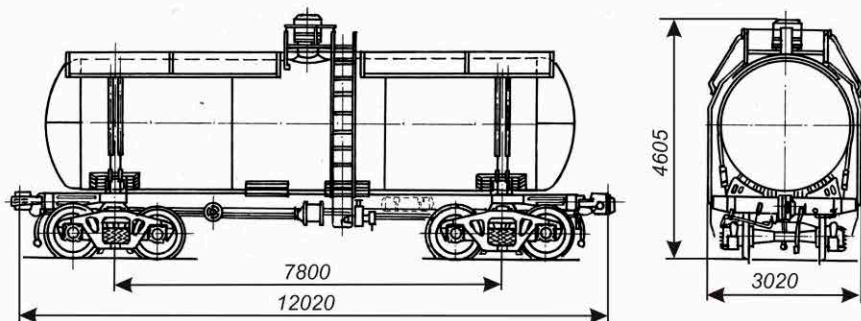


Рисунок 1.237 – Цистерна для аммиака модели 15-1408

Сливо-наливные трубы, подключенные к жидкостным вентилям, зафиксированы в воронке в нижней части котла.

Слив и налив продукта верхний под давлением.

Контроль слива продукта и предварительного и предельного уровня наполнения обеспечивают три вентиля D_y 6 (рисунок 1.239).

На цистерне модели 15-1597 контрольная трубка предельного уровня налива находится на высоте, соответствующей заполнению котла на 85 % объема или 43 т продукта при температуре -24°C , на цистерне модели 15-1619 – 49,4 т продукта при температуре $-33,3^{\circ}\text{C}$. Контрольная трубка предварительного уровня наполнения находится на 100 мм ниже.

На крышке люка установлен также манометродержатель с вентилем для установки манометра и контроля давления при сливо-наливных операциях.

Сливо-наливная и контрольная арматуры закрываются откидным защитным колпаком, снабженным прижимными замками и устройством для опломбирования.

На цистерне модели 15-1597 контрольная трубка предельного уровня налива находится на высоте, соответствующей заполнению котла на 85 % объема или 43 т продукта при температуре -24°C , на цистерне модели 15-1619 – 49,4 т продукта при температуре $-33,3^{\circ}\text{C}$. Контрольная трубка предварительного уровня наполнения находится на 100 мм ниже.

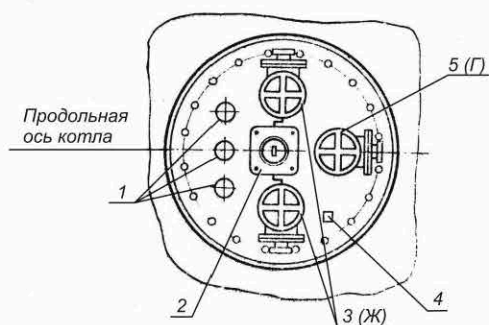


Рисунок 1.238 – Установка сливо-наливной и предохранительно-контрольной арматуры на цистерне для аммиака модели 15-1597:
1 – вентили контроля уровня наполнения (два) и слива (один); 2 – предохранительный клапан;
3 – жидкостные вентили D_y 32; 4 – манометродержатель;
5 – газовый вентиль D_y 32

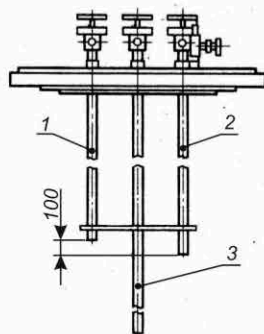


Рисунок 1.239 – Устройства контроля аммиака в котле:
1 – трубка контроля предельного уровня наполнения; 2 – трубка предварительного уровня наполнения;
3 – трубка контроля слива

На крышке люка установлен также манометродержатель с вентилем для установки манометра и контроля давления при сливоналивных операциях.

Сливо-наливная и контрольная арматуры закрываются откидным защитным колпаком, снабженным прижимными замками и устройством для опломбирования.

На цистернах моделей 15-1597 и 15-1619 нижние половины днищ котла усилены накладками толщиной 12 мм, которые повышают их прочность и несколько снижают опасность повреждения котла в нештатных ситуациях.

Цистерны для хлора. Особенностью конструкции цистерн для хлора моделей 15-1409 и 15-1556 является наличие теневой защиты, снижающей воздействие солнечной радиации, и установка предохранительного клапана на верхней поверхности котла рядом с люком.

На цистерне модели 15-1556 применяется предохранительный узел с разрушаемой диафрагмой и скоростные клапаны шарикового типа.

Сливо-наливная арматура состоит из двух жидкостных и двух газовых вентилей D_y 40, установленных на крышке люка, диаметром 500 мм. Здесь же установлен манометродержатель с вентилем для включения и выключения манометра.

Вентили и трубы для контроля уровня наполнения и слива не предусмотрены, *контроль наполнения и слива производится средствами склада продукта.*

При сливе и наливе газовые вентили соединяются с газовой фазой склада продукта. **Слив** производится передавливанием газовой фазой. При наливе цистерны на 1 м³ емкости котла должно заливаться не более 1,25 т продукта. В случае переполнения сверх установленной грузоподъемности излишки продукта сливаются обратно в емкость склада. После слива хлора в пункте выгрузки в котле необходимо обеспечить избыточное давление не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см²).

Цистерны для винилхлорида. Цистерна для винилхлорида модели 15-1421 имеет люк-лаз, расположенный в средней части котла, диаметром 500 мм. На крышке люка установлена сливо-наливная, контрольно-измерительная и предохранительная арматура, включающая три вентили D_y 50 – два жидкостных и один газовый, три вентили D_y 6 для контроля предварительного и максимального уровня наполнения и контроля слива, манометродержатель с вентилем включения манометра и предохранительный клапан. Жидкостные и газовый вентили оборудованы скоростными клапанами. К вентилям контроля D_y 6 подключаются установленные на пунктах слива-налива продукта указатели уровня. Уровень максимального наполнения соответствует 58,4 м³ (80 % объема котла), или 58,4 т продукта, заливаемого при температуре 40 °С.

Арматура закрывается откидным защитным кожухом, снабженным замками и устройством для пломбирования.

Все подготовительные и сливо-наливные операции на цистерне должны выполняться только неискрящими инструментами при наличии огнетушителя, в противогазе марки А или БКФ, резиновых перчатках и резиновом фартуке. Проведение сварочных и других работ, связанных с применением открытого огня, а также курение на расстоянии менее 100 м от цистерны запрещается.

Сливо-наливные операции проводятся закрытым способом в атмосфере азота. Перед первым наполнением воздух из цистерны удаляется продувкой азотом. Перед каждым заполнением газовая фаза цистерны должна контролироваться на содержание кислорода, количество которого не должно превышать 0,2 %.

Цистерны для сжиженных углеводородных газов. К данной группе цистерн относятся модели 15-1407, 15-1519, 15-1520, 15-1569, 901Р, 902Р, 903Р и 908Р. Они предназначены для перевозки широкой номенклатуры углеводородных газов, включающей более двадцати наименований продуктов, существенно различающихся химическими и физическими свойствами. В частности, температура кипения при атмосферном давлении составляет для пропана –42 °С, для бутана –0,5 °С, для пентана +36,1 °С.

Общим для всех этих продуктов является то, что при низких температурах климатического диапазона (до –40 °С) и давлении не более 2 МПа

(20 кгс/см²) они переходят в жидкую фазу. По степени опасности все они относятся к классу 2.3 – воспламеняющиеся (горючие) газы.

Котлы цистерн для углеводородных газов рассчитаны на рабочее давление 2,0 МПа (20 кгс/см²) и имеют толщину стенки цилиндрической части 24–26 и днищ 24–32 мм. Люк диаметром 450 мм располагается в средней части котла.

Сливо-наливная, контрольно-измерительная арматуры и предохранительный клапан размещаются на крышке люка и закрыты защитным колпаком.

Сливо-наливная арматура включает три вентиля с проходным сечением $D_y 32 - D_y 40$ – два жидкостных и один газовый.

Контрольно-измерительная арматура включает два вентиля контроля предварительного и максимального уровня наполнения, вентиль контроля слива, вентиль для зачистки остатков продукта.

На крышке люка может располагаться также манометродержатель с вентилем для установки манометра. При отсутствии манометродержателя давление в котле во время сливо-наливных операций контролируется по манометру, установленному на трубопроводе склада.

Цистерна модели 15-1569 по внешнему виду и основным параметрам аналогична модели 15-1519. Котлы для этих цистерн были изготовлены фирмой НІТАСНІ (Япония) и материал котла соответствует японским стандартам.

Цистерны моделей 901Р, 902Р, 903Р и 908Р, изготовленные в Польше, отличаются от упомянутых выше конструкций техническими характеристиками, а также материалом котла.

В отличие от цистерн данной группы, цистерна для пентана модели 15-1520 рассчитана на низкое рабочее давление котла (0,3 МПа) и поэтому котел имеет небольшую толщину стенок (9–11 мм) и его обечайки сварены из продольных листов. Диаметр люка также увеличен до 600 мм.

1.7.7 Цистерны для кислот и жидких химических грузов

К этой группе относятся цистерны, предназначенные для перевозки агрессивных химических жидкостей, не требующих подогрева при сливо-наливных операциях и сохраняющих жидкое состояние в диапазоне климатических колебаний температуры. К ним относятся улучшенная серная кислота, слабая азотная кислота, соляная кислота, серная кислота, ацетальдегид, этиловая жидкость, метанол.

Некоторые из этих жидкостей (ацетальдегид) не допускают контакта с кислородом воздуха и их пары могут образовать с ним взрывоопасную смесь. *Налив и слив* таких продуктов производится закрытым способом передавливанием азотом или инертным газом или сифонированием с заполнением освобождающего объема цистерны азотом или газовой фазой продукта.

Особенности конструкции котлов цистерн для кислот и химических грузов.

1 Изготавливаются из материалов, обеспечивающих качество перевозимых грузов и стойких против их разрушающего воздействия (нержавеющая сталь, алюминий, 2-слойные стали, гуммирование внутренней поверхности).

Цистерна для улучшенной серной кислоты имеет котел, выполненный из двухслойной стали 20К+10Х17Н13М2Т.

В цистерне для соляной кислоты внутренняя поверхность котла гуммирована (покрыта защитным слоем резины 5 мм) для предохранения от агрессивного действия соляной кислоты.

Котел *цистерны для слабой азотной кислоты* выполнен из нержавеющей стали марок 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т.

2 Имеют дополнительные устройства и оборудование:

- *теньевую защиту* – цистерны для ацетальдегида и этиловой жидкости;
- *защитные (предохранительные) козырьки под люком* – цистерна для соляной кислоты;
- *предохранительные желоба по бокам котла* – цистерна для слабой азотной кислоты;
- *ящик с известью на раме* – цистерна для слабой азотной кислоты и этиловой жидкости.

Примечание – *Теньевая защита верхней части котла* необходима для предотвращения воздействия прямых солнечных лучей на котел цистерны, что может привести к перегреву некоторых грузов и, следовательно, к их потере (через предохранительный клапан), заражению окружающей среды, а также к возможному нарушению прочности котла.

Предохранительные козырьки и желоба предохраняют котел и раму от попадания кислот (при проливании и разбрызгивании).

Ящик с известью – для нейтрализации места разлива перевозимой жидкости.

3 Котлы цистерн для кислот и этиловой жидкости имеют меньший объем из-за большой плотности кислот (внутренний диаметр котла выполняется размерами 2,2; 2,4; 2,6; 2,8 м, а объем варьируется в пределах 38,5–63 м³). Исключение – цистерны для метанола и ацетальдегида – $D_k = 3$ м

4 Оборудованы устройствами верхнего налива и слива груза.

Способ загрузки – закрытый (исключает вредное воздействие грузов на окружающую среду, т. е. из экологических требований), *способ разгрузки* – передавливанием или сифонированием.

5 Сливо-наливная и предохранительно-контрольная арматуры располагаются как правило, на крышке люка.

6 В качестве предохранительно-контрольных устройств в обязательном порядке используются КПВ или КП: цистерны для улучшенной серной

кислоты – КПВ; цистерны для соляной кислоты – КП; цистерны для серной кислоты – КПВ, М; цистерны для метанола – КПВ, М, П; цистерны для слабой азотной кислоты и этиловой жидкости – КПВ, М, П, У; цистерны для ацетальдегида – КП, М, П, У, КС (П – пробоотборник, У – поплавковый уровнемер, М – манометродержатель).

Устройства отбора проб груза после налива (П) – пробоотборники – имеют большинство цистерн, за исключением цистерн для улучшенной серной кислоты, соляной и серной кислот. Пробоотборники на цистернах представляют собой трубу с вентилями или крышкой.

Манометродержатели (М) имеют все цистерны, кроме цистерн для улучшенной серной кислоты и соляной кислоты. Назначение *манометродержателя М* (с заглушками или вентилями) – для установки манометра, используемого при загрузке и выгрузке для измерения давления в котле. Манометры на цистернах, как известно, не устанавливают, так как они выходят из строя при движении. В указанных видах цистерн манометр применяется для предварительного определения давления в котле перед наливом на пункте погрузки.

7 Контроль за уровнем груза в котле при загрузке и выгрузке выполняется с помощью:

– *поплавкового уровнемера* – цистерны для слабой азотной кислоты, этиловой жидкости, ацетальдегида;

– *патрубка с вентилем контроля уровня* (для сигнализации и блокирования уровня жидкости при сливе и наливе) – цистерна для метанола.

В остальных цистернах на котле отсутствуют устройства контроля наполнения грузом. В этом случае заполнение котлов грузом контролируется методами, принятыми на пункте погрузки (по контрольным средствам склада).

7 Котлы цистерн для перевозки токсичных грузов не оборудуются внутренними лестницами. К таким грузам относят улучшенную серную кислоту, этиловую жидкость и ацетальдегид, а также слабую азотную кислоту, серную и соляную.

8 Имеют специальную окраску в связи с повышенной опасностью (как правило, котел белый или черный с желтой полосой), по некоторым грузам – предупреждающие надписи, например «Метанол (яд) – опасно».

Типовые элементы конструкции. *К характерным для данной группы частично унифицированным элементам относятся:* сливо-наливные устройства; контрольные устройства (пробоотборное и контроля наполнения и слива); предохранительно-впускной клапан.

В нижней части котла под сливо-наливным устройством располагается штампованный поддон, обеспечивающий полноту слива продукта, а при необходимости – отстоя. Нижний лист имеет уклон к поддону.

Для фиксации сливо-наливных, зачистных и пробоотборных труб для нижней пробы к нижнему листу сваркой крепится скоба, расположенная непосредственно над поддоном.

Сливо-наливное устройство (рисунок 1.240) состоит из сливо-наливной трубы 1, нижний конец которой доходит до поддона. На верхнем конце трубы снаружи котла устанавливается вентиль 2 (см. рисунок 1.240, а) или присоединительный фланец 6 с крышкой 7 (см. рисунок 1.240, б).

В некоторых случаях сливо-наливное устройство оборудуется зачистой трубой 5 (см. рисунок 1.240, а) для слива отстоя или остатков продукта с вентилем 4, соединенным наружной трубкой 3 со сливным патрубком жидкостного вентиля 2 или дополнительной внешней магистралью.

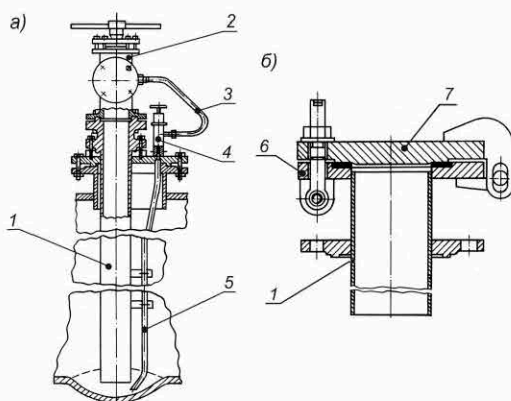


Рисунок 1.240 – Варианты исполнения сливо-наливных устройств:
1 – сливо-наливная труба; 2 – вентиль сливноналивной трубы; 3 – наружная трубка; 4 – вентиль зачистой трубы; 5 – зачистная труба; 6 – присоединительный фланец; 7 – крышка

Пробоотборное устройство состоит из системы труб, нижние концы которых погружены в перевозимый продукт на разную глубину (для взятия верхней, средней и нижней пробы), а на верхних концах установлены вентили с присоединительными патрубками (рисунок 1.241). В некоторых конструкциях предусмотрено взятие проб открытым способом через пробоотборный люк.

Устройства контроля уровня наполнения и слива выполняют в виде системы труб с вентилями, нижние концы которых располагаются на контролируемом уровне в котле, а указателем достижения уровня наполнения является поступление продукта через открытый вентиль. Для ядовитых и наиболее опасных продуктов применяется поплавковый указатель уровня наполнения открытого типа (рисунок 1.242), состоящий из поплавковой

камеры 5, поплавка 4 со штоком 3 и стеклянного индикатора 2 с контрольной меткой 1, заключенного в металлический сборный корпус 6.

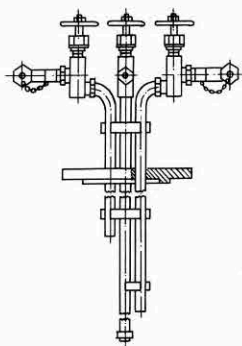


Рисунок 1.241 – Пробоотборное устройство

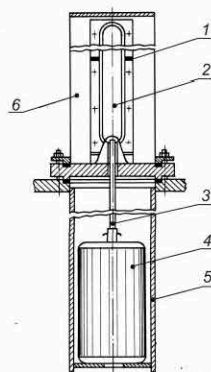


Рисунок 1.242 – Указатель окончания наполнения:

1 – контрольная метка; 2 – стеклянный индикатор; 3 – шток; 4 – поплавок; 5 – поплавковая камера; 6 – корпус

Предохранительно-впускной клапан кислотных цистерн отрегулирован на избыточное давление в котле 0,20–0,25 МПа (2,0–2,5 кгс/см²) и вакуум 0,03 МПа (0,3 кгс/см²).

Цистерны, предназначенные для перевозки продуктов, пары которых образуют с воздухом взрывоопасную смесь, оборудуются только предохранительным клапаном избыточного давления.

Все присоединительные фланцы и патрубки в транспортном положении закрываются заглушками. Для уплотнения разъемных соединений применяются прокладки из фторопласта.

Техническая характеристика цистерн для кислот и жидких химических грузов приведена в таблице 1.13.

Цистерны для серной кислоты. Для перевозки серной кислоты используют цистерны моделей 15-Ц854, 15-1401, 15-1548 и 15-1601. Все перечисленные цистерны оборудованы однотипной арматурой, включающей предохранительно-впускной клапан, патрубок сливо-наливного устройства с присоединительным фланцем и патрубок для отбора проб и подвода воздуха при сливе кислоты передавливанием, который расположен на крышке люка. Люк диаметром 570 мм, клапан и патрубок сливо-наливного устройства на цистернах моделей 15-1548 и 15-1601 расположены в средней части котла, а на цистернах моделей 15-Ц854 и 15-1401 – на расширительном колпаке, который предусмотрен в конструкции котла этих цистерн.

Таблица 1.13 – Техническая характеристика цистерн для кислот и жидких химических грузов

Показатель	Модель вагона-цистерны				
	15-1548 для улуч- шенной серной кислоты	15-1554 для соляной кисло- ты	15-1487 для слабой азотной кислоты	15-1568 для ацеталь- дегида	15-1572 для метанола
Грузоподъемность, т	67	62	66,5	53,2	57
Масса тары, т	20,3	21,7	21,5	25,9	23,5
Нагрузка от оси колес- ной пары на рельсы, кН	214	205	216	194	197
Габарит	02-ВМ	02-ВМ	02-ВМ	02-ВМ	1-Т
Параметры котла:					
– объем полный, м ³	38,5	54,1	51,9	73,2	73,2
– диаметр внутренний, мм	2200	2600	2600	3000	3000
– длина наружная, мм	10410	10610	10140	10770	10770
– толщина листов, мм:					
- верхних	8	9	8	9	9
- средних (боковых)	8	9	8	9	9
- нижнего	10	11	10	11	11
- днищ	10	11	10	10	10
Рабочее давление, МПа	0,25	0,2	0,2	0,3	0,25
Высота центра тяжести цистерны (порожней) от головки рельсов, мм	1410	1338	1289	1570	1475

Для защиты автотормозного оборудования и рамы от разлившейся при сливноналивных операциях кислоты в средней части котла модели 15-1448 (рисунок 1.243) предусмотрены защитные козырьки, а в модели 15-1601 – заградительные желоба в зоне расположения люка и арматуры и дренажная система труб.

Цистерны для соляной кислоты. Для перевозки соляной кислоты используются цистерны моделей 15-1403 и 15-1554. Цистерна модели 15-1403 имеет два люка: люк-лаз диаметром 585 мм с откидной крышкой, которая крепится к фланцу люка болтами, и технологический люк диаметром 462 мм, на крышке которого находится предохранительный клапан избыточного давления, фланец сливо-наливной трубы и воздушный штуцер. На цистерне модели 15-1554 патрубок сливо-наливной трубы с присоединительным фланцем, воздушный штуцер и предохранительно-впускной клапан также установлены на крышке технологического люка. Вся внутренняя поверх-

ность котла и наружная в верхней части, в зоне расположения арматуры и люков, покрыта резиной, защищающей металл от коррозии.

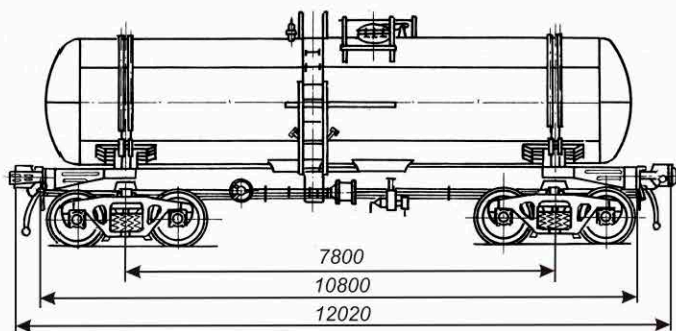


Рисунок 1.243 – Цистерна для улучшенной серной кислоты модели 15-1548

Технологический люк используется при проведении гуммировочных работ.

В целях предохранения гуммированного покрытия от повреждения при открывании и закрывании люков и выполнении других работ запрещается применение лап, цепей, зубил, канатов, а также категорически запрещается подрезать или соскрести гуммирование. При проведении работ внутри котла необходимо применять специальную резиновую или войлочную обувь. Не допускается промывка котла бензином, керосином и другими растворителями.

Для защиты автотормозного оборудования и рамы от разлившегося при сливо-наливных операциях продукта на обеих моделях в средней части котла с двух сторон предусмотрены **защитные козырьки**.

Слив кислоты осуществляется путем отсоса ее из котла при открытой крышке люка-лаза. Допускается слив передавливанием с подачей воздуха через воздушный штуцер при давлении в котле не более 0,06 МПа (0,6 кгс/см²).

Цистерны для слабой азотной кислоты. Для перевозки слабой азотной кислоты служат цистерны моделей 15-1404, 15-1426 и 15-1487.

На верхней части котла цистерны модели 15-1404 расположены люк-лаз диаметром 570 мм, сливо-наливная труба с присоединительным фланцем и предохранительно-впускной клапан.

Люк-лаз закрывается откидной крышкой, на которой находится смотровой люк и приспособление для сброса давления. В горловине люка закреплена внутренняя лестница.

Сливо-наливная труба и смотровой люк в транспортном положении закрыты заглушками, устанавливаемыми на болтах.

Предохранительно-впускной клапан отрегулирован на избыточное давление в котле 0,15 МПа (1,5 кгс/см²) и вакуум 0,005 МПа (0,05 кгс/см²). Клапан имеет штуцер для подключения воздушной магистрали при разгрузке передавливанием. В нижней части клапана установлен предохранительный стакан, предупреждающий выброс продукта через клапан при гидравлическом ударе.

Снаружи к котлу приварены **козырьки** для защиты автотормозного оборудования и рамы от разлившегося продукта при сливо-наливных операциях. На раме установлен **ящик с известью** для нейтрализации разлившегося продукта.

На цистернах моделей 15-1426 и 15-1487 вся сливо-наливная арматура и предохранительно-впускной клапан смонтированы на крышке люка котла цистерны и закрываются защитным предохранительным колпаком.

Сливо-наливная арматура включает сливо-наливную трубу с присоединительным фланцем, поплавковый уровнемер закрытого типа, газовый вентиль, пробоотборник и манометродержатель.

Уровнемер обеспечивает контроль уровня наполнения котла при наливке кислоты. *Газовый вентиль* служит для сброса давления в котле при подготовке к сливоналивным операциям и после слива кислоты *методом передавливания*, а также для подключения внешней газовой магистрали для подачи в котел воздуха или инертного газа при разгрузке методом передавливания. Давление в котле при разгрузке не должно превышать 0,2 МПа (2 кгс/см²). Давление контролируется по манометру, устанавливаемому в манометродержатель.

Снаружи котла в средней его части приварены **желоба** для защиты тормозного оборудования и рамы от разлившегося продукта при сливоналивных операциях. Внутренняя лестница в котле не предусмотрена.

Цистерны для кислотных меланжей и крепкой азотной кислоты. Для перевозки и временного хранения кислотных меланжей и спецпродуктов предназначена цистерна модели 15-1406.

В верхней части котла цистерны расположены сливо-наливное устройство и люк-лаз, на крышке которого установлены предохранительно-впускной клапан, пробоотборное устройство, указатель наполнения поплавкового типа, манометродержатель с вентилем и газовый вентиль D_y 70.

Сливо-наливная арматура включает сливо-наливную трубу вентилем D_y 100 для слива и налива основного продукта и трубку с вентилем D_y 15 для слива отстоя из поддона котла. Выходной патрубок вентиля D_y 15 соединен наружной трубкой со сливным патрубком вентиля D_y 100.

Пробоотборное устройство представляет собой систему из трех труб, концы которых опущены в котел на разную глубину (для взятия пробы из верхнего, среднего и нижнего слоя продукта). Снаружи на трубы установ-

лены вентили $D_y 6$ с присоединительным патрубком, снабженным ниппелем и заглушкой.

При транспортировке спецпродукта вместо вентиля $D_y 70$ на крышке люка устанавливается воздушный фильтр с фильтрующим элементом из стекловаты.

В горловине люка закреплена внутренняя лестница для доступа внутрь котла цистерны при проведении ремонтно-технического обслуживания.

Для защиты оборудования и рамы вагона с обеих сторон котла установлены **дренажные устройства**, состоящие из желобов и отводных труб.

На консольной части рамы с одного конца вагона установлен **ящик с известью**.

Для перевозки и временного хранения крепкой азотной кислоты и спецпродуктов служат цистерны моделей ЖКЦ-34, ЖКЦ-35 (I) и ЖКЦ-35(II).

По конструкции эти цистерны аналогичны цистерне модели 15-1406 и являются ее предшественницами. Для защиты рамы вагона и оборудования от вредного воздействия груза на котле с двух сторон установлены **предохранительные щиты**.

Цистерны для меланжа. Перевозка меланжа осуществляется в цистерне модели 15-1514.

В средней верхней части котла цистерны расположены люк-лаз, патрубок сливо-наливного устройства с присоединительным фланцем с заглушкой и предохранительно-впускной клапан. На откидной крышке люка находится штуцер для установки манометра и патрубок для отбора пробы продукта, в заглушку которой вварен штуцер для подвода воздуха при разгрузке цистерны перекачиванием. В средней части котла с обеих сторон предусмотрены **защитные козырьки** для защиты тормозного оборудования и рамы от разлившегося продукта при сливоналивных операциях.

Цистерны для ацетальдегида. Ацетальдегид перевозят в цистернах моделей 15-859 и 1-1568.

Обе модели имеют аналогичную конструкцию сливо-наливного, контрольно-измерительного устройств и различаются размерами котла и деталями конструктивного исполнения.

Котел цистерны оборудован **теневой защитой**.

Сливо-наливная, контрольно-измерительная арматура и предохранительный клапан установлены на крышке люка и закрыты защитным колпаком.

Сливо-наливное устройство состоит из двух сливо-наливных труб с вентилями $D_y 40$ для жидкой фазы и одного уравнительного вентиля $D_y 40$ для газообразной фазы. На внутренней стороне крышки люка перед вентилями установлены скоростные клапаны. В транспортном положении присоединительные фланцы вентилях закрываются заглушками. Нижние концы сливоналивных труб доходят до поддона и закреплены фиксирующей скобой.

Пробоотборник состоит из вентиля D_y 6 и трубы 20×3 мм.

Указатель уровня налива состоит из двух вентилях D_y 6 с трубами 20×3 мм, торцы которых находятся в верхней части цистерны на уровнях предварительного и максимально допустимого наполнения.

Для контроля окончания слива служат два вентиля D_y 6, один из них соединен с контрольной трубой 20×3 мм, торец которой расположен вблизи поддона, а второй соединяет эту трубу через наружную трубку с верхней частью цистерны, заполненной газовой фазой для того, чтобы столб жидкости в контрольной трубе опустился до уровня продукта в котле. Второй вентиль должен открываться и закрываться перед каждой проверкой окончания слива.

Контроль давления в цистерне во время слива и налива осуществляется при помощи съемного манометра, устанавливаемого на манометродержателе.

Цистерна оборудована только предохранительным клапаном избыточного давления, отрегулированным на 0,3 МПа.

Пары ацетальдегида с воздухом образуют взрывоопасную смесь, поэтому при операциях слива и налива во избежание подсоса воздуха необходимо поддерживать избыточное давление, а по окончании этих операций паровая фаза ацетальдегида удаляется продувкой азотом, которым и заполняется затем свободный объем котла до давления 0,05 МПа (0,5 кгс/см²).

Цистерны для этиловой жидкости. Этиловую жидкость перевозят в цистерне модели 15-1414.

В средней верхней части котла цистерны расположены люк-лаз диаметром 600 мм, смотровой люк и **барбатер**.

На крышке люка котла установлены газовый вентиль D_y 40, сливно-наливное устройство с вентилем D_y 40, пробоотборник с вентилем D_y 6, манометродержатель и **патрубок полусифона контроля уровня наполнения**.

При наливке патрубок полусифона соединяется с переливной линией. Поступление жидкого продукта в эту линию сигнализирует о достижении нормального уровня наполнения.

Газовый вентиль служит для подачи в котел газообразного азота при **сливе передавливанием**, для продувки свободного объема цистерны после операции слива и налива от паров продукта и заполнения этого объема азотом до давления 0,05 МПа (0,5 кгс/см²).

Барбатер служит для подачи в котел бензина при промывке после слива продукта.

Арматура, установленная на крышке люка, закрывается защитным кожухом. На раме вагона установлен **ящик с известью**.

Пары этиловой жидкости образуют с воздухом взрывоопасную смесь, поэтому цистерна не имеет вакуумного клапана и при сливно-наливных, во избежание подсоса воздуха, в котле необходимо поддерживать избыточное давление, которое должно сохраняться и во время транспортировки.

Цистерны для метанола. Метанол перевозят в цистерне модели 15-1572.

Наверху в средней части котла расположены люк-лаз, сливо-наливная арматура и предохранительно-впускной клапан.

Люк-лаз диаметром 570 мм закрывается откидной крышкой. В горловине люка закреплена внутренняя лестница. Для предотвращения доступа посторонних лиц люк с крышкой закрывается откидным кожухом, который пломбируется и запирается навесным замком.

Арматура и клапан закрываются сдвижным коробчатым кожухом, который также пломбируется и запирается навесным замком.

Сливо-наливная арматура включает:

- вентиль D_y 100 для жидкой фазы, установленный на сливо-наливной трубе;

- газовый вентиль D_y 50 для отвода азота или закольцовки емкости склада продукта с котлом цистерны при наливке и для подачи азота при продувке котла или сливе метанола путем перекачки;

- вентиль D_y 32 для зачистки остатков метанола из поддона при сливе;

- двух вентилях D_y 6 для контроля уровня при сливе и наливке;

- двух вентилях D_y 6 пробоотборного устройства для взятия проб из среднего и нижнего уровня продукта;

- манометродержатель с вентилем D_y 6.

Слив продукта, как правило, производится методом перекачки азотом при давлении в котле не более 0,065 МПа (0,65 кгс/см²).

По окончании слива свободный объем котла продувается азотом и заполняется им до давления 0,065 МПа. При необходимости такая же операция может выполняться и после налива цистерны.

Метанол — легковоспламеняющаяся жидкость, сильный нервно-сосудистый яд, вызывающий при приеме внутрь слепоту и смерть. При попадании метанола на кожу его необходимо смыть большим количеством воды. При разливе и загорании метанола для тушения необходимо применять песок, химическую пену, тонкораспыленную воду, инертный газ, асбестовое одеяло, порошковые и газовые огнетушители.

Цистерны для гептила. Гептил представляет собой легковоспламеняющуюся, ядовитую и едкую жидкость. Вагоны, в которых он перевозится, принадлежат грузоотправителю или грузополучателю и должны следовать в сопровождении бригады как в груженом, так и в порожнем состояниях.

Для перевозки гептила служат цистерны моделей 15-1416 и 15-1570, котлы которых имеют соответственно сферические и эллиптические днища. Цистерны должны эксплуатироваться в интервале температур от –50 до +50 °С.

Котел цистерны модели 15-1570 (рисунок 1.244) оборудован внутренней и наружной 5 лестницами и различной арматурой: для слива и налива продукта 7, указателем окончания наполнения 6. На арматурной крышке 8 раз-

мещены предохранительно-впускной клапан, манометродержатель, проботорборное устройство.

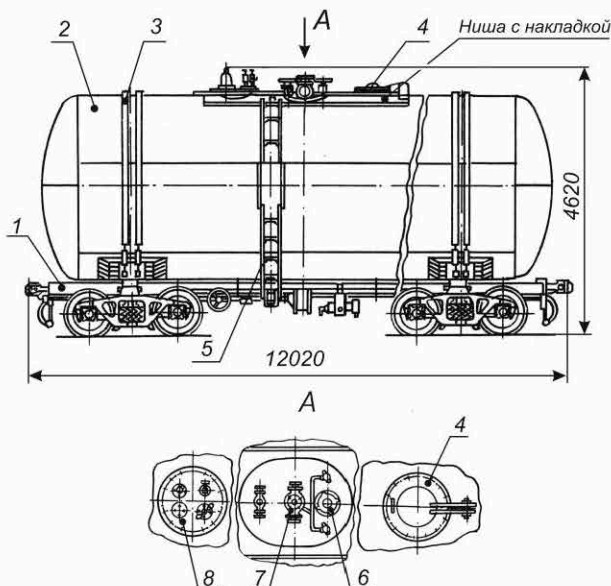


Рисунок 1.244 – Цистерна для гептила модели 15-1570:

1 – платформа; 2 – котел; 3 – хомут; 4 – крышка люка-лаза; 5 – наружная лестница;
6 – указатель окончания наполнения; 7 – сливо-наливная арматура; 8 – арматурная крышка

Для обеспечения полноты слива в нижней части обечайки имеется уклон к середине котла, где для этой же цели установлен поддон.

Внутренняя лестница в верхней части закреплена в люке-лазе, внизу котла – с помощью специальных упоров.

В середине верхней части котла цистерны модели 15-1570 сварена ниша, усиленная накладкой, с целью размещения на ней вентилей. На нише устанавливаются устройство налива и слива продукта, указатель окончания наполнения и газовый вентиль. Из ниши атмосферные осадки и пролитый продукт удаляются через специальную трубу.

Устройство для налива и слива продукта цистерны модели 15-1416 имеет типовую конструкцию (см. рисунок 1.240, а), цистерны модели 15-1570 – отличную от типовой.

В цистернах для гептила применяются типовые поплавковые указатели уровня наполнения закрытого типа (см. рисунок 1.242).

Во избежание образования взрывоопасной смеси пространство над продуктом заполняется азотом. Для поступления азота в котел или удаления его из котла служит газовый вентиль $D_y 70$.

Для отбора проб продукта перед сливом служит пробоотборное устройство типовой конструкции (см. рисунок 1.241).

Налив продукта производится с помощью жидкостного вентиля $D_y 100$, который соединяют рукавом с напорной коммуникацией перекачивающего устройства. Открывают газовый вентиль $D_y 70$, затем жидкостной вентиль $D_y 100$ и наполняют котел продуктом.

Для слива продукта необходимо соединить рукавом вентиль $D_y 100$ и всасывающую коммуникацию перекачивающих средств пункта слива, открыть вентиль $D_y 70$, затем – вентиль $D_y 100$.

На одной из концевых балок рамы устанавливается *ящик ЗИП*, в котором хранятся запасные части, инструмент, принадлежности и материалы, необходимые для нормальной эксплуатации и ремонта цистерны.

Цистерны для перевозки кислот отличаются от нефтеналивных цистерн тем, что котлы имеют небольшой объем и меньший диаметр (2000–2600 мм), слив груза из котлов осуществляется через верх, люк или штуцер, располагаемый возле люка. Для изготовления котлов кислотных цистерн используются стойкие к агрессивным свойствам груза материалы – нержавеющие стали, алюминиевые сплавы, углеродистые стали, облицованные резиной, и т. д. Котлы таких цистерн имеют особую окраску. В остальном конструкции кислотных цистерн аналогичны с нефтеналивными.

Цистерна для перевозки крепкой азотной кислоты модели 15-1596 (рисунок 1.245) имеет котел, изготовленный из листов алюминия марки А1 с внутренним диаметром 2214 мм. Продольные листы цилиндрической части имеют толщину 25 мм, а днища – 28 мм. Котел снабжен люком-лазом 3, на крышке которого размещен штуцер 1 для отбора проб груза и предохранительно-впускной клапан 2. Котел имеет также штуцер 4 для крепления сливо-наливной трубы 7. Для защиты рамы, деталей тормоза и других частей цистерны предусмотрены предохранительные щиты 6, а для нейтрализации пролитой кислоты используется известь, помещенная в ящике 5.

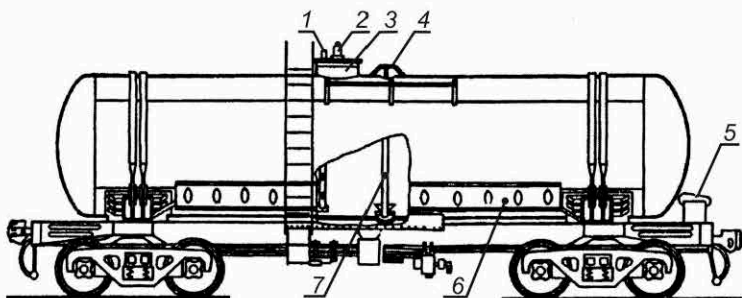


Рисунок 1.245 – Цистерна для крепкой азотной кислоты

Цистерна для перевозки слабой азотной кислоты модели 15-1404 отличается от описанной выше материалом котла, выполненного из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Характеристика цистерны приведена в таблице 1.13. Цилиндрическая часть котла сварена из продольных листов (нижнего – толщиной 11 мм, боковых – 9 мм, верхнего – 8 мм) и двух днищ толщиной 11 мм. Налив и слив кислоты – верхний.

Цистерна для перевозки соляной кислоты модели 15-1403 имеет грузоподъемность 52,2 т, тару 21,6 т, полную и полезную вместимость котла соответственно 46,0 и 44,8 м³, типовую раму длиной 10,8 м с базой 7,8 м и котел, выполненный из низколегированной стали 09Г2С. Вся внутренняя и наружная в средней части шириной 1800 мм (в районе арматуры и люка-лаза) поверхность котла покрыты резиной (гуммирована), предохраняющий металл от коррозии.

Котел включает цилиндрическую обечайку, сваренную из продольных листов толщиной 9 и 11 мм и двух эллиптических днищ толщиной 11 мм. Внутренний диаметр котла равен 2410 мм, а наружная длина – 10,514 м. Наверху котла расположены два люка: люк-лаз для осмотра, очистки и покрытия (гуммировки) внутренней поверхности котла резиной; технологический люк для проведения гуммированных работ. Слив и налив кислоты – верхний через трубу с фланцем, рядом находится предохранительно-впускной клапан, отрегулированный на давление в котле 0,3 МПа.

Остальные кислотные цистерны – для перевозки серной кислоты, меланжа, олеума и др. – несущественно отличаются от рассмотренных выше.

Котлы кислотных цистерн окрашивают в черный цвет. На боковых поверхностях котлов наносят полосу желтого цвета шириной 500 мм, вдоль средней линии котла, на которой делают надпись «Опасно», «Серная кислота» и т. п. На торцевой поверхности по краю днища наносят кольцо желтого цвета, а внутри его круг черного цвета, на котором делают надписи «Опасно», «Серная кислота» и др.

1.7.8 Цистерны для порошкообразных грузов

В целях обеспечения безопасности движения цистерны для перевозки порошкообразных грузов изготавливают в полном соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». К таким грузам относятся цемент, кальцинированная сода, поливинилхлорид.

В цистернах перевозятся порошкообразные грузы различной насыпной плотности, но поддающиеся аэропневматической разгрузке. Цистерны различаются размерами котлов, их конструкцией, материалом изготовления и устройствами системы разгрузки.

Цистерны для перевозки порошкообразных грузов должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать плотность соединения отдельных элементов кузова и разгрузочных устройств, что предотвращает потери груза при его транспортировке и попадание внутрь атмосферных осадков;

- обеспечивать надежное поступление груза в зону разгрузочных устройств;

- иметь устройства для рыхления слеживающихся во время транспортировки и разгрузки грузов;

- производить погрузочно-разгрузочные операции с целью предотвращения загрязнения окружающей среды и потери груза по специальным закрытым магистралям.

Цистерны для перевозки порошкообразных грузов допускают разгрузку по трубопроводу диаметром 150 мм на расстоянии до 50 м с подачей на высоту до 25 м при наличии у грузополучателя источника сжатого воздуха производительностью не менее 20 м³/мин.

Особенности конструкции котлов цистерн для порошкообразных грузов.

1 Все цистерны оборудованы системой аэропневматической разгрузки и имеют нижние сливные приборы.

На рисунке 1.246 приведена принципиальная схема устройства аэропневматической выгрузки цемента. Такими же устройствами оборудованы и цистерны для кальцинированной соды модели 15-884 и для поливинилхлорида модели 15-1498.

Боковые и нижние пространства внутри котла закрыты откосами 2 и рассекателями 3, которые установлены под углом для естественного сыпания груза на четыре аэролотка 1, наклоненных под углом 6° к выгрузочному отверстию со сливным прибором 5. Каждый аэролоток представляет собой корпус корытообразного сечения из листовой стали, закрытый сверху пористой перегородкой. Крепятся пористые перегородки к корпусам аэролотков

болтовыми соединениями. Для выравнивания давления между грузовой и подоткосной полостями установлена сообщающаяся труба 6.

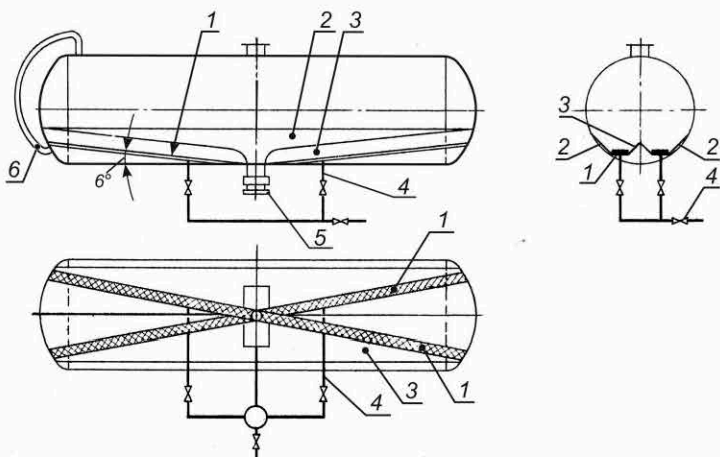


Рисунок 1.246 – Принципиальная схема устройства аэропневмовыгрузки у цистерны для цемента модели 15-1405:

1 – аэролоток; 2 – откос; 3 – рассекатель; 3 – днище; 4 – воздушная коммуникация;
5 – сливной прибор; 6 – сообщающаяся труба

Поскольку на цистерне для цемента модели 15-854 в нижней части имеются три бункера, в них вместо аэролотков установлены аэроднища. В случае необходимости можно выгрузку из бункеров вести самотеком. Для этого необходимо открыть крышки бункеров.

Способ загрузки – открытый через люк-лаз или специальные загрузочные люки. Загрузка груза может производиться как пневмотранспортом, так и самотеком через люки. На пунктах загрузки должна быть предусмотрена очистка с помощью фильтров запыленного воздуха, выходящего из котла в атмосферу. Загрузка производится без наличия комков, с температурой и влажностью груза, исключающими слеживание и комкообразование продукции. Места погрузки защищают от попадания атмосферных осадков.

Способ разгрузки – нижний аэропневматический через сливной прибор. При разгрузке груза аэропневматическим способом сжатый воздух с избыточным давлением 0,2 МПа подается в аэролотки (аэроднища). Проходя пористую перегородку, он псевдооживляет порошкообразный груз, который начинает течь к выгрузочному отверстию котла и далее под давлением (0,2 МПа) по трубопроводу в склады. Расстояние разгрузки составляет до 50 м, в том числе на высоту до 25 м.

Сливной прибор (рисунок 1.247) выполнен в виде двух разгрузочных патрубков 3 и 5 с дроссельной заслонкой 4, закрытых заглушками 2.

Дроссельная заслонка (рисунок 1.248) состоит из заслонки 3, резинового уплотнения 6, которые располагаются в корпусе 1. Фланцами 4 посредством болтовых соединений 5 дроссельная заслонка 3 устанавливается на патрубке. Рукояткой 2 приводится во вращение заслонка 3.

2 Используются котлы с различной формой резервуара:

- *бункерного типа* – цистерна для цемента модели 15-854 (рисунок 1.249);
- *секционного типа* – цистерна для поливинилхлорида модели 15-1498 (рисунок 1.250);
- *бессекционного типа* – цистерны других моделей.

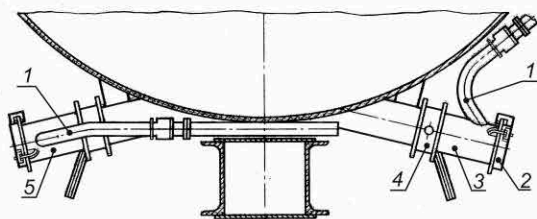


Рисунок 1.247 – Сливной прибор (разгрузочное устройство) цистерны для цемента модели 15-1405:

1 – труба поддува; 2 – заглушка; 3, 5 – разгрузочные патрубки; 4 – дроссельная заслонка

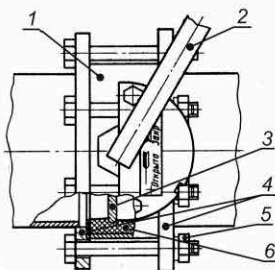


Рисунок 1.248 – Дроссельная заслонка:

1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – дроссельная заслонка; 4 – фланец; 5 – болтовое соединение; 6 – резиновое уплотнение

3 Все цистерны имеют в качестве предохранительно-контрольных устройств КП, М, КО: КО – клапан обратный – предотвращает попадание груза в воздухопроводы при падении давления воздуха в котле. Клапан устанавливают на воздухопроводах цистерн для порошкообразных грузов.

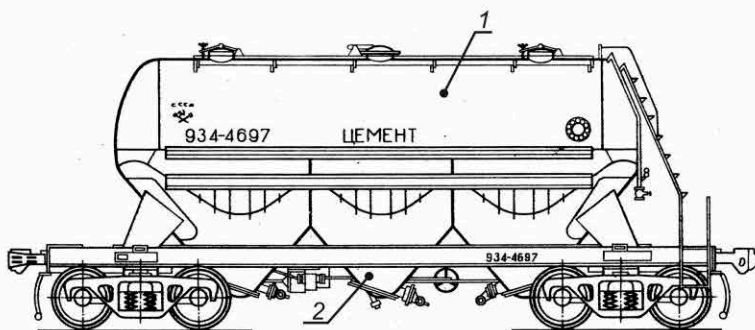


Рисунок 1.249 – Цистерна для цемента модели 15-854:
1 – обечайка; 2 – бункер

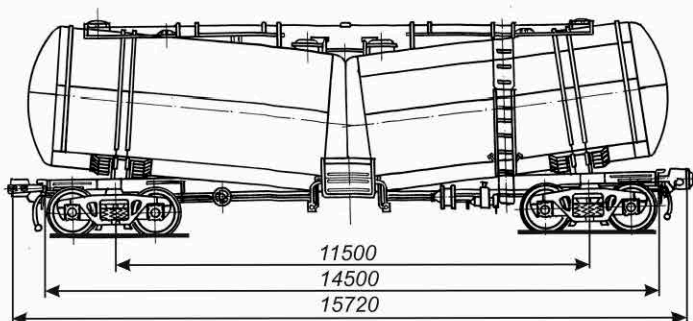


Рисунок 1.250 – Цистерна для поливинилхлорида модели 15-1498

4 Изготавливают из низколегированной или 2-слойной стали:

- цистерны для цемента и кальцинированной соды – 09Г2С;
- цистерна для поливинилхлорида – 09Г2, ВСт3сп2+Х18Н10Т.

Типовые сборочные единицы и элементы конструкции.

1 Все цистерны оборудованы люками-лазами диаметром 570 мм, цистерна модели 15-884 – диаметром 585 мм.

2 Диаметр загрузочных люков унифицирован и составляет 400 мм.

3 Разгрузочные патрубки имеют два диаметра: 150 мм (цистерны моделей 15-854, 15-884) и 100 мм (цистерны моделей 15-Ц860, 15-1498).

4 Для обеспечения нормальной выгрузки груза откосы имеют угол наклона к горизонту 50°, а азелотки – 6°.

Цистерны для кальцинированной соды. Для перевозки кальцинированной соды используется цистерна модели 15-884.

Котел цистерны (рисунок 1.251) состоит из сваренных встык двух цилиндрических обечаек 1 и 2 и двух эллиптических днищ 3. Внутри котла для аэрации размещены четыре длинных 8 и четыре коротких 6 аэролотка, а также четыре аэроплитки 7. Аэроплитка состоит из штампованного корпуса прямоугольной формы, к которому прикреплена пористая перегородка.

Аэролоток (рисунок 1.252) представляет собой штампованный из листовой стали корпус 4, который сверху перекрыт пористой перегородкой 6, изготовленной в виде восьмислойного хлопчатобумажного непропитанного ремня. Для предотвращения провисания пористой перегородки от действия веса груза между этой перегородкой и корпусом аэролотка уложен П-образный лист 1 со специальными просечками. Эти просечки в листе служат для обеспечения равномерной подачи воздуха по всей поверхности пористой перегородки.

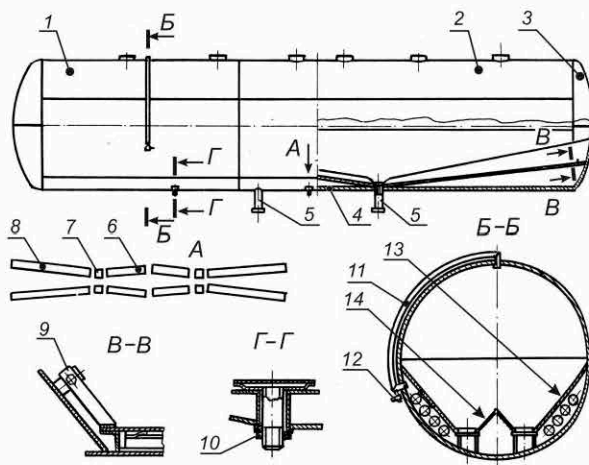
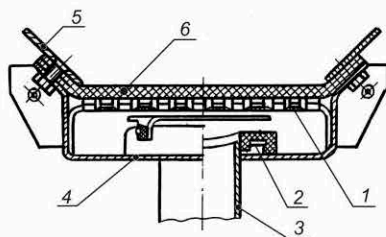


Рисунок 1.251 – Котел цистерны для кальцинированной соды модели 15-884;
1, 2 – цилиндрические обечаек котла; 3 – днище; 4 – штуцер; 5 – разгрузочный патрубок;
6, 8 – короткие и длинные аэролотки; 7 – аэроплитка; 9 – кронштейн; 10 – контргайка;
11 – сообщающая труба; 12 – муфтовый кран; 13 – откос;
14 – рассекатель

Крепление пористой перегородки к корпусу аэролотка производится планками 5. Около днища аэролотки прикреплены к откосу и рассекателю торцовыми планками. В средней части аэролоток крепится к котлу патрубком 3 подвода воздуха, контргайкой и прижимной шайбой. Герметичность соединения обеспечивает резиновая прокладка 2.

Рисунок 1.252 – Аэролоток:
 1 – П-образный лист со специальными про-
 сечками; 2 – резиновая прокладка; 3 – патру-
 бок подвода воздуха; 4 – корпус; 5 – планка;
 6 – пористая перегородка;



Аэролоток 8 крепится к котлу около днищ кронштейнами 9, в средней части трубы подвода воздуха – контргайкой 10. Аэролотки 6 и аэрошитки 7 крепятся к котлу в месте выхода патрубка подвода воздуха контргайками.

Для усиления перетекания порошкообразных грузов на пористые поверхности аэролотков котел внутри оборудован откосами 14 и рассекателями 16, которые крепятся к диафрагмам 15. Откосы и рассекатели изготовляются из листовой стали ВСтЗсп5 толщиной 4 мм.

Котел имеет сообщающую трубу 11, оборудованную муфтовым краном 12 для понижения давления воздуха в котле.

На листе откоса около подсоединения сообщающей трубы к подоткосной полости имеется смотровой люк 13, закрытый крышкой с резиновым уплотнением.

Слив конденсата из подоткосной полости осуществляется через штуцер 4, закрытый пробкой. Котел оборудован двумя разгрузочными патрубками 5.

Разгрузочное устройство (рисунок 1.253) состоит из дроссельной заслонки 1, выгрузочного патрубка 2 и трубы поддува 4.

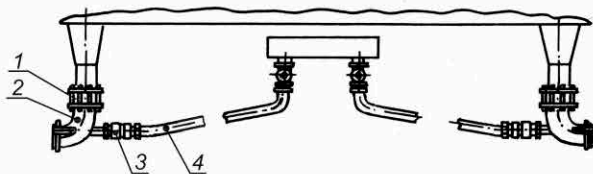


Рисунок 1.253 – Разгрузочное устройство цистерны модели 15-884:
 1 – дроссельная заслонка; 2 – выгрузочный патрубок; 3 – обратный клапан; 4 – труба поддува

Разгрузочное устройство оборудовано обратными клапанами 3, которые предотвращают засорение воздушной коммуникации при обратных ударах груза во время разгрузки вагона. На конце выгрузочного патрубка имеется подсоединительное устройство, состоящее из фланца, профильной резиновой прокладки и двух откидных болтов М16×110.

Воздушная коммуникация (рисунок 1.254) состоит из коллектора с контрольно-распределительными приборами, арматурой и труб подвода возду-

ха к аэролоткам и аэроплиткам. На коллекторе 8 установлены два муфтовых крана 5 и муфтовых крана 4 для регулирования подачи воздуха в аэролотки и аэроплитки, два муфтовых крана 6 для подачи воздуха в трубы поддува. Подается воздух в коллектор через муфтовый кран 7. Коллектор оборудован соединительной головкой ГМ-80 для подсоединения его к источнику сжатого воздуха. В транспортном положении соединительная головка должна быть закрыта заглушкой.

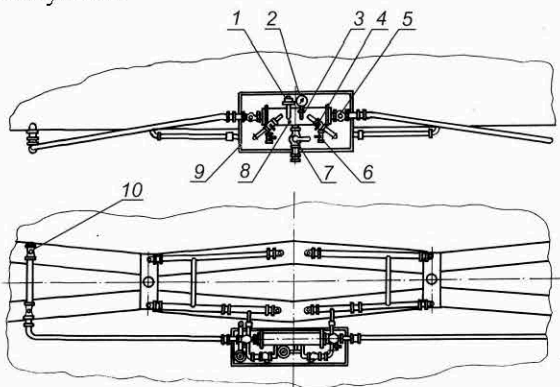


Рисунок 1.254 – Воздушная магистраль цистерны модели 15-884:
1 – предохранительный клапан; 2 – манометр; 3 – штуцер; 4–7 – муфтовые краны;
8 – коллектор; 9 – шкаф; 10 – пробка

На коллекторе установлен предохранительный клапан 1. С помощью штуцера 3 установлен манометр 2. Коллектор вместе с запорно-измерительными приборами и арматурой расположен в металлическом шкафу 9. Шкаф оборудован запорным устройством и скобами для установки пломб.

Для слива конденсата и продувки труб воздушной коммуникации на патрубках подвода воздуха к аэролоткам предусмотрены пробки 10.

Техническая характеристика цистерн для порошкообразных грузов приведена в таблице 1.14.

Цистерны для поливинилхлорида. Для перевозки поливинилхлорида используются цистерны моделей 15-Ц860 и 15-1498.

Конструкция цистерны модели 15-Ц860 аналогична конструкции цистерны для кальцинированной соды. Отличие состоит в том, что днища и цилиндрическая часть котла, за исключением листов обечайки, ограничиваемых подоткосной полостью, изготовлены из двухслойной стали ВСт3сп2+Х18Н10Т плакирующим слоем внутри котла. Трубы воздушной коммуникации, коллектор, листы откосов и рассекателей, крышки лазового

и загрузочного люков, сообщающая труба изготовлены из нержавеющей стали X18H10T.

Таблица 1.14 – Техническая характеристика цистерн для порошкообразных грузов

Показатель	Модель вагона-цистерны		
	15-884 для кальцини- рованной соды	15-8544 для тяжелых по- рошкообразных грузов	15-1498 для поливинил- хлорида
Грузоподъемность, т	54	68	55,5
Масса тары, т	31,3	24,61	30,55
Нагрузка от оси колес- ной пары на рельсы, кН	209,1	226,9	210,45
Габарит	1-ВМ	02-ВМ	1-ВМ
Параметры котла:			
– объем полный, м ³	101,6	61	99,2
– диаметр внутренний, мм	3000	3000	3000
– длина наружная, мм	14690	8490	14488
– толщина листов, мм:			
- верхних	9	7	8
- средних (боковых)	9	8	8
- нижнего	11	8	10
- днищ	10	10	10
Удельный объем, м ³ /т	1,55	0,897	1,66
Высота центра тяжести цистерны (порожной) от головки рельсов, мм	1587	1367	1511
Давление в котле при разгрузке, МПа	0,2	0,2	0,2
Производительность выгрузки, т/ч	54	68	61,7
Количество люков, шт.:			
– разгрузочных	5	2	4
– лазовых	1	1	2
Количество аэролотков, шт.	8	Аэроднище	4
Количество аэроплиток, шт.	4	–	–

Цистерна модели 15-1498 представлена на рисунке 1.250. *Котел цистерны* (рисунок 1.255) представляет собой два автономных цилиндрических резервуара 3, каждый из которых наклонен под углом 6° к горизонтали. Наклон резервуара позволил уменьшить объем подоткосной полости и уве-

личить полезный объем котла. Резервуары сварены между собой около днищ. Для хребтовой балки рамы предусмотрена ниша 12, которая служит также соединительным элементом между двумя резервуарами.

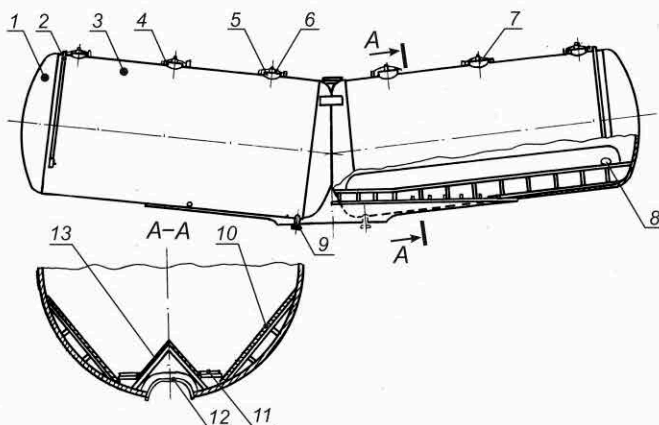


Рисунок 1.255 – Котел цистерны для поливинилхлорида модели 15-1498:
1 – днище; 2 – сообщающая труба; 3 – цилиндрический резервуар; 4, 5 – загрузочный и лазовый люки; 6 – откидная крышка; 7 – ригельная крышка загрузочного люка; 8 – смотровой люк; 9 – разгрузочный патрубок; 10 – откос; 11 – азролоток; 12 – ниша; 13 – рассекатель

Верхние и средние листы каждого резервуара и днища 1 изготовлены из двухслойной стали ВСтЗсп2+Х18Н10Т. Нижние листы резервуаров, ограничиваемые подоткосной полостью, изготовлены из листовой стали ВСтЗсп5 толщиной 10 мм. Откосы 10 и рассекатели 13 изготовлены из листовой стали Х18Н10Т толщиной 4 мм. Листы откосов и рассекателей крепятся к специальной надстройке, изготовленной из уголкового профиля 40×40×4 мм, приваренной к котлу.

На листе откоса около зоны подсоединения сообщающей трубы предусмотрен смотровой люк 8, закрываемый крышкой с резиновой прокладкой. Каждый резервуар оборудован одним лазовым 5 и двумя загрузочными люками 4. Лазовый люк закрывается откидной крышкой 6, уплотнение которой производится восемью специальными болтами. Загрузочный люк закрывается крышкой 7 ригельного типа.

Внутри котла уложены четыре азролотка 11 по два азролотка в каждом резервуаре. Аэроплитки отсутствуют. Пористая перегородка выполнена из двух слоев лавсановой ткани ТЛФТ-5.

Каждый резервуар оборудован сообщающей трубой 2 с муфтовым крапом.

Выгрузка груза производится через четыре патрубка 9 с условным проходом 100 мм.

Конденсат из подоткосной полости сливается через штуцер.

Воздушная коммуникация (рисунок 1.256) состоит из системы воздухопроводов 1 для подачи воздуха в аэролотки, коллектора 5 с контрольно-распределительной арматурой и арматурного шкафа 7.

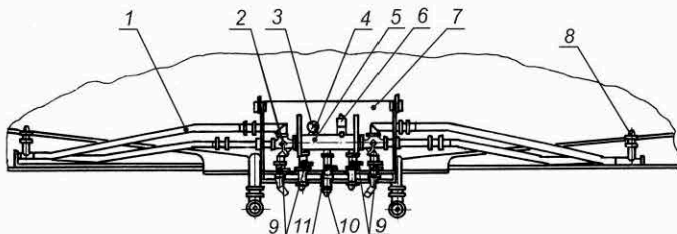


Рисунок 1.256 – Воздушная магистраль цистерны модели 15-1498:

1 – система воздухопроводов; 2 – трехходовой кран; 3 – манометр; 4 – штуцер; 5 – коллектор; 6 – предохранительный клапан; 7 – арматурный шкаф; 8 – вертикальный патрубок воздухопровода; 9, 11 – муфтовые краны; 10 – заглушка

Трубы воздухопровода с условным проходом 50 мм изготовлены из нержавеющей стали X18H10T. В конструкции цистерны предусмотрена возможность подачи воздуха от коллектора под каждый аэролоток. Для периодической продувки труб в месте подсоединения вертикального патрубка 8 воздухопровода к аэролоткам имеется отверстие, закрываемое заглушкой с резиновой прокладкой.

На коллекторе установлены:

- предохранительный клапан 6;
- два трехходовых крана 2, предназначенных для одновременной или попеременной подачи воздуха под один из двух аэролотков;
- четыре муфтовых крана 9 с условным проходом 50 мм для подачи воздуха в трубы поддува разгрузочного устройства;
- муфтовый кран 11 с условным проходом 80 мм для регулирования подачи воздуха в коллектор от компрессорной установки.

Коллектор оборудован соединительной головкой ГМ-80 для подсоединения гибкого шланга от внешнего источника сжатого воздуха. В транспортном положении соединительная головка должна быть закрыта заглушкой 10. В штуцер 4 на время разгрузки цистерны ввинчивается манометр 3.

Разгрузочное устройство (рисунок 1.257) состоит из корпуса 1, двух дроссельных заслонок 2 и труб поддува 5. Выгрузочные отверстия корпуса закрываются крышкой, которая крепится двумя откидными болтами M16×100 мм. Крышка оборудована пористой перегородкой из фильтромит-

кали в один слой, играющей роль обратного клапана, и наконечника для подсоединения трубы поддува. Для удаления скомковавшегося груза в корпус варены патрубки 4, закрываемые заглушкой 3.

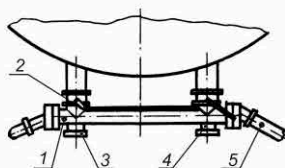


Рисунок 1.257 – Разгрузочное устройство цистерны модели 15-1498:
1 – корпус; 2 – дроссельная заслонка;
3 – заглушка; 4 – патрубок; 5 – труба поддува

Цистерны для тяжелых порошкообразных грузов. Для бестарной перевозки цемента и других тяжелых порошкообразных грузов с насыпным весом $1,1\text{--}1,4\text{ т/м}^3$, служит цистерна модели 15-854 (см. рисунок 1.249).

Котел цистерны (рисунок 1.258) представляет собой в верхней части половину цилиндрической емкости диаметром 3000 мм, в нижней части которой варены три бункера конусообразной формы.

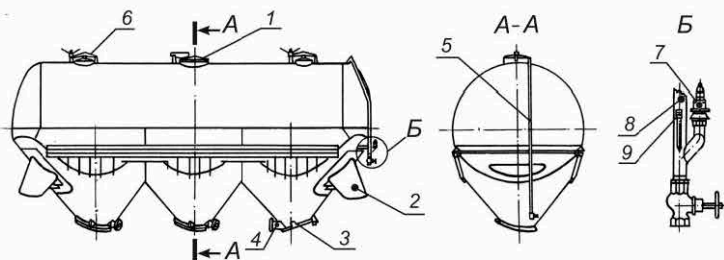


Рисунок 1.258 – Котел цистерны для тяжелых порошкообразных грузов модели 15-854:

1 – люк-лаз; 2 – опора; 3 – фланец; 4 – труба разгрузки; 5 – внутренняя лестница; 6 – загрузочный люк; 7 – предохранительный клапан; 8 – труба сброса давления; 9 – штуцер под манометр

Герметичность загрузочных люков обеспечивается прижатием крышки с прокладкой к горловине посредством запора ригельного типа, лазового – посредством откидных болтов с гайками.

Нижнее отверстие каждого бункера заканчивается фланцем 3, к которому крепится аэроднище, входящее в систему разгрузки. Бункера имеют центральный угол, равный 80° . В торце закреплена труба сброса давления 8, на которой установлены вентиль, предохранительный клапан 7 и штуцер под манометр 9.

Система разгрузки (рисунок 1.259) котла от перевозимого груза состоит из поворотной заслонки 1, трубы разгрузочной 4, с выводом на обе стороны

вагона. Разгрузочный трубопровод на изгибе имеет дополнительный патруб-
бок, снабженный обратным клапаном, для поддува во время разгрузки.

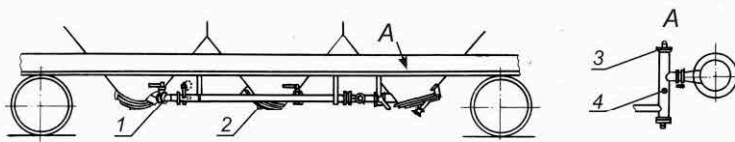


Рисунок 1.259 – Система разгрузки цистерны модели 15-854:
1 – заслонка; 2 – аэроднище; 3 – крышка; 4 – труба разгрузки

Поворотная заслонка 1 имеет рукоятку, поворотом которой осуществля-
ется открытие или закрытие патрубка.

Торцы разгрузочного трубопровода 4 закрыты отбрасывающимися
крышками 3 с устройствами для обратного клапана, установленного для
предохранения воздушных коммуникаций от попадания в них груза при
возможных обратных ударах. Кроме того, для подсоединения воздушных
коммуникаций на крышках установлены соединительные головки 6 ГМ-50.
торцы разгрузочного трубопровода снабжены специальным уплотнением
для подсоединения разгрузочных рукавов.

Для **псевдосжижения (аэрации)** к каждому бункеру в нижней части по-
средством болтов и шпилек прикреплены аэроднища 2, состоящие из корпу-
са в виде выштампованной крышки и перегородки из пористой специально-
го материала, закрепленного на корпусе посредством рассекателя и кольца.

Пористый материал изготавливается из специальной лавсановой термо-
обработанной ткани ТЛФТ-5 и устанавливается в два слоя.

Подача воздуха под пористый материал осуществляется посредством па-
трубка 10, который вварен в корпус аэроднища и на котором для быстрого
разъема подводящих воздух коммуникаций установлена головка ГМ-50,
закрываемая при транспортировке заглушкой 11 ГЗ-50.

Система разгрузки оборудована устройством открытия аэроднищ на
каждом бункере для возможности разгрузки груза гравитационным спосо-
бом в межрельсовые приемники в случае выхода из строя аэропневматиче-
ской выгрузки (разрыв пористого материала аэроднищ или образования ко-
рок на нем, закупорка патрубка комками и пр.). Категорически запрещается
пользоваться этим способом разгрузки при исправной системе аэропневно-
выгрузки.

1.7.9 Цистерны для скоропортящихся грузов

К этой группе относятся цистерны для перевозки пищевых скоропортящихся грузов: молока, виноматериалов и плодовоовощных соков.

Цистерны различаются параметрами и материалом котлов, конструкцией термоизоляции и предохранительной арматуры.

Особенности конструкции котлов цистерн для скоропортящихся грузов.

1 Все цистерны оборудованы термоизоляцией.

Для поддержания температурного режима груза в котле при транспортировке цистерны для скоропортящихся грузов оборудованы термоизоляцией. В этих цистернах котел изолирован термоизоляционным материалом толщиной 200–300 мм, покрытым металлическим кожухом. Кожух представляет собой цилиндрическую обечайку с днищами. Обечайка состоит из поперечных секций, стыки между которыми закрываются декоративными хомутами. Крепится металлический кожух к раме платформ.

Термоизоляция цистерн различается в основном изоляционным материалом:

- *стеклорулонный материал МРТ-35* толщиной 300 мм – цистерны для молока;

- *пенополиуретан* – цистерны для плодовоовощных соков и виноматериалов модели 15-1562;

- *стеклянное штапельное волокно* – цистерна для виноматериалов модели 15-1542.

2 Котел цистерны для молока – секционного типа (трехсекционный).

Котел цистерны для молока модели 15-886 (рисунок 1.260) – это цилиндрическая емкость сварной конструкции, состоящая из обечайки 1 и двух эллиптических днищ 3. Внутри котел разделен на три изолированные секции 4, соединенные между собой эллиптическими перегородками 5.

3 Изготовлены из материалов, обеспечивающих качество перевозимых грузов (двухслойные и нержавеющие стали, алюминиевые сплавы):

- *цистерны для виноматериалов* – нержавеющие стали марки 12Х18Н10Т; двухслойная сталь ВСтЗсп2+12Х18Н10Т (второй слой – нержавеющая сталь);

- *цистерна для молока* – алюминиевые сплавы марок АДО, АД-1;

- *цистерна для плодовоовощных соков* – двухслойная сталь ВСтЗсп2+12Х18Н10Т (второй слой – нержавеющая сталь).

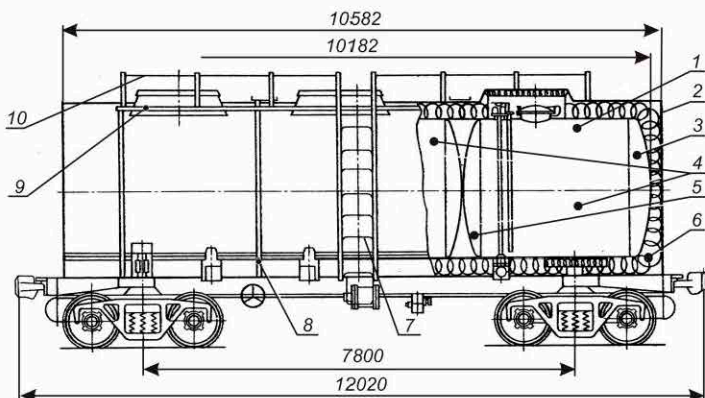


Рисунок 1.260 – Цистерна для молока модели 15-886:

1 – обечайка; 2 – кожух термозащиты; 3 – днище; 4 – секция; 5 – перегородка; 6 – термозащита; 7 – лестница с поручнями; 8 – хомут; 9 – помост; 10 – ограждение

4 Все цистерны оборудованы нижними сливными приборами и устройствами верхнего налива.

Способ загрузки – верхний открытый.

Способ разгрузки – нижний самотеком через сливной прибор.

Сливные приборы с верхним управлением, но конструкция их отлична от нефтебензиновых:

- клапан и седло клапана с двумя патрубками, приваренными в нижней части котла, для двустороннего слива – цистерна для виноматериалов;
- клапан и трубы для двустороннего слива – цистерна для молока;
- седло с патрубком для слива продуктов – цистерна для плодовоовощных соков.

Для полного слива груза нижний лист котла имеет уклон к сливному прибору.

5 Наличие дополнительных устройств у некоторых цистерн.

В частности цистерна для плодовоовощных соков имеет арматурный ящик и два изоляционных колпака.

В арматурном ящике цистерны устанавливается баллон с воздухом, который необходим для регулирования давления в котле в пределах 0,02–0,05 МПа после наполнения цистерны.

В одном колпаке установлен люк-лаз диаметром 600 мм с крышкой, в другом – предохранительно-контрольная арматура и штанга сливного прибора.

6 Арматура наливного и предохранительно-контрольных устройств размещена под изоляционным колпаком.

7 В качестве предохранительно-контрольных устройств используются: цистерна для виноматериалов – КПВ, ПЛ; цистерна для молока – У; цистерна для плодовоовощных соков – КП, М, ПМ, ЭУ.

Расшифровка обозначений: ПЛ – планки, У – уровнемер, М – манометр-держатель, ЭУ – электроконтактные датчики уровня, ПМ – предохранительная мембрана.

8 Контроль за уровнем груза в котле при загрузке:

– *градуированная планка 1*, закрепленная на патрубке люка-лаза (рисунок 1.262) – цистерна для виноматериалов. Контроль наполнения по планке уровня до деления, соответствующего времени года;

– *указатель налива* (поплавкового типа) – цистерна для молока. Полнота налива проверяется по поднятию поплавка уровнемера. Окончательный налив контролируется по риске, нанесенной на внутренней поверхности горловины каждой секции;

– *электроконтактные датчики уровня* налива продукта – цистерна для плодовоовощных соков. Уровень заполнения контролируется двумя датчиками. Контакт нижнего датчика с грузом служит сигналом к готовности прекращения заполнения, а контакт верхнего – сигналом к окончанию налива.

Техническая характеристика цистерн для скоропортящихся грузов приведена в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Техническая характеристика цистерн для скоропортящихся грузов

Показатель	Модель вагона-цистерны		
	15-886 для молока	15-1593 для винома- териалов	15-1522 для пло- дово- овощных со- ков
Грузоподъемность, т	31,2	66,7	67
Масса тары, т	23,3	24,61	26
Нагрузка от оси колесной пары на рельсы, кН	133,7	226,12	227
Габарит	1-ВМ	1-Т	1-Т
Параметры котла:			
– объем полный, м ³	30,52	63,69	63,4
– диаметр внутренний, мм	2012	2800	2800
– длина наружная, мм	10870	11090	10690
– толщина листов, мм:			
- верхних	14	9	8
- средних (боковых)	14	9	8
- нижнего	16	11	11
- днищ	16	11	11
Удельный объем, м ³ /т	0,97	0,953	0,946

Окончание таблицы 1.15

Показатель	Модель вагона-цистерны		
	15-886 для молока	15-886 для молока	15-886 для молока
Высота центра тяжести цистерны (порожной) от головок рельсов, мм	1502	1580	1511
Рабочее давление в котле, МПа	–	0,15	0,2
Максимально допустимая температура загружаемого продукта, °С	Зимой не менее +6, летом не менее +4	Зимой +8, летом +16	10–30
Толщина изоляции, мм	300	150	150

Цистерны для виноматериалов. Четырехосная цистерна для виноматериалов грузоподъемностью 66,7 т модели 15-1621 (рисунок 1.261) включает комплексный котел, изготовленный финской фирмой «Раутаруукки» и типовую платформу.

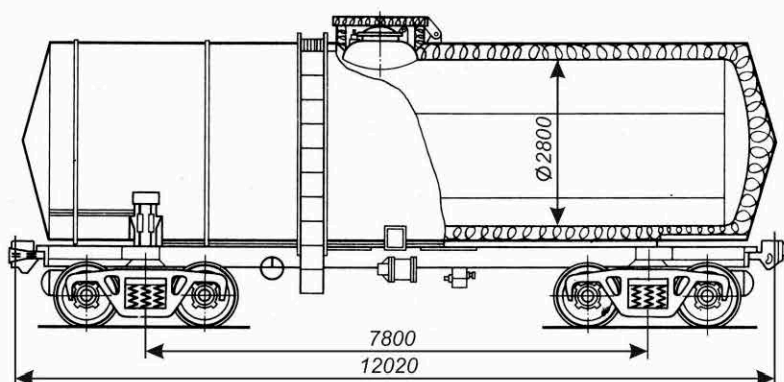


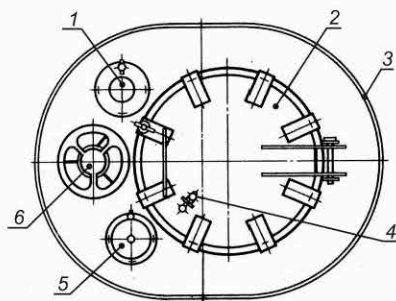
Рисунок 1.261 – Цистерна для виноматериалов модели 15-1621

Цистерна используется для перевозки вин (крепостью до 20°), коньяка (крепостью 40–57°), коньячных спиртов (крепостью до 64–72°) и спиртов (крепостью до 96,5°). При наливке виноматериалов необходимо соблюдать температурный режим: зимой не менее +8 °С, летом – не более 16 °С, тогда обеспечивается сохранность продукта в течение 15 суток при температуре сливаемых продуктов от –2 до +25 °С.

Котел сварной конструкции, состоящей из обечайки, двух эллиптических днищ, расширительного колпака. Внутри котла в нижней части приварено седло клапана с патрубками для двустороннего слива. *На расшири-*

Рисунок 1.263 – Арматура на крышке люка-лаза цистерны для молока:

1 – наливная труба; 2 – крышка люка;
3 – кожух; 4 – кран; 5 – указатель налива;
6 – привод управления сливного прибора



Котел обмотан по периметру шагом 200–350 мм нитками и обшит стеклотканью. Наружный чехол из стеклоткани покрыт лаком ХВ-784 по ГОСТ 7313–75 с добавлением цветной эмали. Общая толщина изолированного слоя 300 мм.

Люк и арматура каждой секции закрыты изоляционной крышкой, сливные трубы имеют термоизоляции.

Налив молока – верхний, слив – нижний через сливной прибор.

Цистерны для плодоовощных соков. Четырехосная цистерна для плодоовощных соков грузоподъемностью 67 т модели 15-1522 (рисунок 1.264) предназначена для транспортировки стерильных полуфабрикатов плодоовощных соков в асептических условиях.

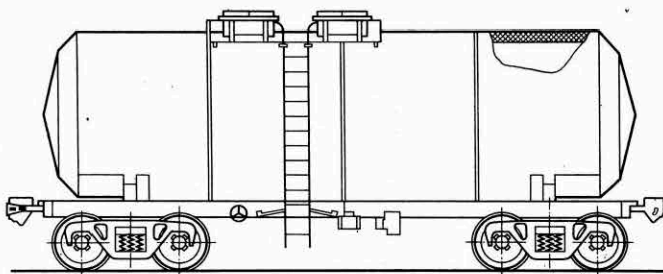


Рисунок 1.264 – Цистерна для плодоовощных соков модели 15-1522

При обеспечении температуры налива плодоовощных соков 10–30 °С, перевозимый продукт сохраняется в течение 10 суток, при этом обеспечивается температура сливаемых продуктов от 0 до +40 °С.

Теплоизолированный котел, закрепленный на типовой платформе, – это цилиндрическая емкость сварной конструкции, состоящая из обечайки внутренним диаметром 2800 мм и двух эллиптических днищ. Снаружи к нему приварены кронштейны крепления наружной лестницы, четыре лапы

котла с накладками, седло с патрубком для слива продукта и конденсата и *два изоляционных колпака*, в одном из которых установлен люк-лаз диаметром 600 мм с крышкой, в другом – предохранительная арматура и штанга сливного прибора.

Котел изготовлен из двухслойной стали ВСт3сп2+12Х18Н10Т по ГОСТ 10885–85, а детали, соприкасающиеся с грузом, – из нержавеющей стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632–72.

В арматурном изоляционном колпаке установлены сливо-наливное оборудование и предохранительное устройство: наливная труба с запорным диафрагмовым эмалированным вентилем D_y 50, железнодорожный манометр с мембранным разделителем, предохранительная мембрана из фторопласта на давление 0,2 МПа, электроконтактные датчики уровня налива продукта, а также два запорных вентиля D_y 25, один из которых снабжен фильтром с двумя штуцерами и предохранительным клапаном на давление 0,07 МПа, баллоном для воздуха вместимостью 20 л с воздушным редуктором.

Для сохранения перевозимого продукта в заданном температурном режиме котел и сливо-наливное оборудование изолируются пенополиуретаном или другими изоляционными материалами толщиной 150 мм. Пенополиуретан находится между котлом и наружным кожухом.

Арматура котла и люка-лаза изолирована откидными двусторчатыми крышками.

Для удобства обслуживания цистерна оборудована наружными лестницами с помостами и ограждением.

1.7.10 Цистерны для криогенных грузов

К данной группе относятся цистерны, предназначенные для перевозки и хранения газов – азота, кислорода, аргона, этилена и винила – в сжиженном состоянии при криогенных температурах, т. е. при температурах ниже 120 К (–153 °С).

Типовые конструктивные решения. Все цистерны данной группы (рисунки 1.265) имеют специфические конструктивные элементы, к которым относятся: криогенная емкость; система коммуникаций; распределительная, контрольно-измерительная и предохранительная арматуры.

Основная часть арматуры размещается в металлической будке (арматурном шкафу), расположенной на концевой части платформы. Будка снабжена металлическими дверьми и запорами, предотвращающими доступ посторонних лиц. Часть криогенных грузов перевозится в сопровождении бригады обслуживания, которая ведет наблюдение за цистерной и показаниями контрольно-измерительных приборов в пути и следует в отдельном вагоне в

составе поезда. К обслуживанию криогенных цистерн допускаются только лица, прошедшие специальную подготовку.

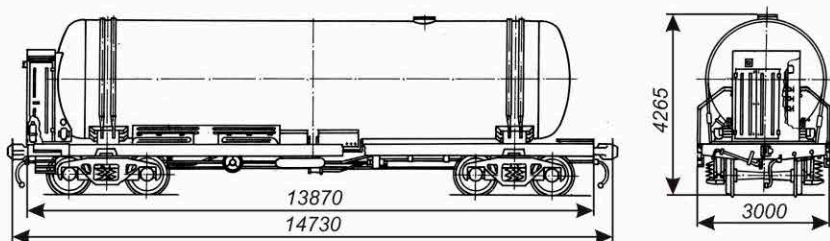


Рисунок 1.265 – Цистерна для сжиженных азота, кислорода и аргона модели 15-558С

Модели криогенных цистерн существенно различаются конструкцией отдельных узлов и систем. Однако общие конструктивные принципы их выполнения могут быть рассмотрены на примере конкретных конструкций.

На рисунке 1.266 представлена **криогенная емкость** цистерны модели 15-558С, состоящая из наружной оболочки 1 и расположенного внутри нее сосуда 8.

Оболочка сварной конструкции, изготовленная из цилиндрических обечайек и эллиптических днищ, крепится на платформе традиционным для цистерн способом, т. е. при помощи фасонных лап 3 и концевых опор с прижимными хомутами. Оболочка оборудована системой вакуумирования, включающей расположенные внутри нее трубчатые коллекторы и вакуумные вентили 12, которые обеспечивают возможность вакуумирования изолирующего пространства и его герметизации. На оболочке установлен также мембранный предохранитель 11, защищающий оболочку от разрушения в случае повышения давления в изолирующем пространстве. Вакуумные вентили и мембранный предохранитель закрыты защитными кожухами 10, 13.

Для увеличения жесткости оболочки и обеспечения ее устойчивости при вакууме в изолирующем пространстве она подкреплена шпангоутами 7 из швеллера.

На внутренней поверхности оболочки размещены текстолитовые опоры 9 и кронштейны для крепления цепей 2 горизонтального и вертикального подвешивания сосуда 8. В верхней части оболочки имеется люк 4, крышка которого укреплена в горловине сваркой при сборке цистерны.

Изолирующее пространство емкости заполнено порошкообразным аэрогелем 6, а специальные карманы, приваренные к наружной стенке сосуда и закрытые латунной сеткой, заполнены веществом 5, адсорбирующим моле-

кулы газа в изолирующем пространстве и способствующим сохранению вакуума в нем в процессе эксплуатации цистерны.

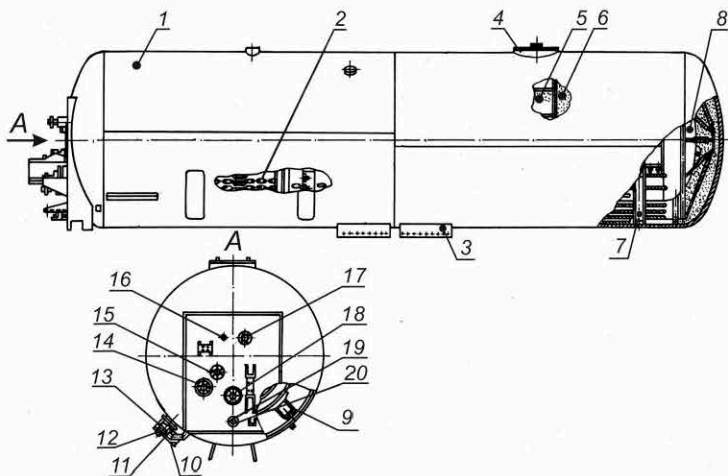


Рисунок 1.266 – Криогенная емкость цистерны модели 15-558С:

1 – наружная оболочка; 2 – цепь; 3 – фасонная лапа; 4 – люк; 5 – вещество, адсорбирующее молекулы газа; 6 – аэрогель; 7 – шпангоут; 8 – сосуд; 9 – опора; 10, 13 – защитные кожухи; 11 – мембранный предохранитель; 12 – вакуумные вентили; 14, 19 – трубопроводы испарителя; 15 – предохранительное устройство; 16, 20 – указатели уровня продукта вверху и внизу; 17, 18 – трубопроводы слива-налива и газосброса

В качестве адсорбента на цистернах модели 15-558С служит силикогель, на цистернах модели 15-147 – цеолит, на цистернах моделей ЖВЦ 100М и ЖВЦ 100М2 – активированный уголь.

Сосуд является резервуаром для жидкого продукта и, так же как оболочка, изготавливается сваркой цилиндрических оболочек с эллиптическими днищами. Стенки сосуда подкреплены изнутри *шпангоутами* 7, на которых установлены *волнорезы* в виде просечных листов. Волнорезы обеспечивают снижение силы гидроудара, действующей на днища сосуда при транспортировке цистерны.

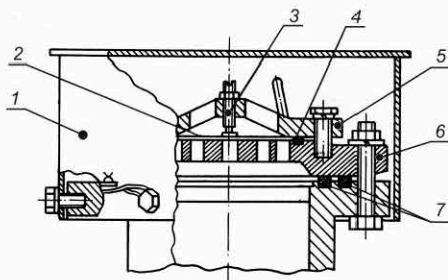
Из внутренней полости сосуда выведены трубопроводы слива-налива 18, газосброса 17, подключения дифманометра – указателей уровня продукта вверху 16 и внизу 20, испарителя 14, 19 и предохранительных устройств 15. Все трубопроводы и сосуд изготовлены из алюминиевого сплава.

В цистернах типа ЖВЦ для улучшения теплотехнических характеристик наружная поверхность сосуда (за исключением узлов крепления) покрывается дополнительно пакетами слоистой теплоизоляции.

В качестве *предохранительного устройства*, защищающего емкость (оболочку, сосуд) от опасного для прочности конструкции повышения давления, на криогенных цистернах, применяются **мембранные предохранители** – предохранительные клапаны максимального давления с разрушаемой мембраной. Такой предохранитель оболочки цистерны модели 15-147 для перевозки этилена показан на рисунке 1.267.

Рисунок 1.267 – Мембранный предохранитель:

- 1 – колпак; 2 – мембрана; 3 – нож;
4 – кольцо; 5 – крышка; 6 – решетка;
7 – кольцо



Представленный предохранитель срабатывает при повышении давления в изолирующем пространстве емкости 0,06–0,085 МПа (0,6–0,85 кгс/см²). Мембрана 2 изготовлена из медной ленты толщиной 0,05 мм. Решетка предохраняет мембрану от разрушения атмосферным давлением при вакуумировании изолирующего пространства емкости. Регулировка мембранного предохранителя на заданное давление производится за счет изменения высоты ножа 3 в крышке 5.

Для вакуумирования изолирующего пространства криогенных цистерн предназначены **вакуумные вентили**.

Вентили, применяемые в системах коммуникаций криогенных цистерн, характеризуются повышенными требованиями к герметичности полостей, через которые проходят криогенные продукты, и специальными конструктивными мерами для снижения теплопритока к продуктовым полостям от внешней среды.

Цистерны для криогенных грузов. Для перевозки сжиженных азота, кислорода и аргона используются цистерны моделей 8Г513, 8Г513М и 15-558С (см. рисунок 1.265), сжиженного этилена – цистерны модели 15-147, сжиженного винила – цистерны моделей ЖВЦ 100М и ЖВЦ 100М2. Основные параметры криогенных цистерн приведены в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Техническая характеристика криогенных цистерн

Показатель	Модель вагона-цистерны				
	8Г513, 8Г513М	15-558С для кис-	15-147 для	ЖВЦ 100М	ЖВЦ 00М2

	для кисло- рода, азо- та, аргона	лорода, азота, аргона	этилена	для винила	для винила
Грузоподъемность, т	36	55	31,3	7,35	7,35
Масса тары, т	35,3	36,6	41,9	88,0	76,6
Расчетная статическая осевая нагрузка, кН	174,7	224,4	179,3	156,5	208,0
Число осей	4	4	4	6	4
Габарит	02-ВМ	02-ВМ	0-ВМ	1-Т	1-Т
Параметры сосуда: – объем полный, м³ – диаметр внутренний, мм – толщина стенки, мм	33,75 2200 18	44 2200 18	65 2600 18	119 2600 18	119 2600 18
Параметры оболочки: – длина наружная, мм – диаметр внутренний, мм – толщина стенки, мм	10417 2800 10	12584 2800 10	13216 3000 12	23600 3150 12	23600 3150 12
Высота центра тяжести цистерны (порожней) от головок рельсов, мм: – порожней – груженой	1803 2207	1867 2473	1956 2276	2048 2078	2266 2317
Масса заправляемой жидкости, т	36 (кисло- род и ар- гон), 25,5 (азот)	47 (кис- лород), 34 (азот), 55 (аргон)	31,3	7,35	7,35
Рабочее давление в со- суде, МПа	0,25	0,5	0,5	0,6	0,6
Потери продукта от са- моиспарения, % в сутки	0,3 по кислороду	0,26 по кислороду	0,26	1,0	0,8–1,0
Тип изоляции	Вакуумно-порошковая			Комбинированная	

1.7.11 Цистерны нового поколения

Цистерны нового поколения для светлых нефтепродуктов характеризуются повышенной средней статической нагрузкой и высокой экологической и пожарной безопасностью. Это обеспечивается применением систем герметической погрузки и выгрузки груза, защитой котла от пробоя и повышением их огнестойкости в очаге пожара при аварийных ситуациях.

Разработаны три группы цистерн, различающихся физико-химическими свойствами перевозимых грузов: тип *A* – для жидких грузов; тип *B* – для вязких и затвердевающих грузов и тип *B* – для сжиженных газов под давлением.

Цистерны имеют следующие конструктивные исполнения [29]:

- с котлом из низколегированной стали с внутренним покрытием и без него;
- с котлом из нержавеющей стали, из алюминиевых сплавов и стеклопластика;
- с нижним и верхним сливом груза, с разгрузкой методом передавливания, с герметизацией разгрузочных устройств от попадания паров от перевозимого груза в атмосферу;
- с наружным и внутренним обогревом и с электрообогревом;
- с теплоизоляцией из стекломатериалов и пенополиуретана, с теневой защитой.

Рассмотрим некоторые новые конструкции цистерн.

Вагон-цистерна для патоки модели 15-6900-04 с осевой нагрузкой 245 кН. На сети дорог стран СНГ используются вагоны-цистерны для патоки производства ОАО «Азовмаш» и АО «Рузхиммаш», спроектированные на осевую нагрузку 230,5 кН (23,5 тс), что не позволяет в полной мере реализовать пропускную способность железных дорог [60].

Специалистами ООО «ВНИЦТТ» совместно с АО «ТихвинХиммаш» разработана цистерна для патоки модели 15-6900-04 с повышенной осевой нагрузкой до 245 кН (25 тс).

Техническая характеристика цистерн для патоки приведена в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Техническая характеристика цистерн для патоки

Показатель	Модель вагона-цистерны		
	15-1613-01 Азовмаш	15-1233 Рузхиммаш	15-6900-04 НПК ОВК
Грузоподъемность, т	68,4	66,8	74,4
Масса тары, т	25,1	26,2	24,9
Объем котла, м ³	54,5	53,5	56,0
Материал котла	09Г2С	08Х22Н6Т, 08Х18Н10Т	Нержавею- щая сталь
Максимальная расчетная нагрузка от оси колесной пары на рельсы, кН (тс)	230,5 (23,5)		245 (25)
Длина вагона по осям сцепления автосцепок, мм	12020		

Увеличенные объем котла и грузоподъемность цистерны обеспечивают погрузку на 7–10 т больше, чем в цистернах, находящихся в эксплуатации, что позволяет сократить потребный парк примерно на 10 %. Конкурентным преимуществом цистерны является также увеличенный межремонтный пробег, что позволяет снизить эксплуатационные расходы на всём жизненном цикле вагона [62].

Котел цистерны модели 15-6900-04 показан на рисунке 1.268.

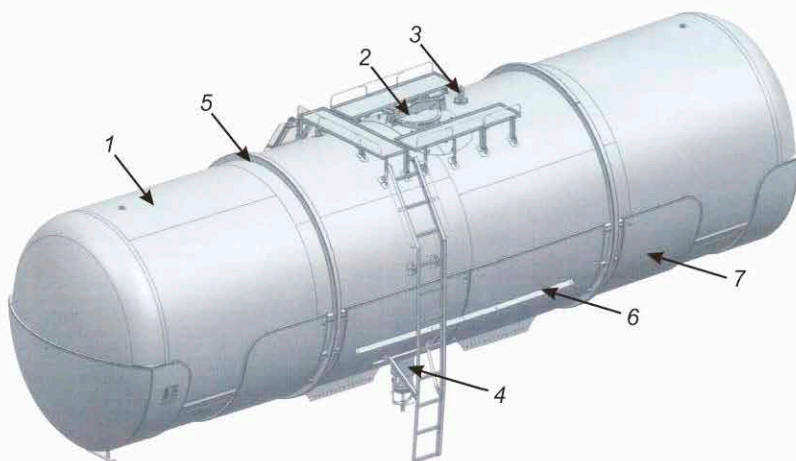


Рисунок 1.268 – Котел в сборе цистерны для патоки модели 15-6900-04:

1 – котел; 2 – горловина и крышка люка; 3 – предохранительно-впускной клапан;
4 – сливной прибор с двумя степенями защиты; 5 – шпангоуты; 6 – защитный козырек;
7 – каркас и кожух паровой рубашки

Способ загрузки – налив через люк при открытой крышке, *способ выгрузки* – самотеком при открытом сливном приборе и открытой крышке люка-лаза.

В качестве материала котла выбрана нержавеющая сталь, не имеющая ограничений при контакте с пищевыми продуктами. Сталь содержит минимум 10,5 % хрома, чем обеспечиваются ее нержавеющие свойства. Дополнительное сопротивление коррозии реализуется оксидной пленкой, покрывающей поверхность стали.

Высокая стоимость нержавеющей стали повлияла на конструктивное исполнение котла:

- для обечаек использованы листы разной толщины (броневые листы в местах опирания котла и установки лап котла имеют большую толщину);
- введены шпангоуты, обеспечивающие устойчивость обечаек.

Указанные конструктивные решения позволили уменьшить массу и увеличить грузоподъемность цистерны, а также снизить себестоимость изготовления.

Для налива продукта используется стандартная заливная горловина с крышкой люка ригельного типа, для слива – универсальный сливной прибор. Для обеспечения полного слива продукта **котел выполнен с ломаной осью**.

Котел оборудован предохранительно-впускным клапаном и защитными козырьками, защищающими подвагонное оборудование от облива грузом.

Физические особенности патоки (вязкая и текучая – в летний период и повышенной вязкости – в зимний период) обуславливают необходимость применения системы разогрева котла и сливного прибора.

Максимальная полнота слива груза при различных температурных условиях обеспечивается в цистерне модели 15-6900-04 благодаря котлу с ломаной осью и системе подогрева.

В качестве системы подогрева используется **пароподогревательная рубашка**, состоящая из каркаса, обшивки и системы патрубков и желобов для подачи и пропуска пара. Конструкция рубашки аналогична цистернам для вязких нефтепродуктов (например, цистерне для мазута). Отличительной особенностью является то, что шпангоуты котла разделяют паровую рубашку на условные секции. Поэтому для циркуляции пара через шпангоуты пропущены желоба.

Четырехосные безрамные цистерны. Кузова цистерн безрамной конструкции включают котел, две опоры (полурамы), защитные экраны и специальные элементы, необходимые для использования цистерны по назначению (рисунок 1.269). В таких цистернах все продольные и вертикальные нагрузки воспринимаются обечайкой котла.

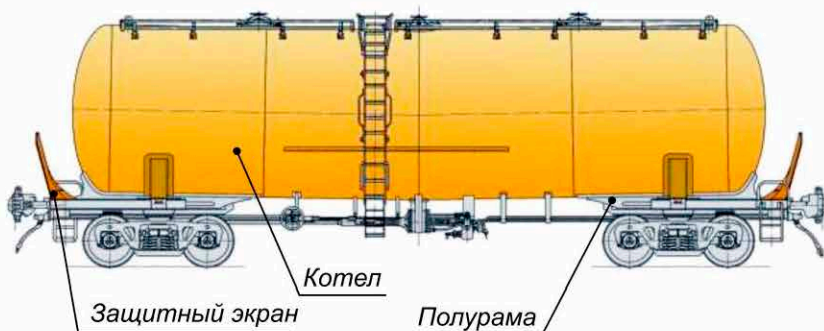


Рисунок 1.269 – Схема вагона-цистерны для светлых нефтепродуктов

Вагоны-цистерны безрамной конструкции оборудованы автосцепным устройством с автосцепкой СА-3 полужесткого типа, расцепным приводом с блокировочной цепью и эластомерными поглощающими аппаратами.

В АО «НПК «Уралвагонзавод» разработано семейство четырехосных вагонов-цистерн нового поколения без хребтовой балки для перевозки нефтепродуктов с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс), построенное в габарите

1-Т. Это вагоны-цистерны моделей 15-195 (рисунок 1.270), 15-566 для светлых нефтепродуктов и 15-565 для вязких нефтепродуктов (рисунок 1.271).

В качестве ходовой части в цистернах используются тележки модели 18-194-1.



Рисунок 1.270 – Вагон-цистерна модели 15-195 для светлых нефтепродуктов



Рисунок 1.271 – Вагон-цистерна модели 15-565 для вязких нефтепродуктов
Техническая характеристика безрамных цистерн приведена в таблице 1.18.

Таблица 1.18 – Техническая характеристика безрамных цистерн для нефти и нефтепродуктов

Показатель	Модель вагона-цистерны		
	15-195	15-565	15-566
Грузоподъемность, т	72	72	74,4

Масса тары, т	27,5	27,3	24,9
Объем котла, м ³	85,8	74,9	56,0
Длина вагона, м			
– по осям сцепления автосцепок	12,02	12,02	14,4
– по концевым балкам	10,8	10,8	–
База вагона, м	7,8	7,8	9,13
Ширина максимальная, м	3,264	3,208	–
Высота от УГР максимальная, м	4,71	4,71	4,756
Диаметр котла внутренний, м	3,2	3,0	–
Длина котла наружная, м	11,24	11,147	–

НВЦ «Вагоны» совместно с ОАО «Ружиммаш» разработали цистерну нового поколения безрамной конструкции для перевозки бензина с котлом переменного сечения (рисунок 1.272).



Рисунок 1.272 – Вагон-цистерна нового поколения с котлом переменного сечения

Применение котла переменной кривизны позволило снизить центр масс и увеличить объем перевозимого груза. Дополнительное «брюхо» в нижней части котла обеспечило увеличение объема котла до 95,4 м³.

Днища оборудованы защитными листами от пробоя автосцепкой.

Нестандартная форма котла потребовала разработки новой тормозной системы, раздельной на каждую тележку.

Техническая характеристика вагона-цистерны: осевая нагрузка – 245 кН; грузоподъемность 73 т, масса тары 27 т, объем котла 95,4 м³, диаметр котла 3200 мм, база вагона 7800 мм, длина по осям сцепления автосцепок 12020 мм, материал кузова сталь марки 09Г2С, габарит 1-Т, срок службы 32 г.

1.8 Грузовые вагоны нового поколения сочлененного типа

Наиболее эффективным транспортным решением, способным повысить провозную способность железных дорог, является создание и внедрение грузовых вагонов сочлененного типа. Использование такого подвижного состава позволяет увеличить погонную нагрузку и объем перевозимого груза до 40 % при сохранении стандартной длины поезда. Таким образом, достигается увеличение массы поезда без изменения его длины.

Вагоны сочлененного типа оборудованы шарнирным устройством сочленения, объединяющим две секции вагона и обеспечивающим беспрепятственное прохождение криволинейных участков пути, в том числе малого радиуса.

В настоящее время железнодорожный холдинг ПАО «Научно-производственная корпорация «Объединенная Вагонная Компания» («НПК ОВК», или «Холдинг») создал и сертифицировал несколько типов шестиосных сочлененных вагонов на тележках модели 18-9855 с осевой нагрузкой 245 кН (25 тс):

- полувагонов моделей 12-6877 (с глухим кузовом, грузоподъемностью 117 т) и 12-6877-02 (с разгрузочными люками, грузоподъемностью 114,5 т);
- вагона-цистерны модели 15-9541-01 для перевозки сжиженных углеводородных газов;
- вагонов-хопперов моделей 19-6978 (для перевозки зерна) и 19-6978-01 (для минеральных удобрений);

Компания «Алтайвагон» изготовила крытый вагон сочлененного типа модели 11-2151 с парой раздвижных дверей и сдвижной крышей.

Конкурентные преимущества сочлененных вагонов – увеличение массы поезда при сохранении его длины и нагрузки на ось.

Вагон-хоппер сочлененного типа модели 19-6978. Специалистами «Всесоюзного научно-исследовательского центра транспортных технологий» (ООО «ВНИЦТТ») завершена разработка и постановка на производство на Тихвинском вагоностроительном заводе (АО «ТВСЗ») вагонов-хопперов сочлененного типа для перевозки зерна модели 19-6978 и минеральных удобрений модели 19-6978-01 [69].

Конструкция вагонов моделей 19-6978 и 19-6978-01 (рисунок 1.273) включает в себя две секции. Каждая секция состоит из рамы, боковых и торцевых стен, крыши, загрузочных и разгрузочных люков, механизмов разгрузки и блокировки загрузочных люков.

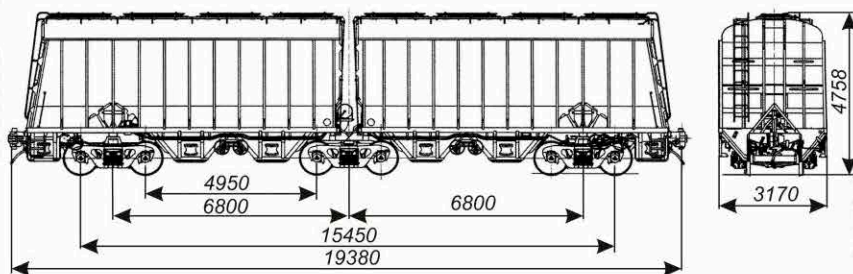


Рисунок 1.273 – Схема вагона-хоппера сочлененного типа 19-6978 (-01)

Соединение секций между собой производится при помощи шарнирного узла сочленения *SAC-1 RUS* [38]. Шарнирный узел состоит из пятниковой и поводковой частей, закрепленных на соответствующих частях секций.

Секции кузова опираются на три двухосные тележки модели 18-9855 пятниками на крайние тележки и пятниковой частью устройства сочленения – на среднюю тележку.

Тележки модели 18-9855 характеризуются интегрированной тормозной системой. Средняя тележка имеет дополнительную пару скользунов для опирания смежных секций кузова.

Техническая характеристика сочлененного вагона-хоппера:

- грузоподъемность, т, – 113,5;
- масса тары, т, – $38,5 \pm 0,7$;
- объем вагона, м³: общий – 160; секции – 80;
- максимальная расчетная статическая нагрузка: осевая, кН (тс), – 245 (25), погонная, кН/м (тс/м), – 75,93 (7,74);
- длина по осям сцепления автосцепок, мм, – 19380 ± 25 ;
- база, мм: вагона – 13600; секции – 6800;
- ширина вагона максимальная, мм, – 3170;
- высота от уровня головки рельсов, мм, – 4758;
- углы наклона конструктивных элементов секции, град: стена торцевая внутренняя – 50; стенки бункеров – 50; конек поперечный – 35;
- размеры разгрузочных люков в свету, мм, – 1598×568;
- количество люков, шт.: загрузочных (вагон/секция) – 8/4; разгрузочных (вагон/секция) – 12/6;
- габарит: кузова – 1-Т; тележки – 02-ВМ;
- конструкционная скорость, км/ч, – 120.

Особенность конструкции сочлененного вагона хоппера – одновременно с применением сочлененной компоновки, позволяющей увеличить погонную нагрузку, решен вопрос с неиспользуемым ранее пространством

вагона-хоппера в консольных частях за счет применения торцевых стен с обратным уклоном и размещения бункеров в консольных частях.

Следует отметить, что применение сочлененной конструкции вагона в сочетании с размещением бункеров в консольных частях не имеет аналогов в мировом вагоностроении. Такое комплексное решение позволило обеспечить равномерное распределение нагрузки на каждую из трех тележек.

Использование торцевых стен с обратным уклоном значительно снижает давление груза на их поверхность, что позволило оптимизировать металлоемкость вагона и равномерно распределять груз по длине секции.

В конструкции вагона применены тележки модели 18-9855 с интегрированной тормозной системой.

Разработанный вагон превосходит по грузоподъемности вагоны-хопперы стандартной конструкции на 33–37 %. Благодаря повышенной погонной нагрузке масса поезда, составленного из сочлененных вагонов, значительно больше массы поезда такой же длины из типовых вагонов [69].

Сочлененный шестиосный универсальный полувагон модели 12-6877-02 с осевой нагрузкой 245 кНс. Общий вид полувагона, изготовленного ПАО «НПК ОВК», показан на рисунке 1.274.

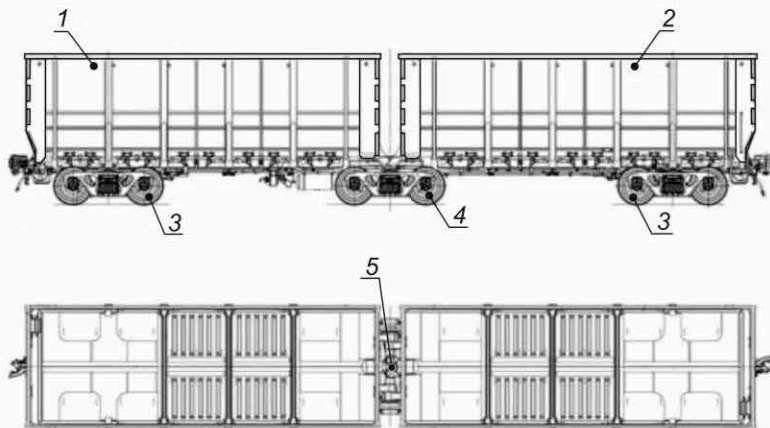


Рисунок 1.274 – Полувагон сочлененного типа модели 12-6877-02:

1, 2 – поводковая и пятниковая секции кузова; 3, 4 – крайняя и средняя тележки;
5 – соединительное устройство

Техническая характеристика сочлененного полувагона:

- грузоподъемность, т, – 114,5;
- масса тары, т, – $35,0 \pm 0,5$;
- объем вагона, м^3 , – 142;
- длина по осям сцепления автосцепок, мм, – 19540 ± 25 ;
- база, мм: вагона – 14620; секции – 7310;

- ширина вагона максимальная, мм, – 3230;
- высота от уровня головки рельсов, мм, – 3880;
- внутренние размеры секции, мм: длина по верхним обвязкам в свету – 8930, ширина по верхним обвязкам в свету – 3006, высота – 2655;
- количество разгрузочных люков в секции, шт, – 10;
- габарит: кузова – 1-Т, тележки – 02-ВМ;
- конструкционная скорость, км/ч, – 120;
- назначенный срок службы, лет, – 40;
- межремонтный пробег, тыс. км/лет, – 500/6.

Кузов и рама поводковой секции (секции с поводковой частью узла сочленения *SAC-1 RUS*) кузова вагона показаны на рисунках 1.275 и 1.276.

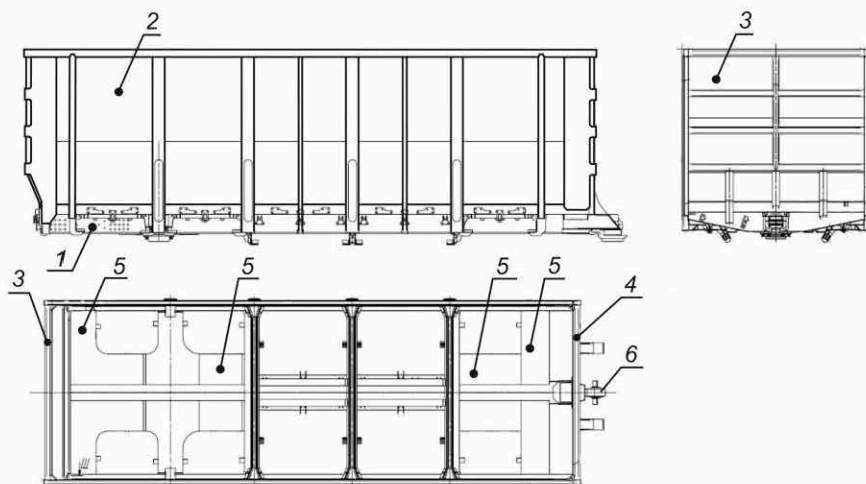


Рисунок 1.275 – Кузов поводковой секции полувагона сочлененного типа модели 12-6877-02:

- 1 – рама; 2 – боковая стена; 3, 4 – наружная и внутренняя торцевые стены; 5 – настил пола;
6 – поводковая часть соединительного устройства

Суммарный объем двух секций кузова (142 м^3), грузоподъемность секций ($114,5 \text{ т}$) и межремонтный пробег (до 1 млн км, или 8 лет).

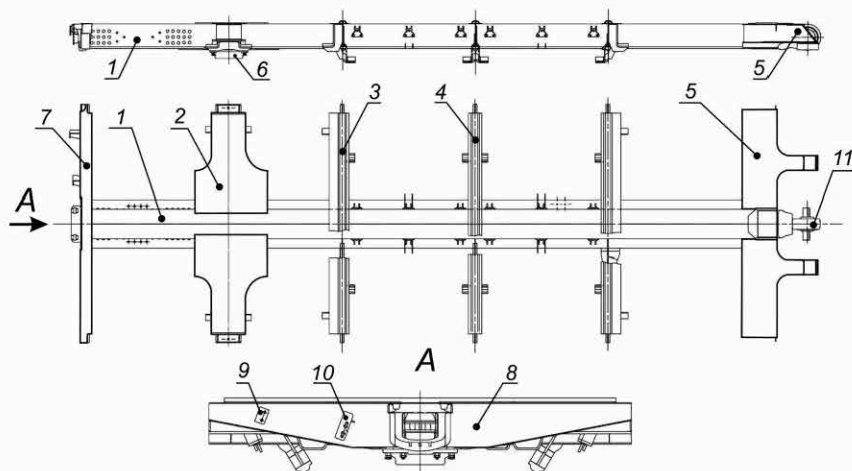


Рисунок 1.276 – Рама поводковой секции кузова полувагона сочлененного типа модели 12-6877-02:

1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3, 4 – промежуточные балки; 5, 8 – внутренние и наружная концевые балки; 6 – пятник; 7 – лист верхний; 9, 10 – кронштейны расцепного привода; 11 – поводковая часть соединительного устройства

Конкурентные преимущества сочлененного полувагона: до 117 т увеличение грузоподъемности; до 135 м³ увеличение объема кузова; на 32 % увеличение погонной нагрузки; на 39 % увеличение пропускной способности сети; до 8900 т увеличение весовой нормы поездов при сохранении стандартной длины состава.

Сочлененная шестиосная цистерна модели 15-9541 для сжиженных углеводородных газов (СУГ) с осевой нагрузкой 245 кН. Цистерна (рисунок 1.277) выпускается на предприятии «ТихвинХимМаш» (входит в ПАО «НПК ОВК»).

Техническая характеристика сочлененной цистерны:

- грузоподъемность, т: вагона – 90; секции – 45;
- масса тары, т: максимальная – 59,5; минимальная – 59,5;
- объем вагона, м³: цистерны – 163,1; котла секции – 81,55;
- длина, мм: по осям сцепления автосцепок – 24040; по концевым балкам – 22820, котла (сосуда) – 11417;
- база, мм: вагона – 17700; секции – 8850;
- ширина вагона максимальная, мм, – 3248;
- высота вагона от уровня головки рельсов, мм, – 5144;
- внутренний диаметр котла, мм, – 3104±6;
- количество загрузочных люков в секции, шт, – 1;
- габарит: кузова – 1-Т; тележки – 02-ВМ;

- конструкционная скорость, км/ч, – 120;
- назначенный срок службы, лет, – 40;
- межремонтный пробег, тыс. км/лет, – 500/8.

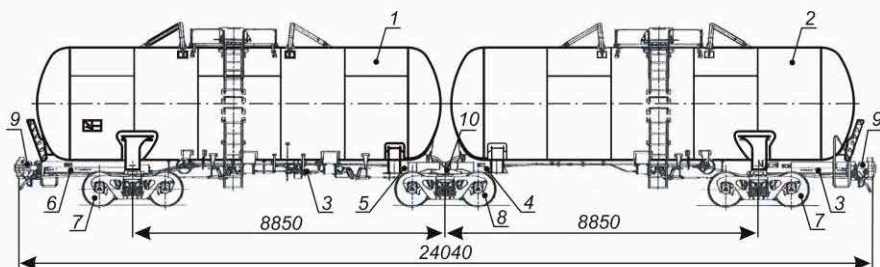


Рисунок 1.277 – Цистерна сочлененного типа модели 15-9541:
 1, 2 – секции цистерны сочлененного типа; 3, 6 – концевые полурамы; 4, 5 – внутренние полурамы; 7, 8 – концевая и средняя тележки; 9 – автосцепное устройство;
 10 – соединительное устройство

Цистерна длиной 24 м состоит из двух котлов, соединенных шарнирным узлом сочленения (рисунок 1.278), рассчитанным на повышенные продольные и вертикальные нагрузки.

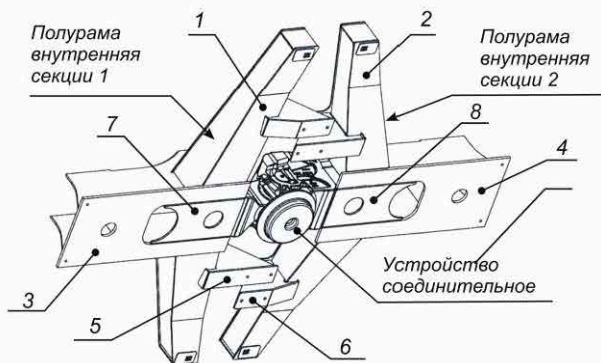


Рисунок 1.278 – Соединение полурам секций цистерны сочлененного типа модели 15-9541:
 1, 2 – концевые балки полурам секций 1 и 2; 3, 4 – хребтовые балки полурам секций 1 и 2;
 5, 6 – скользящие полурам секций 1 и 2; 7, 8 – поводковая и пятниковая части соединительного устройства

Конкурентные преимущества цистерны – увеличенные объем котлов цистерны (161,1 м³), грузоподъемность (90 т) и межремонтный пробег (до

1 млн км, или 8 лет). Для сравнения четырехосная цистерна модели 15-1519 для сжиженных углеводородных газов имеет объем 75,5 м³ и грузоподъемность 43 т.

Цистерна по своим техническим и эксплуатационным характеристикам не имеет аналогов. Ее конструктивные особенности обеспечат существенную экономию при перевозке грузов. Повышенные объем котлов цистерны (161,1 м³) и грузоподъемность (90 т) позволяют *более чем в 2 раза сократить потребный парк по сравнению с типовыми цистернами для перевозки СУГ*.

Конструкция узла сочленения обеспечивает беспрепятственное прохождение как одиночной сочлененной цистерны, так и в сцепе с типовыми цистернами по прямым и криволинейным участкам пути, в том числе малых радиусов.

Ходовая часть состоит из трех тележек модели 18-9855 с интегрированной тормозной системой. Установка тормозных цилиндров непосредственно на тележках повышает эффективность торможения.

За счет использования тележек модели 18-9855 значительно увеличен межремонтный пробег вагона (до 1 млн км, или 8 лет), что дает возможность сократить эксплуатационные расходы на всех этапах жизненного цикла почти

2 РАСЧЕТ КУЗОВОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

2.1 Расчет кузова полувагона на вертикальную нагрузку методом сил

Составление расчетной схемы. При расчете кузовов вагонов методом сил их расчетные схемы обычно принимают стержневыми – плоскими или пространственными.

Стержневые расчетные схемы образуются линиями, проходящими через центры тяжести поперечных сечений стен и балок рамы. Для простоты расчета расчетные схемы кузовов составляют раздельно на действие вертикальных и продольных сил и усилие распора сыпучих грузов.

Рассмотрим расчет кузова грузового вагона на вертикальные нагрузки на примере полувагона. Расчет будем вести на действие вертикальной статической нагрузки.

При составлении расчетной схемы кузова полувагона могут быть введены следующие допущения, упрощающие расчет.

1 Расчетная схема принимается плоской (рисунок 2.1, а), т. е. стержень, имитирующий боковую стену, располагают в плоскости рамы.

2 Соединение продольных и поперечных элементов расчетной схемы считают шарнирным, т. е. пренебрегают сопротивлением их кручению.

П р и м е ч а н и е – Под действием вертикальной нагрузки балки рамы получают изгиб в вертикальной плоскости и кручение. В целях упрощения можно не учитывать сопротивление балок кручению. Это равносильно введению шарнирных связей между балками в виде вертикальных стерженьков бесконечно малой длины с шарнирами по концам (см. виды А и Б на рисунке 2.1, в). В последующем наличие шарнирных связей будем подразумевать, но показывать не будем.

3 Вертикальные расчетные силы, действующие на кузов, прикладывают только к продольным элементам расчетной схемы в виде равномерно распределенной нагрузки q_x и q_6 .

4 Ввиду симметричности конструкции и нагружения относительно двух осей рассматривают 1/4 часть расчетной схемы (рисунок 2.1, в).

Действие отброшенной части учитывается введением соответствующих связей. На расчетной схеме 1/4 части кузова квадратными скобками обозначены связи, закрепляющие сечения от поворотов в вертикальной плоскости.

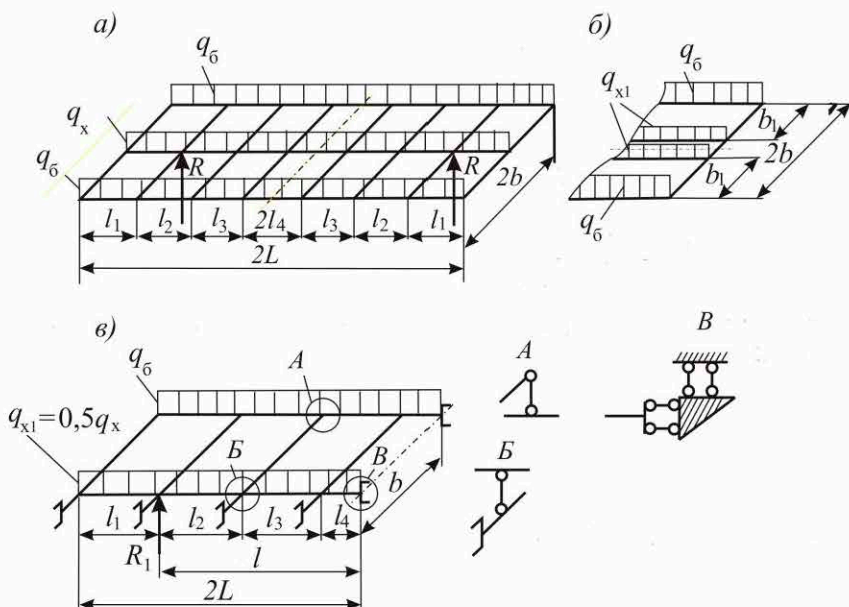


Рисунок 2.1 – Расчетная схема кузова полувагона:
 а, б – исходная и 1/4 части кузова; в – фрагмент кузова с двухстержневой хребтовой балкой

Расчетная схема 1/4 части кузова представляет собой *плоскопространственную систему* – систему, у которых оси стержней расположены в одной плоскости, а действующая нагрузка перпендикулярна этой плоскости.

Обратите внимание:

В местах разреза (оси симметрии) вводятся связи, соответствующие тем внутренним силовым факторам, которые в них возникают.

В случае симметричной внешней нагрузки, действующей на симметричную раму, в плоскости симметрии обращаются в нуль кососимметричные силовые факторы: поперечная сила Q_z , крутящий момент $M_{кр}$. Поэтому в нашем случае на осях симметрии не обращаются в нуль только изгибающие моменты M_y как симметричные факторы. Поперечные силы и крутящие моменты – кососимметричные силовые факторы – равны нулю.

Поскольку на расчетной схеме 1/4 части рамы хребтовая балка разрезана вдоль по оси симметрии пополам, то силы, действующие на нее, и геометрические характеристики также уменьшаются в два раза, то есть $q_{x1} = 0,5q_x$ и $I_{x1} = 0,5I_x$.

Интенсивность равномерно распределенной нагрузки:

– по хребтовой балке –

$$q_{x1} = 0,5q_x = 0,5 \left[\frac{0,5P}{2L} + \frac{0,5P_{кл}}{2L} + \frac{0,7P_{пб}}{2L} + \frac{P_x}{2L} \right]; \quad (2.1)$$

– по боковым стенам –

$$q_6 = 0,5 \left[\frac{0,5P}{2L} + \frac{0,5P_{кл}}{2L} + \frac{0,3P_{пб}}{2L} + \frac{P_{стен}}{2L} \right], \quad (2.2)$$

где P – полезная нагрузка (грузоподъемная сила);

$P_{кл}$ – вес крышек люков;

$P_{пб}$ – вес поперечных балок;

P_x – вес хребтовой балки;

$P_{стен}$ – вес боковых и торцевых стен;

$2L$ – расчетная длина кузова.

В формулах (2.1), (2.2) 0,5; 0,3 и 0,7 – коэффициенты распределения весов элементов между хребтовой балкой и боковыми стенами.

Составленная расчетная схема является статически неопределимой. Расчет ее удобно вести по методу сил.

Последовательность расчета методом сил:

- установление степени статической неопределимости;
- выбор основной системы;
- определение внутренних усилий (составление канонических уравнений, вычисление коэффициентов и свободных членов канонических уравнений, решение системы канонических уравнений и построение окончательной (суммарной) эпюры внутренних сил для заданной системы).

Установление степени статической неопределимости. При расчете на вертикальную симметричную нагрузку степень статической неопределимости (число лишних неизвестных) для расчетной схемы $\frac{1}{4}$ части кузова определяется по формуле

$$c = 0,5(n - 2), \quad (2.3)$$

где n – число поперечных балок всей рамы, $n = 8$.

Для рассматриваемой расчетной схемы $c = 3$.

Выбор основной системы. Расчет статически неопределимых систем начинается с выбора основной системы – статически определимой и геометрически неизменяемой системы. Она используется для раскрытия статической неопределимости.

Основную систему (рисунок 2.2) получают из заданной расчетной схемы в два этапа:

- устраняя все «лишние» связи расчленением шарнирных связей, соединяющих концевую и промежуточные поперечные балки с боковой стеной;

– вводя взамен удаленных связей (в местах разреза) их реакции – лишние неизвестные X_1, X_2, X_3 .

П р и м е ч а н и е – Реакции связей – это неизвестные усилия, приложенные по направлению отброшенных связей.

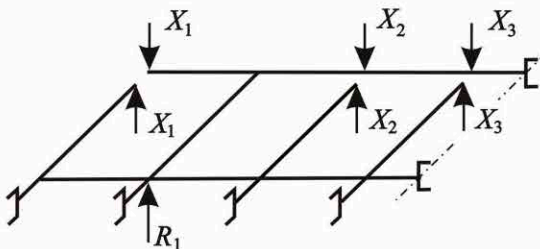


Рисунок 2.2 – Основная система

Составление системы канонических уравнений. Для определения неизвестных X_1 – X_3 составляют систему канонических уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \Delta_{1p} &= 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 + \Delta_{2p} &= 0; \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 + \Delta_{3p} &= 0, \end{aligned} \right\}$$

где δ_{ik} – коэффициенты канонических уравнений, $i = \overline{1, 3}, k = \overline{1, 3}$;

Δ_{ip} – свободные члены канонических уравнений.

Число уравнений равно числу отброшенных связей, т. е. степени статической неопределимости заданной системы.

Вычисление коэффициентов δ_{ik} и свободных членов Δ_{ip} канонических уравнений. Для этого основная система поочередно нагружается единичными усилиями $X_1 = 1, X_2 = 1, X_3 = 1$ и внешней нагрузкой и от каждого из них отдельно строятся эпюры изгибающих моментов – единичные $\overline{M}_1, \overline{M}_2, \overline{M}_3$ и грузовая M_p (рисунок 2.3). Затем полученные эпюры перемножаются по правилу Симпсона или Верещагина.

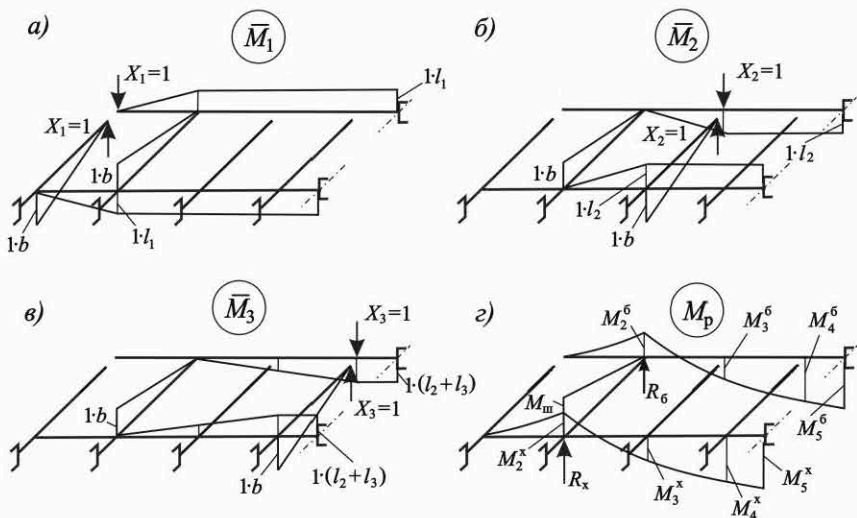


Рисунок 2.3 – Эпюры изгибающих моментов:
а–в – от единичных силовых факторов X_1 – X_3 ; з – от внешней нагрузки

Реакции и ординаты эпюр изгибающих моментов от внешней нагрузки (см. рисунок 2.3, з):

$$R_x = q_{x1}L; R_6 = q_6L; M_{ш} = -R_6b = -q_6Lb;$$

$$M_2^{x(6)} = -\frac{ql_1^2}{2}; M_3^{x(6)} = -\frac{q(l_1 + l_2)^2}{2} + R_{x(6)}l_2;$$

$$M_4^{x(6)} = -\frac{q(l_1 + l_2 + l_3)^2}{2} + R_{x(6)}(l_2 + l_3); M_5^{x(6)} = -\frac{qL^2}{2} + R_{x(6)}l.$$

Решение системы канонических уравнений. Найденные значения коэффициентов δ_{ik} и свободных членов Δ_{ip} подставляют в канонические уравнения. Решают полученную систему уравнений относительно «лишних» неизвестных $X_1 = 1$, $X_2 = 1$, $X_3 = 1$.

Построение окончательной эпюры изгибающих моментов для заданной системы. Ординаты суммарной эпюры изгибающих моментов для рассматриваемого сечения (получают в результате суммирования по характерным точкам ординат эпюр от внутренних сил $X_1 = 1$, $X_2 = 1$, $X_3 = 1$ и от внешней нагрузки)

$$M_c = \bar{M}_1X_1 + \bar{M}_2X_2 + \bar{M}_3X_3 + M_p,$$

где \overline{M}_i , M_p – соответственно ординаты эпюр изгибающих моментов в рассматриваемом сечении основной системы от $X_i = 1$ и внешней нагрузки.

Определение расчетных напряжений и оценка прочности конструкции. *Нормальные напряжения в сечениях расчетной схемы:*

$$\sigma_{ст} = \frac{M_c}{I_y} z_i = \frac{M_c}{W_y^{в(н)}},$$

где $\sigma_{ст}$ – величина нормальных напряжений от вертикальной статической нагрузки в i -й точке рассматриваемого сечения,

M_c – ордината суммарной эпюры изгибающих моментов в расчетном сечении;

I_y – момент инерции рассматриваемого сечения относительно нейтральной оси y ;

z_i – расстояние от нейтральной оси сечения до i -й точки рассматриваемого сечения;

$W_y^{в(н)}$ – момент сопротивления сечения изгибу относительно нейтральной оси y для верхних (нижних) волокон, m^3 .

2.2 Расчет кузова полувагона на продольную нагрузку методом сил

Конструктивная схема кузова полувагона приведена на рисунке 2.4, *а*.

Обозначения на рисунке 2.4: AA – нейтральная ось боковой стены; h – расстояние от плоскости рамы до нейтральной оси боковой стены.

Расчетная схема при расчете кузова полувагона методом сил принимается пространственной стержневой. Она образуются линиями, проходящими через центры тяжести поперечных сечений стен и балок рамы.

Расчетными нагрузками являются растягивающие или сжимающие продольные усилия N , которые прикладываются соответственно к передним или задним упорам автосцепного устройства.

В результате действия горизонтальной нагрузки балки рамы получают изгиб в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также кручение. В целях упрощения обычно пренебрегают сопротивлением балок кручению, вводя шаровые шарниры между балками рамы и вертикальными стержнями.

Расчетная схема кузова с учетом принятого допущения показана на рисунке 2.4, *б*. На расчетной схеме стержень AA , имитирующий боковую сте-

ну, соединяется с концами поперечных балок при помощи абсолютно жестких вертикальных стержней и шарниров.

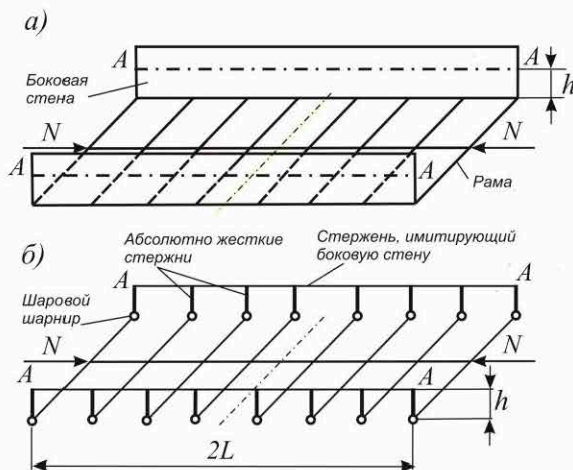


Рисунок 2.4 – Конструктивная (а) и расчетная (б) схемы кузова полувагона

Для дальнейшего упрощения расчетной схемы вводятся следующие допущения.

1 Симметричность конструкции и нагружения относительно двух осей позволяет рассматривать 1/4 часть расчетной схемы (рисунок 2.5, а).

Действие отброшенной части учитывается введением связей, закрепляющих сечения в местах разреза от поворотов и горизонтальных перемещений. На расчётной схеме 1/4 части кузова обозначены:

- квадратными скобками – связи, закрепляющие сечения от поворотов в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

- бесконечно малыми стерженьками с шарнирами по концам – связи, закрепляющие сечения от продольных перемещений.

2 Пренебрегают изгибом балок рамы в вертикальной плоскости, поскольку жесткость на изгиб боковых стен значительно превосходит жесткость на изгиб балок рамы. Это равносильно введению в расчетную схему вместо шаровых шарниров простейших связей продольного направления.

3 Исключают из рассмотрения промежуточные поперечные балки рамы, имеющие малую жесткость на изгиб в горизонтальной плоскости.

Расчетная схема кузова полувагона с учетом принятых допущений показана на рисунке 2.5, б. В расчетной схеме 1/4 части кузова хребтовая балка разрезана вдоль по оси симметрии пополам. Поэтому расчетная продольная

сила N , приложенная к упорам хребтовой балки, будет уменьшена в два раза и составит $N_1 = 0,5N$.

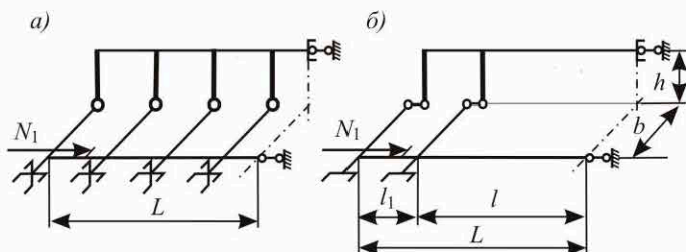


Рисунок 2.5 – Расчетные схемы 1/4 части кузова:
а – исходная; б – окончательная после упрощения

Степень статической неопределенности. Расчетная схема имеет два замкнутых контура и два раза статически неопределима.

Основная система получена из заданной расчетной схемы путем расчленения шарнирных связей и введения в местах разреза лишних неизвестных в виде горизонтальных сил X_1 и X_2 (рисунок 2.6).

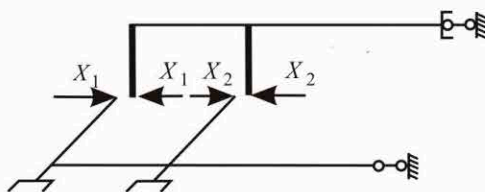


Рисунок 2.6 – Основная система

Система канонических уравнений для определения неизвестных X_1 и X_2 имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} &= 0; \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} &= 0; \end{aligned} \right\}$$

где $\delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{22}$ – коэффициенты канонических уравнений;

Δ_{1p}, Δ_{2p} – свободные члены канонических уравнений.

Коэффициенты и свободные члены канонических уравнений. Для их определения строятся эпюры изгибающих моментов и нормальных сил от единичных усилий $X_1 = 1, X_2 = 1$ и внешней нагрузки (рисунок 2.7).

Значения коэффициентов и свободных членов получаются перемножением эпюр по правилу Симпсона или Верещагина.

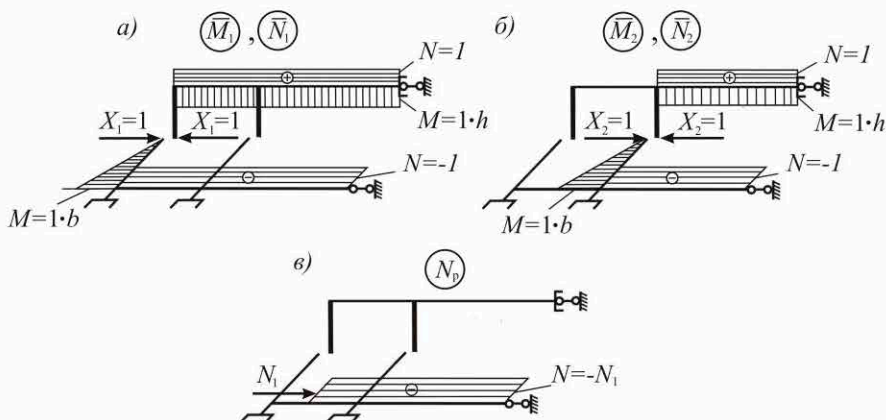


Рисунок 2.7 – Эпюры изгибающих моментов и нормальных сил:
 а, б – от единичных силовых факторов X_1 и X_2 ; в – от внешней нагрузки

Решение системы канонических уравнений. После определения δ_{ik} и Δ_{ip} производится решение системы канонических уравнений относительно X_1 и X_2 .

Построение окончательных эпюр внутренних сил для заданной системы. Ординаты суммарных эпюр изгибающих моментов и нормальных сил для рассматриваемого сечения

$$M_c = \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + M_p;$$

$$N_c = \bar{N}_1 X_1 + \bar{N}_2 X_2 + N_p,$$

где \bar{M}_i , \bar{N}_i – ординаты эпюр изгибающих моментов и нормальных сил в рассматриваемом сечении основной системы от $X_i = 1$;

M_p , N_p – ординаты эпюр изгибающих моментов и нормальных сил в рассматриваемом сечении основной системы от внешней нагрузки.

Определение расчетных напряжений и оценка прочности конструкции. Нормальные напряжения в сечениях:

– хребтовой балки –

$$\sigma_N = \frac{N}{F_x};$$

– поперечных балок –

$$\sigma_M = \frac{M_c}{W_z^{л(п)}};$$

– боковой стены –

$$\sigma = \sigma_M + \sigma_N = \frac{M_c}{W_y^{в(п)}} + \frac{N_c}{F_6},$$

где σ_N , σ_M – величины нормальных напряжений, обусловленных деформациями растяжения-сжатия и изгиба;

M_c , N_c – ординаты суммарных эпюр изгибающих моментов и нормальных сил в расчетном сечении;

F_x , F_6 – площадь поперечного сечения хребтовой балки и боковой стены соответственно;

$W_z^{л(п)}$ – то же относительно нейтральной оси z для левых (правых) волокон, м^3 ;

$W_y^{в(п)}$ – момент сопротивления сечения изгибу относительно нейтральной оси y для верхних (нижних) волокон, м^3 .

2.3 Приближенный расчет кузова грузового вагона

Расчетная схема. При выполнении приближенного расчета кузовов грузового вагона рассматривают как статически определимую на двух опорах балку, имеющую коробчатое сечение (рисунок 2.8) и нагруженную вертикальной равномерно распределенной нагрузкой с интенсивностью q и продольной нагрузкой N : растягивающей или сжимающей.

На расчетной схеме показан вариант загрузки кузова продольной сжимающей силой N_c .

Момент $m = N_c z_0$ обусловлен эксцентриситетом действия продольной силы N_c и получен при переносе горизонтальной силы N_c , которая действует на упоры автосцепного устройства, на нейтральную ось балки, заменяющей кузов; z_0 – эксцентриситет продольной силы N (расстояние от центра тяжести поперечного сечения кузова до продольной оси автосцепки).

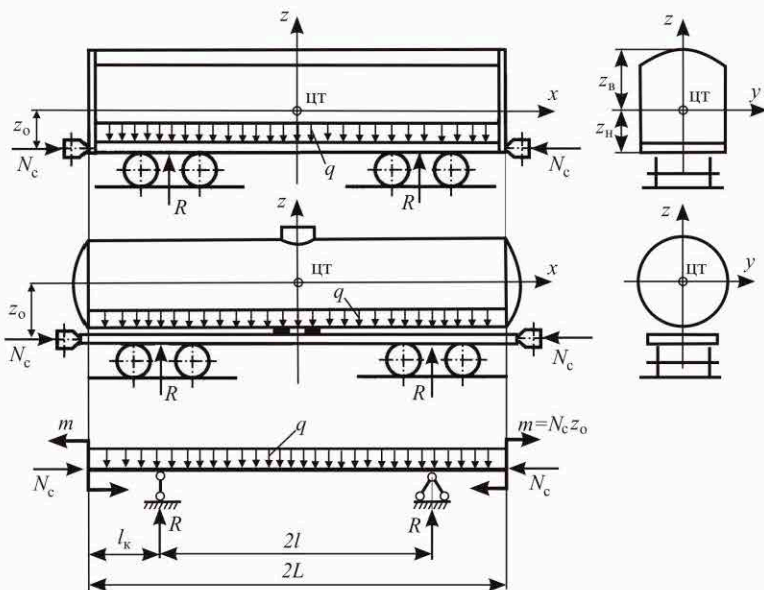


Рисунок 2.8 – Обоснование расчетной схемы кузова вагона

Расчет ведется по расчетному режиму I для его разновидностей $Iв$ и $Iг$

$$q = \frac{P_{кз} + P_{пол}}{2L} = \frac{P_{кз}^{бр}}{2L},$$

где $P_{кз}$, $P_{кз}^{бр}$ – вес кузова и кузова брутто;

$P_{пол}$ – полезная нагрузка (грузоподъемная сила).

Эпюры изгибающих моментов и нормальных сил от действия расчетных сил показаны на рисунке 2.9.

Ординаты эпюр изгибающих моментов в опорном M^o и среднем M^c сечениях:

$$M_q^o = -\frac{ql_k^2}{2}; \quad M_q^c = -\frac{qL^2}{2} + Rl;$$

$$M_{q,m}^o = M_q^o + M_m^o = -\frac{ql_k^2}{2} - N_c z_o;$$

$$M_{q,m}^c = M_q^c + M_m^c = -\frac{qL^2}{2} + Rl - N_c z_o,$$

где R – опорные реакции.

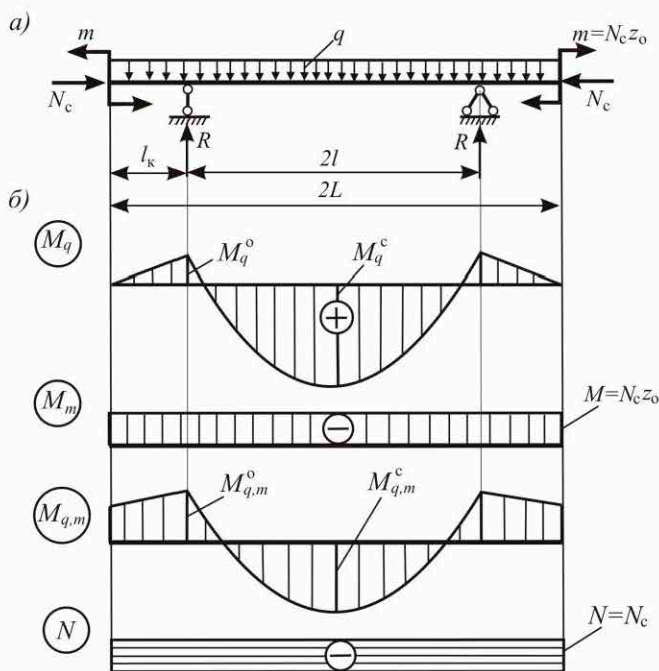


Рисунок 2.9 – Исходная расчетная схема (а) и эпюры моментов и нормальных сил (б)

Нормальные напряжения в среднем сечении кузова

$$\sigma^{в(н)} = \sigma_M + \sigma_N \leq [\sigma],$$

где σ_M, σ_N – величины нормальных напряжений, обусловленных деформациями и изгиба и растяжения-сжатия,

$$\sigma_M = \frac{M_{q,m}^c}{W_y^{в(н)}} = \frac{M_{q,m}^c}{I_y} z_{в(н)}; \quad \sigma_N = \frac{N}{F},$$

$M_{q,m}^c$ – ордината суммарной эпюры изгибающих моментов от расчетной нагрузки q и m в среднем расчетном сечении кузова;

$W_y^{в(н)}$ – момент сопротивления рассматриваемого сечения изгибу относительно нейтральной оси y для верхних (нижних) волокон, м^3 ;

I_y – момент инерции сечения относительно нейтральной оси y , м^4 ;

$z_{в(н)}$ – расстояние от нейтральной оси y до наиболее удаленных точек верхних и нижних волокон сечения кузова, м;
 F – площадь среднего поперечного сечения кузова вагона, м^2 .

2.4 Расчет котла вагона-цистерны на внутреннее давление

Расчетное внутреннее давление p при оценке прочности котлов вагонов-цистерн:

$$p = p_{изб} + p_2 \quad \text{или} \quad p = p_{изб}, \quad (2.4)$$

где $p_{изб}$ – внутреннее избыточное давление паров жидкости или сжиженного газа при температуре 50°C [21];

p_2 – давление, создаваемое гидравлическим ударом.

Величина $p_{изб}$ принимается в соответствии с техническими требованиями к цистернам данного типа и определяется по регулировке предохранительного клапана.

Величина максимального давления гидравлического удара от действия продольной силы инерции жидкости

$$p_2 = \frac{N_{и}}{\pi R_1^2}, \quad (2.5)$$

где $N_{и}$ – продольная сила инерции жидкости,

$$N_{и} = N_{д} \frac{m_{ж}}{m_{в}}; \quad (2.6)$$

$N_{д}$ – продольная сила, возникающая при ударном взаимодействии цистерны с вагоном по режимам Ia и $Iб$;

$m_{ж}$ – масса жидкости в котле;

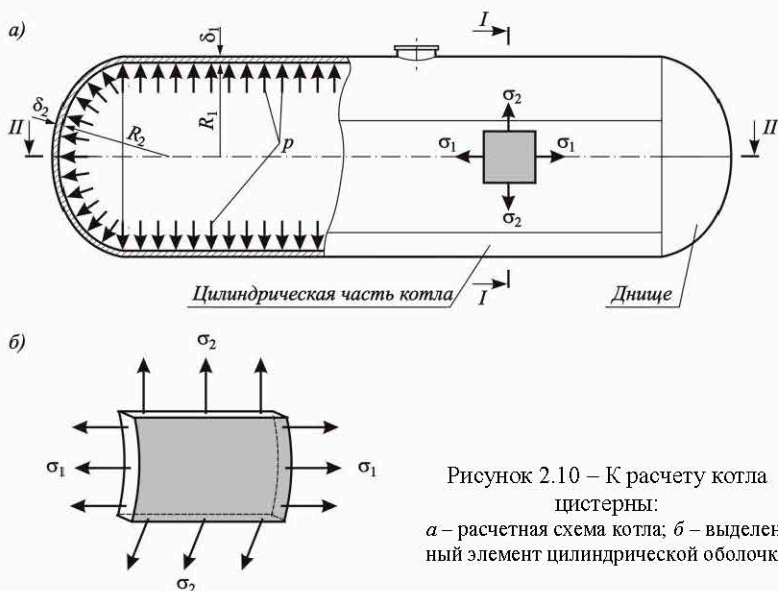
R_1 – радиус цилиндрической части котла;

πR_1^2 – минимальная площадь внутреннего поперечного сечения цилиндрической части (обечайки) котла.

Внутреннее давление, возникающее при гидравлическом ударе, принимают одинаковым по величине на протяжении всего котла и прикладывают к днищу и по всей длине обечайки котла.

Расчет котла вагона-цистерны на внутреннее давление. Котел цистерны представляет собой простейший цилиндрический резервуар, закрытый с торцов двумя днищами эллиптической формы.

В котле цистерны (рисунок 2.10, *a*), подверженном действию внутреннего давления p , возникают напряжения, которые могут быть вычислены по формулам безмоментной теории оболочек.



Отметим, что такие оболочки, не испытывающие изгиба, называют мембранными, а напряжения в них, определяемые без изгиба, – мембранными напряжениями.

Выделим бесконечно малый элемент цилиндрической оболочки двумя меридиональными и двумя параллельными плоскостями (рисунок 2.10, б).

На выделенный элемент действуют напряжения в двух взаимно перпендикулярных направлениях: σ_1 – меридиональные напряжения; σ_2 – окружные или кольцевые напряжения. Такое напряженное состояние принято называть двухосным, или плоским.

Примечание – *Меридиональные напряжения* – нормальные напряжения, действующие в направлении меридиан по граням элемента, полученным параллельными сечениями. *Окружные напряжения* – нормальные напряжения, действующие в окружном направлении (по касательной к окружности) по граням элемента, полученным меридиональными сечениями.

Рассечем цилиндрический резервуар двумя плоскостями: одна из них (I–I) перпендикулярна оси вращения, другая (II–II) проходит через ось вращения.

Рассмотрим равновесное состояние части оболочки, отсеченной плоскостью I–I (рисунок 2.11, а).

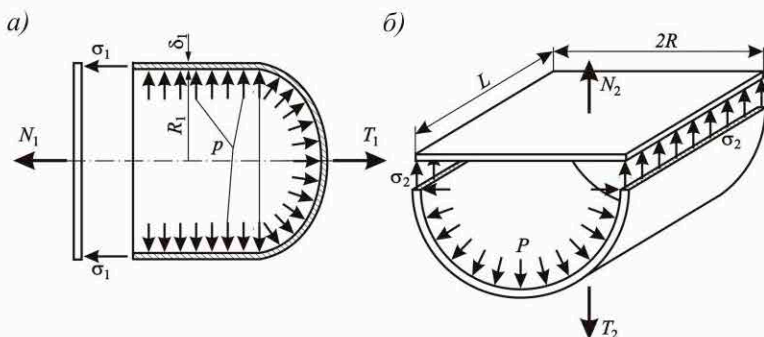


Рисунок 2.11 – Равновесное состояние части оболочки:
а – отсеченной плоскостью *I-I*; *б* – отсеченной плоскостью *II-II*

Чтобы оставшаяся часть работала как цельная оболочка, необходимо влияние отброшенной части заменить соответствующими усилиями, которые прикладываются по месту воображаемого разреза.

Обозначения, принятые на рисунке 2.11, *а*:

T_1 – равнодействующая внутреннего давления на правое днище котла (усилие, стремящееся оторвать одну часть оболочки от другой),

$$T_1 = p\pi R_1^2,$$

πR_1^2 – площадь проекции днища на поперечную плоскость;

R_1 – радиус цилиндрической части котла;

N_1 – результирующее усилие, заменяющее действие отброшенной части (внутренняя сила, возникающая в сечении),

$$N_1 = \sigma_1 F = \sigma_1 \cdot 2\pi R_1 \delta_1,$$

δ_1 – толщина цилиндрической части котла.

Из условия равновесия рассматриваемой части оболочки $T_1 = N_1$ имеем

$$p\pi R_1^2 = \sigma_1 \cdot 2\pi R_1 \delta_1.$$

Тогда величина меридиональных напряжений

$$\sigma_1 = \frac{pR_1}{2\delta_1}. \quad (2.7)$$

Рассмотрим теперь равновесное состояние полуоболочки, отсеченной плоскостью *II-II*, проходящей через ось вращения (рисунок 2.11, *б*).

Обозначения, принятые на рисунке 2.11, *б*:

T_2 – равнодействующая внутреннего давления на отсеченную полуоболочку (усилие, стремящееся оторвать одну полуоболочку от другой),

$$T_2 = p \cdot 2R_1 L,$$

$2R_1 L$ – площадь проекции полуоболочки на продольную плоскость;

L – длина цилиндрической части котла;

N_2 – уравнивающее усилие, заменяющее действие отброшенной части (внутренняя сила, возникающая в сечении),

$$N_2 = \sigma_2 F = \sigma_2 \cdot 2L\delta_1.$$

Из условия равновесия рассматриваемой полуоболочки $T_1 = N_1$ имеем

$$p \cdot 2R_1 L = \sigma_1 \cdot 2L\delta_1.$$

Тогда величина окружных напряжений

$$\sigma_2 = \frac{pR_1}{\delta_1}.$$

(2.8)

Сравнение выражений (2.7) и (2.8) показывает, что окружные напряжения σ_2 в стенке цилиндрического котла в 2 раза больше меридиональных σ_1 . Отсюда следует, что разрушение котла произойдет строго вдоль меридиана, причем равновозможно в любом из них.

2.5 Расчет кузова грузового вагона методом конечных элементов

Сущность метода конечных элементов. В настоящее время широкое распространение при расчете на прочность вагонных конструкций получил метод конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) – это универсальный метод расчета конструкций любой сложности независимо от геометрии, граничных условий, материала и внешних воздействий.

В различных отраслях промышленности и транспорта разработаны универсальные программные комплексы, позволяющие применять МКЭ в инженерной практике.

Расчет конструкции по МКЭ [29, 30] начинается с разбиения ее на отдельные простые конечные элементы, которые связаны между собой в отдельных точках – узлах. Для каждого из них в соответствии с возможными перемещениями узлов устанавливается число степеней свободы. При этом каждой степени свободы узла соответствует определенное перемещение.

Предполагается, что взаимодействие между конечными элементами происходит в этих узловых точках. В результате взаимодействия узлы получают перемещения U и в них возникают узловые усилия R . В качестве основных неизвестных МКЭ принимаются указанные перемещения узлов.

Внутри каждого конечного элемента задаются законы распределения напряжений или перемещений, которые выражаются функциями от неизвестных узловых перемещений.

Таким образом, зная перемещения узлов конечного элемента, можно однозначно определить напряжения и перемещения в любой произвольной точке конечного элемента.

Отсюда следует, что расчет любой конструкции по МКЭ сводится к определению перемещений всех узлов расчетной модели.

Для определения узловых перемещений U составляются уравнения равновесия узлов системы. В матричной форме эти уравнения имеют вид

$$[K] \cdot \{U\} = \{P\},$$

(2.9)

где $[K]$ – матрица жесткости системы;

$\{U\}$ – матрица-столбец узловых перемещений;

$\{P\}$ – матрица-столбец внешнего заданного воздействия.

Матрицы $[K]$ и $\{P\}$ формируются программным путем после ввода в компьютер информации о геометрии конструкции, свойствах материала, типах и характеристиках конечных элементов, характере и величинах нагрузки.

Вычислив узловые перемещения $\{U\}$ по формуле (2.1), можно оценить напряженно-деформированное состояние каждого конечного элемента.

Основные положения МКЭ даны в работах [6, 28]. Алгоритм решения задачи по МКЭ подробно рассмотрен в учебном пособии [33].

Общая последовательность расчета конструкции по МКЭ:

- 1) составление расчетной схемы;
- 2) подготовка исходной информации;
- 3) ввод исходной информации в компьютер;
- 4) решение задачи и выдача результатов.

Для расчета вагонных конструкций используются пакеты прикладных программ, среди которых наиболее распространены ANSYS, NASTRAN, DSMfem.

Расчетные схемы кузовов грузовых вагонов в зависимости от поставленных целей могут моделироваться различными видами конечных элементов: плоскими, объемными и стержневыми. На рисунке 2.12 показаны

конечно-элементные модели металлоконструкций кузовов полувагона и платформы, образованные соответственно пластинчатыми и объемными конечными элементами.

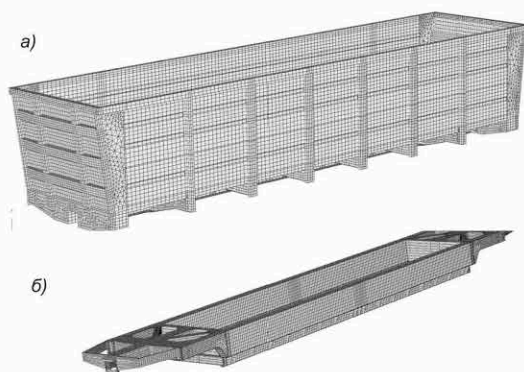


Рисунок 2.12 – Конечно-элементные модели металлоконструкций кузовов вагонов:
а – универсального полувагона; *б* – платформы

В результате проведенных расчетов получают распределение эквивалентных напряжений и деформаций в элементах кузова, а также приводятся поля напряжений и их допустимый уровень. В качестве примера на рисунке 2.13 показана визуализация полей напряженного состояния элементов кузова полувагона, полученных при воздействии сочетания нагрузок при ударных нагрузках.

Рассмотрим расчет кузова полувагона с глухими торцевыми стенами, используя более простой вариант расчетной схемы, когда он моделируется стержневыми и пластинчатыми элементами.

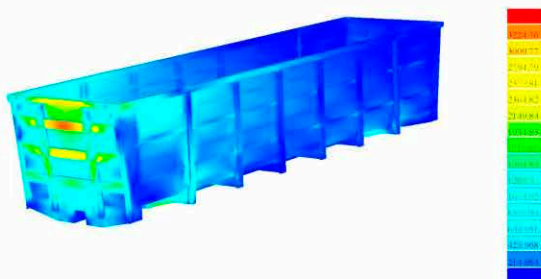


Рисунок 2.13 – Визуализация напряженного состояния кузова полувагона по результатам расчета при воздействии ударных нагрузок

Исходная расчетная схема. Расчетная схема в этом случае принимается комбинированной пространственной для 1/4 части кузова (рисунок 2.14). Она образована стержнями, моделирующими элементы каркаса кузова (балками рамы, стойками, обвязками и поясами стен) и пластинами, моделирующими обшивку стен. Нагрузки, действующие на кузов, приложены к элементам каркаса.

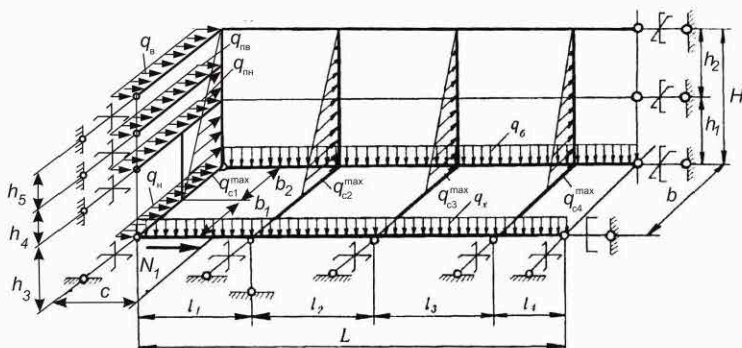


Рисунок 2.14 – Расчетная схема 1/4 части кузова полувагона с глухими торцовыми стенами

Расчет кузова ведется по режиму *I* на вертикальную статическую $P_{ст}$ и продольную N_L силы, а также на усилие распора сыпучего груза q .

Продольная сила передается на хребтовую балку через упоры автоцепного устройства.

Вертикальная статическая сила принимается в виде равномерно распределенной нагрузки по хребтовой q_x и боковым q_6 балкам. Интенсивность нагрузки, т/м, по половине хребтовой балки q_{c1} и по боковой балке q_6 определяется соответственно по формулам (2.1) и (2.2).

Усилие распора сыпучего груза принимается в виде треугольной нагрузки по стойкам боковых стен и в виде равномерно распределенной нагрузки по поясам торцовых стен.

Интенсивность неравномерно распределенной (треугольной) нагрузки, т/м, по стойкам боковой стены:

– угловой (первой) –

$$q_{c1}^{\max} = p_a^{\max} 0,5l_1; \quad q_{c1}^y = p_a^y 0,5l_1;$$

– второй и третьей –

$$q_{ci}^{\max} = p_a^{\max} 0,5(l_{i-1} + l_i); \quad q_{ci}^y = p_a^y 0,5(l_{i-1} + l_i);$$

– четвертой –

$$q_{c4}^{\max} = p_a^{\max} (0,5l_3 + l_4); \quad q_{c4}^y = p_a^y (0,5l_3 + l_4),$$

где p_a^{\max} , p_a^y – активное (статическое) давление распора сыпучего груза, приходящееся на единицу площади поверхности вертикальной стены кузова, у основания стены и на высоте y от верха,

$$p_a^{\max} = \gamma H \operatorname{tg}^2(\pi/4 - \varphi/2); \quad p_a^y = \gamma y \operatorname{tg}^2(\pi/4 - \varphi/2),$$

γ – плотность сыпучего груза, т/м³; H – высота стены, м; y – расстояние от верха стены до точки, в которой определяется давление, м; φ – угол естественного откоса сыпучего груза, рад.; l_i – длина i -го пролета (расстояние между i -й и $(i-1)$ -й стойками боковой стены, м.

Интенсивность равномерно распределенной нагрузки, т/м, по обвязкам q_v , q_n и поясам $q_{пв}$ торцевой стены:

– верхней обвязке –

$$q_v = (p_a^y + p_n^{\max})0,5h_3;$$

– нижней обвязке –

$$q_n = (p_a^y + p_n^{\max})0,5h_3;$$

– верхнему горизонтальному поясу –

$$q_{пв} = (p_a^y + p_n^{\max})0,5(h_4 + h_5);$$

– нижнему горизонтальному поясу –

$$q_{пн} = (p_a^y + p_n^{\max})0,5(h_3 + h_4),$$

где p_n^{\max} – пассивное давление распора сыпучего груза, приходящееся на единицу площади поверхности вертикальной торцевой стены кузова; h_3 , h_4 , h_5 – расстояния между поясами и обвязками.

Для полувагона массы элементов и линейные размеры кузова, используемые для расчета: $P = 75$ т; $m_{кл} = 2,524$ т; $m_x = 2,538$ т; $m_{т6} = 2,058$ т; $m_{6с} = 2,160$ т; $m_{тс} = 0,570$ т; $l_1 = 1,907$ м; $l_2 = 1,77$ м; $l_3 = 1,71$ м; $l_4 = 0,855$ м; $2l = 8,67$ м; $2L = 12,484$ м; $b = 1,508$ м; $b_1 = 0,579$ м; $b_2 = 0,929$ м; $h_1 = 0,607$ м; $h_2 = 1,538$ м; $h_3 = 0,607$ м; $h_4 = 0,774$ м; $h_5 = 0,764$ м; $H = 2,145$ м; $c = 0,26$ м (для силы $+N_1$) и $c = 0,855$ м (для силы $-N_1$).

Расчетная модель по МКЭ. Составление расчетной модели по МКЭ производится в следующем порядке:

1) выполняется разбивка исходной расчетной схемы на узлы и конечные элементы;

2) выбираются глобальные оси координат;

3) производится нумерация узлов и конечных элементов;

4) выбираются локальные (местные) оси координат.

На первом этапе исходная *расчетная схема разбивается на конечные элементы, соединенные в узлах.*

Для составления расчетной схемы кузова по МКЭ используем стержне-

вые конечные элементы (типа КЭ 5) и пластинчатые конечные элементы (типа КЭ 41). Координаты узлов и номера типов жесткости для полученной расчетной схемы полувагона приведены в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Координаты узлов расчетной схемы кузова полувагона с торцовыми стенами

Номера узлов	Координаты узлов, м			Номера узлов	Координаты узлов, м		
	X	Y	Z		X	Y	Z
1	0	0	0	14	1,907	1,508	2,145
2	0	0	0,607	15	3,677	0	0
3	0	0	1,381	16	3,677	1,508	0
4	0	0	2,145	17	3,677	1,508	0,607
5	0	0,579	0	18	3,677	1,508	2,145
6	0	0,579	0,607	19	5,387	0	0
7	0	1,508	0	20	5,387	1,508	0
8	0	1,508	0,607	21	5,387	1,508	0,607
9	0	1,508	1,381	22	5,387	1,508	2,145
10	0	1,508	2,145	23	6,242	0	0
11	1,907	0	0	24	6,242	1,508	0
12	1,907	1,506	0	25	6,242	1,508	0,607
13	1,907	1,508	0,607	26	6,242	1,508	2,145

Таблица 2.2 – Номера типов жесткости конечных элементов

Номер типа жесткости	Номера конечных элементов	Номер типа жесткости	Номера конечных элементов
1	1–4	9	22, 24, 26
2	5–8	10	27
3	9, 10	11	28–30
4	11	12	31
5	12, 13	13	32–34, 36, 38, 40, 42, 75
6	14–17		
7	18–20	14	37, 39, 41, 43
8	21, 83, 25		

Узловые точки при этом задаются в местах:

- соединения стержней и листов обшивки;
- граничных точках стержней, к которым приложены связи;
- изменения жесткости стержней и листов обшивки;
- приложения сосредоточенных сил.

Разбивка исходной расчетной схемы, приведенной на рисунке 2.14, на узлы и конечные элементы показана на рисунке 2.15.

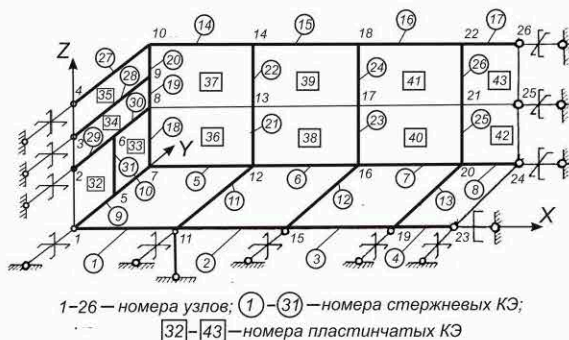


Рисунок 2.15 – Разбивка на узлы и конечные элементы кузова полувагона

Глобальные оси координат X , Y , Z задаются для всей расчетной схемы и должны быть правыми декартовыми. Они необходимы для определения положения узлов системы в пространстве и установления знака узловых сил.

Локальные оси координат x , y , z задаются для каждого конечного элемента и также должны быть правыми декартовыми. Они используются для задания геометрических характеристик сечений элементов и расчета напряжений, возникающих в конечных элементах.

Направления глобальных и локальных осей координат для стержней пространственной системы показаны на рисунке 2.16.

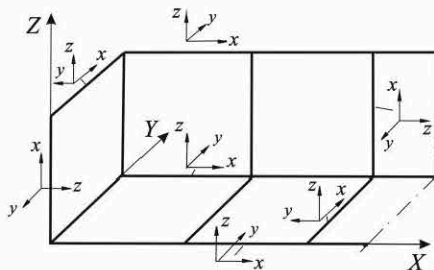


Рисунок 2.16 – Ориентация глобальных и локальных осей для стержневых КЭ пространственной системы

Подготовка исходной информации. После построения расчетной модели кузова по МКЭ производится подготовка исходной информации для ввода в компьютер: рассчитываются геометрические характеристики ко-

нечных элементов и заполняются бланки документов с исходной информацией для ввода в компьютер.

Информация, вводимая в компьютер. Для выполнения расчета с использованием программного комплекса DSMfem заполняются бланки документов с исходной информацией:

- о типах конечных элементов расчетной схемы (стержневых и пластинчатых), номерах узлов конечных элементов, материалах для их изготовления и параметрах сечений;
- координатах узлов расчетной схемы;
- номерах расчетных сечений конечных элементов и их геометрических характеристиках;
- узлах, на которые наложены связи;
- сосредоточенных силах, приложенных в узлах, и распределенной нагрузке к стержневым конечным элементам.

Результаты расчета на компьютере. В результате расчета на печать по каждому узлу конечного элемента выдается информация о расчетных внутренних усилиях, перемещениях и напряжениях в четырех точках сечения, а для конечного элемента в целом – внутренние усилия. Для каждой конструктивной группы элементов приводятся эквивалентные расчетные и допускаемые напряжения, а также коэффициенты перегрузки.

2.6 Оценка устойчивости вагона от опрокидывания

Устойчивость вагона от опрокидывания определяют для минимальной расчетной массы вагона и предусмотренных эксплуатационными документами схем размещения груза для двух вариантов: опрокидывания наружу и внутрь кривой (ГОСТ 33211–2014).

Силы при определении устойчивости от опрокидывания принимают действующими статически и учитывают симметричность несущей конструкции кузова вагона.

Примечание – Устойчивость вагона от опрокидывания наружу кривой проверяют для случая торможения вагона с наибольшей скоростью движения в кривой при действии ветровой нагрузки и непогашенного ускорения $0,7 \text{ м/с}^2$ наружу кривой. При этом предполагается, что вагон расположен на участке круговой кривой среднего радиуса 650 м (ГОСТ 33211–2014).

Устойчивость вагона от опрокидывания внутрь кривой определяют для случая движения вагона с малой скоростью в режиме тяги поезда при действии ветровой нагрузки и непогашенного ускорения $0,9 \text{ м/с}^2$ внутрь кривой. Предполагается, что вагон расположен на участке круговой кривой среднего радиуса 300 м (ГОСТ 33211–2014).

Устойчивость вагона от опрокидывания оценивают по коэффициенту запаса устойчивости от опрокидывания

$$K_{уст} = \frac{P_{ст}}{P_d},$$

(2.10)

где $P_{ст}$, P_d – вертикальные статическая и динамическая силы, действующие от колеса на рельс.

При проверке опрокидывания наружу кривой коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания должен быть не менее 1,3; внутрь кривой – не менее 1,15.

Вертикальная статическая сила, действующая от колеса на рельс, H , определяется по формуле

$$P_{ст} = \frac{P_v - 2P_N}{m_o},$$

(2.11)

где P_v – вес (сила тяжести) вагона, Н;

P_N – вертикальная составляющая продольной силы, действующей на вагон через автосцепку, по [59, формула (4.18)] для разности уровней осей автосцепок 0,08 м. Сила приложена к опорным поверхностям задних упоров автосцепного устройства. Рассматриваются случаи действия вертикальных сил вверх и вниз;

m_o – осьность вагона.

Вертикальную динамическую силу, действующую от колеса на рельс, H , вычисляют по формуле

$$P_d = \frac{H_{цк} h_k + 2H_{цт} h_t + H_{вк} h_{вк} + 2H_{вт} h_{вт} + 2H_N h_a + P_k \Delta_k + 2P_t \Delta_t}{2s m_o},$$

(2.12)

где $H_{цк}$, $H_{цт}$ – боковые силы, действующие соответственно на кузов и тележку, возникающие вследствие непогашенного центростремительного ускорения 0,7 м/с² (наружу кривой) и 0,9 м/с², (внутрь кривой), Н;

h_k , h_t – вертикальное расстояние от уровня головок рельсов до центра масс кузова и тележки соответственно, м;

$H_{вк}$, $H_{вт}$ – силы давления ветра, действующие соответственно на кузов и тележку, определяемые по [59, формула (4.25)];

$h_{вк}$, $h_{вт}$ – вертикальное расстояние от уровня головок рельсов до геометрического центра боковой проекции кузова и тележки соответственно, м;

H_N – боковая сила, действующая на вагон через автосцепные устройства и вычисляемая по [59, формула (4.20)] для про-

дольной силы, равной 0,5 МН для минимальной расчетной массы вагона и 1,0 МН для максимальной расчетной статической осевой нагрузки вагона – при опрокидывании наружу кривой; при опрокидывании внутрь кривой указанные значения будут равны 0,7 МН и 1,4 МН;

h_a – вертикальное расстояние от уровня головок рельсов до продольной оси автосцепок, м;

P_k, P_t – вес (сила тяжести) кузова и тележки соответственно, Н;

$2s$ – расстояние между кругами катания колес в колесной паре, м: принимают равным 1,58 для кривой радиусом 650 м и 1,592 м – для кривой радиусом 300 м;

Δ_k, Δ_t – боковые перемещения центров тяжести кузова и тележки, м.

П р и м е ч а н и е – Боковые перемещения определяют с учетом наибольших зазоров между составными частями вагона, допустимыми конструкторской документацией и эксплуатационными документами (ГОСТ 33211–2014).

Боковые перемещения:

– центра тяжести кузова –

$$\Delta_k = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 + \Delta_7; \quad (2.13)$$

– центра масс тележки –

$$\Delta_t = \Delta_1 + \Delta_2, \quad (2.14)$$

где Δ_1 – боковое одностороннее перемещение рамы (боковой рамы) тележки относительно букс (адаптеров) колесных пар, м;

Δ_2 – боковое одностороннее перемещение из центрального положения надрессорной балки относительно рамы (боковой рамы) тележки, м;

Δ_3 – боковое одностороннее перемещение из центрального положения пятника рамы кузова вагона относительно надрессорной балки, м;

Δ_4 – конструкционное отклонение центра тяжести кузова (с учетом схем размещения груза) от продольной оси, проходящей через центры пятников, м;

Δ_5 – боковое перемещение центра тяжести кузова при его боковом наклоне за счет деформации или выбора зазора в боковых скользунах, м;

Δ_6 – боковое перемещение центра тяжести кузова при его боковом наклоне за счет вертикальной деформации рессорного подвешивания с одной стороны вагона, м;

Δ_7 – боковое перемещение центра тяжести кузова при его боковом наклоне за счет бокового перемещения центра тяжести груза, обусловленного деформацией его собственного рессорного подвешивания, перемещениями в устройствах крепления, м.

3 ПАССАЖИРСКИЕ ВАГОНЫ

3.1 Основные термины и определения

Пассажирские вагоны – вагоны, предназначенные для перевозки пассажиров и/или багажа, почтовых отправок, такие, как почтовые, багажные, вагоны-рестораны, служебно-технические, служебные, клубы, санитарные, испытательные и измерительные лаборатории, специальные вагоны пассажирского типа (ГОСТ 34056–2017).

Тип вагона – специализация пассажирских вагонов исходя из их назначения (ГОСТ Р 55182–2012).

Скоростные вагоны – пассажирские вагоны с конструкционной скоростью движения свыше 160 до 200 км/ч включительно (ГОСТ Р 55182–2012).

Специальные вагоны пассажирского типа (специальные вагоны) – вагоны, обеспечивающие предоставление комплекса дополнительных услуг пассажирам (вагон с кафе-буфетом, вагон-ресторан, багажный вагон, почтовый вагон, вагон-электростанция, вагон повышенной комфортности, вагон-салон, туристический вагон, вагон-гараж, вагон-передвижная камера хранения, вагон с трансформируемыми купе) и вагоны, предназначенные для организации обслуживания населения (вагон-магазин, вагон-клуб, вагон-поликлиника, вагон-храм и другие) (ГОСТ Р 55182–2012).

Общесетевые вагоны – пассажирские вагоны с конструкционной скоростью движения до 160 км/ч включительно (ГОСТ Р 55182–2012).

Двухэтажные пассажирские вагоны – пассажирские вагоны, в которых для увеличения пассажироместимости имеются два салона для пассажиров – один над другим (ГОСТ 34056–2017).

Вагон пассажирский двухэтажный – пассажирский вагон, в котором помещения для пассажиров и/или служебные и бытовые помещения выполнены в двух уровнях – один над другим (ГОСТ 34530–2019).

Пассажирские вагоны международного сообщения – вагоны, предназначенные для перевозки пассажиров и багажа, почтовых отправок в междоународном сообщении по железным дорогам колеи 1520 и 1435 мм (ГОСТ Р 55182–2012).

Расчетная населенность вагона – число мест для размещения пассажиров и обслуживающего персонала (ГОСТ Р 55182–2012).

Тормозная система вагона (тормоз) – комплекс средств, выполняющий функции регулирования скорости движения или его остановки (ГОСТ 34056–2017).

Примечание – Тормоз размещается на вагоне и управляется дистанционно с локомотива.

Тормозной конец вагона – конец вагона с установкой котла и привода ручного тормоза в тамбуре [61].

Нетормозной конец вагона – противоположный тормозному концу вагона [61].

Тамбур пассажирского вагона – часть вагона, огороженная перегородками, отделяющая вход в вагон от салона, кабины машиниста, багажного отсека или служебных помещений (ГОСТ 34056–2017).

Салон пассажирского вагона – отделенная перегородками часть пассажирского вагона, предназначенная для размещения пассажиров, оборудованная системой жизнеобеспечения (ГОСТ 34530–2019).

Система жизнеобеспечения – комплекс технических средств, направленных на создание и поддержание в безопасных пределах эргономических, санитарно-химических, микробиологических показателей и параметров электромагнитных излучений, микроклимата, шума и вибрации в помещениях железнодорожного подвижного состава (ГОСТ 34530–2019).

Примечание – Функция систем жизнеобеспечения заключается в создании допустимых нормативными документами в пределах параметров физических и химических факторов среды на местах размещения пассажиров и обслуживающего персонала.

Вагон сочлененного типа – вагон, сцепление которого с соседним вагоном осуществляется посредством общих узлов сочленения и установки на общую тележку (ГОСТ 34530–2019).

Примечание – Сочлененные вагоны объединяются в секции, которые эксплуатируются как единое целое.

Механическая часть нетягового железнодорожного подвижного состава – часть нетягового железнодорожного подвижного состава, предназначенная для передачи тормозных усилий и сил тяги с тягового подвижного состава на поезд, и размещения тормозного оборудования (ГОСТ 34530–2019).

Пульт управления электрическим оборудованием железнодорожного нетягового подвижного состава – комплекс электрических и механических устройств, обеспечивающих включение, выключение и контроль функционирования электрического оборудования нетягового подвижного состава (ГОСТ 34530–2019).

Кузов вагона – несущая металлоконструкция, предназначенная для размещения перевозимого груза, пассажиров, багажа, систем жизнеобеспечения и специального оборудования (ГОСТ 34056–2017).

Рама вагона – составная несущая металлоконструкция кузова вагона, на которой размещаются автосцепное устройство, опорные устройства (пятники или скользуны) и часть тормозного оборудования [ГОСТ 34530–2019].

3.2 Основные требования к пассажирским вагонам

Общие технические требования к пассажирским вагонам установлены ГОСТ Р 55182–2012.

Общие требования к пассажирским вагонам. Вагоны по прочности и динамическим качествам должны соответствовать ГОСТ 34093–2017.

Вагоны и их оборудование изготавливают в климатическом исполнении У – по ГОСТ 15150. Допускается по согласованию с заказчиком изготавливать вагоны в других климатических исполнениях.

Габарит вагона – по ГОСТ 9238.

Расчетная вертикальная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы – по ГОСТ 34093. Средняя масса пассажиров с багажом вагона дальнего следования принимается равной 100 кг, межобластного сообщения – 79 кг.

Архитектурно-композиционное решение вагона должно соответствовать его типу, назначению и классности в соответствии с санитарными правилами. Санитарным правилам должны соответствовать и эргономические размеры купе для пассажира и проводников.

Служебное отделение (при наличии) должно иметь площадь не менее 2,6 м².

В вагонах, предназначенных для эксплуатации в международном сообщении, длина спальная полки в пассажирском купе должна быть не менее 1665 мм, расстояние между спальными полкой и перегородкой в купе проводника не менее 420 мм.

В вагонах с местами для сидения должны устанавливаться пассажирские кресла, соответствующие классу вагона, с соблюдением следующих размеров их установки: шаг установки кресел при многорядной посадке не менее 930 мм, расстояние между сиденьями при расположении кресел друг против друга не менее 500 мм.

В вагоне должно быть предусмотрено не менее двух туалетов, площадью не менее 1,2 м² каждый, при ширине не менее 900 мм для вагонов всех классов.

Коридоры (проходы) должны иметь высоту не менее 2100 мм, на двухэтажных вагонах в зоне лестниц – не менее 2060 мм и иметь ширину:

- в вагонах всех классов и вагонах, предназначенных для эксплуатации в международном сообщении, со спальными полками: не менее 550 мм по полу или же не менее 680 мм на высоте от 1,0 до 1,2 м от пола:

- в вагонах с местами для сидения – не менее 600 мм на высоте от 1,0 до 1,2 м от пола.

В коридоре напротив купе должны быть установлены поручни и электророзетки для пылесосов и электробритвы напряжением 220 В. В коридоре и/или в купе должны быть установлены электророзетки для зарядки мобильных устройств с напряжением 220 В. Коридор нетормозного конца должен быть оборудован мусоросборником.

В вагонах с местами для сидения салонного типа должны быть установлены багажные полки с глубиной не менее 400 мм и не более 600 мм.

Вагоны изготавливают в традиционном исполнении (с опиранием кузова на две тележки), в сочлененном исполнении (с опиранием смежных кузовов на одну тележку).

Основные требования к конструкции вагона. Вагоны должны быть оборудованы поручнями и подножками.

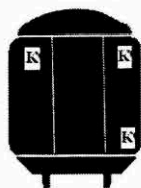
Ступеньки на подножках должны иметь противоскользящую поверхность, препятствовать накоплению снега, грязи, воды.

Торцевые стены должны иметь снаружи вагона по три сигнальных фонаря, размещенных в порядке, указанном на рисунке 3.1.

Вагоны на торцевой стене должны быть оборудованы складной лестницей и поручнем (ручками) для подъема на крышу. В нерабочем положении лестницы должна быть предусмотрена возможность запираания ее на ключ и опломбирования.

Рисунок 3.1 – Размещение сигнальных фонарей
на торцевых стенах вагона:

К – красный огонь сигнального фонаря



Верхние спальные полки должны быть оборудованы заградительными ремнями или бортиками высотой не менее 130 мм от уровня внешней поверхности мягкого элемента спальной полки. Длина бортика не менее 550 мм между осями крепления его к полке.

Устройства эвакуации должны быть рассчитаны на нагрузку 2,0 кН. Время приведения устройств эвакуации в рабочее положение не должно превышать 30 с.

Прочность кузова должны быть обеспечена при поднятии экипированного вагона (без тележек) на двух домкратах по диагонали и при поднятии вагона (без тележек) за сцепку. При этом напряжение в несущих элементах кузова не должно превышать допускаемых значений, указанных в ГОСТ Р 55182– 2012.

Требования к окнам и дверям вагона. Все наружные окна вагона должны быть изготовлены с использованием стеклопакетов, имеющих не менее двух камер. Независимо от конструкции окон должны обеспечиваться следующие размеры светового проема: высота нижней кромки остекления от пола – не более 930 мм, верхней кромки – не менее 1670 мм (для вторых этажей двухэтажных вагонов – не менее 1350 мм).

В вагоне любого типа должны быть «глухие» окна, окна с открывающимися форточками и окна «аварийный выход».

Все окна в служебных помещениях и туалетах должны иметь открывающиеся форточки.

Конструкция окон должна исключать образование обледенения и наличие воды на внутренних поверхностях при температуре воздуха в помеще-

нии (22 ± 2) °С и относительной влажности 30 %, и минимальной наружной температуре минус 50 °С.

Стеклопакеты для окон и дверей должны быть изготовлены из травмо-безопасного закаленного стекла по ГОСТ 5727 с использованием полированного листового стекла по ГОСТ 111.

Стекла должны выдерживать давление ± 6 кПа от ударной волны при встречном движении поездов.

Для обеспечения противоударных свойств и повышения отражения инфракрасного излучения на внешнее стекло стеклопакета может быть нанесена полимерная пленка толщиной и цветом по образцу, согласованному с заказчиком.

Внутренне стекло в туалетах, кладовых и котельных (при наличии) должно быть узорчатым, матовым или покрыто непрозрачной пленкой.

Дверные проемы в свету в пассажирских вагонах должны обеспечивать свободное движение пассажиров с багажом и иметь размеры не менее:

- наружные боковые двери – 1900×780 мм для вагонов всех классов и 1990×760 мм для вагонов, предназначенных для эксплуатации в международном сообщении;

- наружные торцевые двери – 1800×700 мм для вагонов всех классов и 1800×630 мм для вагонов, предназначенных для эксплуатации в международном сообщении;

- проходы – 1900×520 мм для вагонов всех классов и вагонов, предназначенных для эксплуатации в международном сообщении.

По обеим сторонам дверного проема должны устанавливаться поручни с высотой над ступенями 850–880 мм.

Двери туалетов должны открываться вовнутрь и иметь обязательные размеры для всех вагонов всех классов, в том числе и вагонов, предназначенных для эксплуатации в международном сообщении, не менее 1880×490 мм.

Наружные боковые двери должны быть прислонно-сдвижного типа. Для вагонов со скоростями движения не выше 160 км/ч и специальных вагонов допускается применение дверей *распашного типа*. Необходимо наличие блокировки входных дверей в закрытом положении.

Усилие при открытии (закрытии) наружных боковых и торцевых дверей в ручном режиме не должно превышать 200 Н. Для почтовых и багажных вагонов – не более 300 Н.

Для дверей с автоматизированным приводом должно быть обеспечено автоматическое закрытие двери и ее блокировка в закрытом состоянии при скорости движения вагона более 5 км/ч.

Автоматические двери должны иметь кнопки управления их работой с подсветкой и надписями или пиктограммами, поясняющими назначение кнопок.

Двери туалетов должны иметь в нижней части отверстия для вентиляции.

Все двери должны иметь запорные устройства, кроме *дверей качающегося типа*. Наружные боковые и торцевые двери и двери в служебных помещениях оборудуют замком со специальным ключом. Двери туалетов оборудуют запорными устройствами с возможностью открытия и закрытия снаружи специальным ключом.

Двери служебного отделения и двери в проходах должны иметь фиксаторы удержания их в открытом состоянии.

Конструкции дверей должны исключать возможность травмирования персонала при техническом обслуживании, монтаже, демонтаже, обеспечивая соблюдение общих требований безопасности, установленных ГОСТ 12.2.003.

Двери из тамбура в вагон должны быть оборудованы устройством, исключающим возможность травмирования и попадания пальцев рук в притвор двери со стороны установки петель.

Требования к ходовым частям. Все вагоны должны быть оборудованы тележками в соответствии с требованиями нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт, или техническим условиям на конкретный тип тележки.

Требования к оборудованию вагона сцепными и автосцепными устройствами. Технические требования к сцепным и автосцепным устройствам устанавливаются по ГОСТ 33434.

На вагоны поездов постоянного формирования (не допускающих переформирования в пути следования) допускается устанавливать как сцепные, так и автосцепные устройства. Автосцепные устройства допускаются к установке на все виды вагонов пассажирского типа.

На скоростных вагонах допускается устанавливать автосцепные устройства только жесткого типа, которые исключают относительные вертикальные перемещения после их сцепления, или сцепные устройства.

На вагонах с конструкционными скоростями до 160 км/ч включительно автосцепные устройства должны быть жесткого или полужесткого типа – с кронштейном (ограничителем вертикальных перемещений).

Вагоны должны быть оборудованы буферами. При использовании сцепных устройств, исключающих зазоры между сцепленными вагонами, буфера могут не устанавливаться при подтверждении обеспечения требуемой плавности хода без использования буферов.

Вагоны должны быть оборудованы поглощающими аппаратами по ГОСТ 32913. Класс поглощающего аппарата устанавливается с учетом условий эксплуатации.

Требования к межвагонным переходам. Переходные площадки межвагонных переходов для безопасного перехода пассажиров должны быть оборудованы поручнями, дежурным и аварийным освещением. Ширина прохода

межвагонного перехода должна быть не менее: 600 мм на высоте 250 мм от уровня пола и 700 мм в местах установки поручней на высоте 800–1200 мм от уровня пола.

Освещенность на полу межвагонных переходов должна быть не менее 30 лк (дежурное) и не менее 1 лк (аварийное).

Конструкция межвагонного перехода должна включать переходный мостик и ограждение и может быть выполнено в одном из вариантов:

- межвагонный переход с П-образным ограждением;
- герметизированный межвагонный переход (замкнутого типа);
- переход, охватывающий сцепку.

Переходный мостик межвагонного перехода должен быть рассчитан на нагрузку 1 кН, приложенную на площади 100×100 мм в любой зоне, а также распределенную нагрузку 3 кН/м². Уровень напряжений не должен превышать предел текучести материала мостика.

Требования к тормозной системе. Вагон должен быть оборудован следующими видами фрикционных тормозов: автоматическим пневматическим тормозом; электропневматическим тормозом прямодействующего типа; стояночным тормозом с ручным приводом.

Примечание – Фрикционным тормозом является колодочный или дисковый тормоз.

Для обеспечения требуемой эффективности экстренного торможения допускается дополнительно оборудовать вагон тормозом, не использующим силу взаимодействия колеса и рельса. Одним из видов такого тормоза является магнитнорельсовый тормоз.

При оборудовании вагонов дисковыми тормозами блоки тормозные должны соответствовать требованиям ГОСТ 33724.1.

Тормозная система вагона при скоростях движения от 100 км/ч до конструкционной должна обеспечивать тормозной путь не более: 700 м при скорости начала торможения 100 км/ч, 1000 м – при скорости 120 км/ч, 1100 м – при скорости 140 км/ч, 1450 м – при скорости 160 км/ч и 1500/2100 м – при скорости 200 км/ч (в числителе – при применении тормоза, не использующего силу взаимодействия колеса и рельса).

Вагоны должны иметь не менее трех стоп-кранов, расположенных в тамбурах и в средней части салона вагона.

Требования к стояночному тормозу устанавливаются по ГОСТ 32880.

Вновь построенные вагоны с внешней части кузова должны быть оборудованы сигнальными приборами, отображающими:

- величину давления в пневматической сети тормозных цилиндров;
- приведение в действие и отпуск тормоза;
- приведение в действие стояночного тормоза.

Указанные вагоны внутри кузова должны быть оборудованы сигнальными приборами, отображающими приведение в действие и отпуск тормоза, а также приведение в действие стояночного тормоза.

Тормозная система вагона должна быть рассчитана на отсутствие юза, при установке дискового тормоза вагон должен быть оборудован противоязным устройством по ГОСТ 33725.

Требования к водоснабжению и санитарно-бытовым устройствам вагона. Конструкция вагона должна предусматривать заправку водой при помощи рукавов типоразмера Р17Б по ГОСТ 2593.

В вагонах должны быть предусмотрены запорные клапаны для ограничения налива бака, а также сливная труба для воды в случае переполнения бака.

Заправочные штуцеры должны быть расположены с обеих сторон вагона. Их присоединительные головки должны закрываться для предотвращения загрязнения.

Вагоны должны быть оборудованы системой холодного и горячего водоснабжения, гидравлически изолированной от системы отопления. Конструкция системы водоснабжения должна обеспечивать предотвращение загрязнения в ней воды, полный слив из резервуаров и распределительного трубопровода, возможность их эффективной очистки, промывки и дезинфекции. С целью предупреждения вторичного бактериального загрязнения воды в системе водоснабжения вагона должна быть предусмотрена установка *обеззараживающих устройств питьевой воды*.

Объем резервуаров должен обеспечить подачу не менее 14 л в сутки холодной и горячей воды в расчете на каждое место в спальном вагоне и не менее 10 л в сутки на одно место в вагоне с креслами для сидения. В тех вагонах, где предусмотрены душевые установки, объем подаваемой воды должен быть не менее 30 л в сутки на одно место. Система водоснабжения должна иметь датчики уровня воды, устройство с сигналом, свидетельствующим об окончании заполнения резервуаров и запорное устройство, исключающее перелив воды.

Система водоснабжения должна быть оборудована *устройством сигнализации уровня воды* на 100, 75, 50, 25 %, на дисплее пульта управления в служебном отделении и снаружи вагона около заправочных головок, сигнализацию полного заполнения бака водой снаружи вагона и прекращения подачи воды в бак при достижении 100 % заполнения бака во время заправки вагона водой.

Вагон должен быть оснащен *устройством для приготовления кипяченой воды*. Допускается применение аппарата охлаждения / нагрева бутилированной питьевой воды или воды из системы водоснабжения с охлаждением до температуры от 15 до 17 °С и нагревом воды до температуры не менее 90 °С.

Конструкция вагона должна исключать возможность замерзания воды в системе водоснабжения в течение 8 ч после отключения отопления при температуре наружного воздуха минус 20 °С и в течение 12 ч – при температуре наружного воздуха минус 10 °С.

Сливные трубы моек (умывальников), душевых кабин, заправочные трубы должны иметь обогрев.

Вагоны должны быть оборудованы *туалетными системами замкнутого типа* с сигнализатором наполнения накопительного бака на 10, 80 и 95 %. Конструкция туалетных систем должна предусматривать возможность откачки бака накопителя с двух сторон вагона. Конструкция туалетного комплекса не должна допускать сброс содержимого накопительного бака на железнодорожное полотно. Туалетные системы замкнутого типа не должны являться дополнительными источниками загрязнения воздушной среды.

Требования к системам отопления, вентиляции и охлаждения воздуха в вагоне. Системы отопления, вентиляции и охлаждения вагона должны обеспечивать значения параметров микроклимата, указанной в таблице 3.1 в диапазоне рабочих значений температуры окружающего воздуха и сохранять работоспособность в диапазоне предельных рабочих значений температуры окружающего воздуха, соответствующих климатическому исполнению вагона согласно ГОСТ 15150.

Отопительные приборы должны иметь защитные кожухи. Температура на поверхности защитных кожухов не должна превышать 55 °С.

Система вентиляции должна быть рассчитана на непрерывную работу в пути следования поезда с пассажирами для обеспечения подачи наружного воздуха в вагон при питании вагона от всех предусмотренных штатных источников питания.

Система вентиляции должна обеспечивать вытяжку воздуха из туалетных помещений общего пользования не менее 50 м³/ч.

Система кондиционирования воздуха должна обеспечивать равномерное распределение подаваемого воздуха и исключать непосредственную подачу воздуха на пассажира. Температура подаваемого в вагон воздуха при его охлаждении на расстоянии 100 мм от выходного отверстия должна быть не ниже 16 °С, а при его нагревании на расстоянии 100 мм от выходного отверстия – от 16 до 26 °С. Температура нагретого воздуха при воздушной системе отопления на расстоянии 100 мм от выходного отверстия должна быть не выше 35 °С.

Таблица 3.1 – Температура воздуха в вагонах

Параметр	Значение температуры воздуха в вагоне при температуре t наружного воздуха, °С	
	$t \leq 20$ °С (режим отопления и вентиляции)	$t > 20$ °С (режим охлаждения и вентиляции)
В пассажирских и служебных помещениях вагонов всех типов и классов	20–24	22–26
В пассажирском салоне вагонов с креслами для сидения	20–24	22–26
В туалетах, коридорах (проходах)	16–24	22–28
В душевом модуле	24–30	

Точность поддержания температуры воздуха в пассажирских и служебных помещениях вагонов должна составлять не более ± 2 °С.

Для создания комфортных климатических условий может быть дополнительно предусмотрена возможность индивидуального регулирования температуры воздуха в помещениях вагона.

Требования к электрооборудованию вагона. В вагоне должна применяться одна из следующих систем электроснабжения:

- *централизованная от высоковольтной магистрали* постоянного или переменного тока, при этом устройства отопления получают питание непосредственно от поездной магистрали через защитно-коммутационную аппаратуру, а низковольтные потребители – через статический преобразователь;

- *централизованная от вагона-электростанции* по трехфазной трехпроводной магистрали с изолированной нейтралью напряжением 380 В с отклонением ± 10 % и частотой 50 Гц с отклонением ± 2 ; применяется для питания низковольтных потребителей непосредственно или через согласующий трансформатор;

- *автономная* с номинальным напряжением постоянного тока 24, 50 и 110 В от одного или нескольких подвагонных генераторов с приводом каждого от оси колесной пары; применяется для питания низковольтных потребителей непосредственно или через дополнительные низковольтные преобразователи;

- *смешанная* от комбинации вышеперечисленных источников электропитания.

На вагонах с конструкционными скоростями свыше 160 км/ч применение подвагонных генераторов не допускается.

Вагоны оборудуют высоковольтной совместимой однопроводной или двухпроводной поездной магистралью.

Соединители высоковольтной однопроводной поездной магистрали устанавливают на обоих торцах вагона (рисунок 3.2). Штепсель, не используемый для соединения магистралей соседних вагонов, фиксируется в холостом приемнике.

Конструкция вагона должна предусматривать возможность питания при отстое вагона от внешней трехфазной сети переменного тока с заземленной нейтралью напряжением 380 В и частотой 50 Гц.

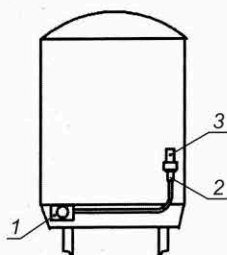


Рисунок 3.2 – Размещение соединителей высоковольтной поездной магистрали:
1 – розетка; 2 – штепсель; 3 – холостой приемник

Напряжения бортовой сети вагона, получающей питание от преобразователей или генераторов, должны быть выбраны из следующих рядов номинальных напряжений:

- 24, 50, 110 В – постоянного тока;
- 220 В – однофазного переменного тока;
- 220, 380 В – трехфазного переменного тока 50 Гц.

Емкость аккумуляторной батареи должна быть достаточной для обеспечения бесперебойного питания следующих потребителей при перерывах в работе источника электроснабжения:

– устройств, обеспечивающих минимальный комфорт пассажиров (основное освещение, розетки 220 В, приточный вентилятор, замкнутая туалетная система), – в течение 1 ч;

– устройств, обеспечивающих безопасность пассажиров (цепей управления, системы контроля нагрева букс, системы пожарной сигнализации, хвостовых сигнальных фонарей, аварийного освещения), – в течение 6 ч.

Аккумуляторный бокс должен быть изготовлен во взрывобезопасном исполнении.

Аккумуляторная батарея должна иметь зарядное устройство.

Вагоны оборудуют системой контроля нагрева букс.

Требования к системе контроля, диагностики и управления вагоном.

1 Каждый вагон должен быть оборудован системой контроля, диагностики и управления (СКДУ) вагона.

2 СКДУ вагона должна представлять собой программно-аппаратный комплекс, информационно-сопряженный с вагонным оборудованием – по ГОСТ 33435.

3 Штабной вагон должен быть оборудован СКДУ состава, которая должна быть информационно сопряжена со СКДУ вагонов состава через поездную информационную магистраль.

4 Вагон должен быть оборудован мобильной системой контроля, диагностики и управления для удаленного доступа к СКДУ своего вагона через скрытую защищенную беспроводную сеть. СКДУ должна иметь возможность отправлять на мобильные устройства работников поездной бригады аварийные сообщения.

5 СКДУ должно питаться от бортовой сети вагона.

6 СКДУ вагона должна считывать контролируемые параметры непосредственно с диагностируемых систем.

7 СКДУ состава должна отображать данные о состоянии вагонного оборудования состава по данным СКДУ вагона и должна управлять вагонным оборудованием состава через СКДУ вагона.

8 В состав СКДУ вагона должен входить модуль геопозиционирования для определения местонахождения вагона и учета его пробега.

Требования к маркировке. На видимой части каждого вагона должна быть установлена табличка, на которой указывают:

- единый знак обращения продукции;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- порядковый номер вагона по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- модель вагона;
- дату изготовления вагона (месяц, год).

На вагоне указывают массу тары порожнего полностью экипированного вагона, конструкционную скорость, число мест для пассажиров, а для почтовых и багажных вагонов – грузоподъемность.

В вагоне следует вывешивать схемы систем отопления и водоснабжения.

Требования пожарной безопасности вагона и охраны окружающей среды. Вагоны должны сопровождаться документами, которые содержат требования пожарной безопасности вагона в соответствии с требованиями нормативных документов, действующих на территории государства, принявшего стандарт.

Кроме рассмотренных выше требований устанавливаются также требования к системам информирования пассажиров и видеонаблюдения, к уровню шума и инфразвука в вагоне, материалам и покрытиям, надежности и комплектности.

3.3 Основные типы и планировки пассажирских вагонов

Типы пассажирских вагонов. В настоящее время изготавливают следующие типы пассажирских вагонов:

- открытые с креслами для сидения (условное обозначение ПО);
- некупейные со спальными местами (ПН);
- купейные со спальными местами (ПКС);

- купейные с креслами для сидения (ПКК);
- специального назначения (ПСН).

Вагоны типов ПО и ПКК – это вагоны межобластного сообщения с пребыванием в пути не более 12 часов, вагоны типов ПН, ПКС – дальнего следования (без ограничения времени нахождения в пути) [5].

Основной тенденцией современного пассажирского вагоностроения является создание типового ряда вагонов различного класса на базе единого кузова, что обеспечивает возможность модульной сборки внутри- и подвагонного оборудования.

Пассажирские вагоны локомотивной тяги различных типов и классов, изготавливаемые в РФ, можно объединить в две группы.

Первая группа – *вагоны с кузовом традиционной конструкции с гофрированной обшивкой* с конструкционной скоростью 160 км/ч и длиной по осям сцепления автосцепок 24,537 м (рисунок 3.3). В качестве базового вагона этой группы можно принять вагоны моделей 61-820 (61-820К с установкой кондиционирования воздуха) и 61-4179.

Вторая группа – *вагоны нового поколения*, у которых кузов имеет боковые стены с двухслойной несущей обшивкой, гладкой на наружной поверхности с конструкционной скоростью 160/200 км/ч и длиной по осям сцепления автосцепок 25,5 м (рисунок 3.4). За базовые вагоны этой группы можно принять вагоны модели 61-4170 – для скоростного движения и модели 61-4440 – для спальных вагонов с конструкционной скоростью 160 км/ч.

Пассажирские вагоны обеих групп строятся по габариту 1-ВМ.

Планировки пассажирских вагонов. Внутренняя планировка пассажирских вагонов зависит от их назначения, типа и класса. В каждом вагоне должны быть созданы наиболее благоприятные для пассажиров удобства: достаточный объем пассажирского помещения с оптимальным климатом, удобные места для сидения и лежания, рациональное размещение туалетных помещений и надлежащее их оборудование, достаточное освещение (естественное и искусственное), красивая внутренняя отделка. Выбор планировки и удобств должен соответствовать назначению вагона [2].

Все размеры внутренней планировки и внутреннего оборудования пассажирских вагонов должны соответствовать рекомендациям «Норм» и требованиям технической эстетики [5].

Особенностью планировочных решений каждой группы вагонов является постоянство планировки концевых частей и возможность гибко изменять планировку пассажирского салона.

Модели вагонов каждой из групп, имея единый кузов, различаются, прежде всего, планировкой пассажирского салона.

Базовые планировки концевых частей и основные размеры вагонов первой и второй групп показаны на рисунках 3.3 [5] и 3.4.

Планировка концевых частей кузовов вагонов первой группы (см. рисунок 3.3) предусматривает наличие двух тамбуров 1 и 11, двух туалетов 2 и 9 и двух коридоров 8 и 10 тормозного и нетормозного концов вагона, служебного 3 и котельного 5 отделений, купе проводников 4 и пассажирского салона 7. В пассажирском салоне предусмотрены два окна – аварийных выхода 6. Ширина каждого тамбура 925 мм.

Примечание – Тормозной конец вагона – конец вагона с установкой котла и привода ручного тормоза в тамбуре. Нетормозной конец вагона – противоположный тормозному концу вагона [61].

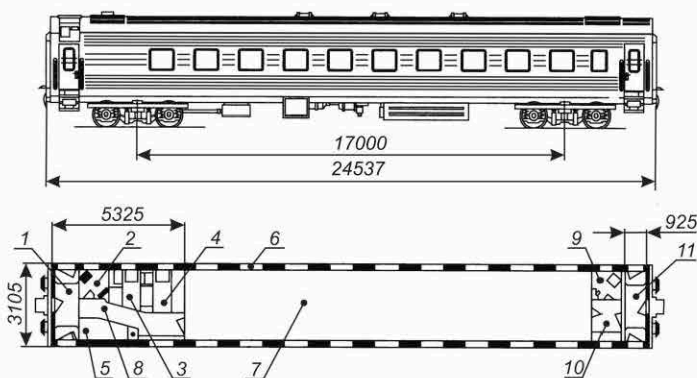


Рисунок 3.3 – Основные размеры и планировка концевых частей вагонов первой группы с кузовом традиционной конструкции:

1, 11 – тамбуры тормозного и нетормозного концов вагона; 2, 9 – туалеты тормозного и нетормозного концов вагона; 3 – служебное отделение; 4 – купе проводников; 5 – котельное отделение; 6 – окно – аварийный выход; 7 – пассажирское отделение; 8, 10 – коридоры тормозного и нетормозного концов вагона

Планировка концевых частей кузовов вагонов нового поколения существенно отличается от планировки концевых частей вагонов с кузовами традиционной конструкции и имеет незначительные различия для скоростных вагонов межобластного сообщения с длительностью пребывания в пути не более 12 часов и для спальных вагонов дальнего следования.

Планировка концевых частей скоростных вагонов нового поколения имеет следующие особенности (см. рисунок 3.4, а).

1 Изменено расположение котельного отделения 2 и туалетов 7. Два туалета совмещены в одном блоке и размещены в нетормозном (нерабочем) конце вагона, что упрощает обустройство экологически чистого туалета.

2 Служебное отделение 3 оборудовано креслом для проводника.

3 Увеличенные длина салона для пассажиров 5 до 17,36 м, ширина тамбуров тормозного 1 и нетормозного 8 концов до 1100 мм и ширина просвета

наружных дверей до 800 мм. Это обусловлено увеличением длины кузова вагона.

4 Удобные для прохода коридоры 4 и 6.

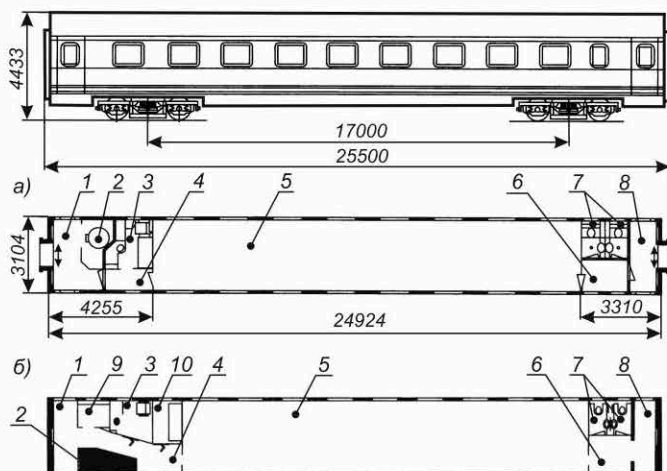


Рисунок 3.4 – Основные размеры и планировка концевых частей вагонов нового поколения:

а – для скоростных вагонов; *б* – для спальных вагонов с конструктивной скоростью 160 км/ч; 1, 8 – тамбуры тормозного и нетормозного концов вагона; 2 – котельное отделение; 3 – служебное отделение; 4, 6 – коридоры тормозного и нетормозного концов вагона; 5 – салон для пассажиров; 7 – туалеты нетормозного конца вагона; 9 – кладовая; 10 – купе проводников

Планировка кузовов спальных вагонов нового поколения (см. рисунок 3.4, *б*) отличается от приведенной на рисунке 3.4, *а* планировкой концевой части тормозного конца, которая в целом, схожа с планировкой концевой части вагонов первой группы, приведенной на рисунке 3.3, с небольшим изменением – вместо туалета введена кладовая 9.

Варианты планировок пассажирского салона с использованием базовых планировок концевых частей рассмотрены ниже.

Планировки пассажирских салонов вагонов с традиционной конструкцией кузова – купейных, некупейных и открытого типа – показаны на рисунках 3.5–3.8.

Купейные спальные вагоны могут иметь одно-, двух-, трех-, четырех- и шестиместные купе [42].

Купе располагаются с одной стороны вагона. Они отделены друг от друга перегородками, а от коридора – перегородкой и задвижными дверями,

образуя изолированное помещение на заданное число мест. Ширина купе определяется типом и классом вагона. Чем выше класс, тем шире купе.

В *двухместных купе* спальные места размещаются на одном или двух уровнях. При этом верхнее место может быть расположено или поперек или вдоль вагона. В *трехместных купе* спальные места размещаются, как правило, в три яруса. Такие купе легко трансформируются в двухместные. В *четырёхместных* и *шестиместных купе* спальные места располагаются в два яруса и три яруса соответственно друг против друга. Наибольшее пространство получили вагоны с четырёхместными купе.

Купейный спальный вагон «СВ» модели 61-4174 с кузовом традиционной конструкции (рисунок 3.5, а) имеет в пассажирском салоне восемь двухместных купе 2 и бытовое помещение с душевой кабиной 6, *купейный спальный вагон* модели 61-4179 (рисунок 3.5, б) – девять четырёхместных купе.

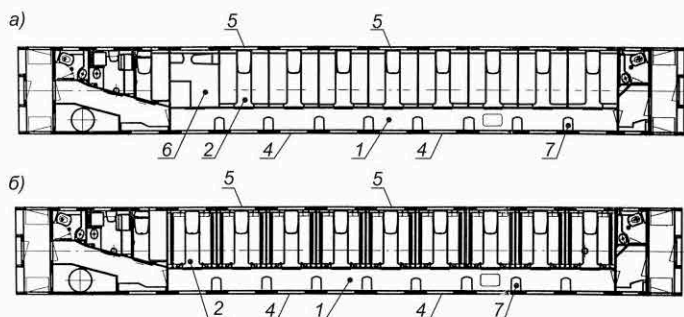


Рисунок 3.5 – Планировки кузовов пассажирских купейных спальных вагонов первой группы:

а – вагона «СВ» модели 61-4174 с двухместными купе на 16 мест; б – вагона модели 61-4179 с четырёхместными купе на 36 мест;

1 – большой коридор; 2 – купе пассажирское; 3 – пассажирское отделение; 4 – окно – аварийный выход; 5 – глухое окно; 6 – бытовое помещение с душевой кабиной; 7 – откидное сиденье

Купейный спальный штабной вагон (рисунок 3.6) имеет планировку концевых частей, несколько отличную от приведенной на рисунке 3.3. В нетормозном (нерабочем) конце вагона размещены купе для инвалида 9 и туалет 10, доступный для инвалида-колясочника. Купе для инвалида предусматривает его проезд с сопровождающим лицом, а туалет и тамбур 13 имеют увеличенную площадь, позволяющую проехать коляске, и более широкие двери. Тамбур оборудован двумя подъемниками.

В тормозном (рабочем) конце вагона размещено купе с радиооборудованием 5, а в пассажирском салоне расположено бытовое помещение с душевой кабиной 8 и шесть купе 6 для пассажиров.

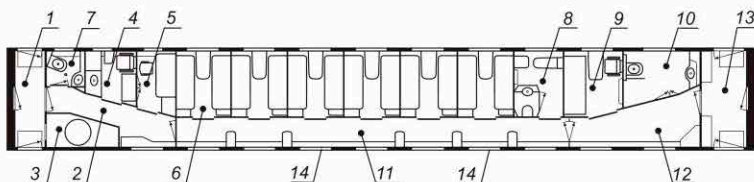


Рисунок 3.6 – Планировка кузова пассажирского купейного спального штабного вагона модели 61-4186 на 26 мест:

1 – тамбур тормозного конца вагона; 2, 12 – коридоры тормозного и нетормозного концов вагона; 3 – котельное отделение; 4 – служебное отделение; 5 – купе с радиооборудованием; 6 – пассажирское купе; 7, 10 – туалеты тормозного и нетормозного концов вагона; 8 – бытовое помещение с душевой кабиной; 9 – купе для инвалида; 11 – большой коридор; 13 – тамбур (с двумя подъемниками) нетормозного конца вагона; 14 – окно – аварийный выход

Некупейные спальные вагоны имеют кузова традиционной конструкции, в салонной части которых (рисунок 3.7) расположены пассажирские отделения 2 на шесть спальных мест каждое. Спальные места размещаются в два яруса: четыре места – поперек вагона, два – вдоль. Нижняя боковая полка легко трансформируется в два места для сидения со столиком между ними.

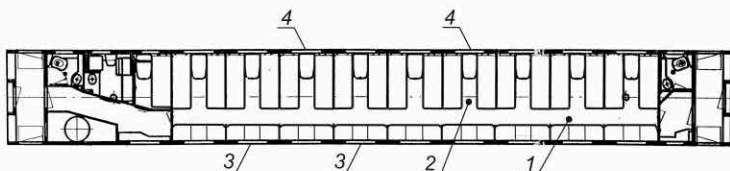


Рисунок 3.7 – Планировка кузова пассажирского некупейного спального вагона модели 61-4194:

1 – большой коридор; 2 – пассажирское отделение; 3 – глухое окно; 4 – окно – аварийный выход

Вагоны открытого типа предназначены для выполнения массовых перевозок пассажиров с длительностью пребывания в пути не более 8–12 часов. Кузова таких вагонов имеют открытый салон с креслами для сидения. Так, в вагоне модели 61-4178 (рисунок 3.8) предусмотрено два ряда двухместных кресел на 60 мест, два из них – для пассажиров с детьми.

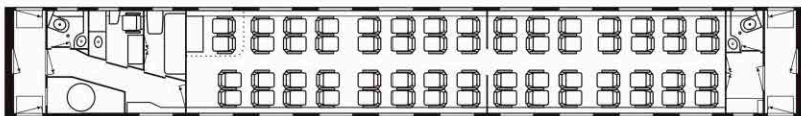


Рисунок 3.8 – Планировка кузова пассажирского вагона открытого типа с креслами для сидения модели 61-4178 на 60 мест

Варианты планировок пассажирского салона для пассажирских вагонов нового поколения приведены на рисунках 3.9 и 3.10.

Купейный вагон с креслами для сидения модели 61-4170 (см. рисунок 3.9, а) имеет восемь шестиместных купе с мягкими креслами. Кресла имеют широкий диапазон трансформации спинки и сидения. Продольная перегородка, отделяющая купе от центрального коридора, а также задвижные двери купе и двери из коридора нерабочего конца вагона выполнены прозрачными тонированными из листового поликарбоната. Два окна в большом коридоре (напротив 3-го и 6-го купе) могут служить аварийными выходами.

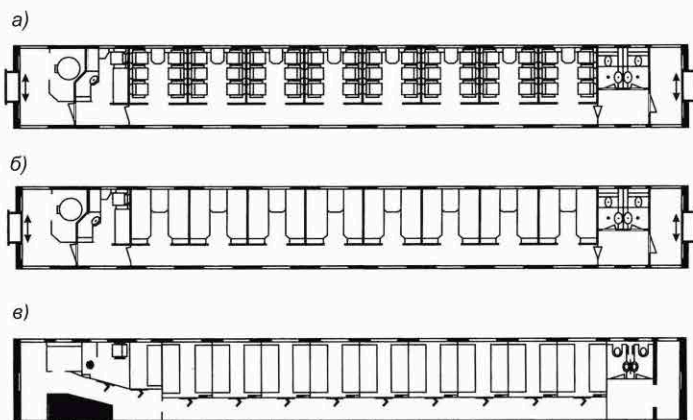


Рисунок 3.9 – Планировки пассажирского салона купейных вагонов нового поколения:

а – купейный вагон креслами для сидения (модель 61-4170); б – купейный спальный вагон на 32 места; в – купейный спальный вагон на 36 мест (модель 61-4440)

Купейные спальные вагоны нового поколения, показанные на рисунке 3.9, б, в, различаются планировкой концевых частей и количеством четырехместных купе в пассажирском салоне (восемь и девять).

Купейный спальный вагон «СВ» нового поколения (рисунок 3.10, а) имеет десять двухместных купе 1. Смежные купе оборудованы общим умывальным помещением 2, вход в которое сделан из каждого купе.

Купейный спальный штабной вагон (рисунок 3.10, б) отличается планировкой нетормозного (нерабочего) конца вагона, которая предусматривает купе для инвалида 4; туалет 5, доступный для инвалида-колясочника; обычный туалет 7 и душевую кабину 6. В пассажирском салоне расположено купе с радиооборудованием 3 и шесть купе 1 для пассажиров.

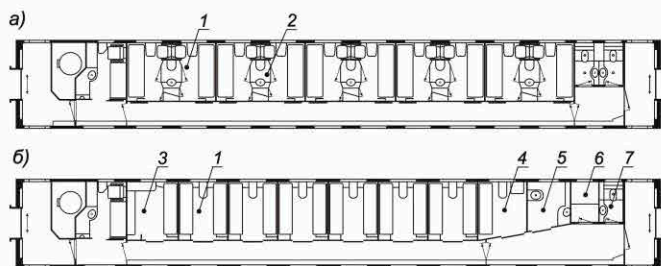


Рисунок 3.10 – Планировки пассажирского салона вагонов нового поколения:

а – вагона «СВ» с двухместными купе; *б* – штабного вагона;

1 – купе для пассажиров; *2* – умывальное помещение; *3* – купе с радиооборудованием; *4* – купе инвалида; *5* – туалет, доступный для инвалида-колясочника; *6* – душевая кабина; *7* – туалет

Пассажирские вагоны нового поколения открытого типа с креслами для сидения (рисунок 3.11) имеют открытый салон.

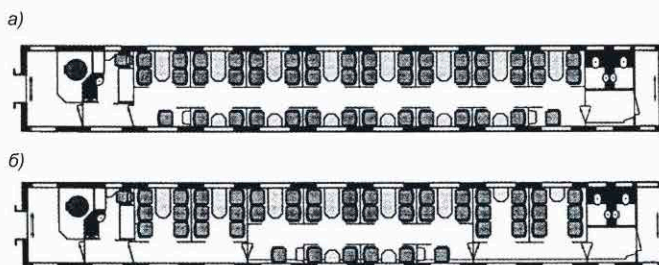


Рисунок 3.11 – Варианты планировок пассажирского салона вагонов нового поколения с креслами для сидения на 46 мест:

а – открытого типа; *б* – комбинированная (со средней открытой частью салона и с шестиместными купе по концам)

В заключение рассмотрим **планировки специальных вагонов** (рисунок 3.12).

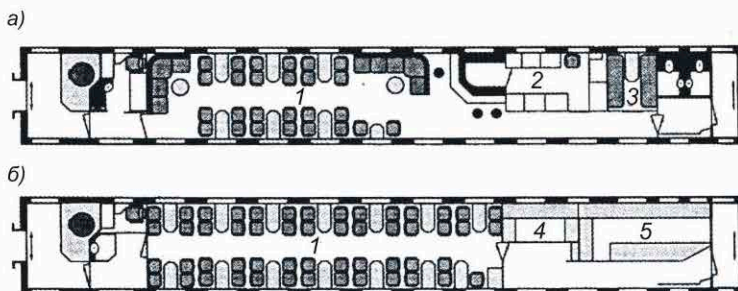


Рисунок 3.12 – Варианты планировок пассажирских вагонов нового поколения специального назначения:

а – вагон-бар; *б* – вагон-ресторан;

1 – помещение для посетителей; *2* – раздаточное помещение; *3* – купе барменов;
4 – бар; *5* – кухня

В пассажирском вагоне-баре предусмотрены помещение для посетителей *1* на 38 мест, раздаточное помещение *2* и купе барменов *3*.

Пассажирский вагон-ресторан имеет зал для посетителей *1* на 53 места, бар *4* и кухню *5*.

Багажный вагон предназначен для перевозки багажных отправок в сопровождении персонала в количестве 3 человек в составе почтово-багажных и пассажирских поездов. Багажный вагон модели 61-4185 (рисунок 3.13) имеет кузов традиционной конструкции грузоподъемностью 20 т. Внутри кузова размещены два тамбура *1* и *8*, котельное *2* и служебное *5* отделения, купе персонала *6*, багажная кладовая *7*, туалет *4* и коридор *3*. Загрузка багажа выполняется через боковые грузовые двери *8*.

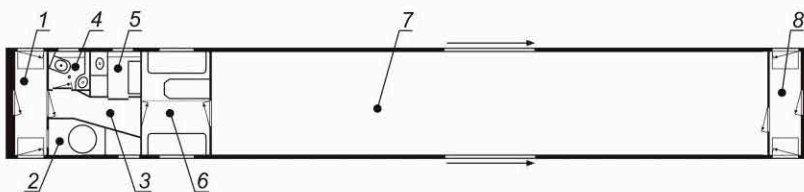


Рисунок 3.13 – Планировка багажного вагона модели 61-4185:

1, 8 – тамбуры тормозного и нетормозного концов вагона; *2* – котельное отделение;
3 – коридор; *4* – туалет; *5* – служебное отделение; *6* – купе персонала;
7 – багажная кладовая

3.4 Конструкция кузовов пассажирских вагонов

Конструктивное исполнение кузовов. Кузов пассажирского вагона представляет собой замкнутую тонкостенную оболочку, образованную обшивкой рамы 12, стен 2 и крыши 8, с вырезами (для окон и дверей), подкрепленную поперечными и продольными элементами жесткости (каркасом из стоек 4, дуг 7, поперечных балок 10 и продольных элементов 1, 3, 5, 6, 9 и 11) (рисунок 3.14).

Кузова пассажирских вагонов выполняются в двух конструктивных исполнениях рамы: со сквозной хребтовой балкой и с хребтовой балкой только в консольных частях.

Основные составные части кузова. Кузов пассажирского вагона состоит:

- из металлоконструкции (рама, стены и крыша);
- деревянной обрешетки;
- изоляции;
- внутренней обшивки и облицовки;
- внутреннего оборудования (диваны, полки, столики и др.);
- систем жизнеобеспечения (санитарно-гигиенических и энергетических устройств).

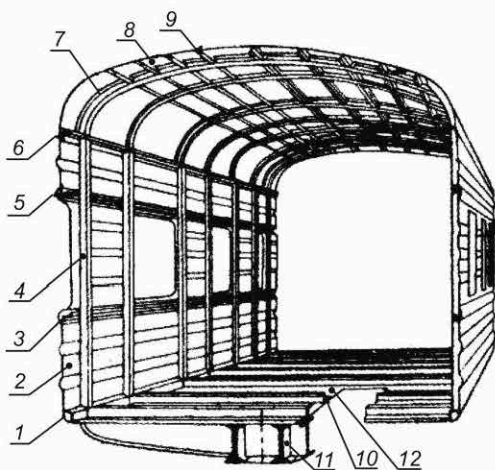


Рисунок 3.14 – Металлоконструкция кузова пассажирского вагона с хребтовой балкой:

1 – продольная боковая балка;
2, 8, 12 – обшивка стен, крыши и пола; 3, 5 – подоконный и надоконный продольные подкрепляющие гофры; 4 – стойка; 6 – верхняя обвязка кузова; 7 – дуга; 9 – продольный подкрепляющий элемент крыши (стрингер или гофр); 10 – поперечная балка; 11 – хребтовая балка

Кузов является наиболее материалоемкой частью пассажирского вагона, составляющей 70–75 % массы вагона.

Общий вид пассажирского вагона показан на рисунке 3.15.

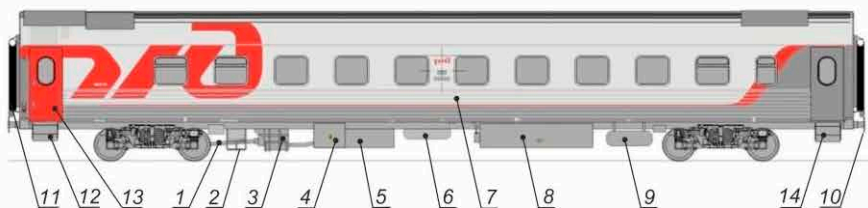


Рисунок 3.15 – Общий вид пассажирского купейного вагона:

1 – карданный вал привода подвагонного генератора; 2 – предохранительное устройство карданного вала; 3 – подвагонный генератор; 4 – ящик блока управления генератором; 5 – ящик частотного преобразователя кондиционера; 6 – запасный резервуар тормозной системы; 7 – кузов с термоизоляцией; 8 – аккумуляторный бокс; 9 – бак-накопитель экологически чистого туалета (ЭЧТ); 10 – буфер; 11 – упругая переходная площадка; 12 – подножка с дополнительной откидной ступенью; 13 – боковая наружная входная дверь; 14 – подножка

Основные технические показатели пассажирских вагонов. В таблице 3.2 приведены основные технические показатели базовых вагонов первой и второй групп и некупейного вагона эксплуатационного парка модели 61-821.

Таблица 3.2 – Основные технические показатели пассажирских вагонов

Показатель	Модель вагона			
	61-821	61-820/61-4179	61-4440	61-4170
Масса тары (без экипировки), т	50	54/56,7	59	58,6
Длина вагона по осям сцепления автосцепок, мм	24537	24537	25500	25500
База вагона, мм	17000	17000	17000	17000
Ширина кузова наружная без гофров, мм	3105	3105	3104	3104
Габарит кузова по ГОСТ 9238	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ
Конструкционная скорость, км/ч	160	160	160	200
Модель тележки: тормозного/нетормозного концов вагона	68-875/68-876	68-875/68-876, 68-4065/68-4066	68-4095/68-4076	68-4075/68-4076
База тележки, мм	2400	2400	2500	2500
Количество мест	54	36	36	48
Плавность хода, не более	3,25	3,25/3,1	2,8 (3,0)	2,8
Средний коэффициент теплопередачи ограждений кузова, не более, Вт/м ² К	1,1	0,95	0,85	0,85
Назначенный срок службы до списания, лет	28	28	40	28

3.4.1 Конструкция новых пассажирских вагонов с кузовом традиционного конструктивного исполнения

Новые пассажирские вагоны с кузовами традиционного конструктивного исполнения выполнены с применением нержавеющей, углеродистой и низколегированной стали и имеют раму с хребтовой балкой, выполненной из двутавра в средней части и двух швеллеров – в концевых. Использование нержавеющей стали повышает ресурс кузова, резко сокращает объем ремонтных работ на кузове. В то же время применение нержавеющей стали для отдельных элементов и узлов кузова в виду ее высокой стоимости ограничено с учетом реальной картины коррозионных повреждений кузова пассажирского вагона.

Устройство кузовов таких вагонов (рисунок 3.16) рассмотрим на примере вагонов моделей 61-820 и 61-4179. Планировка вагонов показана на рисунке 3.5, б.



Рисунок 3.16 – Общий вид пассажирского вагона с кузовом традиционного конструктивного исполнения

Конструкция кузова купейного спального вагона модели 61-820. Обшивка стен и крыши кузова выполнена из малоуглеродистой стали 4-ПП-15 кп, элементы каркаса – низколегированной стали 09Г2Д-12, обшивка рамы – нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Техническая характеристика: длина рамы $2L_p = 23,457$ м; общая длина вагона $2L_{ог} = 24,537$ м; наружная ширина $2B_n = 3,105$ м; база $2l = 17$ м; масса тары $T = 54$ т; количество мест для пассажиров – 36, для проводников – 2; конструкционная скорость – 160 км/ч.

Пробег между деловскими ремонтами 450 тыс. км или срок эксплуатации не более трех лет – в период от постройки до первого капитального ремонта. Назначенный срок службы до списания – 28 лет, назначенный срок службы до первого капитального ремонта – 8 лет.

Металлоконструкция кузова (рисунок 3.17) включает раму с металлическим настилом пола 1, боковые 2 и торцевые 4 стены, тамбурные перегородки 3 и крышу 5.

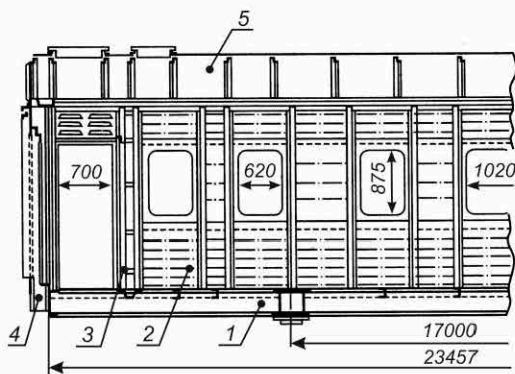


Рисунок 3.17 – Кузов пассажирского вагона модели 61-820

Рама вагона выполнена со сквозной хребтовой балкой переменного по длине сечения.

Рама (рисунок 3.18) образована хребтовой балкой, состоящей из трех частей: двух усиленных концевых *1* и облегченной средней *11*, а также двумя концевыми *4*, двумя шкворневыми *2* и двумя тамбурными *12* балками, промежуточными поперечными балками *3* и двумя боковыми балками (обвязками) *5*. Концевые части хребтовой балки *1* двухстержневые, выполнены из двух швеллеров № 30В-1, средняя часть *11* одностержневая, из двутавра № 30.

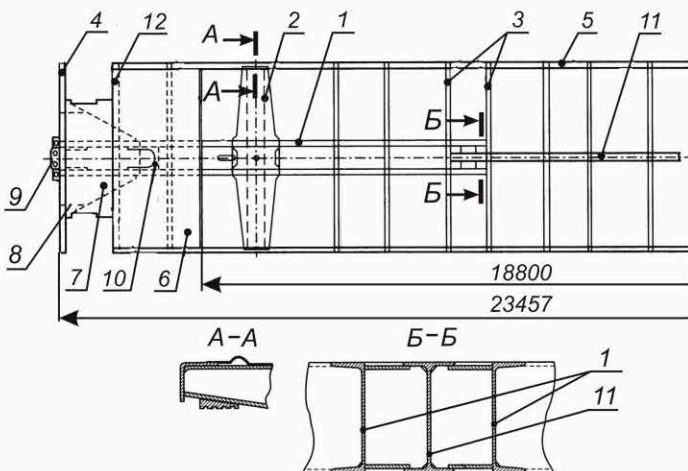


Рисунок 3.18 – Рама с настилом пола кузова пассажирского вагона модели 61-820

Конструктивное исполнение хребтовой балки в виде трех составных частей с усилением концевых частей характерно для всех пассажирских вагонов. Это обусловлено тем, что продольные усилия, возникающие в поезде, непосредственно воспринимаются концевыми частями, а в средней части – частично, так как здесь в восприятии этих сил участвуют боковые стены и крыша.

Зоны перехода концевой части хребтовой балки к средней части смещены от шкворневых балок к середине рамы. В концевой части хребтовой балки установлены ударная розетка 9, объединенная с передними упорами автосцепного устройства, и задние упоры 10.

Шкворневые балки 2 имеют переменное по длине замкнутое коробчатое сечение, а промежуточные балки – в основном швеллерообразное сечение.

Концевые балки изготовлены из швеллера № 30-B1, боковые балки – из прокатного уголка № 10 сечением 100×100×8 мм.

Все поперечные балки рамы расположены под металлическим настилом пола 6. В местах соединения боковых балок с концами высоких поперечных балок высота последних уменьшается.

Настил пола – стальной. В концевых частях пол 6 образован гладкими листами толщиной 2,5 мм; в средней части – гофрированными листами толщиной 1,5 мм с гофрами полукруглой формы и шагом между их осями 125 мм. На рисунке 1.4 настил пола в средней части условно не показан.

В средней части пол перекрывает раму на длине 18,8 м, превышающей базу вагона, в концевых – на длине 2,2 м.

В зонах установки буферных комплектов между нижними полками швеллеров концевой и хребтовой балок на длине до задних упоров 10 автосцепного устройства приварены усиливающие косынки 7 из листа толщиной 3 мм, а концевая балка подкреплена вертикальными ребрами 8.

Боковая стена (рисунок 3.19) состоит из тонкой гофрированной обшивки, подкрепленной каркасом с внутренней стороны.

Обшивка стены образована тремя поясами: нижним 1, средним 2 и верхним 3.

Нижний (подоконный) пояс 1 представляет собой прокатный гофрированный лист толщиной 2,5 мм с гофрами полукруглой формы.

Средний (оконный) пояс 2 образован из штампосварных секций с толщиной листов 2,5 мм. Каждая секция представляет собой межоконный простенок с тремя продольными гофрами и окантовкой оконного проема. Секции среднего пояса свариваются по вертикальным кромкам встык.

Верхний (надоконный) пояс 3 выполнен из специальной прокатной гофрированной панели толщиной 2 мм с четырьмя гофрами полукруглой формы.

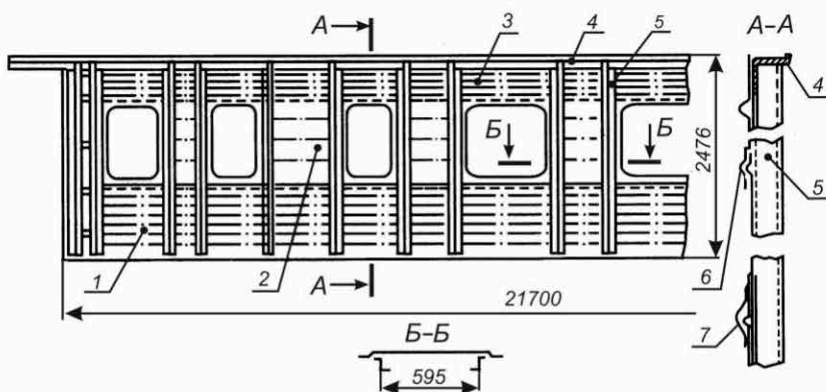


Рисунок 3.19 – Боковая стена кузова пассажирского вагона модели 61-820

Соединение поясов между собой в продольном направлении выполняется внахлестку контактной сваркой. В результате такого соединения образуются продольные подкрепления в виде подоконного 7 и надоконного 6 гофров замкнутого поперечного сечения.

Каркас стены образован верхней обвязкой 4 и промежуточными стойками 5. Верхняя обвязка и промежуточные стойки выполнены из гнутого Z-образного профиля с размерами $50 \times 70 \times 20 \times 3$ мм и $65 \times 55 \times 40 \times 3$ мм соответственно. Элементы каркаса привариваются к обшивке боковой стены контактной точечной сваркой.

Торцевая стена (рисунок 3.20) представляет собой подкрепленную тонколистовую конструкцию с дверным проемом размером в свету 696×1960 мм. Наружный контур торцевой стены соответствует контуру поперечного сечения кузова.

Торцевая стена состоит из гофрированной обшивки 7 толщиной 1,5 мм с вертикально расположенными гофрами полукруглой формы, подкрепленной элементами жесткости.

По вертикальным краям обшивка подкреплена боковыми стенками, каждая из которых представляет собой панель 10, подкрепленную двумя стойками 5 из гнутых Z-образных профилей. Лист панели имеет отбуртовку по высоте и вертикально расположенную выштамповку в нижней части для размещения дверного поручня.

Верхний криволинейный контур обшивки подкреплен дугой 3 из гнутого уголкового профиля.

Нижняя горизонтальная кромка стены усилена поперечным креплением 1 из гнутого Z-образного профиля.

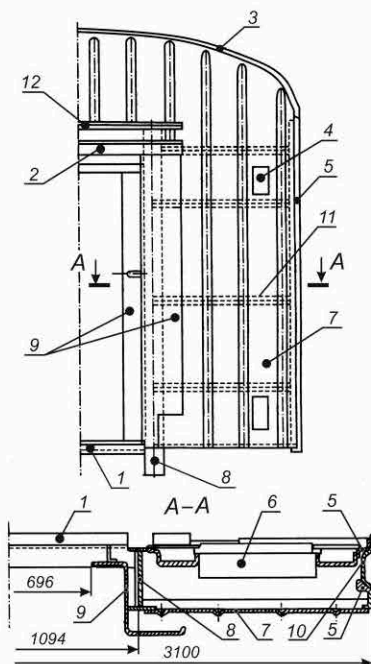


Рисунок 3.20 – Торцевая стена кузова пассажирского вагона модели 61-820

Рамка состоит из стоек 9 и балки 2, выполненных из Z-образных гнутых профилей. Над балкой 2 расположен элемент 12, на который крепится козырек суфле.

Для размещения электрических сигнальных фонарей в стене предусмотрено три выреза 4 – два горизонтальных и один вертикальный.

В торцевой стене тормозного конца по обе стороны от дверного проема устроены емкости 6 для хранения угля. Со стороны нетормозного конца полости в торцевой стене используются в качестве шкафов для белья и одежды.

Для влезания на крышу на торцевой стене тормозной стороны вагона укреплены складная лестница и скобы 1 (рисунок 3.21). Лестница должна легко раскладываться и складываться. В сложенном положении лестница запирается специальным замком 3 под трехгранный ключ.

Крыша (рисунок 3.22) выполнена в виде открытой тонкостенной подкрепленной цилиндрической оболочки.

Обшивка крыши в средней части выполнена из гофрированных листов 4 толщиной 2 мм с гофрами полукруглой формы, а по скатам – из

По высоте стены обшивка с внутренней стороны подкреплена ребрами 11, кромки которых имеют отбуртовку.

В зоне дверного проема торцевая стена усилена двумя мощными противоударными стойками 8 из двутавров № 26 Б1, обеспечивающими прочность кузова при аварийных ударных нагрузках.

Нижние концы стоек, выступающие за нижний контур стены, привариваются к концевой балке рамы, верхние концы – к горизонтально расположенному швеллеру концевой части крыши (концевой поперечной обвязке крыши), образуя конструкцию, обеспечивающую жесткую связь стены и крыши.

Дверной проем подкреплен в верхней части и по бокам П-образной рамкой, приваренной к стойкам 8 и обеспечивающей крепление резинокордных баллонов (суфле) упругой площадки.

гладких листов 5 толщиной 2 мм с продольной отбуртовкой. Панели листов гофрированной и гладкой обшивки свариваются внахлест.

Каркас крыши включает боковые продольные обвязки 2 из гнутого уголкового профиля $55 \times 55 \times 3$ мм, концевые поперечные обвязки 1 из швеллеров № 30В, связывающие концы продольных обвязок; дуги 3 из гнутого Z-образного профиля $45 \times 60 \times 40 \times 2,5$ мм и продольные балки 6 из гнутого швеллера $40 \times 65 \times 40 \times 3$ мм, подкрепляющие люки.

В крыше предусмотрены люки, закрываемые крышками, для монтажа мотора-вентилятора 8 системы вентиляции, калорифера 7 системы отопления (калорифер служит для нагрева наружного воздуха в зимнее время), котла 9 системы отопления и водяного бака системы водоснабжения (на рисунке 3.22 не показан).

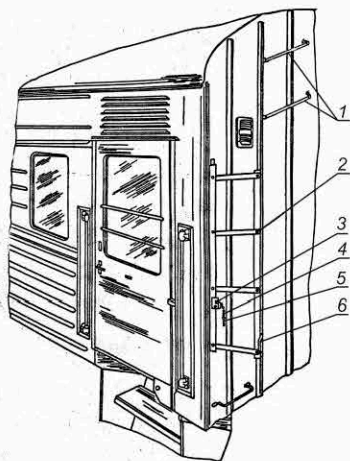


Рисунок 3.21 – Лестница для влезания на крышу:

1 – скоба; 2 – шарнирное соединение;
3 – замок; 4 – цепочка; 5 – стопор; 6 – ручка

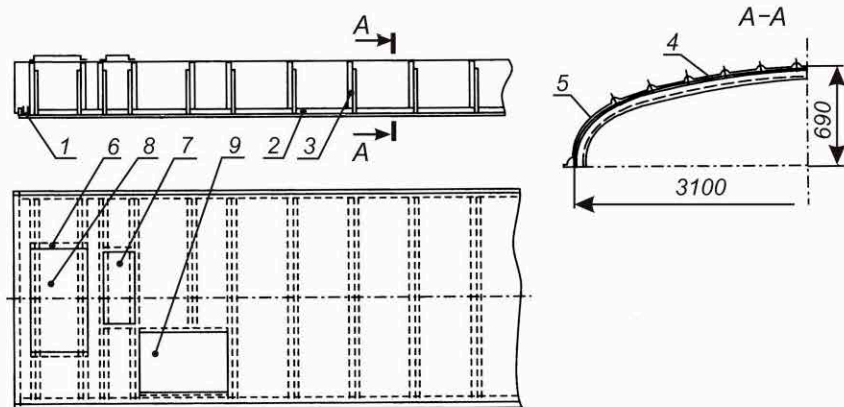


Рисунок 3.22 – Крыша кузова пассажирского вагона модели 61-820

Конструкция кузова купейного спального вагона с установкой кондиционирования воздуха модели 61-4179. Кузов вагона модели 61-4179, который предназначен для замены модели 61-820, в целом имеет аналогичную конструкцию. Основным отличием является наличие в вагоне установки кондиционирования воздуха. Поэтому основные изменения имеют место в конструкции крыши, в которой на тормозном конце введен люк для подкрышевого кондиционера. Масса тары увеличена до 56,7 т.

Поперечное сечение кузова модели 61-4179 для варианта комбинированной обшивки (гофрированной и гладкой) показано на рисунке 3.23. Для рамы, подоконного пояса боковой стены и крыши используется гофрированная обшивка, для оконного и надоконного поясов боковой стены – гладкая с продольными подкрепляющими элементами.

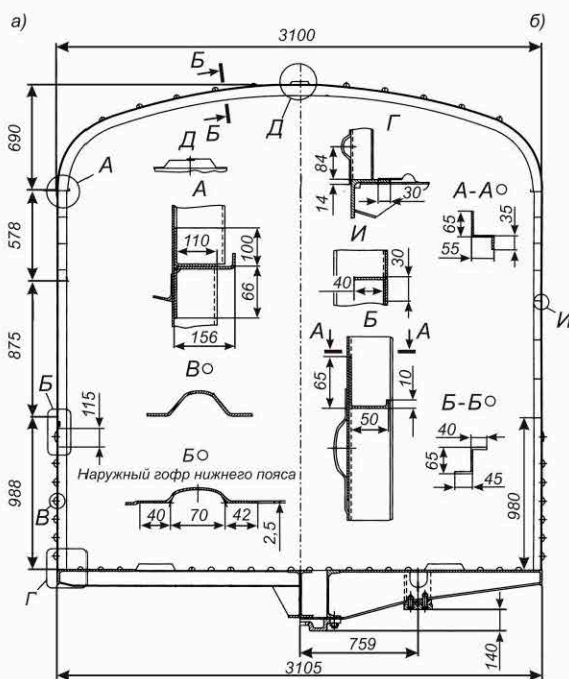


Рисунок 3.23 – Поперечное сечение кузова пассажирского вагона модели 61-4179:
а – по оконному проему; б – по межоконному простенку

Обшивка и каркас кузова выполнены из стали 15 пс по ГОСТ 16523, хребтовая, шкворневые, поперечные балки рамы и противоударные стойки торцевой стены – из низколегированной стали 09Г2С по ГОСТ 19281–89,

настил пола в зоне туалета и обшивка торцевой стены тормозного конца вагона – из коррозионностойкой стали марки 321 AISI (аналога российской нержавеющей стали 12Х18Н10Т).

3.4.2 Конструкция кузовов пассажирских вагонов эксплуатационного парка

Особенности конструкции кузовов вагонов эксплуатационного парка старой постройки рассмотрим на примере некупейного вагона модели 61-821.

Кузов некупейного вагона модели 61-821 выполнен с применением углеродистых и низколегированных сталей: толстостенные элементы каркаса – низколегированной стали 09Г2Д, тонкостенные элементы каркаса – углеродистой стали 20 кп и ВСт3, обшивка – углеродистой стали 15 кп. Базовая планировка некупейных вагонов приведена на рисунке 3.7.

Техническая характеристика: $2L_p = 23,457$ м; $2L_{об} = 24,537$ м; $2B_n = 3,105$ м; $2l = 17$ м; $T = 50$ т; количество спальных мест – 54; конструкционная скорость – 160 км/ч.

Боковая и торцевая стены и крыша не имеют принципиальных конструктивных отличий по сравнению с моделью 61-820. Основные конструктивные изменения имеют место по раме с настилом пола.

Рама (рисунок 3.24) с двухстержневой хребтовой балкой переменного по длине сечения. Она образована хребтовой балкой 10, двумя концевыми 6, двумя шкворневыми 11 и тремя поперечными балками, размещенными между шкворневыми.

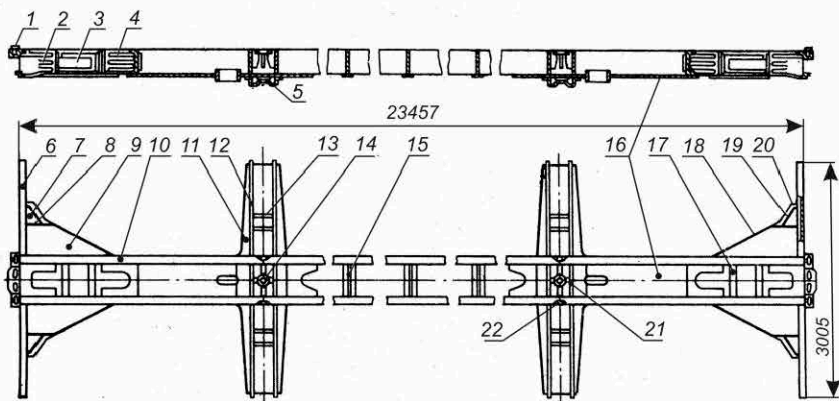


Рисунок 3.24 – Схема рамы кузова пассажирского вагона модели 61-821

Хребтовая балка 10 состоит из трех частей: двух концевых усиленных – из швеллеров № 30В-1 с толщиной стенок 9,5 мм и средней облегченной – из швеллеров № 30а с толщиной стенок 6,5 мм. Швеллеры средней части хребтовой балки на всей длине связаны между собой поперечными диафрагмами 15, а швеллеры концевых частей – задними 4 и передними 2 упорами автосцепного устройства, объединенными с ударной розеткой 1.

Для ограничения перемещения тягового хомута вверх к хребтовой балке сверху приварены планки 17. К вертикальным стенкам швеллеров хребтовой балки на участках между упорами 2 и 4 приклепаны планки 3, защищающие стенки швеллеров от истирания поглощающими аппаратами. На участке между задними упорами и шкворневыми балками хребтовая балка усилена листом 16 толщиной 10 мм.

Шкворневая балка сварная, замкнутого коробчатого сечения. Она состоит из двух вертикальных листов 12 переменной высоты по длине толщиной 8 мм, нижнего фигурного листа 11 толщиной 10 мм и верхнего горизонтального листа. К нижнему листу в пересечении с хребтовой балкой на болтах крепится пятник 5, а по бокам – скользуны. Зоны размещения скользунов шкворневой балки усилены двумя ребрами 13, а надпятниковая зона – крестовиной 14, диафрагмами 21 и ребрами 22.

Концевая балка выполнена из двух швеллеров № 30, соединенных в середине с хребтовой балкой ударной розеткой 1 автосцепного устройства. В нижней части она связана с хребтовой балкой фигурным листом 9, имеющим отбортовку 18 высотой 58 мм. Для обеспечения достаточной жесткости концевых балок в местах постановки на них буферов упругих площадок эти зоны усилены ребрами 8, 19, 20 и планкой 7.

Основные поперечные балки выполнены в виде гнутого уголкового профиля переменной высоты по длине толщиной 6 мм.

Настил пола (рисунок 3.25) состоит из обшивки, подкрепленной каркасом.

Обшивка настила пола в консольных частях выполнена из гладких стальных листов 2 толщиной 3 мм, а на участке между шкворневыми балками 3 – из гофрированных листов 4 толщиной 2 мм.

Каркас настила образован двумя крайними поперечными балками 13, двумя продольными обвязками 6 и промежуточными поперечными балками 5, а также вспомогательными поперечными балками 11 для крепления котла.

Крайние поперечные балки 13 настила пола и балки для крепления котла 11 выполнены из Ω -образных профилей высотой 85 мм и толщиной 3 мм, промежуточные поперечные балки 5 – из Z-образных гнутых профилей высотой 65 мм и толщиной 3 мм, продольные обвязки 6 – из Z-образных профилей высотой 100 мм. Балки для крепления котла 11 у продольной оси настила стыкуются с промежуточными поперечными балками 5.

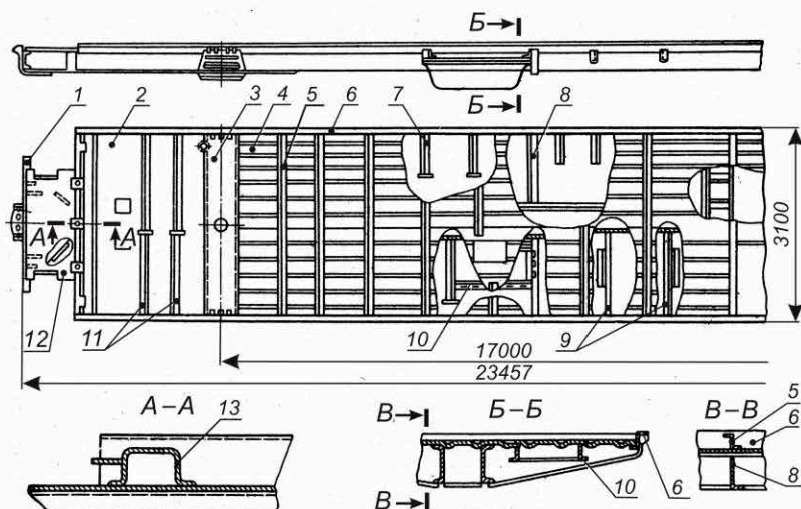


Рисунок 3.25 – Рама с настилом пола кузова пассажирского вагона модели 61-821

Пол в тамбурах покрыт гладким фигурным листом 12 с вырезами для размещения подножек. Пространство над подножками перекрывается откидывающимися крышками.

На рисунке 3.25 показаны некоторые вспомогательные балки рамы: балка 7 для крепления тормозного оборудования, 9 – для высоковольтного контактного ящика, 10 – для бельевого ящика.

Настил пола и рама, соединенные сваркой, образуют жесткую конструкцию, обеспечивающую необходимую прочность при действии эксплуатационных нагрузок.

Обобщая сказанное выше, можно отметить основные отличия кузовов вагонов новой постройки от вагонов старой постройки (рисунок 3.26).

1 Изменена конструкция рамы и настила пола. Рама имеет хребтовую балку, выполненную двухстержневой в концевых частях и одностержневой с средней части. Поперечные балки 1, поддерживающие настил пола, перенесены с внутренней поверхности кузова наружу, что обеспечивает лучшую защиту кузова от коррозионных повреждений и улучшает теплотехническую изоляцию пола благодаря сокращению переходных мостиков.

2 Нижняя обвязка боковых стен 2 выполнена из уголка 100×100×8 мм, который полностью открыт для нанесения антикоррозионных покрытий по всем его поверхностям, что способствует повышению надежности работы участка стыковки пола со стенами.

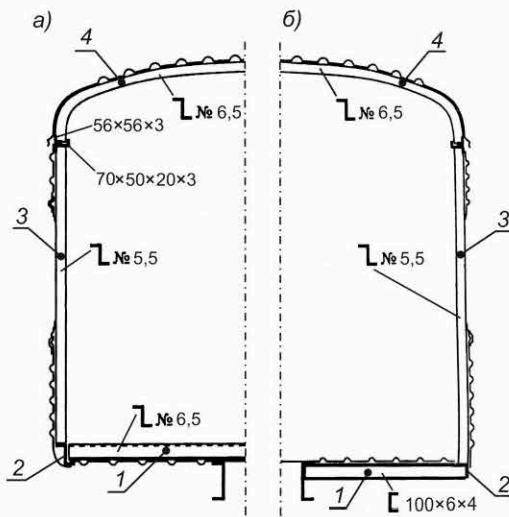


Рисунок 3.26 – Схемы поперечного сечения кузовов вагонов:
а – старого поколения; б – нового поколения

3 Лист среднего пояса (лист межоконного простенка) выполнен толщиной 2,0 мм (было 2,5 мм).

4 Стойки 3 боковых стен совмещены с дугами 4 крыши, образуя единый шпангоут.

5 Пол – плавающего типа, что позволяет гасить вибрацию металлического пола и снижать шум внутри вагона.

3.4.3 Особенности конструкции кузова пассажирского вагона без сквозной хребтовой балки

Металлоконструкция кузова без хребтовой балки незначительно отличается от рассмотренных выше кузовов, имеющих хребтовую балку. Основная особенность – в конструктивной схеме рамы (рисунок 3.27) и перераспределении металла по ее элементам.

Конструктивная схема рамы без хребтовой балки в средней части характеризуется:

- усиленными консольными частями;
- усиленными боковыми продольными балками, связывающими консольные части, и наличием дополнительных поперечных балок, соединяющих продольные балки в средней части;
- усиленным настилом пола в средней части.

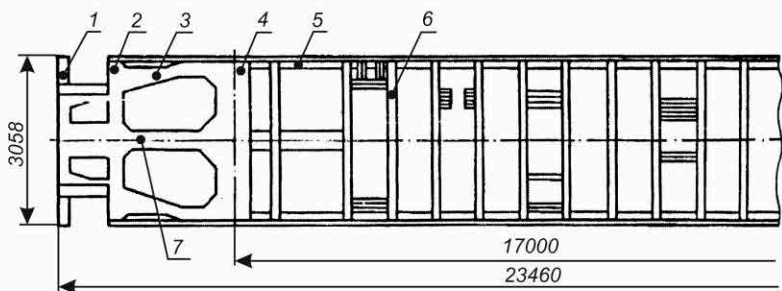


Рисунок 3.27 – Схема рамы кузова пассажирского вагона без хребтовой балки

Для усиления консольной части рамы дополнительно введены раскосы 3. Элементы консольной части (концевая 1, тамбурная 2 и шкворневая 4 балки и раскосы 3) сверху и снизу перекрыты листами толщиной 10 мм. Листы имеют вырезы, форма которых соответствует конфигурации элементов консольной части рамы.

Боковые продольные балки 5 рамы выполнены усиленными – из уголка $160 \times 160 \times 14$ мм. В средней части они дополнительно связаны поперечными балками 6. В зоне подвески подвагонного оборудования эти балки выполнены из прокатного швеллера № 14, а в других местах – из штампованных корытообразных элементов размером $140 \times 60 \times 4$ мм.

Увеличена также жесткость и прочность настила гофрированного металлического пола в средней части рамы с гофрами трапецидальной (а не радиальной) формы. Толщина листов 2,5 мм, а не 2 мм, как у кузова с хребтовой балкой модели 61-821.

Укороченные хребтовые балки 7 и шкворневые балки 4 замкнутого коробчатого сечения сварены из листов толщиной 10 мм и усилены диафрагмами в зоне их соединения. Концевые балки 1 – сварные швеллерообразного сечения из листов толщиной 10 мм, поперечные балки 2 и раскосы 3 сварены в форме двутавров из листов толщиной 8 и 10 мм. Настил пола в консольной части выполнен гладким из листов толщиной 3 мм.

Кузов изготовлен из углеродистых и низколегированных сталей, аналогичных применяемым в модели 61-821.

3.4.4 Особенности конструкции пассажирских вагонов с кузовами из нержавеющей стали

Применение в конструкции кузова нержавеющей стали позволяет создавать легкие вагоны, отвечающие требованиям прочности и устойчивости.

В качестве базовой конструкции вагона, в которой для изготовления кузова используется нержавеющая сталь, является некупейный вагон модели 61-806.

Кузов вагона выполнен комбинированным с применением нержавеющей и низколегированной сталей, что позволило уменьшить расход дорогой и дефицитной нержавеющей стали. Масса тары вагона 47,8 т.

Поперечное сечение кузова модели 61-806 показано на рисунке 3.28.

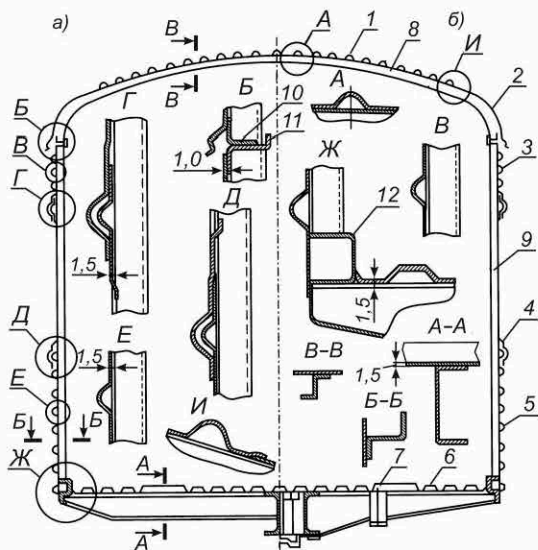


Рисунок 3.28 – Поперечное сечение кузова пассажирского вагона модели 61-806:

а – посередине кузова; *б* – по шкворневой балке

Обшивка крыши 1, 2, боковых 3, 4, 5 и торцевых стен, рамы 6, 7, а также элементы каркаса, подкрепляющие обшивку кузова изнутри, к которым относятся дуги крыши 8, стойки боковых стен 9, продольные обвязки крыши 10, боковых стен 11 и рамы 12, изготовлены из безникелевой нержавеющей стали марки 12Х13Г18Д. Наружные элементы каркаса – балки рамы и противоударные стойки торцевых стен – выполнены из низколегированной стали 09Г2Д-12 по ГОСТ 19281-89.

Нержавеющая сталь имеет высокие прочностные и коррозионные свойства, что исключает коррозионные потери металла и позволяет применить при изготовлении кузова более тонкие листы обшивки и прокатные профили с меньшей толщиной полок и стенок.

Поэтому главной особенностью конструкции вагона с кузовом из нержавеющей стали является уменьшенная по сравнению с кузовом из углероди-

стой стали толщина листов обшивки и подкрепляющих ее элементов, а также уменьшенный шаг гофров.

Толщина листов гофрированной обшивки настила пола, нижнего и среднего поясов боковой стены уменьшена до 1,5 мм, листов обшивки верхнего пояса боковой стены и крыши – до 1 мм. Для наиболее напряженных гофров выбрана трапецевидная форма (листы обшивки пола). Гофры листов обшивки крыши и боковой стены имеют форму гофров, аналогичную гофрам серийных вагонов. При этом шаг между гофрами уменьшен.

Рама вагона имеет хребтовую балку переменного по длине сечения. В концевых частях она выполнена двухстержневой (два швеллера № 30В-1), в средней части – одностержневой (двутавр № 30). Поперечные балки рамы располагаются под металлическим настилом пола, что позволяет обеспечить улучшенные тепло- и звукоизоляционные свойства пола вагона.

В кузове применяется конструкция пола «плавающего типа».

В последующем был построен опытный вагон модели 61-836. Различаются модели 61-806 и 61-836 степенью применения нержавеющей стали в элементах кузова. В модели 61-836 обшивка нижнего пояса кузова (настил пола и подоконный пояс боковых стен) и подкрепляющие тонкостенные элементы каркаса выполнены из нержавеющей стали марки 12Х13Г18Д, обшивка верхнего пояса (надоконный пояс и межоконные простенки боковых стен и крыша) – из низколегированной стали марки 10ХНДП, элементы рамы – из низколегированной стали марки 09Г2Д.

Использование нержавеющей стали в обшивке нижнего пояса обусловлено тем, что нижний пояс – это зона повышенного увлажнения и воздействия раствора щелочей.

Применение более экономичных профилей обшивки и подкрепляющих элементов снижает массу конструкции кузова на 2,2 т (модель 61-806) и 1,5 т (модель 61-836).

3.4.5 Особенности конструкции скоростных пассажирских вагонов с кузовами из алюминиевых сплавов

Базовой конструкцией вагонов с кузовами из алюминиевых сплавов для движения с конструкционной скоростью 200 км/ч являются опытные вагоны скоростного поезда РТ-200 «Русская тройка», построенного в 1972 году.

Характерная особенность таких вагонов – легковесность (облегченная конструкция), эффективная аэродинамическая форма, открытая планировка салона с креслами для сидения пассажиров и увеличенная длина. Эти вагоны служат для межобластного сообщения.

Техническая характеристика вагона: населенность 76 человек, масса тары 42 т, масса кузова 7,33 т, общая длина вагона 26,98 м, наружная длина кузова 26,384 м, база 19 м, наружная ширина кузова 3,05 м, габарит 1-ВМ.

В салоне для пассажиров (рисунок 3.29) установлено по 38 двухместных поворотных мягких кресел с регулируемым наклоном спинки. В тормозном конце вагона размещены тамбур 1, служебное помещение 7, купе для проводников 3, помещения для системы водоснабжения 2 и внутривагонного электрооборудования, сигнализации и радиофикации 8. В нетормозном конце вагона расположены тамбур и два туалета 5. Салон с тамбурами связан коридорами 6 и 9.

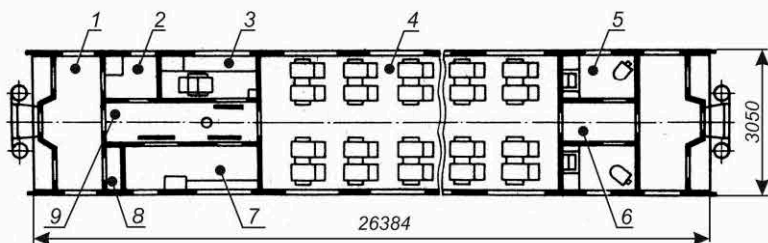


Рисунок 3.29 – Планировка вагона скоростного поезда РТ-200

Кузов (рисунок 3.30) образован рамой 5, боковыми 2 и торцевыми 3 стенами, крышей 1 и полом 4.

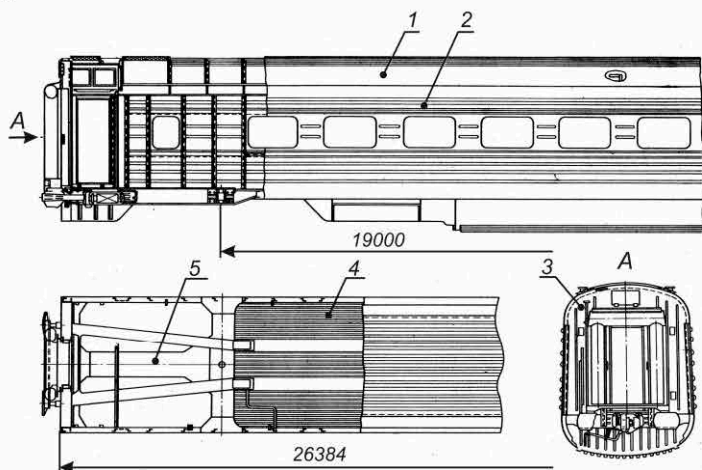


Рисунок 3.30 – Общий вид кузова вагона скоростного поезда РТ-200

Легковесность кузова обеспечивается тем, что основные несущие элементы кузова (обшивка и каркас) выполнены из пресованных и холодноштампованных профилей, соединенных между собой аргонодуговой свар-

кой. При этом элементы каркаса выполнены из алюминиевых сплавов 1915Т, обшивка – из алюминиевых сплавов АМгбМ.

Для уменьшения аэродинамического сопротивления боковые стены кузова наклонены к вертикальной оси под углом 2°, подвагонное пространство в средней части кузова перекрыто кожухом-обтекателем, а в концевых – откидными фальшбортами.

Фальшборта обеспечивают возможность проведения технического обслуживания подвагонного оборудования.

Кожух одновременно выполняет функцию несущего элемента конструкции и увеличивает ее изгибную жесткость, а также обеспечивает понижение центра тяжести вагона, повышая тем самым его поперечную устойчивость при прохождении кривых участков пути с увеличенной скоростью движения.

Кузов спроектирован без подножек, поскольку рассчитан на эксплуатацию по участкам железных дорог, оборудованных посадочными платформами.

Рама кузова выполнена без сквозной хребтовой балки с усиленной консольной частью. В консольных частях хребтовая балка 5 выполнена из двух швеллеров 300×80×14 мм, которые перекрыты сверху и снизу горизонтальными листами толщиной 6 и 14 мм.

Концевые балки – П-образного сечения, сварены из листов толщиной 10 мм. Шкворневые балки – замкнутого коробчатого сечения, сварены из двух вертикальных листов толщиной 14 мм и двух горизонтальных листов толщиной 10 мм. Промежуточные поперечные балки имеют швеллерообразное сечение размером 150×70×5 мм. Эти балки в местах установки подвагонного оборудования имеют замкнутое поперечное сечение.

Раскосы рамы переменной высоты по длине. Выполнены в форме двутавра из вертикальных листов толщиной 14 мм и горизонтальных – 10 мм.

Боковые балки рамы 3 (рисунок 3.31) имеют П-образную форму с отбортованными нижними горизонтальными полками.

Пол в средней части между шкворневыми балками выполнен из гофрированных листов толщиной 3 мм и уложен на поперечные балки 4 рамы.

Боковая стена образована гофрированной обшивкой 6 толщиной 6 мм и подкрепляющими элементами – верхней обвязкой 7 специального профиля и набора стоек 5 Z-образного профиля размером 40×55×3 мм. Стойки стен приваривают к боковым балкам 3 рамы, а боковые балки соединены поперечными балками 4.

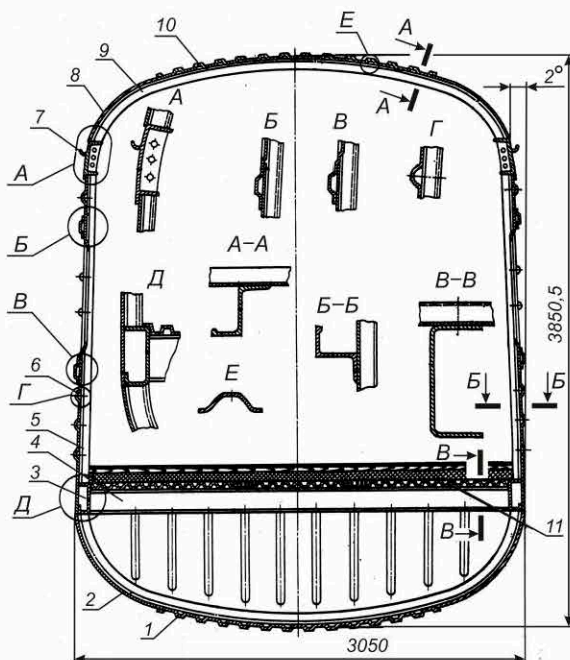


Рисунок 3.31 – Поперечное сечение кузова пассажирского вагона скоростного поезда РТ-200

Крыша кузова в средней части 10 и несущий кожух-обтекатель имеют одинаковые гофрированные листы толщиной 3 мм и дуги 9 из Z-образного профиля размером 65×40×3 мм. Скаты 8 крыши выполнены из листа толщиной 4 мм, а кожуха-обтекателя 2 – 6 мм.

Торцевая стена состоит из обшивки и двух противоударных стоек двутаврового сечения, которые приваривают к концевой балке и фрамуге.

3.4.6 Конструкции кузовов пассажирских вагонов нового поколения

Особенности конструкции кузовов пассажирских вагонов нового поколения рассмотрим на примере вагонов моделей 61-4170 и 61-4440.

Конструктивные особенности кузовов вагонов нового поколения.

1 Кузов увеличенной длины с плоской обшивкой боковых стен и с обтекателями в нижней зоне боковых стен (кроме зон тележек). Герметичность и повышенная обтекаемость таких вагонов обеспечивают снижение воздушного сопротивления при высоких скоростях движения.

2 Кузова изготавливаются с применением нержавеющей сталей.

- 3 Новая планировка концевых частей вагона.
- 4 Рама с хребтовой балкой переменной высоты по длине.
- 5 Наружные двери боковые одностворчатые прислонно-выдвижные и торцевые двухстворчатые раздвижные – имеют электропневматическое управление (электропневматический привод).
- 6 Новая конструкция окон с рамами из алюминио-пластмассовых профилей и теплоизоляция «Исовер» обеспечивают хорошее звукопоглощение и низкий коэффициент теплоотдачи.
- 7 Внутренняя обшивка стен сделана из труднотгорящего пластика, а потолок – из алюминиевых штампованных профилей.
- 8 Туалетные системы замкнутые экологически чистые.
- 9 Централизованное электроснабжение и высоковольтное отопление. Преимущественно будет применяться унифицированная система электрического отопления с жидким теплоносителем.
- 10 Обеспечение требуемого микроклимата в вагоне с помощью энергетического оборудования, основу которого составляет реверсивный кондиционер или компрессионный кондиционер.

Общий вид вагона нового поколения показан на рисунке 3.32.

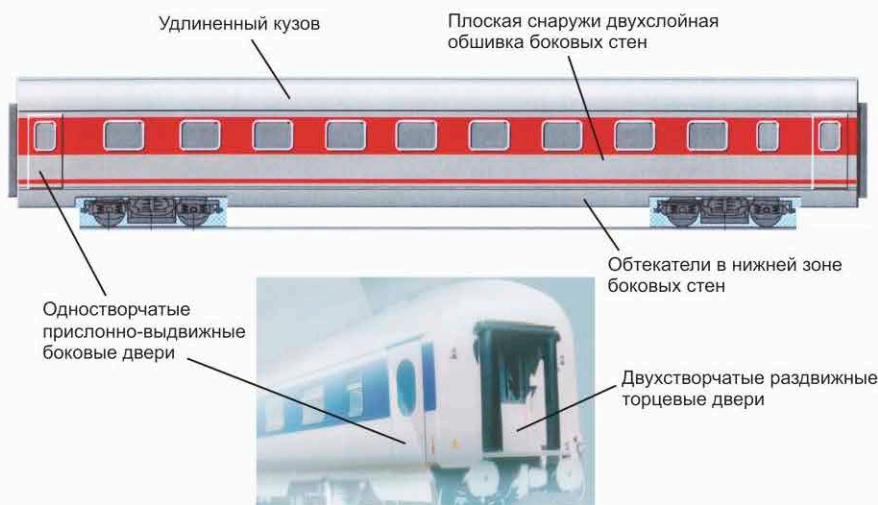


Рисунок 3.32 – Общий вид пассажирского вагона нового поколения

Пассажирский купейный вагон с креслами для сидения модели 61-4170.

Вагон модели 61-4170 предназначен для перевозки пассажиров на электрифицированных участках пути для движения с конструкционной скоростью до 200 км/ч с длительностью пребывания в пути не более 12 часов. Выпус-

кается Тверским вагоностроительным заводом с 1998 года. Вагоны используются в составе поезда «Невский экспресс».

Кузов вагона выполнен с применением углеродистых, низколегированных и нержавеющей сталей: балки рамы – из низколегированной стали 09Г2Д-12; элементы крыши (обшивка, обвязка и дуги) – из углеродистой стали 15 кп, 20 кп; боковые и торцовые стены, настил пола – из нержавеющей хромоникелевой стали 12Х18Н10Т. Планировка вагона приведена на рисунке 3.9, а.

Техническая характеристика: $2L_p = 24,924$ м; $2L_{об} = 25,5$ м; $2B_n = 3,104$ м; $2l = 17$ м; $T = 56$ т (без экипировки); количество мест для сидения – 48; количество мест для сидения проводника – 1; конструкционная скорость – 200 км/ч.

Назначенный срок службы до списания – 28 лет, назначенный срок службы до первого капитального ремонта – 8 лет.

Кузов вагона модели 61-4170 отличается от кузовов вагонов первой группы (традиционного конструктивного исполнения):

- формой кузова (имеет обтекаемую форму кузова с крышей цилиндрической формы);
- линейными размерами – увеличенной до 24,924 м (вместо 23,457 м) длиной вагона;
- материалом конструкции;
- планировкой концевых частей;
- конструкцией рамы (имеет более развитую консольную часть) и боковой стены (с двухслойной несущей обшивкой);
- системами жизнеобеспечения.

Поперечное сечение кузова вагона модели 61-4170 показано на рисунке 3.33.

Рама со сквозной хребтовой балкой переменного по длине сечения. Концевые части хребтовой балки выполнены из двух швеллеров № 30В, средняя часть – из двух швеллеров № 14П.

Конструкция зоны перехода концевой части рамы к средней части показана на рисунке 3.34.

На участке перехода швеллеров № 30В концевой части хребтовой балки 13 к швеллерам № 14П средней части хребтовой балки 7 привариваются накладка 11 и косынки 9 и 10.

Раскосы 2, введенные в конструкцию рамы, участвуют в передаче части продольных сил от шкворневого узла на боковые продольные балки 3 и боковые стены кузова, уменьшая тем самым внутренние продольные усилия в сечениях средней части хребтовой балки. Боковые продольные балки выполнены из неравнополочного уголка № 16/10.

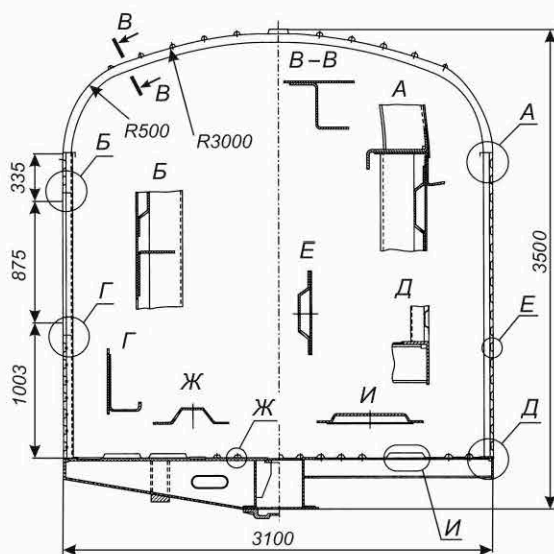


Рисунок 3.33 – Поперечное сечение кузова вагона модели 61-4170:
а – по крайнему оконному проему; б – по межоконному простенку

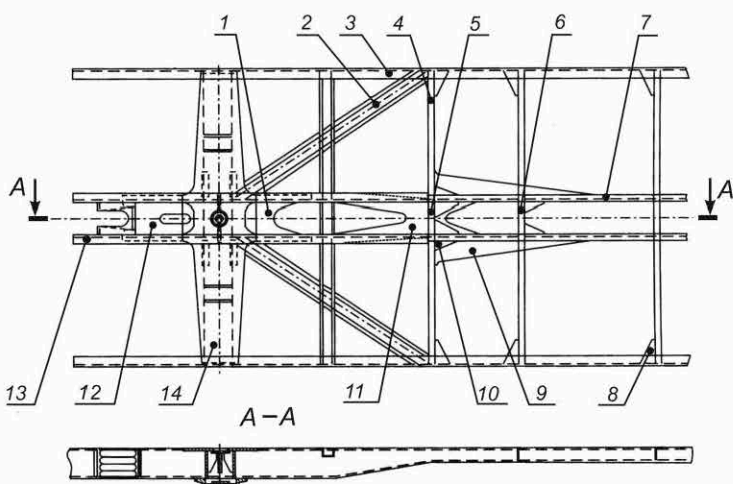


Рисунок 3.34 – Концевая часть рамы в зоне перехода вагона модели 61-4170

Поперечная балка 4, примыкающая к концам раскосов, замыкается по середине специальной вставкой 5 – короткой (по ширине хребтовой балки) балкой из швеллера № 14, а промежуточные поперечные балки замыкаются по серединам вставками 6. Зона приварки концов промежуточных поперечных балок к боковым балкам 3 рамы усилена косынками 8. Поперечные балки в средней части выполнены, как и хребтовая балка, из швеллера № 14П и расположены в одной горизонтальной плоскости с хребтовой балкой.

К нижнему горизонтальному листу шкворневой балки 14 и к нижним горизонтальным полкам швеллеров концевой части хребтовой балки 13 приварены накладки 1 и 12, обеспечивающие снижение концентрации напряжений в шкворневом узле.

Настил пола металлический, образован гофрированными листами с гофрами трапециевидной формы.

Боковая стена имеет двухслойную несущую обшивку (см. рисунок 3.33, вид Е). *Обшивка* образована гладким наружным листом и внутренними гофрированными панелями с непрерывным расположением гофров трапециевидной формы. Оба слоя обшивки (гладкая и гофрированная) соединены контактной точечной сваркой.

Стойки размещаются в зонах межоконных простенков и на нижнем подоконном поясе стены по серединам окон. Они изготовлены из гнутых уголковых профилей и приварены к гофрам внутренних панелей (см. рисунок 3.33, вид А).

Верхняя обвязка стены выполнена из специального гнутого профиля с продольным отгибом, образующим карниз между скатом крыши и боковой стеной (см. рисунок 3.33, вид А).

Крыша выполнена в виде открытой цилиндрической подкрепленной оболочки, имеющей более округлую форму по сравнению с крышами кузовов традиционной конструкции.

Обшивка крыши образована цилиндрическими гофрированными панелями в средней части и цилиндрическими гладкими на скатах.

Подкрепляющие элементы обшивки (дуги и продольные обвязки) изготовлены из гнутых Z-образных профилей (см. рисунок 3.33, вид А и сечение В–В).

Пассажирский купейный спальный вагон модели 61-4440. Вагон может рассматриваться в качестве базового для спальных вагонов нового поколения для движения с конструкционной скоростью 160 км/ч.

Планировка вагона показана на рисунке 3.9, а, поперечное сечение кузова – на рисунке 3.35.

Обшивка и каркас кузова выполнены из коррозионностойкой стали марки 321 AISI, балки рамы и противоударные стойки – из низколегированной стали 09Г2С.

Кузов имеет хребтовую балку переменного по длине сечения, по конструкции подобной модели 61-820 и 61-4179. В концевых частях она вы-

полнена из двух швеллеров № 30В, в средней части на длине базы – из двутавра № 30В-2 (см. рисунок 3.35).

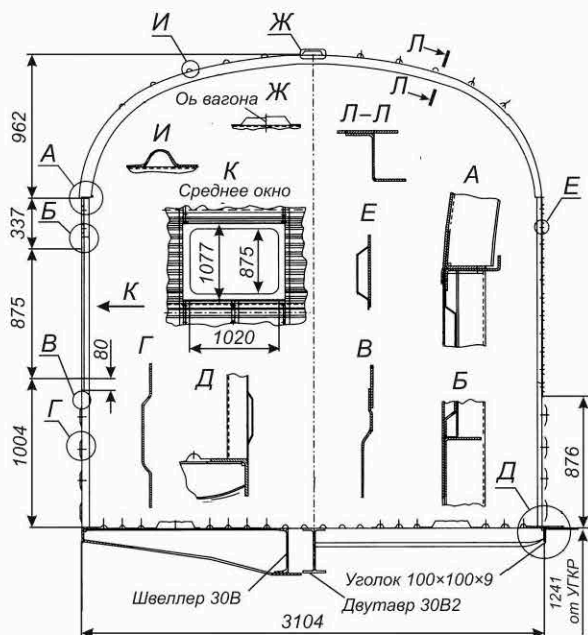


Рисунок 3.35 – Поперечное сечение кузова вагона модели 61-4440

Обшивка боковой стены кузова комбинированная:

- однослойная с продольными гофрами увеличенной до 120 мм ширины толщиной 2 мм – в подоконном поясе боковой стены;
- двухслойная (плоская толщиной 1,5 мм с наружной стороны и гофрированная толщиной 1,0 мм с внутренней стороны кузова) – в межоконных простенках и надоконном поясе.

Обшивка средней части крыши и пола выполнена с продольными гофрами полукруглой формы высотой 21 мм с шагом 250 и 125 мм соответственно.

Основные отличия новых вагонов первой и второй групп. Сравнительный анализ конструкций новых вагонов первой и второй групп приведен в таблице 3.3. Различия в системах жизнеобеспечения рассмотрены в подразд. 3.5.

Таблица 3.3 – Анализ конструкций новых вагонов первой и второй групп

Показатель	Модель вагона	
	61-4179	61-4170
Линейные размеры вагона	Длина рамы 23,457 м, общая длина вагона 24,537 м	Длина рамы увеличена до 24,924 м, а общая длина вагона – до 25,5 м
Материал кузова	Низколегированные, углеродистые и нержавеющие стали, с различной степенью использования нержавеющей стали	
Элементы кузова из нержавеющей стали	Обшивка рамы	Боковые и торцовые стены, настил пола
Обшивка боковых стен	Гофрированная обшивка, состоящая из трех поясов	Двухслойная несущая обшивка, гладкая снаружи
Планировка концевых частей кузова	Два тамбура шириной по 840 мм и туалеты на тормозном и нетормозном концах вагона	Два тамбура увеличенной до 1100 мм ширины и два туалета, размещенные в нетормозном конце вагона
Хребтовая балка рамы	Переменного по длине сечения: два швеллера № 30В-1 в концевых частях и двутавр № 30 в средней части	Переменной высоты по длине: два швеллера № 30В-1 в концевых частях и два швеллера № 14П в средней части
Наружные двери: – боковые – торцевые	Распашного типа То же	Прислонно-сдвижного типа Раздвижного типа
Туалет	Туалет вакуумный ТВ-01 или ТВ-02 или туалетный комплекс «Экотол-ВАК»	Замкнутого типа с баком накопителем
Тележки	Люлечного типа моделей 68-875 и 68-4065	Безполочного типа модели 68-4075
Тормоз	Автоматический пневматический, электропневматический, ручной, колдочный	Автоматический пневматический, электропневматический, ручной, дисковый, магниторельсовый
Конструкционная скорость, км/ч	160	200

3.4.7 Двухэтажные пассажирские вагоны

Двухэтажные пассажирские вагоны – пассажирские вагоны, в которых для увеличения пассажироместимости имеются два салона для пассажиров – один над другим [24]. Такие вагоны (рисунки 3.36 и 3.37) выпускаются Тверским вагоностроительным заводом с 2013 года. Они успешно эксплуатируются на железных дорогах России. Первые поезда, курсирующие по маршруту Москва – Адлер, включали 15 вагонов: 12 купейных, штабной купейный, купейный СВ и вагон-ресторан.



Рисунок 3.36 – Общий вид двухэтажного купейного пассажирского вагона

Характеристика вагонов: купейный вагон – 64 спальных места (вместо 36 у стандартного), штабной купейный – 50 мест (вместо 18–24), вагон СВ – 32 места (вместо 18), вагон-ресторан – 44–48 человек в обеденном зале. Вагоны состоят из 4- или 2-местных изолированных купе, расположенных на двух этажах.

В вагонах используются тележки безполечного типа, конструкционная скорость – 160 км/ч.

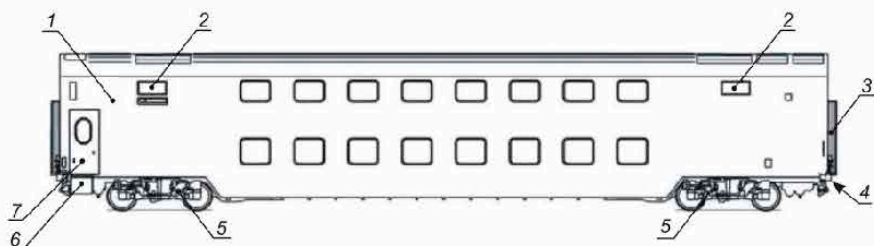


Рисунок 3.37 – Схема двухэтажного пассажирского вагона:

- 1 – кузов; 2 – воздухозаборная решетка; 3 – междвагонный переход; 4 – сцепное устройство;
5 – тележка; 6 – поворотная закрытая подножка; 7 – наружная боковая дверь

Двухэтажные пассажирские купейные вагоны модели 61-4465, входящие в состав первых поездов, имеет следующие основные технические характеристики:

- 1 Масса тары, не более – 65 т.
- 2 Количество спальных мест:
 - для пассажиров – 64;
 - для проводника – 1.
- 3 Количество мест для сидения (проводника) – 1.
- 4 Ширина кузова наружная без гофр – 3150 мм.
- 5 Длина вагона по зеркалам сцепок – 26232 мм.

6 Высота вагона – 5250 мм.

Вагон оборудован системами: кондиционирования воздуха; экологически чистых туалетов; СКДУ; безопасности поезда, контроля, управления доступом и охраны пассажирского поезда (СКУДОПП).

В 2015 году на Тверском вагоностроительном заводе прошла презентация *двухэтажных пассажирских вагонов с местами для сидения*, которые предназначены для поездов, курсировавших в режиме дневного экспресса. Первые поезда используются по маршруту Москва – Воронеж. В составе поезда вагоны моделей 61-4492 (на 60 и 102 места для сидения) и 61-4503 (штабной – на 54 места).

Особенности конструкции. Двухэтажные вагоны построены в габарите *T*, который характеризуется наибольшими размерами по высоте и ширине, что позволило увеличить общую высоту вагона по сравнению с типовым одноэтажным вагоном на 0,9 м. Кроме того, основная часть салона первого этажа в межтележечном пространстве опущена вниз. Указанные конструктивные решения обеспечили возможность размещения в вагоне второго этажа. Высота купе первого этажа составляет 2,5 м, второго – 2,1 м.

Планировка двухэтажного купейного вагона. Двухэтажные поезда дальнего следования включают только купейные вагоны. Планировка такого вагона показана на рисунке 3.38, а пояснения к планировке – на рисунке 3.39.

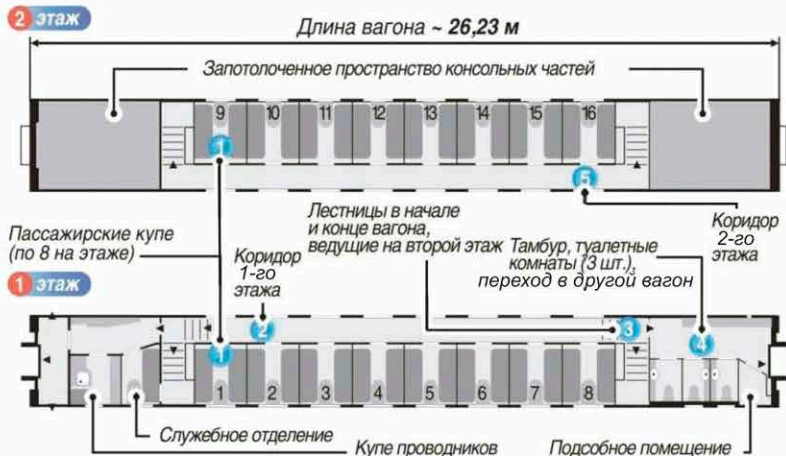


Рисунок 3.38 – Планировка двухэтажного купейного пассажирского вагона



Рисунок 3.39 – Пояснения к планировке двухэтажного купейного пассажирского вагона

Вход в вагон осуществляется с одной стороны – той, где находятся купе проводника и служебное отделение. Двери открываются с помощью специальной кнопки. С двух сторон вагона находятся тамбуры, а также широкие лестницы с подсветкой на второй этаж и ступеньки (их 4) для прохода в коридор 1-го этажа. Справа от коридора расположены 8 купе.

На первом этаже расположены три туалетных комплекса (биотуалета) и подсобное помещение с кулером, кофемашиной и микроволновкой. Напротив туалетов есть контейнеры для мусора.

На втором этаже размещены коридор и восемь купе.

Переходы между вагонами герметичные и защищают пассажиров и персонал поезда от шума, осадков, пыли и перепадов температуры. Для попадания в межвагонные переходы в тамбурах имеются автоматические двери.

Дверь в купе открывается магнитной картой, которая выдается каждому пассажиру. Каждое купе оборудовано окном со стеклопакетом и спальными местами. Имеются две розетки для зарядки телефона, личные полочки и зеркало.

Поскольку внутренняя высота купе несколько ниже стандартной, пришлось отказаться от верхних полок для багажа и уменьшить расстояние между полом и нижней спальном полкой. Даже с учетом этого потолок расположен низко над верхней спальном полкой, что не позволяет взрослому человеку сидеть на верхней полке. А на втором этаже к уменьшенной высоте добавляется еще и скос потолка.

Особенности штабного купейного вагона. В вагоне находятся пульты управления климат-контролем и системой безопасности, купе начальника поезда, купе для колясочников, туалет для инвалида и диспетчерская. Вагон оборудован подъемником для посадки инвалидов-колясочников.

Площадь купе для инвалида и сопровождающего намного больше стандартного. В таком купе имеются нижнее место для инвалида и верхнее – для сопровождающего, откидное сиденье, место для коляски, столик и кнопка для вызова проводника.

Особенности вагона повышенного комфорта (вагона СВ). В вагоне предусмотрены купе, оборудованные лишь двумя нижними более комфортными местами.

Двухэтажные пассажирские вагоны с местами для сидения – это вагоны моделей 61-4492 и 61-4503 (штабной). Вагоны оборудованы системами кондиционирования воздуха и электровоздушного отопления, двумя туалетными комплексами, багажными отделениями и отсеками. Вагоны модели 61-4492 выпускаются в двух исполнениях: со стандартным и улучшенным интерьером. Они различаются уровнем комфорта и пассажироместимостью: 102 и 60 мест для сидения соответственно. В вагоне с улучшенным интерьером предусмотрено отдельное сидячее купе на двоих с ЖК-экраном и электрические розетки для подключения пассажиров к необходимым в пути гаджетам.

Двухэтажные пассажирские вагоны нового поколения созданы в результате реализации нового проекта двухэтажных пассажирских вагонов «Вагон 2020». «Вагон 2020» представляет собой дальнейшее развитие концепции двухэтажного пассажирского вагона.

Первым представителем нового семейства двухэтажных вагонов проекта «Вагон 2020» является штабной купейный вагон модели 61-4524, в который внесены существенные изменения в конструкцию и дизайн салона.

Основное конструктивное изменение – увеличенный в верхней части габарит кузова. Высота плоской части боковой стены при этом осталась максимальной (рисунок 3.40). В результате таких конструктивных решений увеличилось расстояние до потолка на втором этаже примерно на 200 мм, что обеспечило более комфортные условия для пассажиров второго этажа.



Рисунок 3.40 – Двухэтажный пассажирский вагон нового поколения

3.4.8 Двухвагонные сцепы (сцепы из двух пассажирских вагонов)

На Тверском ВСЗ (входит в АО «Трансмашхолдинг») прошли испытания купейных вагонов нового модельного ряда и начато производство установочной серии.

Это первая в практике российского транспортного машиностроения серия пассажирского подвижного состава, построенного по принципу двухвагонных сцепов. Проект предусматривает выпуск вагонов СВ, купейных, некупейных и штабных. Их использование позволит существенно обновить парк вагонов для дальних пассажирских перевозок.

Конкурентные преимущества концепции сцепа из двух вагонов (двухвагонных сцепов):

- возможность по-новому организовать внутреннее пространство поезда и повысить качество сервиса. Благодаря новым планировочным и интерьерным решениям в поездах появятся дополнительные зоны общего пользования, будут обеспечены максимально комфортные условия для проезда пассажиров и работы проводников;

- более высокая энергоэффективность и экономичность в эксплуатации.

Повышение качества сервиса. Герметизированные межвагонные переходы создадут в поезде единый микроклимат и значительно снизят уровень шума. Предусмотрена возможность индивидуально регулировать температуру воздуха в купе, а при необходимости открыть окно, в том числе в коридоре.

Впервые в вагонах массовой серии будут оборудованы *душевые кабины, а также появятся сервисные зоны с чайными витринами*, предусматривающие возможность размещения вендинговых автоматов, пурифайеров для питьевой воды и кофе-пойнтов.

На Тверском ВСЗ начато производство установочной серии купейного вагона модели 61-4517 и некупейного вагона модели 61-4516, которые выполнены в виде двухвагонных сцепов (рисунок 3.41). В истории российского пассажирского вагоностроения такое решение принимается впервые.



Рисунок 3.41 – Сцеп из двух пассажирских вагонов

В одном из вагонов сцепа располагается *служебное помещение*. Оно оснащено аппаратурой, позволяющей получать информацию о функционировании оборудования всего сцепа и управлять его работой.

Во втором вагоне сцепа вместо служебного помещения размещена *сервисная зона* с вендинговыми автоматами и кофе-машинами.

Кроме ставших традиционными холодильника, микроволновой печи, герметичных межвагонных переходов впервые вагоны массовой серии оборудованы *туалетными комплексами с душевой кабиной, аппаратами для питьевой воды*.

В купейном вагоне модели 61-4517 все купе оборудованы откидными столиками и индивидуальными сейфами. В сложенном виде нижние полки представляют собой комфортный диван с подголовниками. Поднятые верхние полки почти незаметны и выглядят как часть стены.

В некупейном вагоне модели 61-4516 на всех пассажирских местах могут быть установлены индивидуальные шторки. Все места оснащены розетками или разъемами USB.

Новый подвижной состав отвечает условиям создания безбарьерной среды.

В настоящее время на Тверском ВСЗ завершается изготовление опытного образца штабного вагона модели 61-4529.

3.4.9 Деревянная обрешетка, изоляция, внутренняя обшивка и облицовка кузовов пассажирских вагонов

Комфортные условия в пассажирском салоне при продолжительной температуре наружного воздуха $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ обеспечиваются высокими теплоизоляционными качествами ограждений кузовов и системой отопления. Внутреннее ограждение металлической обшивки кузова включает деревянную обрешетку, изоляцию, внутреннюю обшивку и облицовку (рисунок 3.42).

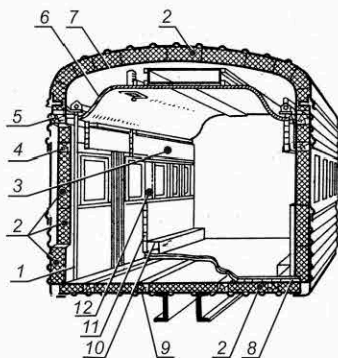


Рисунок 3.42 – Поперечное сечение кузова пассажирского вагона с изоляцией и облицовкой:

- 1 – гидронизоляционная пленка; 2 – теплоизоляция;
- 3, 11, 12 – внутренняя обшивка боковой стены над окнами, в подоконном и межоконном пространствах; 4, 5, 9 – бруски обрешетки;
- 6 – подшивной потолок; 7, 8 – внутренняя обшивка крыши и пола; 10 – кожух труб отопления

Деревянная обрешетка стен и пола. Обрешетка и закладные элементы предназначены для крепления внутренней обшивки, а также отдельных приборов и оборудования. Деревянная обрешетка стен и пола образуется

деревянными сосновыми брусками – продольными и вертикальными – с поперечным сечением 20 × 20 и 100 × 100 мм. Бруски обрешетки 4, 5 и 9 закладываются в стойках и балках каркаса кузова.

В соответствии с требованиями пожарной безопасности элементы обрешетки должны выполняться из негорючих или трудногорючих материалов. Огнестойкость элементов обрешетки обеспечивается глубокой пропиткой их негорючими составами, в частности, антипиреном.

Изоляция. Теплоизоляционные материалы предназначены для максимального снижения теплопередачи от металлической обшивки пассажирского вагона во внутренние его помещения, а также для сохранения определенного температурного режима в вагоне, создаваемого системой отопления, вентиляции и кондиционирования.

В качестве теплоизоляции в вагонах новой постройки используют плиты из негорючих материалов «Isover», марки КТ или стеклянного штапельного волокна «URSA» марки П-30 в пакетах из стеклоткани марки ТАФ-3 или полиэтиленовой пленки [2]. Толщина плит 100 мм.

В пассажирских вагонах старой постройки в качестве теплоизоляции использовался полистирольный пенопласт марки ПСБ-С.

Теплоизоляционные плиты раскраивают в соответствии со схемой укладки изоляции на крышу, стены и пол вагона, упаковывают в пакеты (из стеклоткани или полиэтиленовой пленки) и герметически заваривают. Упаковка теплоизоляционных плит в пакеты исключает возможность их увлажнения в условиях эксплуатации.

Пакеты с теплоизоляционными плитами 2 укладывают в ячейки, образованные брусками обрешетки пола и дугами крыши.

Перспективным является применение в конструкции пассажирских вагонов напыляемой изоляции, что позволяет рассматривать кузов как двухслойную оболочку. Технология нанесения изоляции методом напыления на металлическую обшивку позволяет снизить энергозатраты на поддержание микроклимата в вагоне на 20 % [2].

Внутренняя обшивка и облицовка. Внутреннюю обшивку крепят шурупами к деревянным брускам обрешетки поверх теплоизоляции. В качестве внутренней обшивки используются огнезащитные столярные, древесноволокнистые и фанерные плиты толщиной до 10 мм.

У некупейных вагонов внутренняя обшивка пола 8 и подоконного пояса 11 выполнена из столярной плиты толщиной 19 мм, межоконного простенка 12 и надоконного пояса 3 – из древесноволокнистой плиты толщиной 4 мм, торцевые и тамбурные стены – из фанеры толщиной 10 мм, а крыши 7 – из фанеры толщиной 4 мм.

Крыша с внутренней стороны обшивается поверх слоя изоляционного материала оцинкованным листом толщиной 0,55 мм, который крепится

к деревянным продольным брускам боковой стены гвоздями, а непосредственно к крыше – кляммерами.

Ниже обшивки крыши выполнен подшивной потолок б из древесноволокнистых плит толщиной 4 мм.

Изнутри обшивка стен пассажирского и служебных отделений облицована декоративным бумажно-слоистым пластиком, а пол вагона и стены тамбура – труднотлеющим линолеумом.

Поперечное сечение кузова пассажирского вагона показано на рисунке 3.43.

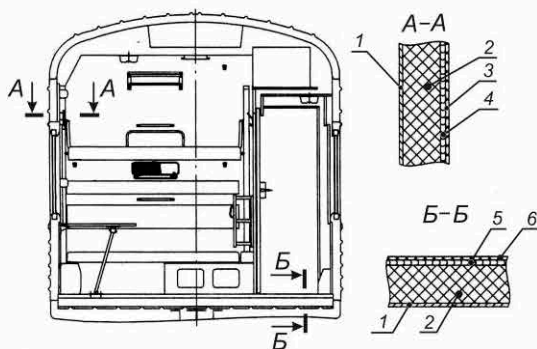


Рисунок 3.43 – Сечение кузова пассажирского вагона:

1 – наружная стальная обшивка; 2 – теплоизоляция (теплоизоляционные плиты); 3 – пластик; 4 – внутренняя обшивка; 5 – настил пола; 6 – линолеум

3.4.10 Внутреннее оборудование кузовов пассажирских вагонов

Внутреннее оборудование предназначено для удобного размещения пассажиров, обеспечения комфортных условий труда и отдыха обслуживающего персонала и удовлетворения санитарно-гигиенических потребностей в пути следования.

Помещения вагонов разделены перегородками и потолками и оснащены специальной мебелью и оборудованием, а также окнами и дверьми.

Перегородки и потолки. *Перегородка, отделяющая пассажирский салон от купе проводников и коридора тормозного конца*, выполнена противопожарной огнезадерживающей, состоящей из двух щитов. Каждый щит представляет собой конструкцию из двух слоев огнезащитной фанерной плиты, облицованной с двух сторон бумажно-слоистым пластиком.

Перегородки пассажирских отделений изготовлены из огнезащитных фанерных плит толщиной 25 мм, облицованных с двух сторон бумажно-слоистым пластиком.

Облицовка тамбурных и концевых стен выполнена из трудногорючей фанерной плиты с облицовкой со стороны тамбура стальным листом толщиной 1,4 мм.

Потолки всех помещений вагона металлические. На открывных крышках люков потолков предусмотрены предохранительные ремни, предотвращающие падение крышек в случае самооткрывания замков. С нелицевой стороны листы и панели потолков оклеены шумовибропоглощающим материалом. В купе проводников шумопоглощающие пакеты закреплены кляммерами. Потолок тамбура тормозного конца вагона и потолок коридора нетормозного конца имеют пакеты теплоизоляции.

Конструкция потолков обеспечивает возможность доступа для обслуживания электрооборудования и трубопроводов систем отопления и водоснабжения.

Помещения пассажирского салона. В купейных вагонах пассажирский салон состоит из отдельных купе и большого коридора, в некупейных вагонах – из отделений, разделенных поперечными перегородками с проемом для прохода вдоль салона.

Пассажирское отделение некупейного вагона рассчитано на шесть спальных мест в два яруса (4 поперечных и два продольных) или девять мест для сидения.

Отделение некупейного вагона модели 61-4194 (рисунок 3.44) имеет две нижних поперечных полки 1 и одну продольную нижнюю полку 3 с полумягкими спинками, две поперечные верхние полки 2 и одну продольную верхнюю полку 4, над которыми расположены багажные полки 5 и 6, а под нижними полками для этой же цели – металлические рундуки 7. У окна между поперечными нижними полками размещен откидной стол 8. На торцевой части проема перегородки, отделяющей одно пассажирское отделение от другого, имеются ступеньки и поручни для влезания на верхние полки. Над каждым спальным местом предусмотрены газетные сетки, крючки для одежды, брюкодержатели.

Продольная нижняя спальная полка состоит из двух боковых сидений со спинками и средней откидной частью, которая в дневное время трансформируется в столик. Поперечная верхняя спальная полка подвешена на цепях. В верхнем положении полка фиксируется кольцом на подвеске цепи за крючок на перегородке. Продольная верхняя спальная полка подвешена на тросах. В дневное время полку можно убрать под багажную полку.

Для защиты стекла при опущенной продольной полке в прижимные рамы окон вмонтированы предохранительные решетки.

На потолке имеются дефлекторы и решетки для подачи воздуха в пассажирское помещение из воздушного канала принудительной вентиляции.

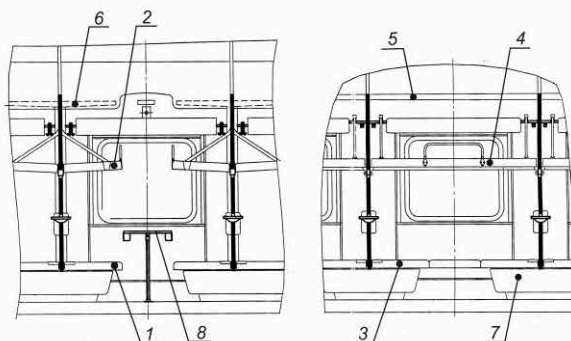


Рисунок 3.44 – Внутреннее оборудование пассажирского отделения некупейного вагона модели 61-4194:

1, 2 – нижняя и верхняя поперечные полки; 3, 4 – нижняя и верхняя продольные полки;
5, 6 – багажные полки; 7 – рундук; 8 – откидной стол

Для освещения отделения на потолке установлены два люминисцентных светильника: поперечный и продольный.

В каждом пассажирском отделении имеется громкоговоритель с регулятором громкости.

Пассажирский салон от купе проводников и коридора тормозного конца отделен *противопожарной огнезадерживающей перегородкой*.

Купе для пассажиров купейного штабного вагона модели 61-4186 показано на рисунке 3.45.

Купе оборудовано двумя нижними спальными полками 7 с рундуками для багажа 8, двумя верхними спальными полками 5, багажной полкой 10, подоконным столом 9, складными лестницами 14 и поручнем 11 для влезания на верхнюю полку, держателями 1, 2 и крючками 12 для одежды.

Дверь купе имеет замок и шпиннер 13, предотвращающий открывание двери снаружи купе.

Каждое спальное место оборудовано светильниками местного освещения 6. Нижние места для пассажиров имеют подголовники и газетные сетки 4, а верхние – держатели багажа 3 и предохранительные поручни.

В **купе для пассажиров купейного вагона** модели 61-4179 (рисунок 3.46) нижние спальные полки в сложенном виде представляют собой комфортный диван 1 с подголовниками 2.

Помещения концевых частей вагона. Служебное отделение предназначено для дежурного проводника. Оно оборудовано пультом управления, холодильником и микроволновой печью, системой подготовки питьевой воды (СППВ), столом-мойкой для посуды, креслом с подголовником и подлокотниками и откидным столиком, светильником люминесцентного освеще-

щения, громкоговорителем, сейфом, шкафами для аптечки, документации и комплекта запасных частей (ЗИП) и пожарным приемно-контрольным прибором установки пожарной сигнализации.

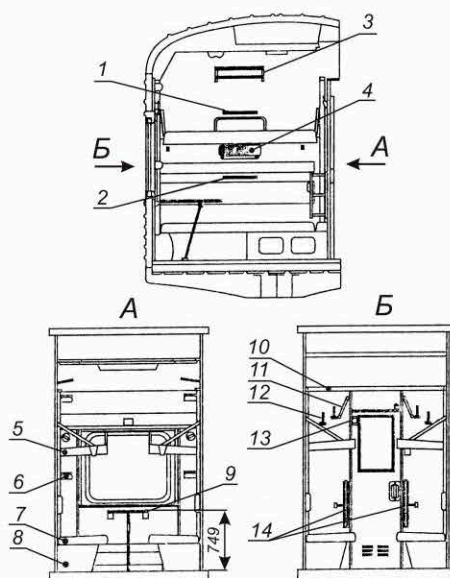


Рисунок 3.45 – Внутреннее оборудование пассажирского купе спального штабного вагона модели 61-4186:

1–3 – держатели; 4 – газетная сетка; 5, 7 – верхняя и нижняя спальные полки; 6 – светильник; 8 – рундук; 9 – подоконный стол; 10 – багажная полка; 11 – поручень; 12 – крючок для одежды; 13 – шниппер; 14 – складные лестницы

За потолком установлены вентиляторы: один – для удаления запаха пищи, включается автоматически при работе микроволновой печи, другой – для отвода теплового воздуха из зоны установки СППВ.

Купе проводников двухместное. Предназначено для отдыха обслуживающего персонала. Оборудовано нижней спальной полкой с рундуком и верхней спальной полкой, подоконным столиком, громкоговорителем, светильником местного и общего освещения. Для размещения чистого постельного белья в купе имеется ниша, расположенная над потолком коридора. Со стороны служебного отделения на перегородке укреплены крючки для одежды, а в перегородке расположены створки для доступа к пульту управления электрооборудованием.

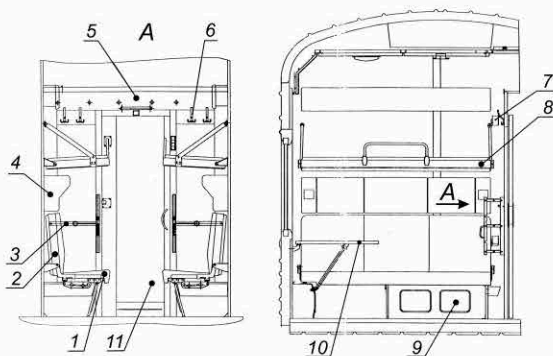


Рисунок 3.46 – Внутреннее оборудование пассажирского купе спального вагона модели 61-4179:

1, 2 – нижняя и верхняя части нижнего спального места; 3 – лестница; 4 – полка для мелких вещей; 5 – багажная ниша; 6 – крючок; 7 – фиксатор; 8 – полка верхняя; 9 – рундук; 10 – стол; 11 – зеркало

Купе с радиооборудованием предусмотрено в штабном вагоне для начальника поезда. Оно оснащено радиопунктом, радиостанцией, аппаратом внутрипоездной телефонной связи, столом-тумбой для установки радиоаппаратуры, шкафом (стеллажом для хранения кассет) и креслом с подлокотниками. На вагоне имеется антенна для приема радиовещательных программ устройство антенное УКВ.

Купе для инвалида в штабном вагоне имеет:

- место для инвалида – нижняя спальная полка трех частей (две крайние части с подъемом на 75°) с поручнем над средней частью полки, штанга с подвижными мягкими поручнями (вдоль нижней поверхности верхней полки);
- место для размещения и фиксации коляски в сложенном состоянии;
- устройство для открывания и закрывания декоративных штор;
- поручни для передвижения инвалида по купе;
- информационное табло со световой и звуковой информацией в случае аварийной ситуации и о занятости туалета нетормозного конца вагона;
- кнопку вызова проводника;
- верхнюю спальную полку для сопровождающего лица;
- кресло, подоконный стол и багажную нишу;
- малую багажную полку для мелких вещей (над окном);
- дополнительный светильник люминесцентного освещения (на багажной полке) и два светильника местного освещения с лампами накаливания (со стороны двери и со стороны окна).

Бытовое помещение, расположенное в штабном вагоне, оборудовано душевой кабиной, откидным сиденьем, гладильной доской, зеркалом, держателем

для полотенец, косметической полочкой и крючками для одежды. Пропускная способность душевой установки 12 чел./сут с периодичностью 2 часа.

Котельное отделение предусмотрено в вагонах с водяным отоплением. Отделение оснащено отопительным котлом с расширителем; электрическим бойлером для подогрева воды; ручным и электронасосом, частью трубопроводов, арматуры и приборов системы отопления и др.

Расположено на том же конце вагона, где и служебное отделение. Вход в него устроен из тамбура. Котельное отделение отделено перегородкой, обитой внутри листовой сталью с асбестовой изоляционной прокладкой.

Туалеты оборудованы унитазами, умывальной чашей с краном, зеркалом с полочкой для умывальных принадлежностей, ящиком или кронштейном для туалетной бумаги, держателями для одежды, стаканами для ерша, дозаторами для жидкого мыла, розеткой для включения электробритвы, крючками-вешалками, светильником люминесцентного освещения и грязезащитными ковриками.

Вагоны нового поколения оборудованы туалетами замкнутого типа (экологически чистым туалетным комплексом «Экотол-В» или туалетом типа «ЭВАР 2000Р»). Под вагоном между аккумуляторными боксами расположен накопительный бак. Бак сообщается с туалетными блоками посредством сливных труб.

Коридоры и тамбуры. *Большой коридор пассажирского салона* имеет люк, закрытый крышкой, для доступа к ящику, установленном под полом, в котором хранится использованное постельное белье. В коридоре в районе второго и шестого купе имеются ниши с размещенными в них автоматическим выключателем, пожарным краном и пожарными рукавами [2].

Коридор тормозного конца вагона оборудован шкафом для кипятивника, столом с ящиком для топлива, огнетушителем ОУ-5, розеткой для электробритв, светильниками люминесцентного освещения и стоп-краном.

Коридор с противоположного конца вагона оборудован ящиком для мусора, огнетушителем ОУ-5, розеткой для электробритв, светильниками люминесцентного освещения.

3.4.11 Двери и окна пассажирских вагонов

Двери вагонов. В пассажирском вагоне используют одностворчатые, двухстворчатые и задвижные двери.

В зависимости от расположения в вагоне различают двери: наружные боковые и торцевые; котельного, служебного и туалетного отделений; ведущие из тамбура в вагон и из коридора в купе.

Наружные боковые двери одностворчатые прислонно-сдвижные: автоматические – на нетормозном конце вагона и с электромеханическим приводом на тормозном конце.

Боковая дверь (рисунок 3.47) состоит из привода 1, створки 2, уплотнительной рамки 3, пультов ручного управления 4, находящихся внутри и снаружи вагона и устройства фиксации 5.

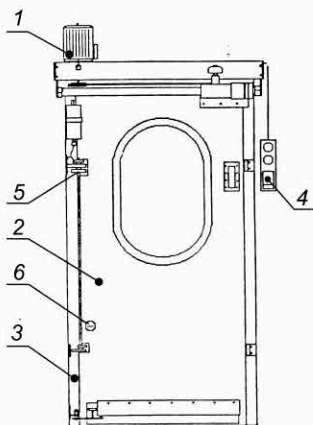


Рисунок 3.47 – Схема боковой наружной двери:

1 – привод; 2 – створка; 3 – уплотнительная рамка; 4 – пульт ручного управления; 5 – устройство фиксации

Пульт ручного управления имеет кнопку открытия и закрытия и рычаг ручной деблокировки дверей.

Автоматический режим предполагает подачу сигнала на блоки управления с пульта служебного купе или с ручного пульта, при этом раздается сигнал об открытии или закрытии двери. Если в момент закрытия торец створки сталкивается с материальным объектом, то дверь останавливается и возвращается в открытое положение. Для закрытия двери надо повторно подать сигнал на закрытие.

При работе дверей в ручном режиме для их открытия необходимо с помощью рычага на пульте ручного управления разблокировать устройство фиксации и открыть двери за ручку на створке, переместив створку вдоль боковой стены вагона.

Закрытие двери осуществляют за ручку на створке. По окончании закрытия рукояткой на устройстве фиксации поджимают створку к уплотнительной рамке.

Наружные торцевые двери автоматические одностворчатые раздвижные, предназначены для перехода пассажиров в соседние вагоны.

При работе торцевой двери в автоматическом режиме ее открытие осуществляется путем нажатия кнопки на ручке двери. При этом подается звуковой сигнал и створки раздвигаются. Если в процессе закрытия происходит столкновение торца створки с материальным объектом, срабатывает защита от защемления и створки автоматически открываются.

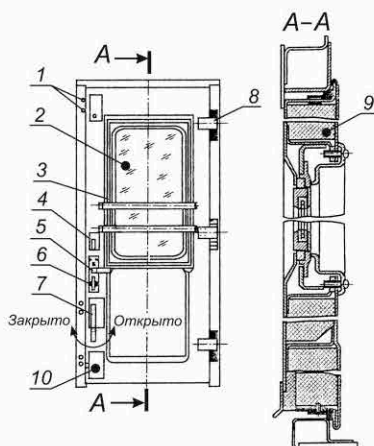
В случае, когда необходимо исключить несанкционированный доступ в тамбур вагона, дверь закрывается на механический замок посредством ключа с бородкой и на внутренний запор.

При работе дверей в ручном режиме открытие дверей осуществляется за ручку на створке. При достижении створками положения «открыто» дверь фиксируется в этом положении. Для закрытия дверей необходимо нажать

кнопку на ручке. Устройство защиты от защемления пальцев в ручном режиме не работает.

В вагонах эксплуатационного парка применяются *одностворчатые*, открывающиеся для безопасности внутрь вагона *наружные боковые и торцевые тамбурные двери* (рисунок 3.48). Двери металлические, штампованные из листа толщиной 1,4 мм. В верхней части дверей имеется не открывающееся окно 2 с рамой из алюминиевого сплава. Для защиты стекла с двух сторон предусмотрены предохранительные прутки 3. Дверь имеет каркас в виде металлической рамы со скобами и планками для крепления фурнитуры. К каркасу крепится металлическая обшивка. Между наружными и внутренними листами заложены пакеты с теплоизоляционным материалом 9.

Рисунок 3.48 – Дверь тамбурная боковая:
1 – болт; 2 – окно; 3 – предохранительный пруток; 4, 6 – замки; 5 – ручка-защелка; 7 – ручка управления; 8 – накладные петли; 9 – пакеты изоляции; 10 – лючок



Дверь навешена на три накладные петли 8 и оборудована двумя замками: замком 6 с ручной защелкой 5 и засовом под барашек для закрытия двери вагона изнутри вагона и замком 4 с засовом под ключ с бородкой. Замок 6 имеет устройство для аварийного открывания двери в случае неисправности механизма защелки. В открытом положении двери фиксируются специальными защелками, расположенными на дверях.

Торцевые двери имеют по всему контуру уплотнение из резинового губчатого шнура, обшитого парусиной. Боковые двери имеют двойное уплотнение: наружное П-образное из резинового губчатого профиля с хвостовиком и внутреннее по всему контуру из резинового губчатого шнура, обшитого парусиной.

Каждая боковая дверь имеет механизм, обеспечивающий ее эффективное поджатие к дверной коробке. Механизм состоит из трех рычагов, соединительной регулируемой тяги, фиксатора, размещенного внутри двери в зоне

верхнего лочка, и ручки управления 7 механизмом поджатия. Необходимая степень сжатия регулируется болтами 1. Механизм смонтирован внутри двери, а ручка управления размещается в нижней части двери со стороны тамбура. Ручка имеет два положения «Открыто» и «Закрыто». Для смазки механизма поджатия предусмотрены лочки 10.

Для входа в вагон у боковых тамбурных дверей имеются **подножки**, заглубленные внутрь кузова. Проем в полу над подножками закрывается площадкой, которая с помощью специальных фиксаторов закрепляется в горизонтальном положении на время движения поезда и в вертикальном на стоянке при открытой тамбурной двери. Для удобства посадки и высадки пассажиров при низких посадочных платформах подножки тормозного конца вагона оборудованы дополнительными откидными ступеньками, опускаются вниз при открытии откидной площадки подножки.

Двери пассажирского купе, служебного отделения и купе проводников (рисунок 3.49) задвижные, щитовые из двух слоев трудногорючих фанерных плит толщиной 10 и 15 мм, облицованные с двух сторон декоративным бумажно-слоистым пластиком.

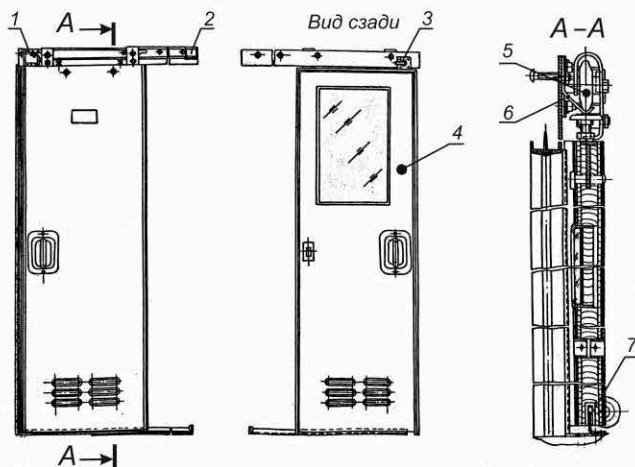


Рисунок 3.49 — Дверь купе проводников:

1 — замок; 2 — фиксатор; 3 — ручка; 4 — створка; 5 — ролик; 6 — рельс;
7 — направляющий угольник

В верхней части на двери установлен кронштейн с роликами 5, на перегородке — подвеска с профильным рельсом 6, замком и фиксатором. Со стороны коридора доступ к замку осуществляется ключом-трехгранкой через

отверстие в карнизе. Со стороны купе установлена ручка, под которой находится информационная табличка с указанием по пользованию замком.

Движение двери осуществляется по верхнему профильному рельсу 6. Внизу дверь направляется угольником 7, прикрепленным к полу и входящим в паз нижней части двери. В открытом положении дверь удерживается фиксатором, установленным с правой стороны двери (если смотреть из бокового коридора).

Со стороны купе на двери установлено зеркало. В нижней части двери имеются вентиляционные отверстия, облицованные обкладками.

Двери из тамбура в вагон каркасные, заполнены теплоизоляционным материалом, обшиты со стороны тамбура бумажно-слоистым пластиком и теплостойкой тканью ТАФ и облицованы стальным листом толщиной 1,4 мм, а со стороны коридора – трудногорючей плитой ПФА толщиной 10 мм и облицованы бумажно-слоистым пластиком.

Дверь котельного отделения двухстворчатая, металлическая, штампованная из листа толщиной 1,4 мм, навешена на петли. В открытом сложенном положении дверь удерживается фиксатором.

Дверь пассажирского отделения с тормозного конца вагона противопожарная, двухслойная из трудногорючей фанерной плиты, облицованная с двух сторон бумажно-слоистым пластиком. В нижней части двери имеются жалюзи из алюминиевых листов с мелкими отверстиями. Для исключения проникновения огня дополнительно установлены две мелкие сетки из полутонпаковой проволоки. В верхней части двери имеется стеклопакет с огнестойким кварцевым стеклом. Дверная коробка и створка двери обрамлены алюминиевым профилем и имеет ступенчатую форму. Петли двери крепятся винтами к специальным кронштейнам, установленным внутри створок и перегородки.

Дверь пассажирского отделения с нетормозного конца вагона щитовая из трудногорючих фанерных плит толщиной 10 и 15 мм, облицованная с двух сторон алюминиевым профилем и рулонной резиной. В верхней части двери имеется окно, обрамленное алюминиевым профилем. Под окном с двух сторон установлены поручни. В нижней части двери имеются вентиляционные отверстия, облицованные обкладками. Кроме того, дверь имеет санитарную створку, для открывания которой необходимо открыть шпингалеты, после чего для полного освобождения проема открывается основная створка.

Двери туалетов накладного типа, выполнены из трудногорючих фанерных плит ПФА-Т толщиной 10 и 15 мм, облицованные с двух сторон декоративным бумажно-слоистым пластиком. Торцы створки двери и торцы дверного проема облицованы наличниками из прессованного алюминиевого профиля. Между торцом дверного проема и алюминиевым профилем установлено уплотнение. Двери навешены на три накладные петли.

Для прохода воздуха двери имеют жалюзи и вентиляционные отверстия, облицованные обкладками. Двери туалетов оборудованы замками под трехгранный ключ. В штрель замка двери вмонтирован микровыключатель указателя занятости туалетов. При запираании двери туалетного помещения на соответствующем табло указателя занятости туалетов в большом коридоре включается световой сигнал.

Для доступа обслуживающего персонала к механизму замка в случае самозапираания замка в двери имеется личинка с отверстием и флажком.

Окна предназначены для освещения помещений вагона в дневное время. Вагоны оборудованы алюмопластмассовыми окнами с использованием стеклопакетов. Стеклопакеты окон герметичные, двухкамерные с закаленными стеклами снаружи и ударопрочными изнутри.

В вагоне любого типа должны быть **«глухие» окна, окна с открывающимися форточками и окна «аварийный выход»**.

Окна в служебных помещениях и туалетах должны иметь открывающиеся форточки. Все окна вагона, кроме окон туалетов, оборудованы светомаскировочными шторами.

В вагоне предусмотрены два окна «аварийный выход», расположенные в третьем и шестом купе (см. рисунки 3.5–3.7).

Для открытия окна «аварийный выход» необходимо опустить стеклопакет в нишу (карман) стены. Для этого следует выдернуть резиновый уплотнитель окна и извлечь из под стеклопакета окна стопорную планку, фиксирующую его в верхнем (закрытом) положении. В результате освобожденный пакет упадет в карман стены.

3.5 Системы жизнеобеспечения пассажирских вагонов

Каждый пассажирский вагон оснащается системами жизнеобеспечения, представляющими собой комплекс технических средств, направленных на создание определенного уровня температуры и освещенности в вагоне, скорости движения воздуха, наличия санитарно-гигиенических удобств и других параметров.

Система жизнеобеспечения – комплекс технических средств, направленных на создание и поддержание в безопасных пределах эргономических, санитарно-химических, микробиологических показателей и параметров электромагнитных излучений, микроклимата, шума и вибрации в помещениях железнодорожного подвижного состава (ГОСТ 34530–2019).

Функция систем жизнеобеспечения заключается в создании допустимых нормативными документами в пределах параметров физических и химических факторов среды на местах размещения пассажиров и обслуживающего персонала.

К системам жизнеобеспечения относятся, прежде всего, системы электро-снабжения, водоснабжения, отопления, освещения, вентиляции и кондиционирования. В вагонах повышенной комфортности предусмотрены дополнительно системы информирования пассажиров и видеонаблюдения и др.

Краткая характеристика систем жизнеобеспечения вагонов моделей 61-4179, 61-4170 и 61-4440 приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Основные технические показатели пассажирских вагонов

Показатель	Модель вагона		
	61-4179	61-4440	61-4170
Отопление	Водяное с электрическим нагревом воды или сгоранием твердого топлива	Жидкостное с нагревом теплоносителя в котле электронагревателями или твердым топливом	Жидкостное с нагревом антифриза в бойлере электронагревателями
Водоснабжение	Холодное и горячее самотечное с обеззараживателем питьевой воды		
Туалет	Туалет вакуумный ТВ-01 или ТВ-02 или туалетный комплекс «Экотол-ВАК»		Замкнутого типа с баком-накопителем
Кондиционирование воздуха	Кондиционер крышевой моноблочный (УКВ ПК исполнение 6 или 7 или УКВ-31-ТМ)		
Электроснабжение: – централизованное – автономное – на стоянке	От внешней магистрали напряжением 3000 В. От генератора и аккумуляторной батареи. От внешней трехфазной сети напряжением 380/220 В переменного тока, 50 Гц		
Пожарная сигнализация	Автоматическое обнаружение и сигнализация о пожаре и месте его возникновения (сигнализация «ЯСЕНЬ» или УП СВ-М-01)		
Пожаротушение	Автоматическое с пульта управления электрооборудованием, ОСП-1. Водяное с использованием запаса воды объемом 90 л из системы водоснабжения		
Система информирования пассажиров	Светодиодное информационное табло, экстренные сообщения – через громкоговоритель		
Система видео-аудиотрансляции	Аудиотрансляции	Имеется	Имеется

Работа систем жизнеобеспечения пассажирских вагонов достаточно подробно рассмотрена в работах [5] и [29].

3.5.1 Система водоснабжения

Назначение. Система водоснабжения предназначена:

- для обеспечения пассажиров и обслуживающего персонала горячей и охлажденной кипяченой водой;
- обеспечения холодной и горячей водой санитарных узлов (туалетов и умывальников) и мойки служебного отделения;
- обеспечения холодной водой бойлера и кипятильника;
- пополнения убыли воды в системе отопления между заправками;
- пополнения убыли расходного бака установки пожаротушения.

Система водоснабжения вагона самотечная, холодная и горячая.

Объем резервуаров должен обеспечить подачу не менее 25 л в сутки холодной и горячей воды в расчете на каждое место в спальном вагоне и не менее 10 л в сутки на одно место в вагоне с креслами для сидения. В тех вагонах, где предусмотрены душевые установки, объем подаваемой воды должен быть не менее 30 л в сутки на одно место.

Из общего потребного количества воды до 25 % выделяют для горячего водоснабжения [4].

С учетом этих требований в современных некупейных пассажирских вагонах система водоснабжения имеет следующие параметры: общий объем воды в системе – 1000 л, вместимость большого бака – 850 л, малого (промежуточно-го) бака – 80 л, бойлера – 75 л, объем воды в трубопроводах – 25 л.

Состав системы. Система водоснабжения включает:

- большой и малый баки холодной воды;
- поддоны;
- наливные трубы с соединительными головками;
- основной и промежуточный баки горячей кипяченой воды;
- сеть трубопроводов холодной и горячей воды с клапанами, вентилями и кранами;
- бойлерную установку;
- кипятильник;
- воздушный компрессор;
- водоохладитель;
- обеззараживатель питьевой воды;
- контрольную и измерительную арматуру;
- установку водяного пожаротушения.

Схема системы водоснабжения приведена на рисунке 3.50 [5].

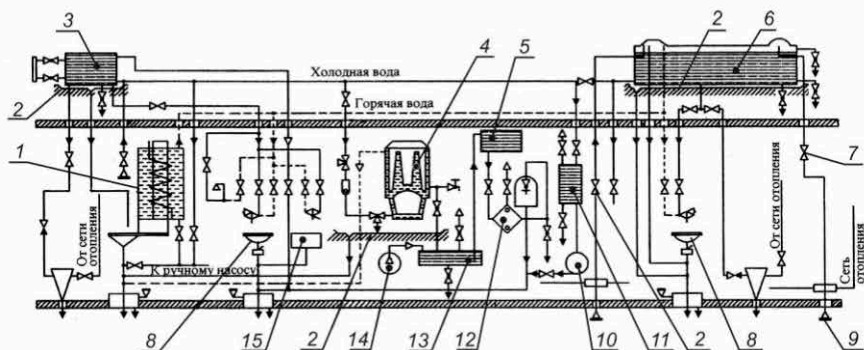


Рисунок 3.50 – Схема системы водоснабжения:

- 1 – бойлерная установка; 2 – поддоны; 3 – промежуточный бак; 4 – кипяtilьник; 5 – бак горячей кипяченой воды; 6 – основной бак; 7 – запорные устройства; 8 – умывальные чаши; 9 – наливные трубы с заправочными головками; 10 – электронасос установки пожаротушения; 11 – расходный бак установки водяного пожаротушения; 12 – водоохладитель; 13 – промежуточный бак горячей кипяченой воды; 14 – компрессор; 15 – мойка

Работа системы заключается в следующем: вода из водоразборной колонки на станционных путях через наливные трубы с заправочными головками поступает в большой бак, а из него – во все трубопроводы и другие емкости.

Для нужд холодного водоснабжения используют запас воды, находящийся в сообщающихся между собой большом и малом баках.

Для нужд горячего водоснабжения используют воду, предварительно нагретую в бойлерной установке.

Для нужд питьевого водоснабжения используют воду, нагретую в кипяtilьнике и охлажденную водоохладителем. Кроме того, в системе питьевого водоснабжения применяют обеззараживатель воды или специальную систему подготовки воды, что позволяет использовать для питья сырую воду.

Назначение составных частей системы водоснабжения. Большой бак на 850 л служит для размещения запаса холодной воды, расположен с нетормозного конца (над потолком туалета); изготовлен из листовой нержавеющей стали.

Бак состоит из корпуса и крышки. Внутри бак имеет волнорезы (перегородки). В корпус большого бака вварены патрубки для подсоединения магистрального трубопровода, для двух наливных труб, вестовой трубы и воздухоотводящей трубы. На торцах расположены люки для чистки бака.

Вестовая труба не допускает завышения установленного уровня воды в баке, т. е. ограничивает уровень воды в баке (это сливная труба, выходящая

под вагон), благодаря которой уровень воды в баке не поднимается выше установленного. Она предотвращает перелив баков. Вестовая труба присоединена к стояку умывальной чаши.

Малый бак на 80 л предназначен для размещения запаса холодной воды, размещен с котловой стороны (над потолком туалета). Состоит из корпуса и крышки, имеет водомерное стекло и смотровой люк (для осмотра и чистки бака). В корпус вварены патрубки для подвода и отвода воды, выпуска воздуха. Водомерное стекло используется для периодической проверки уровня воды в баках. По водомерному стеклу малого бака определяют уровень воды обоих баках, соединенных между собой уравнивающей трубой.

Поддоны для сбора и отвода воды и конденсата под каждым баком изготавливают из оцинкованной стали, под кипятивильником – из нержавеющей стали. Имеют слив под вагон. Необходимость поддонов: при заливке баков водой, особенно в зимнее время, они запотевают и образуется конденсат.

Наливные трубы с соединительными головками предназначены для налива воды из под вагона от шлангов водозаборных колонок на станционных путях. На наливных трубах устанавливают клапаны (вентили), предназначенные для предотвращения выплескивания воды из бака во время движения вагона. Один клапан размещается в коридоре, второй – в туалете (с нетормозного конца вагона).

Соединительные головки (однотипные с тормозными) расположены под вагоном с обеих сторон (в седьмом купе и коридоре нетормозного конца вагона) и используются для присоединения шлангов водозаборных колонок. Концы наливных труб оборудованы *кожухами*, предохраняющими их от загрязнения во время движения, и оборудованы *водяными обогревателями*, которые защищают трубы от замерзания в зимнее время. Обогреватели встроены в систему отопления, закрыты изоляцией и заключены в кожух.

Для возможности заполнения системы в случае выхода из строя основных наливных труб предусмотрена *заправочная головка с клапаном*, расположенная в котельном отделении около бойлера. Наполнение системы через головку осуществляют с помощью инвентарного шланга, подсоединяемого к заправочной головке. Вместе с клапаном она служит также для отбора воды из системы водоснабжения при тушении пожара в вагоне.

Кипятивильник на 13–15 л (рисунок 3.51) комбинированный непрерывного действия, используется для приготовления кипяченой воды. Работает на твердом топливе (дровах или древесном угле) или электроэнергии. Установлен в нише котельного отделения.

Кипятивильник имеет в нижней части топку с зольником для нагревания воды до кипения дровами и электронагревательный элемент 5 для кипячения с помощью электроэнергии.

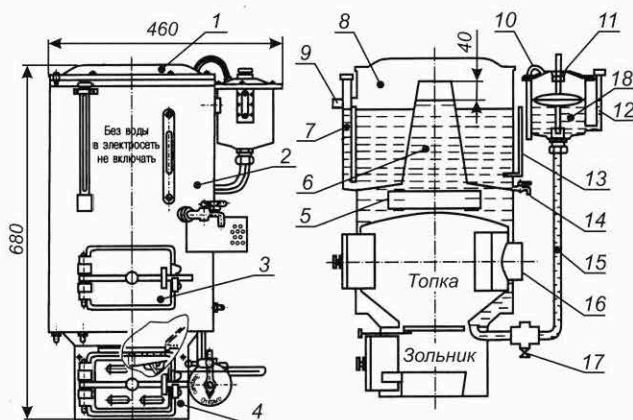


Рисунок 3.51 – Комбинированный кипятильник:

1 – крышка; 2 – корпус; 3 – люк топки; 4 – основание кипятильника с зольником; 5 – электронагревательный элемент; 6 – кипяtilьное пространство; 7 – указатель уровня кипяченой воды; 8 – водосборник кипяченой воды; 9 – сливной патрубкок; 10 – воздухоотводная трубка; 11 – поплавковый клапан; 12 – указатель уровня воды в поплавковой камере; 13 – термометр; 14 – водоразборный кран кипяченой воды; 15 – соединительный трубопровод; 16 – ошурок дымовой трубы; 17 – спускной кран; 18 – поплавковая камера

Внутреннее пространство кипятильника разделено на два отдельных отсека для сырой (кипяtilьное пространство 6, которое заканчивается вверху конусной трубой) и кипяченой (водосборник кипяченой воды 8) воды.

Кипяtilьник наполняется холодной водой из системы водоснабжения непрерывно. Вода в кипяtilьное пространство кипятильника поступает через трехходовый кран с фильтром, поплавковый клапан 11 поплавковой камеры 18 и спускной кран 17. Заполнение производится до тех пор, пока не закроется поплавковый клапан в поплавковой камере. Клапан отрегулирован так, чтобы в момент его закрытия уровень воды в кипяtilьном пространстве был примерно на 40 мм ниже верхней кромки конуса. Это необходимо, чтобы не допустить попадания сырой воды в водосборник кипяченой воды 8. В процессе нагревания вода в кипяtilьном пространстве 6 расширяется, уровень ее поднимается и в момент кипячения вода переливается через край конуса. Вследствие этого уровень воды понижается, открывается поплавковый клапан и сырая вода добавляется в кипяtilьное пространство.

Таким образом, *поплавковый клапан 11* регулирует уровень воды в кипяtilьном пространстве. В процессе нагревания уровень воды колеблется в пределах, необходимых для срабатывания клапана.

Наполнение водосборника кипяченой воды 8 контролируется *указателем уровня кипяченой воды 7*. На него нанесена красная риска, указывающая

на предельное наполнение водосборника. В случае достижения объема кипяченой воды предельного значения (13–15 л) кипятильник должен быть выключен (прекращена топка). Выдача кипяченой воды производится через водоразборный кран 14.

Спускной кран 17 предназначен для слива оставшейся воды из водосборника и кипятильного пространства при длительных перерывах. Оставшаяся после израсходования и охладившаяся вода может быть вновь использована, если перерыв между включениями (растопками) кипятильника не превышает 12 часов.

Указатель уровня холодной воды в поплавковой камере 12 служит для контроля уровня холодной воды в поплавковой камере. Имеет две красные риски: верхняя указывает на предельное наполнение кипятильника водой, нижняя – на предельно возможный расход сырой воды и минимально допустимый уровень ее в камере.

Термометр 13 обеспечивает контроль за температурой горячей кипяченой воды в водосборнике.

Основной бак горячей кипяченой воды на 20 л используется для создания запаса кипяченой воды и размещается в служебном отделении. Бак имеет смотровое стекло и смотровой люк (для осмотра и чистки бака). В корпус вварены патрубки для подвода и отвода воды, выпуска воздуха. Смотровое стекло используется для периодической проверки уровня воды в баке.

Заполнение бака водой производится воздушным компрессором.

Промежуточный бак горячей воды на 12 л служит для сбора воды, поступающей самотеком из кипятильника. Размещается на боковой стене в котельном отделении, изготовлен из нержавеющей стали.

Воздушный компрессор типа KB-10M предназначен для перекачки воды из кипятильника через промежуточный бак в бак горячей воды. Производительность компрессора 12 л/мин; номинальное напряжение 220 В. Компрессор подает сжатый воздух в промежуточный бак, вытесняя воду, которая перетекает в бак горячей воды.

Бойлерная установка служит для нагрева воды и приготовления пищи проводниками, размещается в котельном отделении. Она включает бойлер, плиту и воронку. Имеет два режима работы: летний и зимний, характеристика которых приведена ниже.

Бойлер представляет собой теплообменник, в котором нагревается вода (за счет температуры отходящих через дымовую трубу газов или циркулирующей по змеевику воды, нагреваемой в котле системы отопления), т. е. это водяной теплообменник. Он состоит из корпуса, змеевика горячей воды, крышки, кожуха, дымовой трубы плиты. Дымовая труба плиты проходит внутри змеевика. Ниша бойлера, закрываемая крышкой, используется для размещения посуды при приготовлении пищи. Бойлер теплоизолирован.

Для периодического контроля за температурой воды в патрубке бойлера установлен дистанционный термометр.

Примечание – В вагонах с системой кондиционирования воздуха бойлер отсутствует. Нагрев воды осуществляется в отдельном баке с помощью электрических тенов. Бак расположен в котельном отделении. Для приготовления пищи проводник использует микроволновую печь, которую устанавливают в служебном отделении.

Плита (водогрейная плита) расположена под бойлером. В качестве топлива для плиты используют дрова или древесный уголь. Используется для обеспечения вагона горячей водой летом и может быть использована для приготовления пищи.

Воронка предназначена для сбора и слива под вагон воды из расширительного бака системы отопления и конденсата из поддонов малого бака, калорифера и поддона кипятильника.

Мойка служит для мытья посуды проводниками и состоит из чаши, изготовленной из нержавеющей стали, со сливной трубой и крана-смесителя.

Водоохладитель марки BOB34 K2-50 – установка для охлаждения питьевой воды. Установлен в служебном отделении. Производительность 4 л/мин; номинальное напряжение 50 или 100 В постоянного тока.

Охладитель представляет собой шкаф, в верхней части которого расположен бак горячей кипяченой воды на 45 л. Внутри шкафа установлен бак для охлажденной воды. Охлаждение производится при помощи холодильного агрегата компрессионного типа.

Обеззараживатель – устройство для противозидимической обработки питьевой воды. В конструкции обеззараживателя использован бактерицидный эффект ультрафиолетового облучения проточного слоя воды. Во время рейса обеззараживатель должен быть обязательно включен и работать в непрерывном режиме.

Сеть трубопроводов холодного и горячего водоснабжения с клапанами, вентилями и кранами. Клапаны, вентили и краны предназначены для регулирования и управления системой водоснабжения.

Контрольная и измерительная арматура служит для определения уровня и температуры воды.

Установка водяного пожаротушения является вспомогательной и предназначена для тушения очага пожара на вагоне после использования штатных огнетушителей. Установка включает расходный бак, электронасос, трубопровод, пожарные шланги, клапаны и краны.

Запас воды в баке установки водяного пожаротушения не зависит от расхода воды из системы водоснабжения. Пожарные шланги постоянно подсоединены к трубопроводу установки и размещены между первым и вторым и между седьмым и восьмым пассажирскими отделениями.

Режимы работы системы. Система водоснабжения имеет два режима работы: зимний и летний.

Они различаются способами нагрева воды в бойлере.

В *зимнем* режиме (при работающем котле системы отопления) горячая вода непосредственно из котла поступает в змеевик бойлера, нагревая находящуюся в нем воду.

В *летнем* режиме (при неработающем котле системы отопления) вода, находящаяся в бойлере, нагревается за счет температуры отходящих через дымовую трубу водогрейной плиты газов, т. е. за счет растопки плиты.

Запас холодной воды размещается в двух сообщающихся баках для холодной воды (большой и малый), которые расположены по концам вагона над потолками туалетных помещений. Поскольку баки соединены между собой, это позволяет расходовать запас воды через любой разборный кран и производить заправку системы из одной точки.

Заполнение системы водой. Налив воды в большой и малый баки осуществляется снизу, из-под вагона, через заправочные головки наливных труб 9. Вода из водозаборной колонки под давлением (не более 0,3 МПа) поступает через наливную трубу в большой бак, а из него – во все трубопроводы и другие емкости.

Налив воды в систему должен быть прекращен в следующих случаях:

- при загорании сигнальной лампы, расположенной у наливной головки на вагонах, оборудованных сигнализацией налива;
- появлении воды из вестовой трубы и противоположной наливной трубы.

Резервная технология заполнения. В случае обмерзания наливных головок при низких температурах наружного воздуха или выхода из строя обогревателей заполнение системы водой осуществляется через резервную наливную головку, которая находится в котельном отделении около бойлера и не подвержена обмерзанию. Заполнение системы в этом случае осуществляется с помощью инвентарного наливного шланга длиной около 4 м.

Слив воды из системы. При полном сливе воды из системы нужно открыть все вентили и краны. При сливе воды из баков необходимо к ранам подключить шланги и слив производить в унитазы.

Заправка расходного бака установки пожаротушения производится из большого бака при открытом клапане, соединяющем оба бака, и воздушном кране для выпуска воздуха из расходного бака.

3.5.2 Система отопления

Назначение. Система отопления предназначена для обеспечения температурного режима в вагоне в соответствии с санитарными нормами:

- в купе и служебных помещениях – 22 ± 2 градуса;
- в умывальных (душевых) спальнях вагонов – от +23 до +25 градусов;
- в туалетных помещениях вагонов 2-го и 3-го классов допускается снижение температуры до +16 градусов [5].

Системы отопления. По способу поддержания определенной температуры в вагоне используются три системы отопления [5]: электрическая, воздушная и с жидким теплоносителем.

Электрическая система обеспечивает нагрев воздуха за счет электрических печей, устанавливаемых, как правило, равномерно по площади пола. Такая система отопления используется в основном в электропоездах и позволяет быстро устанавливать необходимые параметры.

Воздушная система обеспечивает подачу воздуха в вагон через калориферную установку. Такая система отопления используется в сочетании с электрической или жидкостной.

Жидкостная система обеспечивает нагрев воздуха в помещениях жидким теплоносителем, проходящим по трубам или батареям через все помещения вагона. В качестве теплоносителя применяют обыкновенную воду. В вагонах нового поколения используют также незамерзающие жидкости.

К достоинствам жидкостной системы можно отнести то, что большая инертность теплоносителя позволяет в случае отключения источника тепла значительное время поддерживать положительную температуру в вагоне.

Такая система является основной в пассажирских вагонах.

Простейшая система отопления с жидким теплоносителем. В простейшей системе отопления (рисунок 3.52) вода, нагретая в котле 1, попадает в расширитель 2. Сеть отопительной установки состоит из верхних разводящих труб 3, выходящих из расширителя, стояков 4 и обогревательных труб 5, соединенных с водяной рубашкой котла в его нижней точке.

Расширитель служит резервуаром для запаса воды для пополнения ее убыли в системе отопления вследствие испарения и утечек и для размещения избытка воды, образующейся в результате увеличения ее объема при нагревании. Объем расширителя обычно принимают равным 5–10 % объема воды, содержащейся в отопительной системе [4].

Отличительная черта этой системы состоит в том, что вода в расширителе сообщается с атмосферой и всегда имеет температуру ниже 100 °С.

Вследствие разности температур воды в котле и в охлаждаемых стояках, а следовательно, и ее плотности, происходит естественная (гравитационная) циркуляция воды в трубах (на рисунке 3.52 показана стрелками).

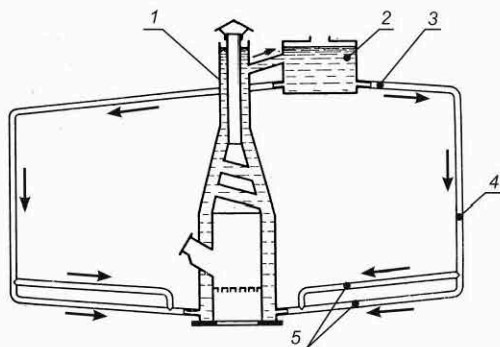


Рисунок 3.52 – Схема работы водяного отопления низкого давления:
 1 – котел; 2 – расширитель; 3 – верхние разводящие трубы; 4 – стояки;
 5 – нижние обогревательные трубы

В такой системе можно изменять количество отдаваемого тепла только повышением или понижением температуры нагрева воды в самом котле, что является недостатком.

Более совершенно регулирование температуры изменением скорости циркуляции воды при помощи насоса.

Система отопления современных вагонов имеет более сложное устройство и предназначена не только для восполнения потерь тепла через ограждения кузова, но и для подогрева (в течение отопительного сезона) воздуха, принудительно подаваемого в вагон вентиляционной установкой, а также для нужд системы горячего водоснабжения в зимнем режиме и для других целей.

Система отопления современных вагонов с жидким теплоносителем. Схема системы отопления современного вагона с жидким теплоносителем показана на рисунке 3.53 [5].

Основные функции системы отопления:

- поддержание температуры внутри вагона не ниже 18 °С;
- подогрев воздуха, подаваемого вентиляционной установкой;
- нагрев воды в системе горячего водоснабжения.

Система отопления с жидким теплоносителем включает:

- отопительный котел с расширителем и коллектором;
- пластинчатый калорифер;
- сеть отопления: стояки, разводящие и отопительные трубы;
- соединительные трубопроводы;
- трубопроводы для выпуска воздуха;
- наливную трубу;
- водяные обогреватели наливных труб системы водоснабжения;

- возвратную трубу с пробкой;
- ручной насос и электронасос;
- контрольные приборы;
- арматуру для регулировки и управления системой.

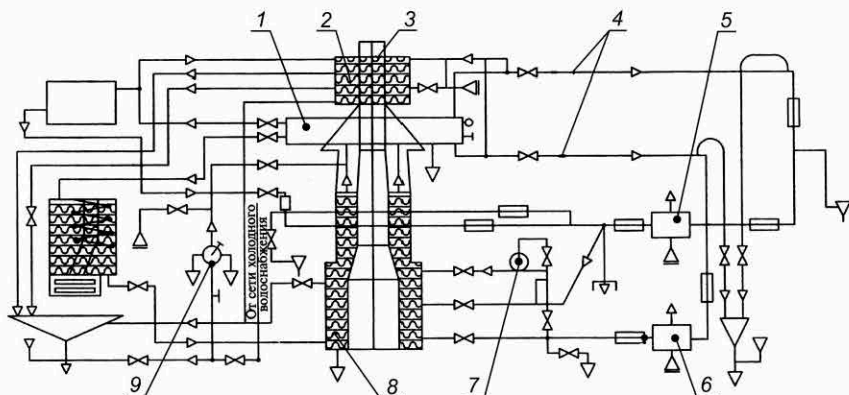


Рисунок 3.53 – Схема системы отопления:

1 – коллектор; 2 – расширитель; 3 – дымовая труба; 4 – трубопроводы; 5 – обогреватели наливных труб; 6 – наливной насос; 7 – электронасос; 8 – котел; 9 – ручной насос

Отопительный котел, ручной и электронасос, часть трубопроводов, арматуры и приборов расположены в котельном отделении.

Отопительный котел осуществляет нагрев воды, циркулирующей в системе отопления, твердым топливом либо от электрических нагревателей и размещается в котельном отделении. Вместимость котла с расширителем 450 л. Наибольшая температура воды в котле $+90...+95$ градусов.

Отопительный котел с водяной рубашкой (рисунок 3.54) состоит из наружного кожуха (наружной рубашки) 9, внутри которого расположены газоход 10, топочная камера 12 и высоковольтные трубчатые нагревательные элементы 11.

В нижней части камеры имеются колосниковая решетка 13 и зольник 1.

В верхней части расположены прерыватель тяги 7, коллектор 6, расширитель 4, дымовая труба (продолжение газохода) 5 с дефлектором 15.

Пространство между наружным кожухом котла и топочной камерой с газоходом заполняется водой, объем которой составляет 480 л [5].

Загрузка топлива на колосниковые решетки производится через люк топки 3, который позволяет загружать одновременно до 80 кг топлива. Под люком топки расположен шуровочный люк 2 для прочистки колосниковых решеток и удаления образующихся шлаков.

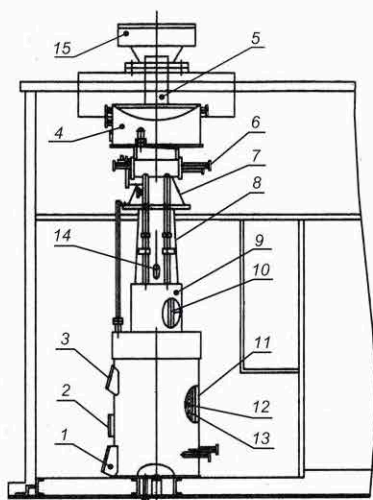


Рисунок 3.54 – Отопительный котел:
 1 – зольник; 2 – шуровочный люк;
 3 – люк топки; 4 – расширитель;
 5 – дымовая труба; 6 – коллектор; 7 – прерыватель тяги; 8 – кожух; 9 – рубашка;
 10 – газоход; 11 – высоковольтный трубчатый нагреватель; 12 – топочная камера;
 13 – колосниковая решетка; 14 – лючок для чистки газохода; 15 – дефлектор

Высоковольтные трубчатые нагревательные элементы 11 в количестве 24 используются для нагрева воды в системе отопления при эксплуатации вагонов на электрифицированных участках железных дорог. Они вмонтированы в водяную рубашку котла вертикально и распределены по всему периметру котла (за исключением зон, где расположены люки топки, зольника, шуровочного люка). Нагревательные элементы входят в состав оборудования высоковольтного отопления, получающего питание от сети напряжением 3000 В постоянного или переменного тока.

Расширитель 4 служит для сбора расширившейся при работе системы воды.

Коллектор 6 предназначен для подсоединения трубопроводов и установки приборов.

Прерыватель тяги 7 автоматически обеспечивает примерное постоянство расхода воздуха через топку котла. Принцип работы прерывателя тяги основан на использовании разности давлений внутри и снаружи котла. Уменьшение давления внутри дымовой трубы, возникающее при движении вагона, приводит к приоткрыванию заслонки прерывателя. При этом к верхней части дымовой трубы котла подсасывается воздух из котельного отделения. Это приводит к снижению тяги в самом котле. При выравнивании давления заслонка прерывателя возвращается в исходное положение.

Дефлектор 15 – является противопожарным устройством и предназначен для увеличения тяги из котла, гашения искр. Установлен на дымовой трубе и прикреплен болтами к патрубку люка крыши вагона.

Для защиты системы отопления от повышения температуры воды в котле и понижения ее уровня установлены температурное реле и жидкостной выключатель.

Температурное реле является управляющим устройством, срабатывающим при понижении температуры воды в котле ниже 90 °С и повышении ее выше 95 °С, что осуществляется замыканием и размыканием двух электрических цепей, отрегулированных на определенную температуру.

Жидкостной выключатель представляет автоматический размыкатель электрической цепи. При изменении уровня жидкости в системе отопления происходит переключение в цепи электрического контроля за уровнем жидкости.

Включение электроотопления осуществляется тумблерами, расположенными на пульте управления. Приборы автоматики предназначены для автоматического управления работой системы отопления и вентиляции.

Для обеспечения работы высоковольтного отопления в соответствии с заданной температурной программой в систему включены:

- температурные датчики типа ЭЧМ-0183, установленные на панели продольной перегородки пятого купе, контролирующие температуру в пассажирском помещении;

- термопреобразователи сопротивления ТСМ-1088, которые установлены: один – в коллекторе котла для контроля температуры воды на выходе из котла, другой – в ящике с высоковольтным оборудованием под вагоном для контроля температуры наружного воздуха.

Контроль за температурой воды в котле при работе его на *твердом топливе* осуществляется с помощью дистанционного термометра ТКП-60/3М, приемник которого вставляется в коллектор и крепится накидной гайкой. Указатель прибора выведен в служебное отделение.

Пластинчатый (водяной) многоходовый калорифер КВБ 7П предназначен для подогрева подаваемого в вагон воздуха в холодное время года. Состоит из каркаса с сваренными ребристыми трубами и двух патрубков для входа и выхода воды. Для доступа к нему в потолке тормозного конца имеется люк. Для сбора образующегося конденсата под калорифером установлен поддон.

Сеть отопления состоит из верхних разводящих труб, расположенных над потолком по коридорной стороне, стояков и нижних обогревательных труб, образующих две ветви.

Соединение труб фланцевое. Для доступа к фланцевым соединениям предусмотрены люки в потолке. Нижние обогревательные трубы выполнены с ребрами. Отопительные трубы закрыты щитками.

Соединительные трубопроводы соединяют отдельные составные части системы между собой.

Трубопроводы для выпуска воздуха выведены под вагон и предназначены для удаления воздуха при заполнении системы и при эксплуатации во избежание образования воздушных пробок и самопроизвольного отключения приборов и трубопроводов.

Наливная труба имеет заправочную головку и запорный клапан и служит для заполнения системы отопления водой от водоразборной колонки на станционных путях.

Водяные обогреватели наливных труб служат для предотвращения обмерзания подвагонных наливных головок системы водоснабжения при минусовых температурах наружного воздуха. Обогреватели встроены в сеть отопления. Один из обогревателей расположен в седьмом купе, другой – в коридоре нетормозного конца.

Возвратная труба с пробкой служит для соединения обогревательного трубопровода со стороны служебного отделения с котлом, а также для сбора и удаления механических примесей, находящихся в воде.

Ручной насос поршневого Р0,8-30 предназначен для пополнения системы водой из системы водоснабжения.

Примечание – При работе системы отопления постоянно уменьшается количество воды, происходит испарение ее в атмосферу, часть воды идет на промывку унитазов. Для пополнения воды и поддержания ее на предельном уровне применяют ручной насос, который обеспечивает подкачку воды из системы водоснабжения.

Электронасос служит для усиления циркуляции воды в системе, когда естественная циркуляция воды не обеспечивает нагрев воздуха в вагоне до необходимой температуры при низких температурах наружного воздуха.

Примечание – При работе системы отопления основным режимом является естественная циркуляция воды, которая происходит вследствие различной плотности в зависимости от температуры в верхних и нижних трубах.

Электронасос состоит из всасывающего и нагнетательного корпусов, рабочего колеса. Насос приводится в действие электродвигателем постоянного тока. Установлен на полу котельного отделения.

Контрольные приборы служат для контроля за температурой и уровнем воды в системе.

Контроль за температурой воды в котле при работе его на твердом топливе осуществляется с помощью дистанционного термометра, приемник которого вставляется в коллектор и крепится накидной гайкой. Указатель прибора выведен в служебное отделение.

Контроль за температурой воды в котле при электроотоплении осуществляется автоматически с помощью системы температурной автоматики.

Защитные функции при работе системы выполняются с помощью вмонтированных в коллектор реле температуры и жидкостного выключателя, реагирующего на падение уровня воды в системе.

Арматура для регулировки и управления системой включает в себя различные клапаны и краны, с помощью которых можно производить подключение различных приборов и трубопроводов.

Для системы отопления применяется арматура с корпусами, изготовленными из стали, чугуна или цветных сплавов.

Работа системы. Вода нагревается в котле и через коллектор поступает в верхние разводящие трубы сети и стояки, затем в нижние обогревательные трубы, где, отдавая тепло окружающему воздуху, охлаждается и вследствие разности температур в котле и стояках, возвращается в котел. Образующийся пар отводится в расширитель. Для усиления циркуляции воды в системе нужно периодически пользоваться электронасосом 7.

Система отопления скоростного вагона. Для скоростных вагонов, предназначенных для эксплуатации на электрифицированных участках железных дорог, разработана система отопления, в которой вместо котла применяют электрический бойлер, что несколько упрощает систему отопления и в тоже время ограничивает ее возможности.

Система отопления скоростных вагонов включает отопительный бойлер, расширительный и запасной баки, коллектор, разводящие и отопительные трубопроводы, ручной и электронасос, наливную трубу, конвекторы, трубопроводы для выпуска воздуха, сливной узел, контрольные приборы, арматура для регулировки и управления системой. Отопление вагона производят нагревом теплоносителя – жидкости АСОЛ-К в бойлере электронагревателями. Объем теплоносителя в системе отопления составляет 750 л.

Теплоноситель поступает через коллектор в верхние разводящие трубы отопительной сети и стояки, а затем в нижние обогревательные трубы с ребрами, отдавая тепло окружающему воздуху. В результате он охлаждается и, вследствие разности значений температуры в бойлере и стояках, возвращается назад в бойлер. Пар, образующийся при этом, отводится назад по трубопроводу через коллектор и расширительный бак.

Отопительный бойлер, ручной и электронасос, часть трубопроводов, арматуры и приборов расположены в бойлерном отделении.

3.5.3 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха

Назначение. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха предназначены для обеспечения подачи свежего воздуха в вагон и создания нормальных санитарно-гигиенических условий пребывания пассажиров и обслуживающего персонала.

Системы отопления, вентиляции и охлаждения вагона в зависимости от температуры наружного воздуха должны обеспечивать значения температур воздуха в вагоне, указанных в таблице 3.1.

Система вентиляции должна быть рассчитана на непрерывную работу в пути следования поезда с пассажирами для обеспечения подачи наружного воздуха в вагон при питании вагона от всех предусмотренных штатных источников питания.

Система вентиляции должна обеспечивать вытяжку воздуха из туалетных помещений общего пользования не менее 50 м³/ч.

Система кондиционирования воздуха должна обеспечивать равномерное распределение подаваемого воздуха и исключать непосредственную подачу воздуха на пассажира. Температура подаваемого в вагон воздуха при его охлаждении на расстоянии 100 мм от выходного отверстия должна быть не ниже 16 °С, а при его нагревании на расстоянии 100 мм от выходного отверстия должна составлять от 16 до 26 °С. Температура нагретого воздуха при воздушной системе отопления на расстоянии 100 мм от выходного отверстия должна быть не выше 35 °С.

Точность поддержания температуры воздуха в пассажирских и служебных помещениях вагонов должна составлять не более ± 2 °С.

Для создания комфортных климатических условий может быть дополнительно предусмотрена возможность индивидуального регулирования температуры воздуха в помещениях вагона.

Система вентиляции вагона. *Назначение* – создание благоприятного микроклимата в пассажирских помещениях (определенная влажность, температура, подвижность и чистота воздуха).

В *состав* системы вентиляции вагона входят (рисунок 3.55) заборные жалюзи, инерционные и сетчатый 1 фильтры, вентилятор 3, диффузор 4, воздушонагреватель 5, конфузор 6, воздуховод 7, вентиляционные решетки, дефлекторы и противопожарная заслонка [5].

Функции системы вентиляции:

- подача свежего воздуха в вагон – с помощью вентилятора через заборные жалюзи;
- очистка воздуха от пыли – с помощью фильтров;
- подогрев воздуха в холодное время – воздухоподогревателем (пластинчатым водяным калорифером);
- равномерное распределение воздуха с определенной скоростью по вагону;
- удаление отработанного воздуха через потолочные дефлекторы.

Система вентиляции *работает* следующим образом (рисунок 3.56). Наружный воздух засасывается вентилятором 1 через заборные жалюзи и фильтры с двух сторон вагона, подается в воздуховод 3, а затем через вентиляционные решетки – во все помещения вагона. Отработанный воздух

удаляется через дефлекторы. Производительность вентиляционной установки составляет 4500–5000 м³/ч воздуха летом и 900–1000 м³/ч зимой.

Рисунок 3.55 – Схема установки узлов системы вентиляции:
1 – сетчатый фильтр; 2 – вставка;
3 – вентиляционный агрегат;
4 – диффузор; 5 – воздухонагреватель; 6 – конфузор; 7 – воздуховод

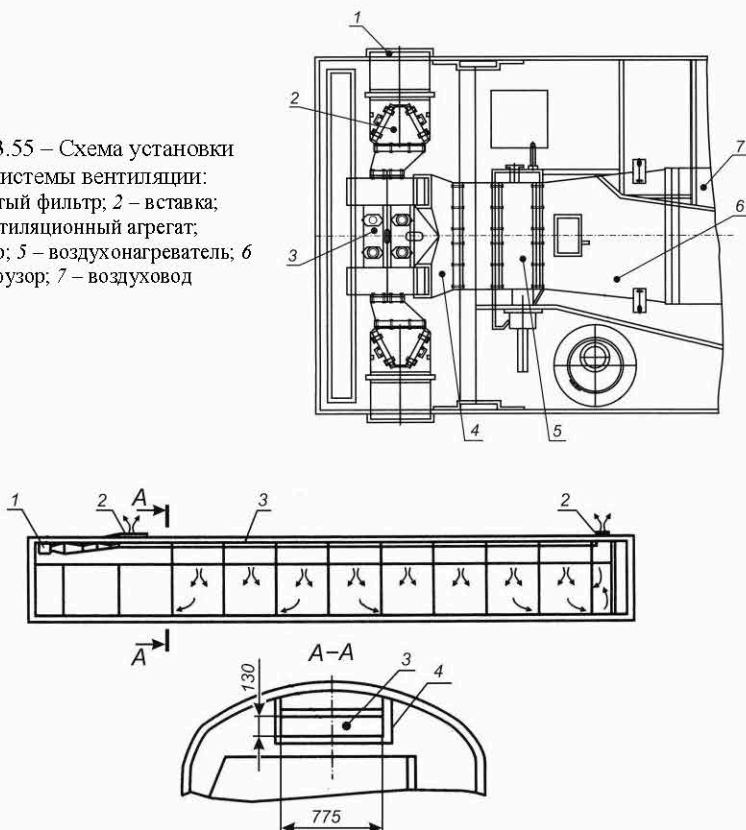


Рисунок 3.56 – Схема вентиляции помещений вагона:
1 – вентиляционный агрегат; 2 – дефлекторы; 3 – воздуховод; 4 – кронштейн для крепления воздуховода

Заборные жалюзи служат для подачи свежего воздуха в систему вентиляции. Представляют собой планки, приваренные под углом 7° к прорезям направляющих реек воздуховодного короба, прикрепленного к скату крыши.

Вентиляционный агрегат (рисунок 3.57) обеспечивает подачу наружного воздуха в вагон и состоит из роторов 5, насаженных на вал электродвигателя 4, и кожухов 3 вентиляторов.

Инерционный фильтр предназначен для удаления крупных частиц пыли под действием центробежных сил.

Сетчатые масляные фильтры (их четыре) обеспечивают окончательную очистку поступающего воздуха.

Схема установки вентиляционного агрегата с фильтрами показана на рисунке 3.57.

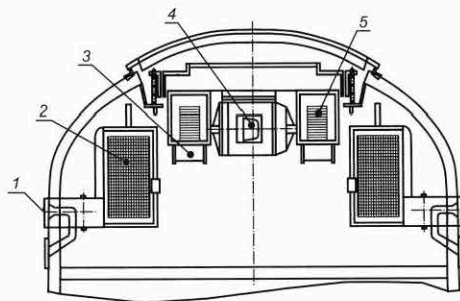


Рисунок 3.57 – Установка агрегата с фильтрами:

1 – инерционный фильтр; 2 – масляный фильтр; 3 – кожух; 4 – электродвигатель; 5 – ротор

Диффузор (рисунок 3.58) предназначен для соединения вентиляционного агрегата с калорифером. Представляет собой канал переменного по длине сечения (меньшего сечения в начале и большего в конце). Состоит из раструбы 2, двух квадратных 1 и одного прямоугольного 3 фланцев.

Конфузор (рисунок 3.59) – короб (канал) переменного по длине сечения (большого сечения в начале и меньшего в конце), соединяющий калорифер с воздуховодом.

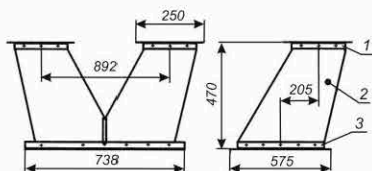


Рисунок 3.58 – Диффузор:

1, 3 – квадратный и прямоугольный фланцы; 2 – раструб

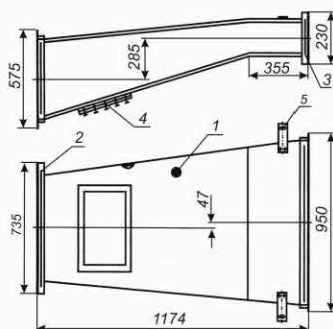
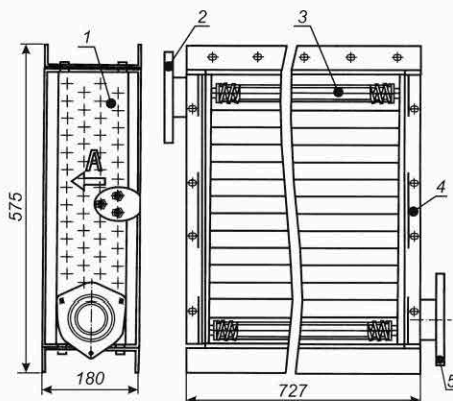


Рисунок 3.59 – Конфузор:

1 – короб; 2, 3 – присоединительные фланцы; 4 – люк; 5 – крепительный кронштейн

Калорифер (рисунок 3.60) предназначен для подогрева поступающего в вагон воздуха при низких значениях температуры наружного воздуха. Для доступа к нему в потолке коридора тормозного конца имеется люк. Под калорифером установлен поддон для сбора образующегося конденсата.

Рисунок 3.60 – Калорифер (воздухо-нагреватель):
1 – коллекторы;
2, 5 – патрубки для входа и выхода воды;
3 – теплораспределяющие элементы;
4 – кронштейн подсоединения калорифера к воздуховоду



Воздуховод (см. рисунок 3.56) прямоугольного сечения – обеспечивает распределение воздуха по помещениям вагона. Свежий воздух из воздуховода поступает в помещения через вентиляционные решетки.

Дефлекторы (рисунок 3.61) предназначены для удаления отработанного воздуха. Их размещают в туалетах, служебном отделении, коридоре и тамбуре нетормозного конца.

Противопожарная заслонка обеспечивает автоматическое перекрытие воздуховода, предотвращая распространение пламени в случае пожара. Заслонка установлена в воздуховоде над купе проводников. Нормальное положение заслонки – открытое.

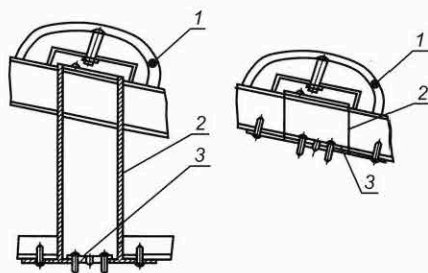


Рисунок 3.61 – Установка дефлектора на вагоне:
1 – дефлектор; 2 – патрубок; 3 – заслонка

Система кондиционирования воздуха предназначена, как и система вентиляции, для обеспечения комфортных условий для пассажиров и обслуживающего персонала вагона в зимних и летних условиях.

В период с октября до марта следующего года кондиционер работает в режиме подогрева воздуха, с марта до октября – в режиме охлаждения.

Система кондиционирования воздуха включает подкрышевой кондиционер, систему воздуховодов и дефлекторы. Кондиционер размещен над толчком тамбура тормозного конца вагона.

В современных вагонах применяется установка УКВ-31, которая обеспечивает создание и автоматическое поддержание требуемой температуры внутри вагона. Установка представляет собой горизонтальный кондиционер с рециркуляцией. Состоит из парокомпрессионной холодильной машины, воздушнонагревателей и вентиляционного оборудования. В качестве хладагента используется хладон R134a (фреон R134a).

Компоновочная схема установки кондиционера и ее основные элементы показаны на рисунке 3.62.

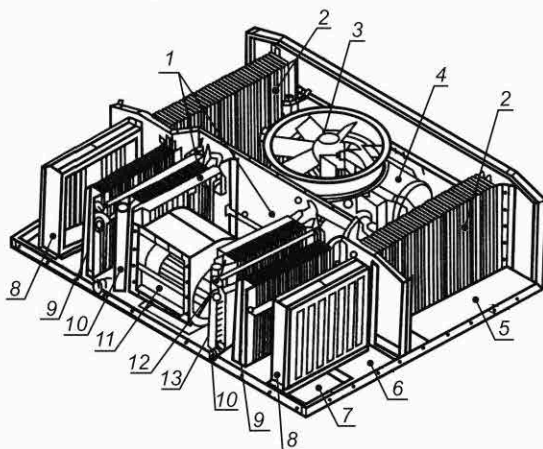


Рисунок 3.62 – Компоновочная схема установки кондиционера:

1 – электрические воздушнонагреватели; 2 – конденсатор; 3 – осевой вентилятор; 4 – компрессор; 5 – выход воздуха в атмосферу после охлаждения в конденсаторе; 6 – вход свежего (наружного) воздуха, поступающего на воздухоохладитель (воздушнонагреватель); 7 – вход рециркуляционного (внутреннего) воздуха; 8 – фильтрующие ячейки; 9 – воздухоохладитель; 10 – водяные воздушнонагреватели; 11 – центробежный вентилятор; 12 – выход горячей воды из водяного воздушнонагревателя; 13 – подача горячей воды в водяной нагреватель

Установка кондиционирования работает в трех режимах:

- охлаждения воздуха внутри вагона;
- вентиляции внутреннего пространства вагона;
- подогрева воздуха внутри вагона.

В режиме охлаждения работают холодильная машина и вентиляционное оборудование. Водяные и электрические воздушнонагреватели 1 и 10 отключены.

Включение холодильной машины приводит к тому, что в установку под действием разрежения, создаваемого вентилятором 11, через отверстия воздухоприемников внутреннего воздуха в установку подается воздух из вагона по системе рециркуляционных воздухопроводов. При этом одновременно через отверстия воздухоприемников происходит всасывание наружного воздуха. Поступившие потоки внутреннего и наружного воздуха перемешиваются в камерах смешения и через фильтрующие ячейки 8 образовавшийся поток воздуха подается в воздухоохладители 9. Далее поток воздуха поступает внутрь вагона через отверстие воздухораспределителя и распределяется вдоль вагона по воздухопроводу.

Воздуховод (рисунок 3.63) обеспечивает подачу воздуха в каждое купе через потолочные отверстия. Он изготовлен из оцинкованной стали толщиной 0,6 мм и размещен посередине вагона за потолком. В воздуховоде над служебным отделением размещена *противопожарная заслонка*.

Для обмена воздуха в вагоне предусмотрены дефлекторы, которые размещены на крыше в зоне туалетов, коридора и тамбура нетормозного конца, служебного отделения и коридора тормозного конца вагона.

Для удаления конденсата, образующегося на охлаждающих поверхностях кондиционера, под вагон на нижней части кондиционера имеются два штуцера, к которым подсоединяются сливные шланги. Атмосферная влага удаляется из кондиционера наружу самотеком через воздухозаборные жалюзи.

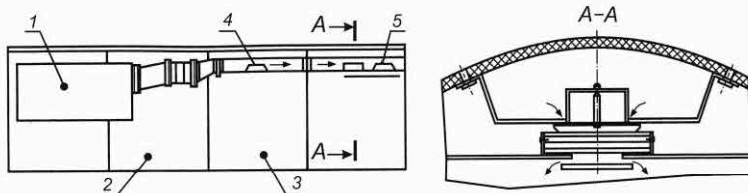


Рисунок 3.63 – Воздуховод:

1 – кондиционер; 2 – бойлерное отделение; 3 – служебное отделение; 4 – противопожарная заслонка; 5 – короб воздуховода

3.5.4 Система освещения

Назначение. Система освещения служит для освещения всех внутренних помещений вагона в нормальном и аварийном режимах и световой сигнализации.

К освещенности помещений пассажирского вагона предъявляются следующие требования:

- параметры искусственной освещенности, лк, должны быть следующими: поверхность столиков в купе и в вагонах с местами для сидения – 150;

коридор, проход – 50; пульт управления в служебном отделении, туалет – 100; тамбур – 30; пол в туалете – 50;

– в купе пассажирских вагонов должно быть предусмотрено ночное освещение синего цвета, которое включается по желанию пассажиров;

– на всех вагонах должно быть предусмотрено аварийное освещение для эвакуации людей с освещенностью на полу не менее 1 лк.

В вагонах устанавливают светильники люминесцентного освещения и с лампами накаливания.

Люминесцентные светильники устанавливают во всех помещениях вагона, кроме туалетов, тамбуров и котельного отделения.

Цепи освещения питаются напряжением 50 или 110 В от подвагонного генератора или аккумуляторной батареи.

Над каждым спальным местом установлен светильник для чтения с индивидуальным выключателем и лампочкой накаливания мощностью 15 Вт.

Светильники с лампами накаливания мощностью 40 Вт размещены в тамбурах в зоне входных дверей и туалетов.

В служебном отделении над мойкой установлен светильник мощностью 15 Вт, в котельном над входом – светильник герметического исполнения типа «Луч» с лампой накаливания мощностью 25 Вт.

Переходные площадки оборудованы светильниками типа «Луч» с защитной решеткой, которые заблокированы с сигнальным фонарем. В зависимости от расположения вагона в составе поезда (последний или промежуточный) включаются сигнальные фонари или освещение переходных площадок.

На торцевых стенах вагона установлены сигнальные фонари в металлическом корпусе со съемными линзами и лампами накаливания мощностью 40 Вт.

Схема расположения светильников в вагоне показана на рисунке 3.64.



Рисунок 3.64 – Схема расположения светильников в вагоне

Питание цепей освещения обеспечивается включением автоматических выключателей на пульте управления. В аварийном режиме и при питании от соседнего вагона включаются только светильники с лампами накаливания и люминесцентные светильники.

3.5.5 Система электроснабжения

Назначение. Система электроснабжения предназначена для производства, преобразования, передачи и распределения электроэнергии потребителям вагона и защиты электрических цепей пассажирского вагона.

Системы электроснабжения. В вагонах должна применяться одна из следующих систем электроснабжения:

- *централизованная от высоковольтной магистрали* постоянного или переменного тока, при этом устройства отопления получают питание непосредственно от поездной магистрали через защитно-коммутационную аппаратуру, а низковольтные потребители – через статический преобразователь;

- *централизованная от вагона-электростанции* по трехфазной трехпроводной магистрали с изолированной нейтралью напряжением 380 В с отклонением $\pm 10\%$ и частотой 50 Гц с отклонением $\pm 2\%$; применяется для питания низковольтных потребителей непосредственно или через согласующий трансформатор;

- *автономная* с номинальным напряжением постоянного тока 24, 50 и 110 В от одного или нескольких подвагонных генераторов с приводом каждого от оси колесной пары; применяется для питания низковольтных потребителей непосредственно или через дополнительные низковольтные преобразователи;

- *смешанная*: автономная от подвагонного генератора и централизованная от контактной сети.

На вагонах с конструкционными скоростями свыше 160 км/ч применение подвагонных генераторов не допускается.

Вагоны оборудуют высоковольтной совместимой однопроводной или двухпроводной поездной магистралью.

Наиболее распространенной является смешанная система электроснабжения вагона. В этом случае электроснабжение высоковольтных потребителей вагона осуществляется централизованно от поездной магистрали напряжением 3000 В постоянного или однофазного переменного тока частотой 50 Гц, низковольтных – от автономной системы электроснабжения, которая обеспечивает их работу:

- *от генератора* (генераторов) суммарной мощностью 32 кВт (с номинальным напряжением 110 В на выходе выпрямителя) при скорости движения свыше 35 км/ч;

– от аккумуляторной батареи емкостью не менее 250 А·ч – на стоянках и при скорости движения до 35 км/ч;

– от внешней трехфазной сети напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц на стоянках.

Управление всеми потребителями вагона, за исключением электродвигателя насоса установки водяного пожаротушения, осуществляется с пульта управления в служебном отделении.

Потребители электроэнергии, а также оборудование комплекта электрооборудования размещаются внутри и снаружи вагона.

Внутривагонное электрооборудование. Внутривагонное электрооборудование некупейного вагона включает: оборудование высоковольтного электропитания, приборы термоавтоматики; электродвигатели, электронагреватели, систему подготовки питьевой воды, микроволновую печь, холодильник, штепсельные розетки, звонковую сигнализацию и сигнальные устройства, установку пожарной сигнализации, информационное табло, освещение, радиотрасляционную сеть и пульт управления.

Пульт управления расположен в служебном отделении и предназначен для распределения электроэнергии по потребителям, защиты электрических цепей и обеспечения информацией обслуживающего персонала о работе потребителей и параметрах работоспособности каждой системы. Доступ к задней стороне пульта из купе проводников осуществляется через специальные створки.

Пульт управления оборудован установкой газового пожаротушения УГП, предназначенной для объемного тушения пожара.

Электрооборудование на торцевых стенах. На торцевых стенах установлены концевые сигнальные фонари в металлическом корпусе со съёмными линзами и козырьком с лампами накаливания; оборудование межвагонных высоковольтных соединений (розетки, штепсели, кронштейны кабелей) на нижнем листе буферного бруса; межвагонные соединения поездной магистрали 110 В; розетки радиомагистрали.

Подвагонное электрооборудование включает силовую электромагистраль напряжением 3000 В; подвагонные ящики (высоковольтного и низковольтного оборудования); генератор переменного тока; аккумуляторную батарею; поездную магистраль напряжением 110 В; датчики системы контроля температуры нагрева букс; магистраль электропневматического тормоза.

Подвагонное электрооборудование состоит из высоковольтного и низковольтного оборудования.

Высоковольтное оборудование включает в себя силовую магистраль 3000 В и ящик высоковольтного оборудования.

Силовая электромагистраль служит для транзитной передачи электрического тока напряжением 3000 В в вагоны состава, в которых установлено электрооборудование на это напряжение (рисунок 3.65).

В состав силовой электромагистрали входят две высоковольтные розетки, два высоковольтных штепселя, два холостых приемника, два кронштейна штепселя и трубопровод сечением 95 мм².

Соединители высоковольтной однопроводной поездной магистрали устанавливают на обоих торцах вагона (см. рисунок 3.2).

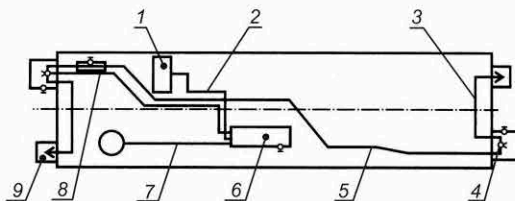


Рисунок 3.65 – Силовая магистраль системы электроснабжения пассажирского вагона:

- 1 – пульт управления; 2 – провода управления низковольтные; 3 – штепсель с кабелем;
4 – розетка высоковольтная; 5 – привод высоковольтной магистрали; 6 – ящик с высоковольтной аппаратурой; 7 – провода высоковольтные теплоустойчивые;
8 – провод высоковольтной магистрали; 9 – холостой приемник

Высоковольтные розетки, штепсели, кронштейны кабелей установлены по торцам вагона под буферным брусом.

Холостые приемники, служащие для закрепления штепселей при следовании вагона последним в составе поезда или в составе, где не используется магистраль 3000 В, а также при нахождении вагона в отстое, размещены на торцевых стенах.

Трубопровод высоковольтной магистрали собран из отдельных алюминиевых труб диаметром 48 мм, соединенных алюминиевыми муфтами. Кабель штепселя от розеток до кронштейна кабеля проложен в алюминиевой трубе, закрепленной на специальных кронштейнах кузова.

От розетки тормозного конца вагона высокое напряжение подается к ящику с высоковольтным электрооборудованием, подвешенному под вагоном. Это ответвление от магистрали выполнено из алюминиевых труб диаметром 35 мм.

Ящик высоковольтного оборудования предназначен для подключения высоковольтных потребителей вагона к поездной магистрали 3000 В.

Ящик включает два контактора, реле сигнализации и концевой выключатель, два высоковольтных предохранителя, блок с дифференциальным реле.

Низковольтное подвагонное оборудование включает в себя генератор, аккумуляторную батарею, поездную магистраль 110 В, магистраль электропневматического тормоза, датчики системы контроля температуры нагрева букс, устройство вводное, ящик низковольтной аппаратуры и преобразователь ПТК-2.

Генератор, установленный на раме вагона, обеспечивает питание всех потребителей вагона переменным напряжением 110 В. Генератор приводится в действие от оси вагона через редуктор, карданный вал и эластичную муфту.

Аккумуляторная батарея состоит из 90 аккумуляторов типа 90KL-250P, соединенных последовательно. Аккумуляторная батарея размещена под вагоном в двух аккумуляторных боксах на выкатных тележках, которые позволяют выкатывать батареи на откинутые крышки бокса при техническом обслуживании батареи. Аккумуляторный бокс разделен на три секции, каждая из которых имеет свою крышку.

Поездная магистраль напряжением 110 В предназначена для питания цепей аварийного освещения от соседнего вагона в случае выхода из строя генераторной установки.

Магистраль выполнена двумя проводами, которые проложены под вагоном в стальных трубах, входящих в торцевые стены и оканчивающихся концевыми коробками. С соседними вагонами магистраль соединяется при помощи межвагонных штепсельных соединений типа МВС, расположенных в зоне переходной площадки. В разъединенном положении головка межвагонного соединения должна находиться в предохранительной коробке, установленной рядом с концевой коробкой.

Магистраль электропневматического тормоза предназначена для одновременного включения тормозных устройств всех вагонов поезда. Магистральный провод проложен в стальных трубах, закрепленных на раме кузова. По концам с обеих сторон вагона на нижнем листе концевой балки установлены клеммные коробки. С соседними вагонами поезда магистраль соединяется гибким шланговым проводом, навитым на соединительный рукав воздушной магистрали.

Устройство контроля температуры нагрева букс предназначено для предупреждения нагрева подшипников букс колесных пар. Оно включает восемь термодатчиков, реле, звонок электрический и светодиод красного свечения. Термодатчики установлены на буксах обеих тележек вагона и соединены между собой последовательно. Контакты термодатчиков замкнуты между собой легкоплавким металлическим сплавом с температурой плавления 96 ± 4 °С. При нагреве корпуса буксы (в месте установки термодатчика) до температуры от 92 до 100 °С сплав расплавляется, размыкая контакты термодатчика. При разрыве цепи срабатывает аппаратура сигнализации.

4 РАСЧЕТ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

4.1 Особенности расчета кузовов пассажирских вагонов

Особенности конструкций кузовов пассажирских вагонов, учитываемые при их расчете. Проектируемые пассажирские вагоны должны иметь цельнонесущую конструкцию кузова типа замкнутой оболочки.

Примечание – В цельнонесущей конструкции кузова подкрепленная обшивка боковых стен, рамы и крыши образуют замкнутую оболочку (коробчатую балку). В таких кузовах достигается наибольшая жесткость и прочность при наименьшей массе, лучшее использование металла.

Особенностями конструкций кузовов пассажирских вагонов являются:

- наличие тонкостенной обшивки: $\delta \leq 4$ мм – сталь, $\delta \leq 5$ мм – алюминиевые сплавы;
- большое число оконных и дверных вырезов.

Эти особенности должны учитываться при составлении расчетных схем кузовов и оценке их прочности.

Особенности работы и расчета кузовов с тонкой несущей обшивкой.

1 Быстрая потеря устойчивости и несущей способности обшивки при действии сжимающих напряжений. По этой причине обшивку подкрепляют в направлении действия нормальных сжимающих напряжений продольными элементами жесткости (стрингерами, гофрами, выштамповками). Они работают совместно с примыкающими к ним участками обшивки.

2 Возникновение в подкрепленной обшивке под действием внешних сил сложной пространственной деформации и соответствующих напряжений. В связи с этим для упрощения расчетов напряжения, возникающие в обшивке, разделяют на срединные и изгибные.

Срединные – напряжения, равномерно распределенные по толщине обшивки. Они возникают от сил, лежащих в ее плоскости.

Изгибные напряжения – напряжения, неравномерно распределенные по толщине обшивки. Они возникают от сил, приложенных по нормали к ее поверхности.

В свою очередь различают основные и дополнительные срединные напряжения.

Основные обусловлены деформацией кузова как целой системы, *дополнительные* – местным изгибом подкрепляющих элементов.

Примечание – В практических расчетах определение срединных и изгибных напряжений в обшивке производят по отдельным расчетным схемам. При определении срединных напряжений обшивка включается в расчетную схему всей несущей конструкции. При определении изгибных напряжений рассматриваются отдельные участки обшивки, нагруженные силами, нормальными к ее поверхности.

3 Неравномерное распределение нормальных срединных напряжений (основных и дополнительных) по ширине тонкостенной панели (рисунок 4.1, в).

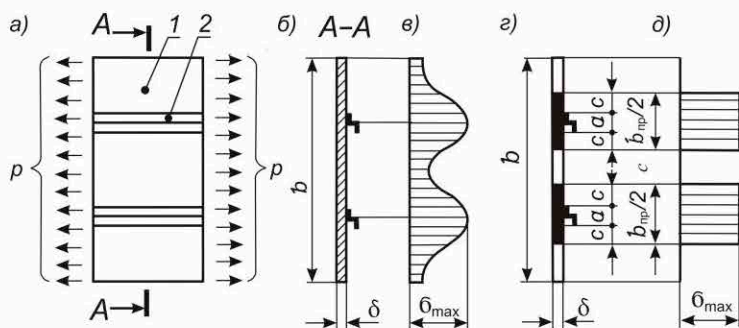


Рисунок 4.1 – К особенностям работы и расчета кузовов с тонкой несущей обшивкой:

a – схема нагружения тонкостенной панели; *b*, *г* – действительное и редуцированное (уменьшенное) поперечные сечения панели; *в*, *д* – эпюры фактического и расчетного распределения напряжений по ширине панели; 1 – обшивка; 2 – продольный подкрепляющий элемент

Как следует из рисунка 4.1, в, наибольшие напряжения возникают в местах, где обшивка 1 подкреплена продольными элементами 2, наименьшие – в местах наиболее удаленных от подкрепляющих элементов. Поэтому в расчетах действительное сечение панели шириной b (см. рисунок 4.1, б) заменяют условным редуцированным сечением панели шириной $b_{тр}$ (см. рисунок 4.1, г).

Примечание – В практических расчетах условно принимают, что нагрузку воспринимает не всё сечение, а лишь его часть, включающая подкрепляющие элементы и прилегающие к ним участки обшивки.

Редуцированным называют часть действительного сечения, включающая подкрепляющие элементы и прилегающие к ним участки обшивки размером c :

$c = 20\delta$ при $\delta \leq 3$ мм – сталь и $\delta \leq 4$ мм – алюминиевые сплавы;

$c = 25\delta$ при $\delta = 4$ мм – сталь и $\delta = 5$ мм – алюминиевые сплавы.

При $\delta \geq 5$ мм (стальные панели) и $\delta \geq 6$ мм (панели из алюминиевых сплавов) рассматривается все сечение кузова.

Редукционный коэффициент

$$\varphi = \frac{F_{\text{ред}}}{F} = \frac{b_{\text{пр}}}{b},$$

где $F_{\text{ред}}$, F – площади редуцированного и всего сечений кузова.

Особенности расчета кузовов, имеющих вырезы. Вырезы вносят статическую неопределенность в распределение нагрузок между верхним и нижним поясами кузова и межоконными простенками, а также оказывают существенное влияние на напряженное состояние кузова за счет появления дополнительных напряжений в поясах и оконных простенках боковых стен на участках наибольших перерезывающих сил.

Существуют 3 метода расчета кузовов пассажирских вагонов:

- приближенный;
- поверочный уточненный;
- точный с применением МКЭ.

В каждом из них применяют различные расчетные схемы и ставятся свои цели расчета.

4.2 Предварительный приближенный расчет кузова пассажирского вагона

Расчет выполняется на этапе проектирования кузова вагона с целью выбора варианта поперечного сечения кузова и предварительного подбора сечений основных элементов конструкции кузова.

Расчетная схема. Кузов пассажирского вагона рассматривают в этом случае как балку коробчатого сечения на двух опорах, нагруженную вертикальной равномерно распределенной нагрузкой с интенсивностью q и продольной нагрузкой N (рисунок 4.2, а).

Обозначение на схеме: z – эксцентриситет продольной силы N (расстояние от центра тяжести поперечного сечения кузова до оси автосцепки); эпюра M – от нагрузки q и эксцентричного действия силы N .

Расчет ведется по режимам *I*, *II* и *III*: $N = -2,5$ МН – режим *I*; $N = +1,5$ МН – режим *II*; $N = \pm 1,0$ МН – режим *III*.

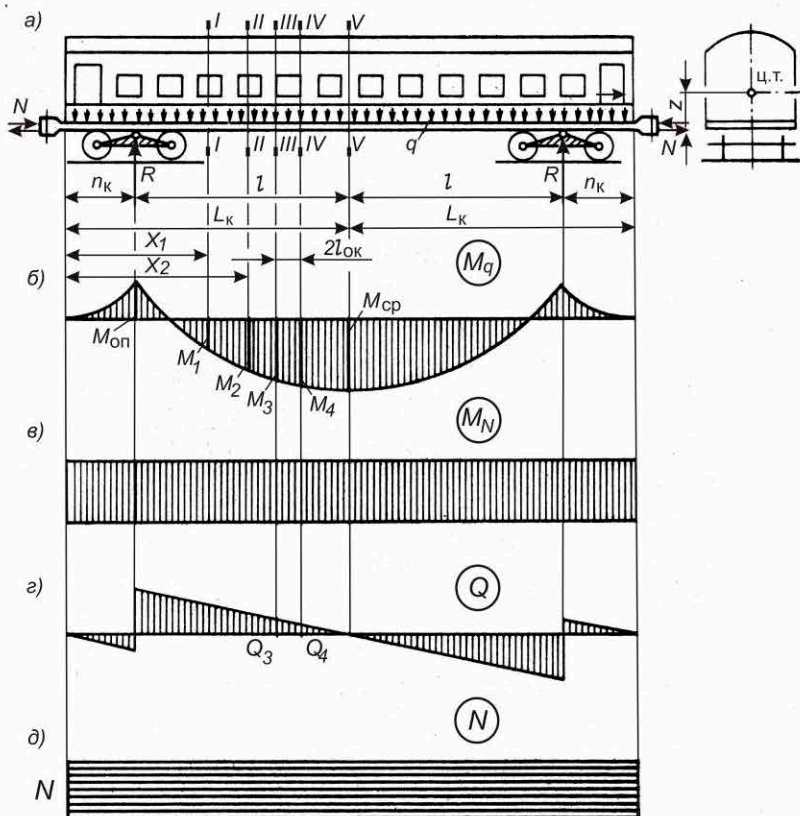


Рисунок 4.2 – Расчетная схема кузова и эпюры внутренних усилий:
 а – расчетная схема; б – эпюра изгибающих моментов от равномерно распределенной нагрузки;
 в – то же от эксцентричного действия продольной нагрузки; г – эпюра поперечных сил;
 д – эпюра продольных сил

Интенсивность равномерно распределенной нагрузки:

– по режиму I –

$$q_I = \frac{P_{кз} + P_{п}}{2L} = \frac{P_{кз}^{бр}}{2L};$$

– по режиму II –

$$q_{II} = \frac{P_{кз} + P_{д}}{2L} = \frac{P_{кз}(1 + K_{д})}{2L};$$

– по режиму III –

$$q_{III} = \frac{P_{кз} + P_{п} + P_{д} + P_{б}}{2L} = \frac{P_{кз}^{бр} (1 + K_{д} + K_{б})}{2L},$$

где $P_{кз}$ – вес кузова с экипировкой (вес запаса воды, топлива и др.);

$P_{п}$ – вес пассажиров с багажом, $P_{п} = nm_{п}g$;

n – расчетная населенность вагона;

$m_{п}$ – средняя масса пассажира с багажом, $m_{п} = 0,1$ т;

$P_{кз}^{бр}$ – вес кузова брутто;

$2L$ – длина несущей конструкции кузова;

$P_{д}$ – вертикальная динамическая нагрузка,

$$P_{д} = P_{кз} K_{д} \text{ – режим II};$$

$$P_{д} = P_{кз}^{бр} K_{д} \text{ – режим III};$$

$P_{б}$ – вертикальная составляющая от боковых сил (центробежной и ветровой),

$$P_{б} = P_{кз}^{бр} K_{б},$$

$K_{б}$ – коэффициент, учитывающий действие боковых сил, $K_{б} = 1,125$;

$K_{д}$ – коэффициент вертикальной динамики.

Последовательность выбора варианта сечения кузова.

1 Устанавливают наружный контур поперечного сечения кузова по условиям рационального использования габарита подвижного состава.

2 Задаются толщиной обшивки, количеством продольных подкрепляющих элементов (стрингеры, гофры, обвязки, хребтовая балка), а также их формой, размерами и расположением.

3 Рассчитывают напряжения во всех элементах среднего поперечного сечения кузова и сравнивают их с допускаемыми.

4 Вычисляют критические напряжения для сжатых продольных подкрепляющих элементов.

5 Рассчитывают основную частоту колебаний кузова как единой балки.

Указанным путем рассчитывают несколько вариантов сочетаний обшивки и продольных подкрепляющих элементов, а затем выбирают из них тот, который имеет наименьшую массу при достаточной прочности.

Оценка прочности кузова. Изгибающие моменты, возникающие в сечениях кузова от равномерно распределенной нагрузки, определяются по формулам (рисунок 4.2, б):

– в сечении над опорами – $M_{оп} = \frac{qn_{к}^2}{2}$;

– в сечении I–I – $M_1 = \frac{qx_1^2}{2} - R(x_1 - n_{к})$;

– в сечении II–II – $M_2 = \frac{qx_2^2}{2} - R(x_2 - n_{к})$;

– посередине кузова – $M_{ср} = \frac{qL_{к}^2}{2} - Rl$.

Изгибающие моменты от эксцентричного действия продольной нагрузки равны во всех сечениях по длине кузова (см. рисунок 4.2, в): $M_N = Nz$.

Основные нормальные напряжения в j-й точке рассматриваемого i-го расчетного сечения кузова определяют по формуле

$$\sigma_{oi} = \frac{M_i}{J_{yi}} z_j \pm \frac{N}{F}, \quad (4.1)$$

где M_i , N – соответственно изгибающий момент (от равномерно распределенной нагрузки q и продольной силы N) и нормальная сила в i -м расчетном сечении кузова,

$$M_i = M_{qi} + M_N;$$

J_{yi} , F – соответственно момент инерции и площадь редуцированного i -го сечения кузова;

z_j – расстояние от центра тяжести площади редуцированного сечения до рассматриваемой j -й точки.

Примечание – Отметим, что формула (4.1) справедлива только для сечений, удаленных от вырезов и точек приложения внешних сосредоточенных сил. В сечениях по вырезам формула (4.1) может быть использована как приближенная, если поперечная сила Q по этим сечениям пренебрежимо мала (средний участок кузова при симметричной нагрузке).

Условие прочности

$$\sigma_{oi} \leq [\sigma],$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение для рассматриваемого расчетного режима.

Определение дополнительных напряжений в простенках кузова. Под действием указанных выше расчетных нагрузок в элементах кузова пассажирского вагона возникают также дополнительные напряжения в связи с наличием оконных и дверных проемов в боковых стенах.

Для определения дополнительных напряжений в простенках рассмотрим два поперечных сечения кузова *I-I* и *II-II* (см. рисунок 4.2, *а*), проходящих через середины соседних оконных вырезов. Из эпюры изгибающих моментов (см. рисунок 4.2, *б*) видно, что $M_2 > M_1$, а следовательно, простенок нагружен разностью горизонтальных сил (рисунок 4.3, *а*).

$$T = T_2 - T_1 = \sigma_{II} 2F_v - \sigma_I 2F_v = 2F_v (\sigma_{II} - \sigma_I), \quad (4.2)$$

где F_v – площадь поперечного сечения верхнего надоконного пояса боковой стены, м^2 .

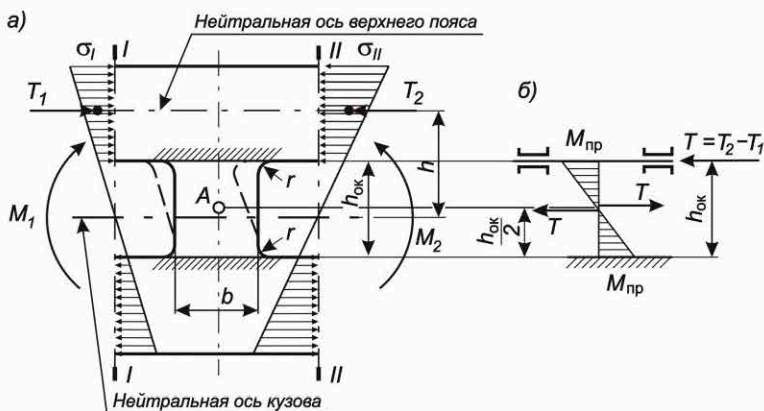


Рисунок 4.3 – Схема для расчета простенков:

а – схема действия усилий и эпюры напряжений; *б* – расчетная схема

Среднее значение нормальных напряжений, возникающих слева и справа от простенка в верхнем надоконном поясе, с учетом действия боковых и динамических сил

$$\sigma_I = \frac{1,125M_1(1+K_{зв})}{J} h; \quad (4.3)$$

$$\sigma_{II} = \frac{1,125M_2(1+K_{зв})}{J} h, \quad (4.4)$$

где h – расстояние между нейтральными осями поперечного сечения конструкции кузова и верхнего пояса боковой стены (см. рисунок 4.3), м.

В результате подстановки (4.3) и (4.4) в формулу (4.2), получим

$$T = \frac{2F_{\text{в}}h}{J} 1,125(M_2 - M_1)(1 + K_{\text{дв}}). \quad (4.5)$$

При составлении расчетной схемы предполагается, что пояса абсолютно жестки и смещаются относительно друг друга в горизонтальном направлении, не поворачиваясь (рисунок 4.3, б), а простенок образован вертикальной линией, проходящей через совокупность центров тяжести поперечных сечений его несущей конструкции. При этом нижний конец простенка считается полностью защемленным в нижний пояс, а верхний имеет заделку, допускающую горизонтальное перемещение без поворота узла.

Воспользуемся особым свойством точки *A* перегиба, где изгибающий момент меняет знак на обратный. Следовательно, в точке *A* поперечного сечения простенка изгибающий момент равен нулю, а поперечная сила *T* вызывает изгибающие моменты, максимальное значение которых по концам

$$M_{\text{пр}} = T \frac{h_{\text{ок}}}{2}. \quad (4.6)$$

В связи с тем, что действие максимальных изгибающих моментов совпадает с углами оконных вырезов, при расчете напряжений учитывается концентрация. Поэтому нормальные напряжения в верхних и нижних углах оконных вырезов

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{пр}}}{J_{\text{пр}}} \frac{b}{2} K, \quad (4.7)$$

где $J_{\text{пр}}$ – момент инерции несущей конструкции простенка при изгибе в плоскости стены, м⁴;

b – ширина простенка, м;

K – коэффициент концентрации напряжений, зависящий от отношения радиуса закругления к ширине простенка.

Коэффициент концентрации напряжений в зависимости от отношения r/b имеет значения, приведенные в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Коэффициенты концентрации

r/b	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
K	2,0	1,8	1,65	1,55	1,47	1,4	1,35	1,28	1,55

Касательные напряжения в обшивке простенка приближенно могут быть определены по формуле

$$\tau = T / F_{\text{пр}}, \quad (4.8)$$

где $F_{\text{пр}}$ – площадь поперечного сечения листа обшивки простенка.

Эквивалентные напряжения в простенках

$$\sigma_9 = \sqrt{\sigma_{\text{пр}}^2 + 3\tau^2} . \quad (4.9)$$

Эти напряжения не должны превышать допускаемых $[\sigma]$ для обеспечения прочности конструкций.

Определение дополнительных напряжений в поясах в зоне оконного выреза. Дополнительные напряжения действием поперечных сил испытывают также надоконные и подоконные пояса на участках оконных и дверных проемов.

Для составления расчетной схемы рассмотрим два поперечных сечения кузова III-III и IV-IV (см. рисунок 4.2, а), проходящие по краям оконного выреза. Из эпюры перерезывающих сил (см. рисунок 4.2, з) видно, что пояса боковых стен в зоне оконного проема находятся под действием различных по величине поперечных усилий, причем $Q_3 > Q_4$. Следовательно, пояса получают дополнительную деформацию под действием разности этих сил (рисунок 4.4, а):

$$2Q = Q_3 - Q_4 , \quad (4.10)$$

где Q – поперечная сила, приходящаяся на оконный проем одной боковой стены кузова.

Поперечная сила Q распределяется между поясами пропорционально их жесткости на изгиб, т. е. на верхний пояс будет приходиться

$$Q_{\text{в}} = Q \frac{J_{\text{в}}}{J_{\text{в}} + J_{\text{н}}} , \quad (4.11)$$

а на нижний –

$$Q_{\text{н}} = Q \frac{J_{\text{н}}}{J_{\text{в}} + J_{\text{н}}} , \quad (4.12)$$

где $J_{\text{в}}$, $J_{\text{н}}$ – соответственно моменты инерции сечений верхнего и нижнего поясов, м^4 .

При составлении расчетной схемы предполагается, что пояса слева и справа полностью зашпелены в простенки. Кроме того, воспользовавшись особым свойством точек перегиба верхнего B и нижнего C поясов, где изгибающие моменты равны нулю, получим простую расчетную (рисунок 4.4, в). Причем, в приведенной схеме пояса образованы линиями, проходящими через совокупность центров тяжести поперечных сечений их несущей кон-

струкции, а поперечные к ним силы Q_B и Q_H приложены в точках перегиба B и C , расположенных посередине оконного проема.

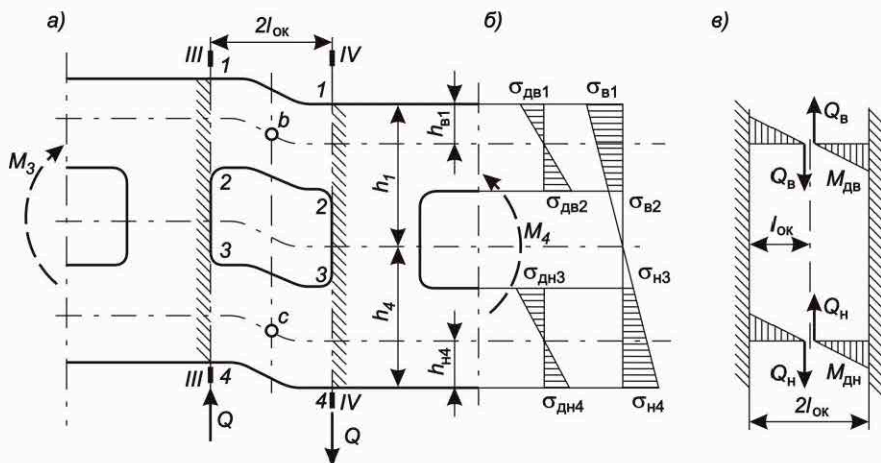


Рисунок 4.4 – Схема для расчета дополнительных напряжений в поясах боковой стены в зоне оконного проема:

a – схема действия усилий; b – эпюры напряжений; $в$ – расчетная схема

Эпюры дополнительных изгибающих моментов в верхнем и нижнем поясах показаны на рисунке 4.4, $в$, максимальное значение которых в заделках:

– в верхнем поясе –

$$M_{дв} = Q_B l_{ок}; \quad (4.13)$$

– в нижнем поясе –

$$M_{дн} = Q_H l_{ок}, \quad (4.14)$$

а дополнительные напряжения в общем случае подсчитываются по формулам:

– в верхнем поясе –

$$\sigma_{дв} = \frac{M_{дв}}{J_B} h_B; \quad (4.15)$$

– в нижнем поясе –

$$\sigma_{дн} = \frac{M_{дн}}{J_H} h_H, \quad (4.16)$$

где h_v , h_n – расстояния от нейтральной оси верхнего и нижнего поясов соответственно до точек сечения, в которых определяются напряжения.

Рассматривая наиболее загруженный оконный проем, расположенный вблизи среднего сечения кузова $V-V$ (см. рисунок 4.2, а), определим суммарные напряжения в точках 1 и 4 (см. рисунок 4.4, б).

4.3 Расчет кузова пассажирского вагона методом конечных элементов

Исходная расчетная схема. Расчетная схема кузова пассажирского вагона принимается для его 1/4 части в виде пластинчатой или комбинированной (пластинчато-стержневой) пространственной системы, образованной большим количеством узлов и конечных элементов.

В учебных целях расчетная схема кузова может быть представлена и как плоская стержневая система для его 1/2 части (рисунок 4.5). Она образуется линиями, проходящими через центры тяжести поперечных сечений верхнего и нижнего поясов и простенков. Участки простенков и поясов в зонах дверного и оконных вырезов принимаются упругими, в остальных зонах – абсолютно жесткими (на схеме они выделены более жирными линиями).

Вертикальная статическая нагрузка в этом случае принимается в виде равномерно распределенной q по нижнему поясу, а продольная – в виде сосредоточенного сжимающего усилия $N_1 = -2,5$ МН (-250 т), приложенного к задним упорам автосцепного устройства.

Интенсивность равномерно распределенной нагрузки, т/м, по нижнему поясу:

$$\text{– в консольной части кузова – } q_1 = \frac{m_{\text{кз}}}{2L};$$

$$\text{– на участке пассажирского салона – } q_2 = q_1 + \frac{n_{\text{к}} m_{\text{п}}}{l_{\text{п}}},$$

где $m_{\text{кз}}$ – масса кузова с оборудованием и экипировкой, т; $n_{\text{к}}$ – расчетная максимальная населенность рассматриваемой половины вагона (тормозной); $m_{\text{п}}$ – средняя масса одного пассажира с багажом, т, $m_{\text{п}} = 0,1$; $2L$ – расчетная длина кузова вагона, м.

Для некупейного вагона модели 61-836: $T = 48,5$ т; $m_{\text{кз}} = 34,16$ т; $n_{\text{п}} = 21/32$ (числитель – число спальных мест, знаменатель – число мест для сидения); $2L = 23,188$ м; $l_1 = 1,2215$ м; $l_2 = 1,151$ м; $l_3 = 1,429$ м; $l_4 = 1,51$ м; $l_5 = l_6 = l_7 = 1,795$ м; $l_8 = 0,8975$ м; $L = 11,594$ м; $l_{\text{п}} = 7,7925$ м; $c = 0,949$ м; $h_1 = 0,231$ м; $h_2 = 2,0365$ м; $h_3 = 0,875$ м; $H = 2,455$ м; $H_0 = 2,7165$ м; $e_1 = 0,140$ м; $e_2 = 0,540$ м; $e_3 = 0,8685$ м; $e_4 = 0,7115$ м; $e_5 = 0,310$ м; $e_6 = 0,1295$ м; $e_7 = 0,2245$ м; $e_8 = 0,613$ м; $e_9 = 1,005$ м; $e_{10} = 0,775$ м.

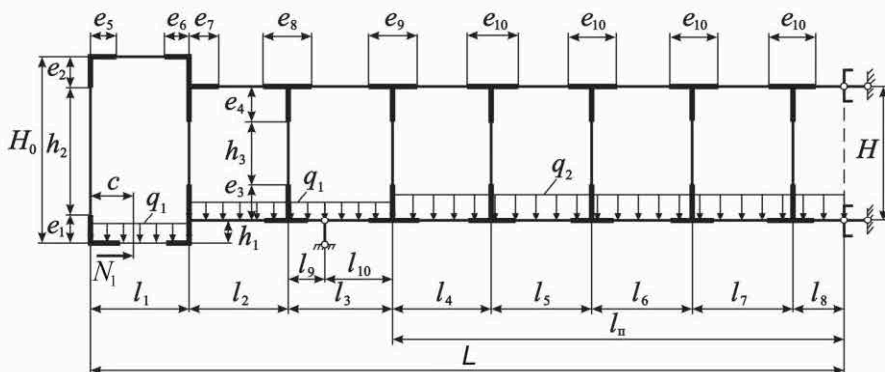


Рисунок 4.5 – Плоская стержневая расчетная схема 1/2 части кузова

Расчетная модель. Для составления расчетных схем кузовов пассажирских вагонов по МКЭ при использовании программного комплекса DPMFEM могут применяться стержневые конечные элементы типа КЭ 5 и пластинчатые конечные элементы типа КЭ 41 или только стержневые конечные элементы типа КЭ 2. Координаты узлов и номера типов жесткости для расчетной схемы, показанной на рисунке 4.6, приведены соответственно в таблицах 4.2 и 4.3.

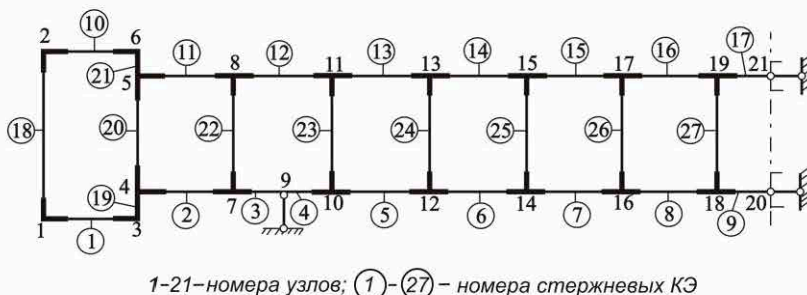


Рисунок 4.6 – Разбивка на узлы и конечные элементы кузова пассажирского вагона

Информация, вводимая компьютер. Для выполнения расчета в компьютер вводится информация об узлах и конечных элементах, линейных размерах и расчетных силах расчетной модели.

Таблица 4.2 – Координаты узлов расчетной схемы кузова пассажирского вагона модели 61-836

Номера узлов	Координаты узлов, м			Номера узлов	Координаты узлов, м		
	X	Y	Z		X	Y	Z
1	0	0	0	12	5,3115	0	0,231
2	0	0	2,7165	13	5,3115	0	2,686
3	1,2215	0	0	14	7,1065	0	0,231
4	1,2215	0	2,231	15	7,1065	0	2,686
5	1,2215	0	2,686	16	8,9015	0	0,231
6	1,2215	0	2,717	17	8,9015	0	2,686
7	2,3725	0	0,231	18	10,6965	0	0,231
8	2,3725	0	2,686	19	10,6965	0	2,686
9	3,0940	0	0,231	20	11,5940	0	0,231
10	3,8015	0	0,231	21	11,5940	0	2,686
11	3,8015	0	2,686				

Таблица 4.3 – Номера типов жесткости конечных элементов расчетной схемы кузова пассажирского вагона

Номер типа жесткости	Номера конечных элементов	Номер типа жесткости	Номера конечных элементов
1	1	11	12
2	2	12	13
3	3	13	14–16
4	4	14	17
5	5	15	18
6	6	16	19, 21
7	7, 8	17	20
8	9	18	22
9	10	19	23
10	11	20	24–27

Результаты расчета. В результате расчета на печать по каждому узлу конечного элемента выдается информация о расчетных внутренних усилиях, перемещениях и напряжениях в четырех точках сечения, для конечного элемента в целом – внутренние усилия, а для каждой конструктивной группы элементов – эквивалентные расчетные и допускаемые напряжения, а также коэффициенты перегрузки.

5 ИСПЫТАНИЯ ВАГОНОВ

5.1 Основные термины и определения

Основные термины и определения по испытаниям вагонов установлены ГОСТ 33788–2016.

Испытания при погрузке и разгрузке – испытания на прочность, при которых определяют напряжения и деформации в конструкции вагона и ее составных частях при проведении погрузочно-разгрузочных работ.

Испытания на сопротивление усталости – испытания, в ходе которых определяют количественные характеристики сопротивления многоциклового усталости деталей, составных частей или несущей конструкции вагона.

Испытания на ресурс при соударении – испытания, в ходе которых определяют появление и развитие повреждений и остаточных деформаций (циклическую долговечность) несущей конструкции вагона и/или работоспособность оборудования вагона (функциональную долговечность) при многократном действии ударных сил через автосцепное устройство.

Испытания на прочность при соударении – испытания, в ходе которых определяют динамические напряжения и деформации в несущей конструкции вагона и ее составных частях при действии ударных сил через автосцепное устройство.

Статические испытания на прочность – испытания, в ходе которых определяют напряжения и деформации в несущей конструкции вагона и ее составных частях при статическом действии нормативных сил.

Ходовые прочностные испытания – испытания, в ходе которых определяют динамические напряжения в составных частях или несущей конструкции вагона при его движении по железнодорожному пути.

Ходовые динамические испытания – испытания, в ходе которых определяют показатели динамических качеств вагона при его движении по железнодорожному пути.

Нормативные силы – силы, установленные в нормативной и конструкторской документации для оценки прочности несущей конструкции вагона и ее составных частей при испытаниях и расчетах.

Подвесное оборудование вагона (тележки) – оборудование, закрепленное на несущей конструкции кузова вагона (на несущей конструкции тележки) посредством разъёмного или неразъёмного соединения.

5.2 Общие положения

Современный вагон представляет собой сложную статически неопределимую конструкцию, на которую действуют разнообразные эксплуатационные нагрузки случайного характера. Поэтому расчетным путем можно определить приближенно характеристики вагонов и размеры отдельных их деталей с учетом ряда допущений в расчетных схемах и алгоритмах расчета.

Некоторые элементы вагонов вследствие их высокой сложности или действия случайных динамических сил вообще не рассчитываются, а их размеры и прочность определяются на основании опытных данных измерением напряжений в элементах натурных вагонов и сравнением этих напряжений с допускаемыми, установленными нормами расчета и проектирования вагонов.

Для создания рациональной и надежной конструкции вагона, наряду с расчетно-теоретическими исследованиями предусматриваются также и экспериментальные исследования.

Экспериментальные исследования (испытания) являются завершающим этапом создания нового или модернизированного вагона.

Испытания на прочность и ходовые качества являются частью комплекса испытаний, которым должны подвергаться опытные (экспериментальные) образцы новых и модернизируемых вагонов перед постановкой их на производство, а также рядовые образцы серийно выпускаемых вагонов при периодическом или специальном контроле стабильности их качества и для получения сертификата.

Виды испытаний вагонов и их узлов [23]:

- статические на прочность;
- на прочность при соударении;
- ходовые прочностные;
- ходовые динамические;
- на сопротивление усталости.
- на несущую способность;
- вибрационные;
- на ресурс при соударении.
- на прочность крепления подвесного оборудования;
- на прочность при проведении погрузочно-разгрузочных работ.

На этапе проектирования вагонов эффективно проведение виртуальных испытаний.

Необходимые виды испытаний указывают в стандартах и конструкторской документации.

Объекты испытаний – натурные опытные и серийные изделия:

- вагоны в сборе;

– *функциональные сборочные единицы вагонов*: кузов, тележка, автосцепное устройство, тормозное оборудование, специальные механизмы и устройства;

– *несущие узлы и детали*:

– элементы кузова: балки, стойки, обвязки, двери, крышки люков кузовов;

– элементы тележек: рамы тележек в сборе, боковые рамы, наддрессорные балки и др.;

– элементы автосцепного устройства: корпуса автосцепок, тяговые хомуты, поглощающие аппараты, упорные плиты, розетки и кронштейны;

– элементы тормозного оборудования: триангели, подвески, траверсы, рычаги, кронштейны, тяги, тормозные цилиндры и др.;

– отдельные элементы и детали механизмов разгрузки, подъема или наклона кузова и т. д.

Цель и объем испытаний. *Общей целью испытаний* является экспериментальная проверка соответствия показателей прочности конструкции и ходовых качеств вагона (по критериям безопасности, работоспособности, комфорту и др.) применительно к заданным условиям эксплуатации и требованиям действующей нормативно-технической документации (Нормы, РД, ТЗ, ТУ, ГОСТ и др.).

Объем и степень подробности испытаний зависят от того, на каком этапе создания конструкции вагона они выполняются. Наиболее полно и разносторонне проводятся испытания образцов новых типов вагонов и менее полно – контрольные приемо-сдаточные испытания.

Программа и методика испытаний. Ценность любых испытаний во многом зависит от правильно разработанной программы и методики испытаний.

В *программе и методике испытаний* (ПМ) должны быть отражены и обоснованы:

– цели и задачи испытаний;

– объекты испытаний, порядок их отбора и краткая характеристика;

– способ подготовки объекта к испытаниям;

– режимы силовых нагрузок;

– порядок проведения испытаний;

– способы приложения экспериментальных нагрузок на стендах и моделях и необходимое для этого оборудование и приспособления;

– измерительно-регистрирующие приборы для определения сил, напряжений, относительных перемещений деталей и узлов вагона на каждом этапе испытаний;

– места и порядок установки измерительных приборов на испытываемом узле или испытываемой детали вагона;

– методы обработки результатов измерений и применяемая аппаратура для автоматизированной обработки опытных данных по заранее разработанным специальным методикам.

Приборы и оборудование. Для измерения определяемых показателей и характеристик при испытаниях применяются следующие приборы и оборудование:

– измерительные первичные и масштабные вторичные преобразователи физических величин;

– показывающие, регистрирующие, анализирующие и вычислительные устройства и другие приборы и приспособления.

В качестве *первичных измерительных преобразователей (датчиков)* применяются:

– *тензорезисторы* – для регистрации микродеформаций (напряжений) и сил в элементах конструкции;

– *преобразователи перемещений* (прогибомеры, ходомеры) индуктивные, реохордные, пластинчатые и специальные – для измерения статических и динамических прогибов рессорных комплектов, взаимных перемещений и колебаний элементов вагона, хода демпферов, поглощающие аппараты и т. п.;

– *ускорениемеры (акселерометры)* различной конструкции – для измерения виброускорений элементов вагона и груза;

– *преобразователи давления, манометры, специальные динамометры* (мессдозы, автосцепки-динамометры, тензометрические колесные пары и т. п.).

В качестве *масштабных преобразователей* используются:

– *тензометрические усилители одноканальные* – для статических измерений;

– *тензометрические усилители многоканальные* – для динамических измерений параметров колебательных и вибрационных процессов;

– *специальные комплекты аппаратуры* – для измерения перемещений, вибраций и ускорений.

В качестве *регистрирующих приборов* при испытаниях на соударение, на прочность при погрузке и выгрузке, ходовых прочностных и ходовых динамических испытаниях используются:

– *магнитографы*;

– *электронные и светолучевые осциллографы* с записью процессов на магнитную ленту, фотобумагу и специальную пленку;

– *специальные электронные запоминающие устройства*.

Обработка результатов измерений выполняется с помощью:

– специального комплекса автоматизированного анализа опытных данных – при использовании для записи динамических процессов магнитографов или блоков электронной памяти;

– приборов автоматического или полуавтоматического считывания характеристик зарегистрированных процессов – при записи процессов на фотопленки или фотобумажные ленты.

5.3 Статические прочностные испытания вагонов

Основные задачи испытаний:

– определение напряженно-деформированного состояния элементов конструкции кузова при действии нормативных статически приложенных нагрузок (сил), имитирующих основные эксплуатационные нагрузки;

– проверка принятых при проектировании методов и схем расчетов напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций вагонов.

Приборы и оборудование для испытаний. Для регистрации показателей нагруженности при статических испытаниях рекомендуется использовать автоматизированный измерительно-вычислительный комплекс.

В качестве основного оборудования при статических испытаниях используются:

– *типовые грузоподъемные средства*: мостовые, козловые краны, автокраны, авто- и электропогрузчики и т. п.;

– *специальные стенды с мощной рамой-каркасом и гидравлическими силовозбудителями (домкратами)* – для испытаний вагонов на продольное сжатие-растяжение (рисунок 5.1), испытаний рам тележек и других узлов вертикальными и горизонтальными нагрузками;

– *специальные насосные установки* – для испытаний котлов цистерн на гидростатическое избыточное давление и на вакуум;

– *типовые испытательные машины*, пневмоцилиндры и другие приспособления и устройства.

Испытательный груз. Для создания вертикальной статической нагрузки рекомендуется (кроме силы тяжести самого вагона) использовать отмеренную партию типичного для данного вагона груза (сыпучего, жидкого, штучного) с соответственным его размещением. Допускается замена типичного груза специальным мерным грузом (металлическими болванками, деталями и т. п.). Для вагонов-цистерн, а в обоснованных случаях и для других типов вагонов, в качестве испытательного груза допускается использование воды.

Особенности проведения испытаний. Измерение напряжений производят в наиболее нагруженных зонах несущей конструкции вагона выявленных на основании результатов прочностных расчетов произведенных на сочетание нагрузок соответствующее требованиям ГОСТ 33211. Для определения уровня напряжений применяются первичные измерительные преобразователи – тензорезисторы (тензодатчики) (рисунок 5.2) с базой от 10 до 20 мм для регистрации деформаций, а через них и напряжений.

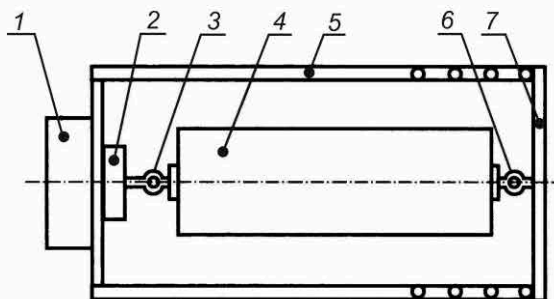
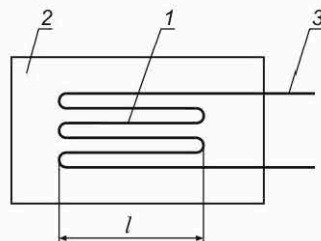


Рисунок 5.1 – Схема гидравлического стенда-пресса для испытания вагонов на продольные растягивающие и сжимающие нагрузки:

1 – гидравлическая станция; 2 – гидравлический цилиндр; 3 – автосцепка; 4 – испытываемый вагон; 5 – несущая рама стенда; 6 – упор рамы; 7 – передвижная поперечная балка стенда

Рисунок 5.2 – Схема тензорезистора:

1 – проволочная решетка тензодатчика;
2 – изолированное основание тензодатчика;
3 – проволочные выводы;
l – база тензодатчика



Датчики наклеиваются по направлению действия главных напряжений. При неизвестном направлении действия главных напряжений рекомендуется устанавливать два ортогональных тензорезистора и один под углом 45° к ним (рисунок 5.3). При определении местных напряжений в зонах сварных швов тензорезисторы устанавливают перпендикулярно к границе сварного шва на расстоянии от 1,0 до 1,5t от него (t – толщина листа). В литых конструкциях местные напряжения измеряют на расстоянии от 1,0 до 1,5t от локальных концентраторов напряжений с характерным размером менее t (t – толщина стенки).

Обработка результатов статических испытаний на прочность. Для одиночных тензорезисторов напряжение σ определяют по формуле

$$\sigma = E\varepsilon, \quad (5.1)$$

где E – модуль Юнга материала, Па;
 ε – относительная деформация.

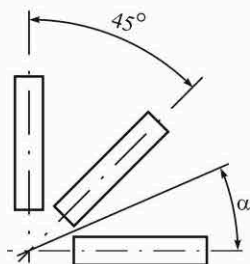


Рисунок 5.3 – Размещение тензорезисторов при неизвестных направлениях главных напряжений

При плоском напряженном состоянии могут быть два варианта установки тензодатчиков. В первом случае, при известном направлении главных напряжений, их определяют по формулам

$$\sigma_1 = E \frac{\varepsilon_1 + \mu \varepsilon_2}{1 - \mu^2}; \quad (5.2)$$

$$\sigma_2 = E \frac{\varepsilon_2 + \mu \varepsilon_1}{1 - \mu^2}, \quad (5.3)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – относительные деформации по направлению главных напряжений σ_1 и σ_2 ;

μ – коэффициент Пуассона материала.

Во втором случае, при неизвестном направлении главных напряжений, устанавливают три тензорезистора (которые образуют розетку) расположенных под углами 0, 45 и 90° к выбранной оси (см. рисунок 5.3). Соответствующие главные относительные деформации, определяют по формулам

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\varepsilon_{45} - (\varepsilon_x + \varepsilon_y)}{\varepsilon_x - \varepsilon_y}; \quad (5.4)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_x + \varepsilon_y + \frac{\varepsilon_x - \varepsilon_y}{\cos 2\alpha} \right); \quad (5.5)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{2} \left(\varepsilon_x + \varepsilon_y - \frac{\varepsilon_x - \varepsilon_y}{\cos 2\alpha} \right), \quad (5.6)$$

где $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_{45}$ – относительные деформации, измеренные датчиками, расположенными под углами 0, 90 и 45°.

Далее определяют эквивалентное напряжение

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2}. \quad (5.7)$$

Рекомендуемые схемы расположения сечений и установки тензорезисторов на конструкциях вагонов и рам тележек при проведении статических испытаний приведены в ГОСТ 33788. На рисунке 5.4 показана схема их расположения на раме универсального полувагона.

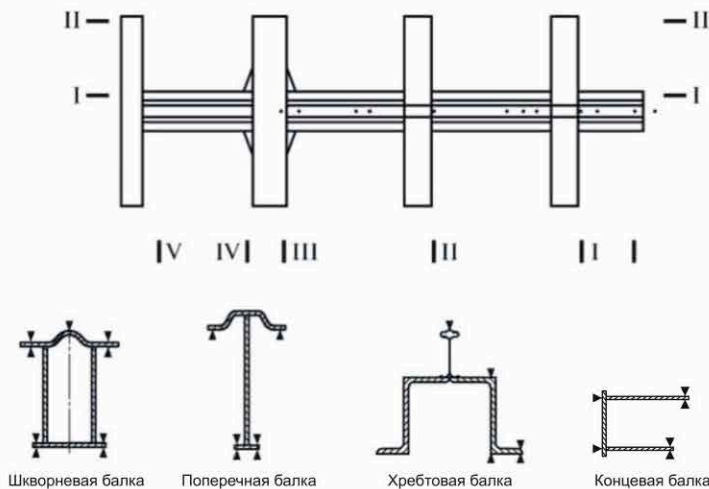


Рисунок 5.4 – Схема установки тензорезисторов на раме полувагона

При приложении продольных сил к грузовому или пассажирскому вагону через автосцепные устройства разность уровней осей автосцепок должна составлять не более 0,05 или 0,02 м соответственно.

Испытательные нагрузки следует прикладывать ступенями.

5.4 Испытания на прочность и ресурс при соударении

Основные задачи испытаний. При испытаниях на прочность при соударении производятся определение и оценка динамических напряжений и деформаций в несущей конструкции вагона и ее составных частях при приложении нормативных ударных сил через автосцепное устройство.

При испытаниях на ресурс при соударении осуществляются определение и оценка на соответствие эксплуатационной документации:

- повреждений и остаточной деформации несущей конструкции вагона и ее составных частей при многократном приложении ударных сил через автосцепное устройство (оценка циклической долговечности);

– функциональной работоспособности оборудования вагона при многократном приложении ударных сил через автосцепное устройство (оценка функциональной долговечности).

При испытании на прочность крепления подвесного оборудования выполняется определение и оценка динамических напряжений и деформаций в конструкции крепления подвесного оборудования при приложении ударных сил к вагону через автосцепное устройство.

Вагоны, представляемые для *испытаний на соударение и ходовые* (прочностные и динамические) испытания, должны быть полностью достроены и оборудованы, а пассажирские и изотермические вагоны, кроме того, экипированы.

Средства и методы проведения испытаний. При испытаниях грузового вагона на прочность и на ресурс при соударении применяют вагон-боек и подпор, которые должны обеспечивать силу удара в автосцепку в диапазоне от 0 до 3,5 МН при скорости вагона-бойка перед соударением от 3 до 15 км/ч. Для пассажирского вагона значения силы удара лежат в диапазоне от 0 до 2,5 МН, при скорости вагона-бойка от 3 до 15 км/ч. При этом разность уровней осей автосцепок вагона-бойка, испытываемого грузового вагона, вагонов подпора должна составлять не более 0,05 м для грузовых вагонов и не более 0,02 м для пассажирских.

Испытания на соударение вагонов осуществляют путем накатывания на опытный вагон вагона-бойка с измерением его скорости и продольной силы в автосцепке. Допускается проводить испытания методом накатывания испытываемого вагона на подпор. Испытания проводятся на прямом горизонтальном пути с помощью локомотива или на специальных механизированных стендах-горках (рисунок 5.5).

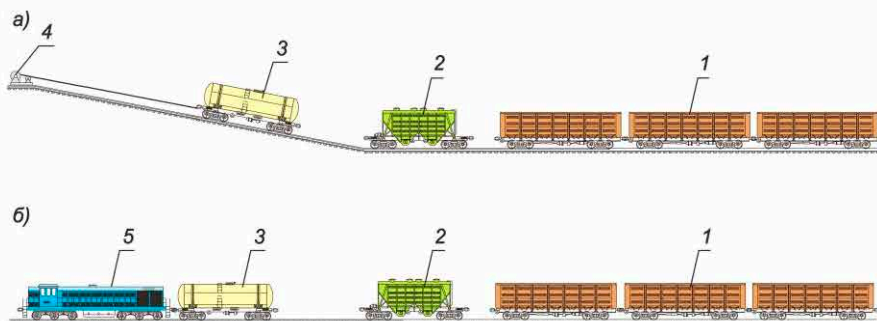


Рисунок 5.5 – Схема проведения испытания вагонов на соударение:

а – на стенде-горке; *б* – на прямом участке пути;

1 – вагоны подпора; *2* – испытываемый вагон; *3* – вагон-боек; *4* – тяговая лебедка;

5 – локомотив

Примечания

1 К понятию «вагон-боек».

Рекомендуется в качестве вагона-бойка использовать 4-осную цистерну, полностью заполненную водой. Масса вагона-бойка должна быть не менее массы опытного вагона; для основных типов 4-осных грузовых вагонов рекомендуется масса вагона-бойка, равная $100 + 8$ т, для пассажирских – $60 + 2$ т.

2 К понятию «подпорное устройство».

При испытаниях с помощью локомотива для создания подпора допускается применять сцеп из трех-четырех заторможенных груженых вагонов общей массой не менее 300 т, перемищения которых дополнительно могут быть ограничены рельсовыми башмаками.

Испытаниям подвергают вагон, масса которого не отличается от максимальной расчетной массы более чем на ± 3 %. Его размещают между вагоном-бойком и подпором и со стороны вагона-бойка оборудуют *динамометрической автосцепкой*, которая фиксирует силу удара.

Рекомендуемая схема установки тензорезисторов на корпусе динамометрической автосцепки приведена на рисунке 5.6. Активные тензодатчики (1–4) располагаются вдоль оси действия продольной силы, а компенсационные (К1–К4) – в перпендикулярном направлении. Все датчики объединены в электрическую схему, как показано на рисунке 5.6. Перед постановкой на вагон она тарируется статически в диапазоне от 0 до 3,5 МН для грузовых вагонов и в диапазоне от 0 до 2,5 МН – для пассажирских. Для измерения силы, действующей на пассажирский вагон, допускается применять тензорезисторы, которые установлены на хребтовой балке рамы.

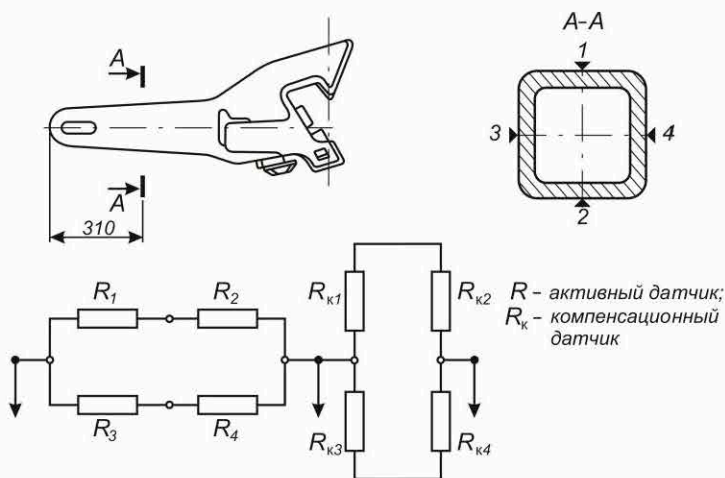


Рисунок 5.6 – Динамометрическая автосцепка

Число соударений грузовых вагонов в каждом интервале скоростей и пассажирских вагонов в диапазоне силы приведено в таблице 5.1. При соударении пассажирских вагонов скорость не должна превысить 15 км/ч.

Наибольшая продольная сила удара в автосцепке должна лежать в диапазоне $\pm 15\%$ от нормативного значения силы, указанного в ГОСТ 33211.

При испытаниях на ресурс при соударении (циклическая долговечность) визуально определяют появление и развитие повреждений и остаточных деформаций несущей конструкции кузова вагона и подвесного оборудования вагона. При визуальном обнаружении остаточных деформаций проводят измерение размеров на соответствие требованиям конструкторской и эксплуатационной документации.

Таблица 5.1 – Число соударений грузового и пассажирского вагона

Грузовой вагон		Пассажирский вагон	
Диапазон скорости соударения, км/ч	Количество соударений	Диапазон силы в автосцепке, МН	Количество соударений
От 3 до 6 вкл.	7	От 0,25 до 1,10 вкл.	10
Св. 6 » 10 »	7	Св. 1,10 » 2,00 »	10
» 10 » 15 »	3	» 2,00 » 2,50 »	3

При испытаниях на ресурс при соударении (функциональная долговечность) определяют работоспособность оборудования вагона на соответствие требованиям эксплуатационной документации.

Испытуемый вагон при испытаниях на ресурс (циклическая и функциональная долговечность), так же размещают между вагоном-бойком и подпором и оборудуют динамометрическими автосцепками с двух сторон. Испытания проводят методом накатывания вагона-бойка на испытуемый вагон с последующим накатыванием испытуемого вагона (возможно в сцепе с вагоном-бойком) на подпор. Допускается производить испытания методом накатывания вагона-бойка на испытуемый вагон в сцепе с подпором с измерением продольной силы в автосцепке со стороны вагона-бойка и скорости движения вагона-бойка перед соударением. В этом случае необходимо изменять направление приложения продольной силы к вагону для предупреждения перемещения груза, непредусмотренного эксплуатационной документацией, но не реже чем через каждые 500 ударов.

Число соударений должно соответствовать расчетному ресурсу несущей конструкции вагона или ее составной части. Визуальный контроль повреждений и/или контроль работоспособности оборудования проводят после числа соударений, соответствующего не более чем одному году расчетного ресурса вагона.

Скорость движения вагона-бойка перед соударением не должна превышать 15 км/ч. При этом продольная сила в автосцепке не должна превышать более чем на 10 % силу, указанную в ГОСТ 33211.

Испытаниям *на прочность крепления подвешного оборудования* подвергают порожний вагон. Испытания проводят методом накатывания испытуемого вагона на подпор с измерением скорости движения испытуемого вагона перед соударением, ускорения в продольном и вертикальном направлении, действующего на подвешное оборудование. Допускается также проводить испытания методом накатывания вагона-бойка на свободно стоящий испытуемый вагон. Соударения вагонов проводят со скоростями и при силе удара в автосцепку, которые приведены в таблице 5.1.

Определяемые показатели и обработка результатов испытаний на соударение. При проведении испытаний на прочность при соударении обязательно фиксируется скорость перед соударением, сила удара в автосцепку, а также динамические напряжения в элементах вагона.

При испытаниях на ресурс после каждого соударения определяют суммарное накопленное повреждение $D(n)$:

$$D_n(n) = \sum_{i=1}^n (F_{1,i}^m + F_{2,i}^m), \quad (5.8)$$

где i – порядковый номер соударения;

n – число соударений;

$F_{1,i}^m$, $F_{2,i}^m$ – максимальная сила, действующая в автосцепке соответственно между вагоном-бойком и испытуемым вагоном, испытуемым вагоном и подпором Н;

m – показатель степени, $m = 4$.

Суммарное накопленное повреждение при испытаниях сравнивают с расчетным повреждением

$$D_{\text{расч}} = N_{\text{расч}} \sum_k p_k F_k^m, \quad (5.9)$$

где $N_{\text{расч}}$ – расчетное число действия сил соударения,

$$N_{\text{расч}} = N_{\text{уд}} T_p K_{\text{уд}} (1 - K_n),$$

$N_{\text{уд}}$ – расчетное число соударений за один год эксплуатации вагона, принимают по таблице 5.2;

T_p – расчетный ресурс несущей конструкции вагона или испытуемой составной части, лет;

$K_{\text{уд}}$ – коэффициент, учитывающий несимметричность напряженного состояния конструкции вагона по его длине при соударениях и

равную вероятность приложения ударных сил к автосцепкам с обоих концов вагона; при определении циклической долговечности элементов консольной части вагона принимают равным 0,6, при определении функциональной долговечности - равным 1,0;

K_{π} – коэффициент порожнего пробега вагона, заданный в конструкторской документации или эксплуатационных документах, рекомендуется принимать $K_{\pi} = 0$;

p – вероятность силы, принимают по таблице 5.2;

F_k^m – среднее значение силы, Н, принимают по таблице 5.2;

m – показатель степени, $m = 4$.

Критерием завершения испытаний является условие

$$D_u(n) \geq D_{\text{расч}} \quad (5.10)$$

Таблица 5.2 – Распределение ударных сил

Интервал силы, МН	Среднее значение силы, МН	Для циклической долговечности		Для функциональной долговечности	
		Число сил за год	Вероятность	Число сил за год	Вероятность
Для грузовых вагонов					
От 0,1 до 0,4 вкл.	0,25	2540	0,126000	2540	0,1320
Св. 0,4 » 0,8 »	0,60	5760	0,285000	5760	0,3000
» 0,8 » 1,2 »	1,00	5660	0,280000	5660	0,2940
» 1,2 » 1,6 »	1,40	3700	0,183000	3700	0,1930
» 1,6 » 2,0 »	1,80	1554	0,077000	1554	0,0810
» 2,0 » 2,4 »	2,20	725	0,036000	—	—
» 2,4 » 2,8 »	2,60	202	0,010200	—	—
» 2,8 » 3,2 »	3,00	48	0,002400	—	—
» 3,2 » 3,6 »	3,40	6	0,000300	—	—
» 3,6 » 4,0 »	3,80	2	0,000100	—	—
Итого		20197	1,000000	19214	1,0000
Для пассажирских вагонов					
От 0,0 до 0,1 вкл.	0,06	20124	0,746000	20124	0,7460
Св. 0,1 » 0,3 »	0,20	6084	0,225000	6084	0,2250
» 0,3 » 0,5 »	0,40	345	0,012500	345	0,0128
» 0,5 » 0,7 »	0,60	279	0,010300	279	0,0104
» 0,7 » 0,9 »	0,80	103	0,003800	103	0,0039

Интервал силы, МН	Среднее значение силы, МН	Для циклической долговечности		Для функциональной долговечности	
		Число сил за год	Вероятность	Число сил за год	Вероятность
Св. 0,9 » 1,1 вкл.	1,00	50	0,001860	35	0,0014
» 1,1 » 1,3 »	1,20	10	0,000370	12	0,0004
» 1,3 » 1,5 »	1,40	2	0,000070	3	0,0001
» 1,5 » 1,7 »	1,60	3	0,000060	—	—
» 1,7 » 1,9 »	1,80		0,000030	—	—
» 1,9 » 2,1 »	2,00		0,000007	—	—
» 2,1 » 2,3 »	2,20		0,000002	—	—
» 2,3 » 2,5 »	2,40		0,000001	—	—
<i>Итого</i>		27000	1,000000	26985	1,0000

В процессе испытаний на прочность крепления подвешенного оборудования определяют напряжения и отсутствие остаточных деформаций в составных частях несущей конструкции вагона, на которых закреплено подвешенное оборудование. Схемы установки тензорезисторов приводят в программе и методике испытаний.

5.5 Испытания на прочность при погрузке и выгрузке

Основные задачи испытаний:

- определение напряженного состояния при расчетных (заданных) режимах нагрузки, в частности
 - при падении груза в кузов и механизированной разгрузке, в том числе на вагоноопрокидывателе, полувагонов, вагонов-хопперов и вагонов-самосвалов;
 - при погрузке-выгрузке самоходом колесно-гусеничной техники на вагоны-платформы;
 - при разгрузке специализированных вагонов с опрокидыванием (наклоном, подъемом) кузова, пневматическом или гидравлическом «передавлении груза, азировании и т. п.;
 - имитации загрузки (выгрузки) пассажирских вагонов при заданных режимах и др.

Испытаниям на прочность при погрузке и выгрузке подвергаются все грузовые вагоны, погрузка и выгрузка которых (особенно – механизированная) сопровождается значительными динамическими и квазистатическими воздействиями на конструкцию.

В частности, это:

- открытые вагоны (полувагоны, открытые хопперы, вагоны-самосвалы при погрузке сыпучих и кусковых грузов;

- полувагоны при разгрузке на вагоноопрокидывателе;
- крытые вагоны и изотермические вагоны *при погрузке* в них штучных грузов при помощи авто- и электропогрузчиков;
- вагоны-платформы при погрузке-выгрузке самоходом колесной и гусеничной техники;
- вагоны-цистерны и бункерные вагоны при принудительной выгрузке передавливанием и «аэрированием» с помощью сжатого воздуха и т. д.;
- вагоны-хопперы и цистерны, которые испытывают в режиме свободного гравитационного высыпания насыпного груза или слива жидкого.

Определяемые показатели. При проведении испытаний на прочность при погрузке и выгрузке обязательно фиксируются:

- статические и динамические напряжения в элементах вагона;
- перемещения, прогибы, деформации (в т. ч. остаточные) элементов конструкции;
- ускорения отдельных элементов вагона и силы, действующие на них.

Испытательное оборудование. В качестве испытательного оборудования используются, как правило, наиболее характерные для эксплуатации данного вагона типовые погрузочно-разгрузочные механизмы:

- экскаваторы и грейферные краны;
- авто- и электропогрузчики;
- колесная и гусеничная техника;
- вагоноопрокидыватели;
- вспомогательные установки (компрессоры, вибраторы, насосы и др.).

Масштабные преобразователи, показывающие и регистрирующие приборы, устанавливаются в вагоне-лаборатории, расположенном на параллельном пути, либо в специальном лабораторном помещении и соединяются кабелями с испытываемым вагоном.

Испытательный груз. При погрузке и выгрузке используются типичные для данного вагона грузы: насыпные, кусковые, навалочные, колесные, наливные, штучные и др. Допускается имитация силового воздействия на вагон характерных грузов, например, использование вместо реальных глыб груза специального макета в виде «бабы» заданных габаритов, формы и массы.

Особенности проведения испытаний. Величины испытательных нагрузок и схемы их приложения для испытаний (имитации типовых режимов погрузки-выгрузки) устанавливаются в ПМ:

- в соответствии с требованиями и рекомендациями Норм;
- с учетом требований по обеспечению сохранности вагонов при производстве погрузочно-разгрузочных работ (ГОСТ 22235);
- с учетом указаний Правил погрузки и крепления грузов, ТЗ на проектирование вагона, ТУ на вагон и Инструкции по эксплуатации вагона.

Для испытаний при погрузке открытых вагонов (полувагон, открытый хоппер, вагон-самосвал) рекомендуется использовать типичный для данного

вагона кусковой навалочный груз и характерный погрузочный механизм (экскаватор, грейфер и др.), если иное не оговорено в ТЗ, ТУ и других нормативных документах. Рекомендуется повторять создание режимов при испытаниях не менее двух раз.

Общая масса падающего груза и (или) отдельных его кусков, а также высота падения (сброса) устанавливается в ПМ в соответствии с ТЗ и ТУ на вагон.

Схемы расположения сечений и установки тензорезисторов для измерения напряжений устанавливаются в ПМ, исходя из особенностей конкретной конструкции испытуемого вагона.

Для получения статических или мгновенных значений напряжения используют методы зависимости (5.1)–(5.7). При обработке временных зависимостей напряжения учитывают частоты в диапазоне от 0,1 до 20,0 Гц. Максимальные значения напряжения определяют методом экстремумов.

5.6 Ходовые прочностные испытания

Основные задачи испытаний:

- определение уровня, статистической повторяемости и частотного состава динамических напряжений в основных несущих элементах конструкции, возникающих при движении вагона с заданной нагрузкой с различными скоростями, вплоть до конструкционной, на характерных участках железнодорожного пути соответствующей конструкции и текущего состояния;
- уточнение отдельных динамических сил, действующих на характерные узлы вагона.

Определяемые показатели. При проведении ходовых прочностных испытаний обязательно фиксируются:

- динамические напряжения в узлах и элементах вагона;
- динамические силы и ускорения, действующие на узлы и элементы, а также на перевозимый груз;
- скорости движения.

Примечание – При проведении ходовых испытаний (прочностных и динамических) анализируется и оцениваются статистическая повторяемость величин перечисленных характеристик и частотный состав процессов нагруженности, колебаний (перемещений) узлов вагона.

Оборудование при проведении ходовых испытаний. В качестве основного оборудования при ходовых испытаниях (прочностных и динамических), как правило, используются вагоны-лаборатории, в которых размещаются необходимые средства измерений и экспресс-анализа.

Опытный вагон должен быть взвешен и оборудован первичными измерительными преобразователями и приспособлениями для измерения исследуемых величин и процессов. Рекомендуемые схемы их установки приведены в РД. Масса вагона не должна отличаться от предусмотренной ПМ более чем на 3 %.

Особенности проведения испытаний. *Режим загрузки опытных вагонов* устанавливается ПМ.

Ходовые прочностные и ходовые динамические испытания проводятся на соответствующих путях специальных экспериментальных полигонов или на выделенных МПС участкам общей сети железных дорог.

Полигонные и сетевые участки пути, используемые для испытаний, должны быть статистически представительными по конструкции, плану и профилю, текущему состоянию для предусмотренных ТЗ и ТУ условий эксплуатации испытуемого вагона.

Необходимый объем опытных поездок и измерений устанавливается ПМ.

Обработка результатов испытаний. При обработке результатов ходовых прочностных испытаний используют главное напряжение. Для получения мгновенных значений напряжения используют зависимости (5.1)–(5.7). При обработке временных зависимостей сил и напряжений учитывают частоты в диапазоне от 0,1 до 20,0 Гц. Амплитуды напряжения определяют методом полных циклов или методом «дождя» по ГОСТ 25.101. Амплитуды менее 10 МПа для сталей и менее 3 МПа для алюминиевых сплавов допускается не учитывать.

Для каждого участка пути и диапазона скорости движения строят диаграмму плотности распределения амплитуд напряжения и определяют среднюю частоту изменения напряжения $f_{\Sigma,l,k}$, Гц,

$$f_{\Sigma,l,k} = \sqrt{\int_{0,1\text{Гц}}^{20\text{Гц}} f^2 g(f) df}, \quad (5.11)$$

где l – номер участка;

k – номер уровня значения скорости движения;

$g(f)$ – нормированная спектральная плотность процесса, 1/Гц,

$$g(f) = \frac{S(f)}{D}, \quad (5.12)$$

$S(f)$ – спектральная плотность процесса, Па²/Гц;

D – дисперсия процесса, Па².

Результаты испытаний используют для определения приведенной эквивалентной амплитуды динамического напряжения и коэффициента запаса сопротивления усталости согласно требованиям ГОСТ 33211.

5.7 Ходовые динамические испытания

Основные задачи испытаний:

- проверка общей работоспособности экипажа в движении;
- определение и оценка показателей ходовых качеств вагона при движении с различными скоростями, в том числе с конструкционной, и режимами нагружения на характерных участках железнодорожного пути соответствующей конструкции и текущего состояния.

Определяемые показатели. При проведении ходовых динамических испытаний обязательно фиксируются:

- динамические, а также статические прогибы рессорного подвешивания;
- динамические напряжения и вертикальные силы, действующие в характерных сечениях надрессорных балок;
- динамические боковые (рамные) силы, действующие на буксы колесных пар;
- вертикальные и горизонтальные (поперечные) ускорения кузова в зоне пятников (для пассажирских вагонов также и средней части кузова) и других узлов вагона, указанных в ПМ;
- скорости движения.

Особенности проведения испытаний. Рекомендуется проводить ходовые динамические испытания как сравнительные с использованием вагона-эталона.

В качестве вагона-эталона используется технически исправный вагон, хорошо изученной и проверенной в эксплуатации конструкции с наработкой после постройки не более двух лет. Рекомендуется использовать в качестве вагонов-эталонов четырехосные универсальные полувагоны постройки УВЗ и пассажирские некупейные вагоны постройки Тверского ВСЗ.

Обработка результатов испытаний. Результаты ходовых динамических испытаний систематизируют в зависимости от режима загрузки, участка пути и диапазона скорости движения.

При обработке временных зависимостей боковой силы, действующей от буксового узла на раму тележки, коэффициента динамической добавки обрессоренных и необрессоренных частей, вертикальной и боковой силы, действующей от колеса на рельс, учитывают частоты в диапазоне от 0 до 20 Гц. При обработке временных зависимостей вертикального и бокового ускорения учитывают частоты в диапазоне от 0,01 до 20,00 Гц.

Мгновенное значение рамной силы определяют суммированием боковых сил, действующих от каждого из буксовых узлов одной колесной пары.

Максимальные значения показателей динамических качеств (рамной силы, коэффициента динамической добавки обрессоренных и необрессо-

ренных частей, вертикального и бокового ускорения) определяют по текущим значениям с вероятностью 0,9985.

При измерении вертикальной и боковой сил, действующих от колеса на рельс, мгновенное значение коэффициента запаса устойчивости от схода колеса с рельса

$$K_{yc} = \frac{\operatorname{tg}\beta - \mu \langle P_b \rangle}{1 + \mu \operatorname{tg}\beta \langle P_6 \rangle}, \quad (5.13)$$

где β – угол наклона образующей гребня колеса к горизонтали, град, для колес без износа по ГОСТ 10791 принимают $\beta = 60$;

μ – коэффициент трения между гребнем колеса и рельсом, $\mu = 0,30$;

P_b – вертикальная сила, действующая от колеса на рельс (положительное направление вниз), Н;

P_6 – боковая сила, действующая от колеса на рельс, Н;

$\langle P_b \rangle$ – скользящее среднее от P_b с шириной окна 2 м;

$\langle P_6 \rangle$ – скользящее среднее от P_6 с шириной окна 2 м.

Коэффициент запаса устойчивости от схода колеса с рельса оценивают для случая действия боковой силы в направлении вползания гребня колеса на головку рельса. Допускается определять мгновенное значение коэффициента запаса устойчивости от схода колеса с рельса

$$K_{yc} = \frac{\operatorname{tg}\beta - \mu}{1 + \mu \operatorname{tg}\beta} \times \frac{Q_{ш} \left[\frac{2(b-a_2)}{l} - K_{д}^{н} \frac{2b-a_2}{l} + K_{д}^{нн} \frac{a_2}{l} \right] + q \frac{2b-a_2}{l} + \frac{r}{l} H_p}{\mu Q_{ш} \left[\frac{2(b-a_1)}{l} + K_{д}^{н} \frac{a_1}{l} - K_{д}^{нн} \frac{2b-a_2}{l} \right] + \mu q \frac{b-a_1}{l} + \left(1 - \frac{r}{l} \mu \right) H_p}, \quad (5.14)$$

где $Q_{ш}$ – вертикальная статическая сила, действующая на шейку оси колесной пары при данном режиме загрузки вагона, Н;

$2b$ – расстояние между серединами шеек оси колесной пары, м, принимают по номинальному значению по ГОСТ 22780;

l – расстояние между кругами катания колес колесной пары с рельсами, м, для колесных пар принимают $l = 1,58$;

a_1, a_2 – расчетные расстояния от точек контакта колес с рельсами до середины соответствующих (набегающей и ненабегающей) шеек оси

колесной пары, для колесных пар принимают 0,25 и 0,22 м соответственно;

K_d^H , K_d^{HH} – коэффициенты динамической добавки необрессоренных частей для набегающего и ненабегающего колеса;

q – сила тяжести массы неподрессоренных частей, приходящихся на колесную пару, Н;

r – радиус круга катания колеса, м, для колес принимают по номинальному значению $r = 1,45$ м;

H_p – рамная сила (принимается положительной в случае направления в сторону набегающего колеса), Н.

Минимальное значение коэффициента запаса устойчивости от схода колеса с рельса определяют по текущим значениям с вероятностью 0,0015.

5.8 Испытания на усталость

Основная задача и объекты испытаний. Испытания на сопротивление усталости могут быть ускоренные в полном объеме (далее – полные испытания на сопротивление усталости) и ускоренные в сокращенном объеме (далее – сокращенные испытания на сопротивление усталости).

Задача полных испытаний на сопротивление усталости – определение предела выносливости составных частей несущей конструкции вагона и его оценка по коэффициенту запаса сопротивления усталости.

Задача сокращенных испытаний на сопротивление усталости – достижение несущей конструкцией вагона или ее составными частями заданного числа циклов нагружения без появления усталостной трещины;

Объектами испытаний на усталость являются несущие натурные узлы и детали вагона, работающие в условиях длительного и интенсивного воздействия вибрационно-циклических (динамических) нагрузок.

Испытаниям на сопротивление усталости рекомендуется подвергать:

- шкворневые узлы рам, заделки стоек кузовов;
- сварные и литые рамы и надрессорные балки тележек, люлочные балки, серьги, подвески;
- корпуса автосцепок, тяговые хомуты, упорные плиты автосцепного устройства;
- подвески, кронштейны и другие вибронагруженные элементы тормозного оборудования;
- оси, колеса, корпуса крыльчатых букс, направляющие поводки (шпинтоны) колесных пар;
- пружины рессорного подвешивания, поглощающих аппаратов автосцепного устройства, амортизаторов и др.

Определяемые показатели. При проведении испытаний на усталость обязательно фиксируются числа циклов N_i^p и N_i^{mp} , соответствующих разрушению (потере несущей способности) испытываемых образцов и образованию (по визуальной оценке) усталостных макротрещин длиной 10–50 мм.

Примечание – Под потерей несущей способности понимается такое повреждение детали усталостной трещиной (трещинами), при котором дальнейшее испытание может быть небезопасным или поддержание установленного силового режима работы стэнда становится невозможным из-за значительного уменьшения жесткости детали.

Оборудование при проведении испытаний. В качестве основного оборудования при испытаниях на усталость используются:

- типовые гидропульсаторные установки;
- специальные стэнды с электромагнитным, электрогидравлическим, пневмомеханическим, электромеханическим самовозбуждением, в т. ч. резонансного типа.

Испытательное оборудование, должно обеспечивать приложение динамических сил, со следующими характеристиками:

- отклонение максимальной силы цикла от заданной не должно превышать $\pm 2\%$ номинального значения;
- частота приложения силы – не более 20 Гц.

Оборудование должно быть оснащено счетчиком числа циклов, устройством для контроля режима приложения силы.

Для определения действующих амплитуд динамических напряжений применяют тензорезисторы.

Особенности проведения испытаний. До начала испытаний образцы оборудуются приборами для измерения напряжений в характерных зонах конструкции. Схема нагружения детали должна соответствовать наиболее характерной схеме ее нагружения в эксплуатации.

При испытании боковой рамы тележки в зонах проемов для установки колесных пар через переходники устанавливают на две цилиндрические опоры, допускающие поворот вокруг бокового направления. Если конструкторской документацией на тележку предусмотрена установка боковой рамы на цилиндрическую (с образующей в продольном направлении) поверхность адаптера, то с одной стороны рекомендуется применять сферическую опору, допускающую поворот вокруг продольного и бокового направления. Расстояние между цилиндрическими опорами должно соответствовать базе тележки, указанной в конструкторской документации. Силу прикладывают на опорную поверхность боковой рамы для установки рессорного подвешивания. Для контроля действующей динамической силы рекомендуется применять тензорезисторы, установленные на нижнем

поясе боковой рамы в среднем сечении. Рекомендуемая схема установки боковой рамы приведена на рисунке 5.7.

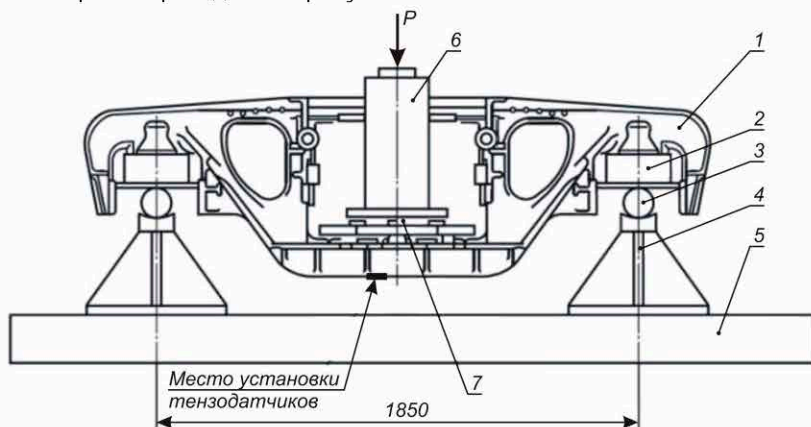


Рисунок 5.7 – Схема установки боковой рамы при испытаниях на сопротивление усталости:

1 – боковая рама; 2 – верхняя опорная плита; 3 – цилиндр; 4 – нижняя опорная плита; 5 – стол; 6 – П-образное приспособление; 7 – сегменты

При полных испытаниях на сопротивление усталости каждую составную часть испытывают при асимметричной циклически изменяющейся силе нагружения на нескольких уровнях постоянной амплитуды силы до получения трещины или достижения базового числа циклов $N_0 = 10^7$ без обнаружения трещины. После обнаружения трещины рекомендуется продолжить испытания до разрушения или потери несущей способности. Среднее значение силы рекомендуется принимать близким к действующей на составную часть силе тяжести вагона с максимальной расчетной массой.

Амплитуды силы устанавливают таким образом, чтобы обеспечить получение трещины до достижения базового числа циклов не менее чем на четырех разных уровнях. На каждом из уровней амплитуды испытывают не менее двух составных частей. При достижении на одном из уровней базового числа циклов оставшиеся составные части испытывают на более высоких уровнях амплитуды. Рекомендуемые значения средней силы для боковой рамы и наддрессорной балки приведены в таблице 5.3, рекомендуемые амплитуды силы – в таблице 5.4.

Таблица 5.3 – Рекомендуемые средние значения силы для испытаний боковой рамы и наддрессорной балки

Деталь	В килоньютонах (кН)	
	Среднее значение силы при максимальной расчетной статической осевой нагрузке	

	196,0 (20,0), 230,5 (23,5)	245,0 (25,0), 265,0 (27,0), 294,0 (30,0)
Надрессорная балка	461,0 (47,0)	
Боковая рама	363,0 (37,0)	392,0 (40,0)

Таблица 5.4 – Рекомендуемые амплитуды силы для испытаний боковой рамы и надрессорной балки

Составная часть	Амплитуда силы для уровня с номером							
	0*	1**	2	3	4	5	6	7
Надрессорная балка	<u>353</u> 36	<u>343</u> 35	<u>323</u> 33	<u>314</u> 32	<u>304</u> 31	<u>284</u> 29	<u>274</u> 28	<u>245</u> 25
Боковая рама	<u>294</u> 30	<u>265</u> 27	<u>245</u> 25	<u>225</u> 23	<u>206</u> 21	<u>186</u> 19	<u>176</u> 18	<u>157</u> 16
<p>* Для проведения сокращенных испытаний составной части с максимальной расчетной статической осевой нагрузкой более 230,5 кН (23,5 тс).</p> <p>*** Для проведения сокращенных испытаний составной части с максимальной расчетной статической осевой нагрузкой не более 230,5 кН (23,5 тс).</p> <p><i>Примечание</i> – В числителе – кН, в знаменателе – тс.</p>								

Испытания проводят в непрерывном режиме. Визуальный контроль испытываемых составных частей и действующей динамической силы проводят не реже чем через 20000 циклов.

При сокращенных испытаниях на сопротивление усталости каждую составную часть испытывают при асимметричном цикле нагружения с одной постоянной амплитудой силы до получения трещины или достижения заданного числа циклов без появления усталостной трещины. После обнаружения трещины рекомендуется продолжить испытания до разрушения или потери несущей способности.

Обработка результатов испытаний. При обработке результатов испытаний используют главное напряжение. Для боковой рамы и надрессорной балки обработку результатов испытаний проводят по действующей силе. Для получения мгновенных значений напряжения используют методы обработки, приведенные в подразд. 5.3. Амплитуды напряжения определяют методом полных циклов или методом «дождя» по ГОСТ 25.101. Допускается дополнять результаты измерения напряжения результатами расчета напряжения, действующего в месте образования трещины.

Подробная методика обработки результатов испытаний приведена в ГОСТ 33788. Результаты определения предела выносливости по амплитуде напряжения используют для определения коэффициента запаса сопротивления усталости, а результаты определения предела выносливости по амплитуде силы используют для определения коэффициента запаса сопротивления усталости боковой рамы и надрессорной балки.

5.9 Вибрационные испытания

Основная задача и объекты испытаний. Задачей вибрационных испытаний является определение и оценка частоты первой формы вертикальных изгибных колебаний несущей конструкции кузова пассажирского вагона.

Оборудование при проведении испытаний. При вибрационных испытаниях применяют испытательное оборудование, обеспечивающее приложение к конструкции динамической силы с возможностью регулировки частоты в диапазоне от 1 до 15 Гц.

Порядок проведения испытаний. При вибрационных испытаниях к раме кузова в вертикальном направлении прикладывают периодическую возмущающую силу с изменением частоты от 1 до 25 Гц с шагом от 1 до 2 Гц. Измеряют возмущающую силу и частоту ее приложения. Определяют вертикальные перемещения в контрольных точках, расположенных вдоль основных несущих составных частей рамы кузова. В контрольных точках допускается определять ускорение в вертикальном направлении или напряжение. На каждом уровне частоты периодическую силу рекомендуют выдерживать в течение отрезка времени не менее 5 с.

Амплитуды перемещения (ускорения или напряжения) определяют методом полных циклов или методом «дождя». По результатам испытаний строят зависимость максимальной амплитуды динамических процессов от частоты действующей динамической силы. Частоту первой формы вертикальных изгибных колебаний определяют по наличию экстремума на зависимости.

5.10 Виртуальные испытания вагонов

Современный подход к проектированию вагонов предполагает *создание виртуальной 3D модели* в одной из программ твердотельного моделирования (CAD программе). Наиболее распространенные из них: КОМПАС 3D, Autodesk Inventor, Unigraphics NX, SolidWorks, Creo, Pro/ENGINEER. При разработке конструкции того или иного типа вагона, как правило, глубокой конструкторской разработке подвергается его кузов, который устанавливается на типовые тележки, оснащается типовыми автосцепным устройством и тормозными приборами. На рисунке 5.8 приведена 3D модель универсального полувагона.

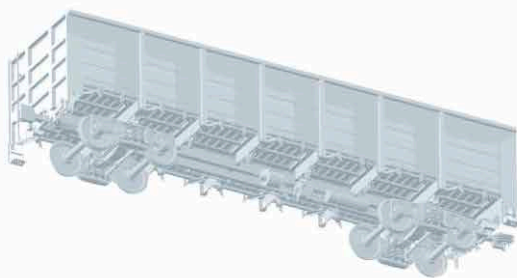


Рисунок 5.8 – 3D модель универсального полувагона

На следующем этапе, после разработки виртуальной 3D модели, проводится *оценка прочности* металлоконструкции кузова вагона с учетом сочетания нагрузок, соответствующих расчетному режиму *I*. Он предусматривает расчет на действие нагрузок, возникающих при ударе, растяжении, сжатии и рывке.

Все возможные сочетания учитываемых при расчетах нагрузок приведены в [38]. Для проведения расчетов разрабатывается конечно-элементная модель кузова, включающая в себя все несущие элементы. При этом, как правило, применяются плоские пластинчатые конечные элементы или объемные. На рисунке 2.12, *а* приведена конечно-элементная модель кузова универсального полевагона из пластинчатых элементов, а на рисунке 2.12, *б* рамы платформы из объемных элементов. Конечно-элементные модели разрабатываются для выполнения расчетов в программных пакетах *ANSYS*, *NASTRAN*, *DSMfem* и др.

В результате проведения прочностных расчетов получают распределение эквивалентных напряжений и деформаций в металлоконструкции кузова вагона. Визуализация напряженного состояния кузова универсального полувагона при воздействии сочетания нагрузок, возникающих при ударе, приведена на рисунке 2.13.

При анализе результатов расчетов производится сравнение расчетных напряжений с допускаемыми для расчетного режима *I* и делается заключение о соответствии металлоконструкции кузова или другого конструктивного элемента вагона требованиям прочности. При выявлении участков конструкции с повышенным уровнем напряжений необходимо выработать конструктивные решения для снижения их величины, основанные на анализе напряженно-деформированного состояния (НДС). Дальнейшие расчеты с учетом внесенных изменений позволяют оценить их эффективность и привести конструкцию в соответствие с актуальными требованиями прочности с минимальным увеличением массы вагона.

Далее производится *импорт данных* из CAD программы в программный комплекс для исследования динамики рельсовых экипажей. Наиболее распространенными сегодня являются программные продукты «Adams/Rail» и «Универсальный механизм».

«Универсальный механизм» позволяет создавать как твердотельную модель вагона и его узлов (рисунок 5.9 [74]), так и гибридную динамическую модель с использованием конечно-элементных моделей элементов конструкций вагонов (рисунок 5.10 [74]).

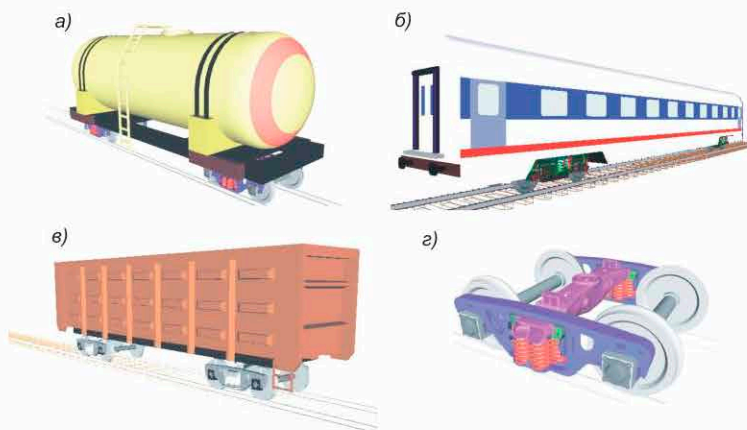


Рисунок 5.9 – Твердотельные модели вагонов и тележек:
а – вагона-цистерны; *б* – пассажирского вагона; *в* – полувагона; *г* – трехэлементной тележки грузового вагона



Рисунок 5.10 – Гибридные модели с упругой конечно-элементной рамой:
а – платформа для перевозки крупнотоннажных контейнеров; *б* – тележка пассажирского вагона

Модели, приведенные на рисунке 5.9, построены с использованием подхода, предполагающего, что механическая система представляется набором абсолютно твердых тел с их инерционными параметрами, связанных посредством шарниров и силовых элементов.

Созданная в программном комплексе «Универсальный механизм» твердотельная модель грузового или пассажирского вагона позволяет решить следующие задачи [73]:

- исследовать показатели ходовых качеств, используемые для оценки колебаний обрессоренных частей грузовых вагонов (коэффициенты динамики рессорных комплектов, вертикальные и поперечные ускорения отдельных точек кузова и т. д.);

- исследовать показатели безопасности, используемые для оценки динамического поведения необрессоренных масс (коэффициенты запаса устойчивости колес против схода с рельсов, рамные и боковые силы, отношение динамической рамной силы к статической осевой нагрузке и т. д.);

- варьировать основными геометрическими, жесткостными, фрикционными и инерционными параметрами ходовых частей, деталей и узлов вагона и рессорного подвешивания, а также параметрами, характеризующими износ элементов ходовых частей (фрикционных клиновых гасителей колебаний, пятниковых и буксовых узлов) на базе полной параметризации модели;

- исследовать движение вагона при различных профилях колес и рельсов, жесткостных характеристиках рельсового пути с использованием различных моделей сил крипа при различных фрикционных свойствах в контакте колеса и рельса; процессы вкатывания гребнем колеса на головку рельса, отрыва поверхности катания колеса от рельса, а также механизм схода колесной пары с рельсов;

- моделировать различные модификации тележек: с жесткими, упругими и упруго-роликовыми скользунками, с жестким и упругим опиранием в буксовом узле, с линейным или билинейным центральным подвешиванием, с поперечными диагональными связями и поводками и т. д.

Представленные на рисунке 5.10 гибридные модели вагона и пассажирской тележки позволяют определить собственные частоты и формы колебаний, а также прогнозировать усталостную долговечность конструкций. На рисунке 5.11 [74] представлено распределение максимальных динамических напряжений и максимальных амплитуд динамических напряжений.

Специализированный железнодорожный модуль UM Loco дает возможность проведения исследований всего спектра железнодорожного подвижного состава: тепловозов, электровозов, грузовых и пассажирских вагонов и специализированных путевых машин.

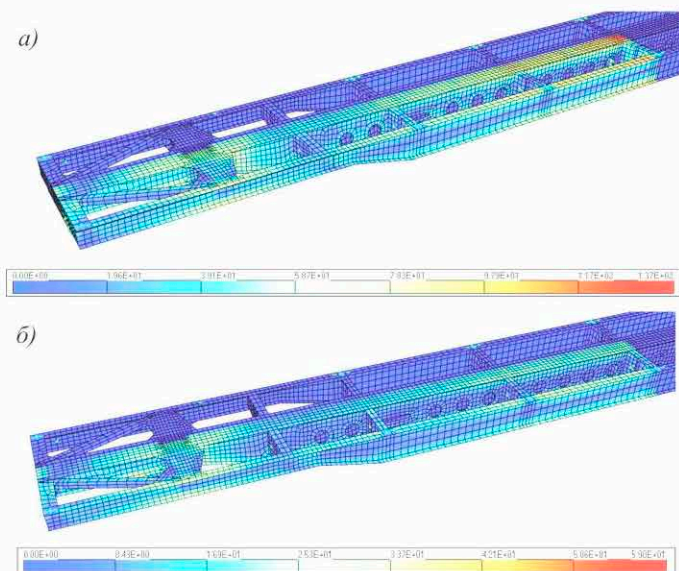


Рисунок 5.11 – Распределение напряжений, МПа:
а – максимальных динамических напряжений; *б* – максимальных амплитуд
динамических напряжений

Достоинством методов математического моделирования является возможность проверки эффективности принятых тех или иных конструктивных решений не на реальных конструкциях вагонов, а на их моделях в виртуальной среде. В результате уменьшаются затраты и время на создание новых конструкций вагонов.

5.11 Обработка результатов испытаний

Процессы, исследуемые при испытаниях вагонов, особенно при динамических испытаниях и испытаниях по воздействию на железнодорожный путь, носят случайный характер. Поэтому полноценные испытания вагонов практически невозможно выполнить без использования методов математической статистики и теории вероятности. Даже при простейших статических прочностных испытаниях вагонов требуется применение статистической теории ошибок. Случайные колебания вагона вызваны наличием неровностей пути в вертикальной и поперечной горизонтальной плоскостях, являющихся случайными функциями. Методы математической статистики необходимы для решения следующих задач при испытаниях вагонов [3]:

- оценка степени точности измерения исследуемых статических или динамических процессов;
- определение статистических закономерностей случайных (вероятностных) измеряемых величин;
- определение показателей надежности по результатам испытаний вагонов;
- планирование и проведение многофакторных экспериментов.

Согласно теории ошибок встречающиеся при измерениях динамических или прочностных показателей вагонов ошибки разделяются на случайные, систематические и промахи. Случайные ошибки являются следствием причин, влияние которых случайно изменяется при каждом измерении исследуемого параметра или показателя вагона и раздельно не может быть учтено. Причинами этого могут быть внешние случайные воздействия, например, небольшие толчки, температурные факторы, субъективные особенности проведения экспериментов и т. п. Такие ошибки могут с равной вероятностью привести к положительным и отрицательным отклонениям, причем большие ошибки встречаются реже, а малые – чаще. Поэтому в теории ошибок принято считать, что распределение случайных ошибок практически подчиняется нормальному закону распределения случайных величин исследуемых при испытаниях вагонов динамических или прочностных показателей вагона. Это хорошо подтверждается многочисленными экспериментальными исследованиями вагонов. Следовательно, если измерять некоторую постоянную величину x , то по результатам n измерений можно вычислить параметры распределения случайной измеряемой при испытаниях величины по следующим формулам:

- среднее значение

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad (5.15)$$

- средняя квадратическая ошибка среднего \bar{x} (параметр рассеивания)

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} , \quad (5.16)$$

где \bar{x} – приближенное значение измеряемой величины x .

Зная параметры \bar{x} и s_x нормального распределения случайных величин, можно установить, с какой вероятностью истинное измеренное значение будет находиться в определенном интервале Δx с серединой \bar{x} . Для этого Δx выражают в долях s_x и, пользуясь таблицей функции Лапласа, определяют соответствующую вероятность (доверительный интервал и доверительную вероятность).

Систематические ошибки являются следствием постоянно действующего фактора. Их величина одинакова во всех измерениях исследуемого процесса, проводящихся одной и той же измерительно-регистрирующей аппаратурой (системную ошибку вызывает, например, износ механического измерительного инструмента). Эти ошибки должны выявляться контрольным измерением заведомо точной аппаратурой и анализом физических причин ошибки измерения.

Промахи (грубые ошибки), как правило, являются следствием низкой квалификации или недостаточного внимания экспериментатора. Эти ошибки должны быть изъяты из рассмотрения и анализа полученных результатов испытаний вагонов.

В большинстве случаев величины, измеренные при динамических ходовых испытаниях вагонов, являются вероятностными по своей природе. Например, напряжения в любой точке конструкции вагона имеют случайные изменения при многократных повторных измерениях их в одной и той же точке конструкции вагона. В этом случае по полученным опытным данным следует установить закон статистического распределения измеряемых величин и ошибку измерения. Указанное распределение удобно устанавливать, используя расчетно-графический метод, сущность которого состоит в том, что полученные в процессе испытания вагона экспериментальные данные наносятся в виде точек на специальную координатную сетку с одной или двумя неравномерными шкалами, отражающими определенную закономерность распределения случайных измеренных величин. Для каждого закона распределения строится своя координатная сетка. Если линия, проведенная через экспериментальные точки, оказывается прямой, то это подтверждает соответствие опытных данных, полученных при испытаниях вагона, рассматриваемому теоретическому закону распределения случайных величин. Степень согласия экспериментальных данных и теоретического закона на практике удобнее определять по критерию согласия А. Н. Колмогорова.

Для примера [3] на вероятностной бумаге нормального распределения случайных величин нанесены точки-кружки (рисунок 5.12), соответствующие пробегу L и накопленной во время динамико-прочностных испытаний частоте появления трещин усталости в раме тележки типа КВЗ-ЦНИИ пассажирского вагона.

Из рисунка 5.12 видно, что эти точки не лежат на прямой линии, следовательно, распределение случайных величин не подчиняется теоретическому нормальному закону распределения.

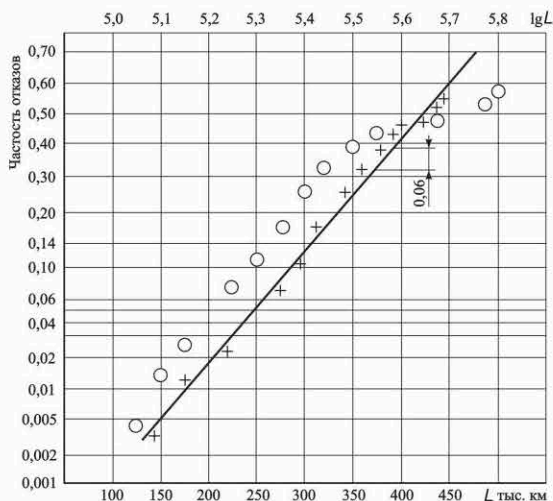


Рисунок 5.12 – Графическая проверка соответствия экспериментальных данных нормальному закону распределения случайных величин

Нанесенные на этом рисунке точки-крестики соответствуют $\lg L$ и накопленной частоте и расположены в основном на прямой линии, что подтверждает соответствие распределения экспериментальных данных логарифмически нормальному закону распределения. Для количественной оценки этого соответствия необходимо определить значение критерия согласия А. Н. Колмогорова по формуле

$$\lambda_k = D\sqrt{n}, \quad (5.17)$$

где D – наибольшее отклонение экспериментальных точек от интерполированной прямой (можно определять непосредственно по графику); при определении D необходимо учитывать, что линейные отрезки по шкале накопленных частостей имеют разный масштаб;

n – общее количество экспериментальных данных (следует брать $n \geq 100$).

При $D\sqrt{n} \leq 1$ для доверительной вероятности более 0,8 считается, что распределение экспериментальных данных достаточно хорошо согласуется с рассматриваемым теоретическим законом распределения. В данном примере $D = 0,06$, $n = 103$, $\lambda_k = 0,67 \leq 1,0$, следовательно, имеется достаточно хорошая согласованность распределения экспериментальных данных с теоретическим логарифмически нормальным законом распределения случайных величин. Параметры этого распределения определяются по условию,

что математическое ожидание (средняя величина) соответствует накопленной частоте 50 %, а среднее квадратическое отклонение s равно разности абсцисс с накопленными частотами 0,5 и 0,159. В данном примере $L = 425$ тыс. км, $s = 159$ тыс. км.

Автоматическая обработка опытных данных производится следующими способами: по экстремумам (максимумы, минимумы), по экстремумам с разделением по частотным поддиапазнам, квантованием по уровням, квантованием по времени.

При обработке опытных величин по экстремумам случайный процесс характеризуется распределением максимумов или минимумов непрерывного сигнала измерения случайных процессов. В соответствии с принятой методикой обработки многих динамических параметров и процессов из них выделяются только максимумы-максимумы или минимумы-минимумы между нулевыми значениями, как это показано на рисунке 5.13, *а* (точки 1 и 2). Во многих случаях, например в исследованиях плавности хода пассажирского вагона, определяются распределения экстремумов в частотных поддиапазонах. Частоты случайных воздействий определяются длительностями интервалов, на которых появляются экстремумы (T_1 и T_2 на рисунке 5.13, *а*).

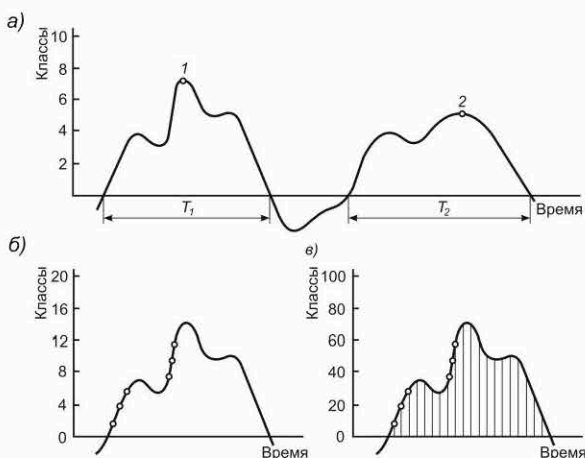


Рисунок 5.13 – Выделение из случайного динамического процесса максимумов-максимумов при обработке по экстремумам

При квантовании по уровням (рисунок 5.13, *б*) находятся распределения мгновенных значений измеряемого сигнала, совпадающих с границами классов распределения случайных величин (показаны на кривых точками). При квантовании по времени (рисунок 5.13, *в*) находятся распределения

мгновенных значений измеренного сигнала, которые отчитываются через постоянные промежутки времени (шаг квантования).

Погрешности измерения при испытаниях. Измерить исследуемые при испытаниях вагонов параметры и показатели абсолютно точно нельзя, так как всякое измерение содержит некоторую ошибку или погрешность. Поэтому при измерениях исследуемых экспериментальным путем параметров, статических и динамических показателей, происходящих во время испытаний динамических процессов, важна оценка допущенной погрешности или ошибки измерения. Первым фактором, определяющим погрешность измерения, является обратное воздействие измерительного прибора на измеряемый процесс или показатель. Чувствительный элемент измерительного прибора, предназначенный для восприятия измеряемой величины, оказывает большее или меньшее влияние на исследуемый процесс, на измеряемую величину.

Очень часто встречаются аддитивные (налагающиеся) внешние помехи, характеризующиеся их влиянием на измерительный сигнал и соответственно на показание измерительного прибора. При этом погрешность измерения не зависит от значения измеряемой физической величины или процесса. Примером таких помех может быть влияние на измерительный сигнал напряжения, наведенного переменным магнитным полем, а также смещение нуля измерительного прибора.

Мультипликативными, или деформирующими, помехами называются такие помехи, оказывающие влияние на передаточную характеристику измерительного прибора, под которой понимается общая зависимость между входной и выходной величинами измерительного прибора, независимо от того, изменяется ли во времени измеряемая величина или она остается постоянной.

Внутренние помехи определяются внутриприборными эффектами (зазоры при механическом преобразовании, трение опор в измерительном приборе и т. п.). Эти эффекты приводят, как правило, к нелинейностям и, как следствие, к погрешностям измерения исследуемой величины. Для электроизмерительных приборов эта погрешность регламентируется их классом точности, а для других измерительных приборов указывается в паспорте или на их измерительной шкале, часто в долях цены одного деления шкалы. Однако истинная величина и знак погрешности, вносимый в измерение измерительным прибором, обычно не известны, т. е., указывая погрешность измерительного прибора, имеют в виду ее предельное значение.

Большинство погрешностей измерения по своей природе можно отнести к случайным ошибкам, так как они отчетливо не проявляются и выявить их довольно трудно. Оценка этих ошибок производится с использованием теории вероятности. Если точность измерения какой-то исследуемой величины или показателя определяется только погрешностью измерительного прибора и случайными ошибками, то случайные ошибки могут быть

меньше или больше погрешности измерительного прибора. В первом случае ошибка измерения может оцениваться только по погрешности измерительного прибора, а во втором она должна вычисляться по формулам теории случайных ошибок.

Для выяснения, какой из этих случаев имеет место при данной настройке измерительного прибора, необходимо провести несколько одинаковых измерений исследуемого процесса. Если результаты всех измерений окажутся одинаковыми в пределах погрешности измерительного прибора, то ошибка измерения исследуемой величины определяется известной погрешностью измерительного прибора. В этом случае измерения записываются в виде

$$x = x_{\text{и}} + \delta_{\text{п}}; \quad (5.18)$$

$$E_x = \frac{\Delta x}{x_{\text{и}}} \cdot 100 \%, \quad (5.19)$$

где $x_{\text{и}}$ – результат измерений;

$\delta_{\text{п}}$ – погрешность измерительного прибора;

E_x – относительная погрешность;

Δx – величина, на которую отличается измеренное значение от истинного значения.

Такая запись результатов означает, что истинное значение x измеряемой величины лежит в интервале $x_{\text{и}} - \delta_{\text{п}}$ и $x_{\text{и}} + \delta_{\text{п}}$.

Если разность отдельных измерений в одинаковых условиях превышает погрешность измерительного прибора, то имеет место значительная случайная ошибка, которую необходимо оценить. Для этой цели производится n измерений исследуемой величины в одинаковых условиях. Теория случайных ошибок доказывает, что наиболее вероятным значением измеряемой величины является среднее арифметическое из ряда одинаковых измерений, т. е.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}, \quad (5.20)$$

где \bar{x} – среднее арифметическое значение измеряемой величины;

x_i – значение измеряемой величины, полученное при i -м измерении;

n – количество измерений.

Из теории случайных ошибок следует, что для характеристики случайной ошибки необходимо указать два числа: величину самой ошибки (доверительный интервал) и величину доверительной вероятности $K_{\text{дв}}$ (коэффициент надежности), который называется вероятностью того, что ре-

зультат измерения отличается от истинного значения на величину, не большую чем Δx . Следовательно, доверительным интервалом называется интервал значений от $x - \Delta x$ до $x + \Delta x$. Чем больше доверительный интервал, т. е. чем больше задаваемая величина Δx , тем вероятнее, что результаты измерения исследуемого процесса или параметра вагона не выйдут за его пределы. Однако чем больше Δx , тем менее точно измерение исследуемого параметра или процесса. Поэтому должны выбираться приемлемые для данных целей испытаний вагонов величины Δx или $K_{\text{дв}}$, причем по одной заданной величине можно определить другую. Для этой цели вводится понятие «средняя квадратическая ошибка», которую можно определить для отдельного измерения по формуле

$$\Delta_{\text{cp}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 / (n-1)}, \quad (5.21)$$

где \bar{x} – среднее арифметическое значение из ряда одинаковых измерений в постоянных условиях испытаний.

Значение Δ_{cp} стремится к некоторому пределу $\sigma = \lim \Delta_{\text{cp}}$ при очень большом числе измерений исследуемого параметра или величины. Величина σ в действительности и является средней квадратической ошибкой, квадрат которой называется дисперсией измерения исследуемых процессов или параметров вагона.

На практике не следует стремиться к выполнению очень большого числа измерений n . В этом случае следует принимать во внимание, что σ и Δ_{cp} – неодинаковые величины. В зависимости от количества измерений следует вычислять доверительную вероятность, и в этом случае погрешность измерения Δx можно записать в виде

$$\Delta x = K_n \Delta'_n, \quad (5.22)$$

где K_n – коэффициент Стьюдента, зависящий от n . В практических расчетах значения коэффициентов K_n удобно определять по специальным таблицам [1];

Δ'_n – средняя квадратическая погрешность среднего арифметического значения x ряда из n измерений, т. е.

$$\Delta'_n = \frac{\Delta_n}{\sqrt{n}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 / n(n-1)}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Анисимов, П. С. Испытания вагонов : [монография] / П. С. Анисимов. – М. : Маршрут, 2004. – 194 с.
- 2 Быков, Б. В. Конструкция механической части вагонов : учеб. пособие / Б. В. Быков, В. Ф. Куликов. – М. : УМК по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. – 247 с.
- 3 Вагоны : учеб. для студентов вузов / Л. А. Шадура [и др.] ; под ред. Л. А. Шадура. – М. : Транспорт, 1980. – 439 с.
- 4 Вагоны. Проектирование, устройство и методы испытаний / Л. Д. Кузьмич [и др.] ; под ред. Л. Д. Кузьмича. – М. : Машиностроение, 1978. – 376 с.
- 5 Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / А. П. Азовский [и др.] ; под ред. В. Н. Котуранова. – М. : Маршрут, 2005. – 490 с.
- 6 Галлагер, Р. Метод конечных элементов. Основы / Р. Галлагер. – М. : Мир, 1984. – 428 с.
- 7 ГОСТ 8281–80. Швеллеры стальные гнутые неравнополочные. Сортамент. – Введ. 1981–01–01. – М. : Стандартинформ, 1981. – 7 с.
- 8 ГОСТ 8510–86. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент. – Введ. 1987–07–01. – М. : Стандартинформ, 2012. – 5 с.
- 9 ГОСТ 19281–89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия. – Введ. 1991–01–01. – М. : Стандартинформ, 2009. – 15 с.
- 10 ГОСТ 5267.3–90. Профиль зетовый для хребтовой балки. Сортамент. – Введ. 1991–07–01. – М. : Стандартинформ, 1990. – 2 с.
- 11 ГОСТ 5267.4–90. Профили для верхней обвязки. Сортамент. – Введ. 1991–07–01. – М. : Стандартинформ, 2003. – 2 с.
- 12 ГОСТ 5267.6–90. Профили вагонной стойки. Сортамент. – Введ. 1991–07–01. – М. : Стандартинформ, 2003. – 2 с.
- 13 ГОСТ 26686–96. Вагоны-платформы магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. – Введ. 1998–07–01. – М. : Стандартинформ, 1997. – 12 с.
- 14 ГОСТ 26725–97. Полувагоны четырехосные универсальные магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. – Введ. 1999–07–01. – М. : Стандартинформ, 2004. – 9 с.
- 15 ГОСТ 8240–97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент. Введ. 2002–01–01. – М. : Стандартинформ, 2003. – 6 с.
- 16 ГОСТ Р 51659–2000. Вагоны-цистерны магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. – Введ. 2000–10–01. – М. : Стандартинформ, 2008. – 11 с.
- 17 ГОСТ 30245–2003. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия. – Введ. 2001–10–01. – М. : Стандартинформ, 2008. – 15 с.
- 18 ГОСТ Р 53350–2009 (ИСО 668:1995). Контейнеры грузовые серии 1. Классификация, размеры и масса. – Введ. 2010–01–01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 16 с.
- 19 ГОСТ 22235–2010. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. – Введ. 2011–05–01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 43 с.
- 20 ГОСТ Р 55182–2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования. – Введ. 2014–01–01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 24 с.
- 21 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2015–11–01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 87 с.
- 22 ГОСТ 34093–2017. Вагоны пассажирские. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2018–01–01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 41 с.

- 23 ГОСТ 33788–2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – Введ. 2017–05–01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 17 с.
- 24 ГОСТ 34056–2017. Транспорт железнодорожный. Состав подвижной. Термины и определения. – Введ. 2017–11–01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 25 с.
- 25 ГОСТ 10935–2019. Вагоны грузовые крытые. Общие технические условия. – Введ. 2019–10–01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 17 с.
- 26 ГОСТ 34530–2019. Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 2020–02–01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 50 с.
- 27 ГОСТ 34632–2020. Вагоны грузовые. Методы эксплуатационных испытаний на надежность. – Введ. 2020–09–01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 28 с.
- 28 **Зенкевич, О.** Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 541 с.
- 29 Конструирование и расчет вагонов : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Лукин [и др.]; под ред. П. С. Анисимова. – М. : УМК по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 688 с.
- 30 **Никольский, Е. Н.** Расчет кузовов вагонов на прочность : учеб. пособие / Е. Н. Никольский. – Тула : ТПИ, 1978. – 48 с.
- 31 **Никольский, Е. Н.** Расчет несущих конструкций вагонов по методу конечных элементов : учеб. пособие / Е. Н. Никольский. – Брянск : БИТМ, 1982. – 99 с.
- 32 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
- 33 **Пастухов, И. Ф.** Расчет вагонных конструкций методом конечных элементов : учеб. пособие / И. Ф. Пастухов, В. В. Пигунов. – Гомель : БелГУТ, 1991. – 126 с.
- 34 **Пастухов, И. Ф.** Вагоны : учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / И. Ф. Пастухов, В. В. Лукин, Н. И. Жуков. – М. : Транспорт, 1988. – 280 с.
- 35 **Пастухов, И. Ф.** Конструкция вагонов : учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / И. Ф. Пастухов, В. В. Пигунов, Р. О. Кошкарда. – 2-е изд. – М. : Маршрут, 2004. – 504 с.
- 36 **Пастухов, И. Ф.** Конструкция вагонов : учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / И. Ф. Пастухов, В. В. Пигунов, Р. О. Кошкарда. – М. : Альянс, 2016. – 504 с.
- 37 **Пигунов, В. В.** Строительная механика вагонов : учеб. пособие / В. В. Пигунов, А. В. Пигунов. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 205 с.
- 38 **Пигунов, В. В.** Конструкция, теория и расчет вагонов : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В. В. Пигунов, А. В. Пигунов. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 303 с.
- 39 Расчет вагонов на прочность : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / С. В. Вершинский [и др.]; под ред. Л. А. Шадура. – М. : Машиностроение, 1971. – 439 с.
- 40 Современное вагоностроение. В 4 т. Т. 3 : [монография] / Б. Г. Цыган [и др.]; под ред. Б. Г. Цыгана. – Кременчуг : Кременчугская городская типография, 2012. – 626 с.
- 41 **Соколов, М. М.** Архитектоника грузовых вагонов : учеб. пособие для работников железнодорожного транспорта / М. М. Соколов, А. В. Третьяков, И. Г. Морчиладзе. – М. : ИБС-Холдинг, 2006. – 394 с.
- 42 **Соколов, М. М.** Гносеология вагонов : курс лекций / М. М. Соколов, И. Г. Морчиладзе. – М. : ИБС-Холдинг, 2009. – 548 с.
- 43 Специализированные цистерны для перевозки опасных грузов : справ. пособие. – М. : Изд-во стандартов, 1993. – 215 с.
- 44 Цистерны. Устройство, эксплуатация, ремонт : справ. пособие / В. К. Губенко [и др.]. – М. : Транспорт, 1990. – 151 с.
- 45 Вагон крытый модели 11-280 (11-280-01). Руководство по эксплуатации. 280.00.000 РЭ. – Новоалтайск : Алтайвагон, 2008. – 25 с.
- 46 Вагон крытый. Модель 11-2158. Руководство по эксплуатации. 2158.00.000 РЭ. – Новоалтайск : Алтайвагон, 2018. – 79 с.
- 47 Вагон крытый. Модель 11-2135-01. Руководство по эксплуатации. 2135.00.000 РЭ. – Новоалтайск : Алтайвагон, 2013. – 54 с.

48 Вагон крытый модели 11-2138. Руководство по эксплуатации. 2138.00.000 РЭ. – Кременчуг : Крюковский ВСЗ, 2008. – 40 с.

49 Вагоны крытые моделей 11-7094, 11-7094-01. Руководство по эксплуатации. 7094.00.000 РЭ. – Кременчуг : Крюковский ВСЗ, 2013. – 45 с.

50 Вагон пассажирский некупейный с установкой кондиционирования воздуха. Модель 61-4194. Руководство по эксплуатации. 4194.00.00.20РЭ. – Тверь : Тверской ВСЗ, 2003. – 191 с.

51 Вагон-платформа. Модель 13-5205. Руководство по эксплуатации 5205.00.00.000-01 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2019. – 71 с.

52 Вагоны-платформы универсальные. Модель 13-9990, 13-9990-01, 13-9990-02. Руководство по эксплуатации 9990.00.00.000-01 РЭ. – М. : РэйлТрансХолдинг, 2015. – 65 с.

53 Вагон-цистерна для светлых нефтепродуктов. Модель 15-1755. Руководство по эксплуатации 1755.00.000 РЭ. – Мариуполь : Азовмаш, 2012. – 58 с.

54 Вагон-цистерна. Модель 15-150. Руководство по эксплуатации 150.00.00.000 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2003. – 53 с.

55 Полувагон. Модель 12-132-03. Руководство по эксплуатации 132.00.00.000-03 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2004. – 62 с.

56 Полувагон. Модель 12-196-01. Руководство по эксплуатации 196.00.00.000-01 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2007. – 48 с.

57 Полувагон. Модель 12-196-02. Руководство по эксплуатации 196.00.00.000-02 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2014. – 59 с.

58 Полувагон. Модель 12-196-04. Руководство по эксплуатации 196.00.00.000-04 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2019. – 53 с.

59 Специализированный четырехосный вагон-платформа. Модель 13-198-02. Руководство по эксплуатации 198.00.00.000-02 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2014. – 53 с.

60 Универсальный вагон-платформа. Модель 13-192-01. Руководство по эксплуатации 192.00.00.000-01 РЭ. – Нижний Тагил : УВЗ, 2016. – 66 с.

61 Профили стальные высокой жесткости с периодически повторяющимися и сквозными гофрами. Технические условия ТУ 14-101-789-2008.

62 **Агинских М. В.** Цистерна для патоки – новая продукция НПК ОВК / М. В. Агинских, М. С. Лобанов, Ю. В. Савушкин, С. А. Федоров // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 26–27.

63 **Комиссаров, А. Ф.** Вагоны нового поколения / А. Ф. Комиссаров // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 31–35.

64 **Конюхов А. Д.** Экструдированные алюминиевые панели – перспективный материал для кузовов вагонов / А. Д. Конюхов, Л. В. Журавлев, А. К. Шуртаков // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 26–28.

65 **Коротков Д. С.** Полувагон нового поколения для технологической щепы / Д. С. Коротков, Ю. В. Савушкин // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 26–27.

66 Перевозки крупнотоннажных контейнеров в два яруса / А. Л. Лисицын [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 8. – С. 33–35.

67 Опытный полувагон с кузовом из алюминиевых сплавов / В. А. Саликов [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 36–38.

68 **Федоров, С. А.** Как усовершенствовать сливные устройства вагонов-цистерн / С. А. Федоров // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2011. – № 3. – С. 40–43.

69 Вагон-хоппер сочлененного типа / Д. В. Шевченко [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2019. – № 4 (60). – С. 27–30.

70 Знаки и надписи на вагонах грузового парка железных дорог колеи 1520 мм. Альбом-справочник 632-2011 ПКБ ЦВ : утв. на 57-м заседании Совета по ж.-д. трансп. государств – участников Содружества от 16–17.10.2012. – М., 2012.

71 Условные коды предприятий С ЖА 1001 15 : справочник : утв. на 56-м заседании Комиссии специалистов по информатизации ж.-д. трансп. от 17–19.03.2015. – М., 2015.

72 Железнодорожные администрации государств – участников Содружества Независимых Государств, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики и сопред-

дельных с ними государств КЖА 1001 04 : классификатор : утв. на 33-м заседании Комиссии специалистов по информатизации ж.-д. трансп. 20–21.09.2005. – М., 2005.

73 **Жайсан, Иса.** Обеспечение безопасности движения грузовых вагонов постройки КНР по железным дорогам стран Центральной Азии : дис. ... канд. техн. наук / Иса Жайсан. – М., 2020. – 160 с.

74 Universal mechanism [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.umlub.ru/pages/index.php?id=1>. – Дата доступа : 21.01.2021.

Учебное издание

ПИГУНОВ Владимир Владимирович

ПИГУНОВ Анатолий Владимирович

КОНСТРУКЦИЯ, ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ВАГОНОВ

Часть 2

Учебное пособие

Редактор *А. А. Павлюченкова*

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 30.09.2021 г. Формат 60х84 1/16

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 27,20. Уч.-изд. л. 27,47. Тираж 150 экз.

Зак. № 2486. Изд. № 45.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.

№ 2/104 от 01.04.2014.

№ 3/1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель