

*Министерство путей сообщения Российской Федерации
Самарская государственная академия путей сообщения*

Кафедра Вагоны

«Конструирование и расчет вагонов»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
*к выполнению контрольных работ и курсового проекта
для студентов по специальности
150800 – Вагоны
(заочное обучение)*

*Составители: Александров Е.В.
Волошко Г.П.*

Самара 2004

УДК 629.45 / .46 (075.8)

«Конструирование и расчет вагонов»: Методические указания к выполнению контрольных работ и курсового проекта / Составители: Е.В. Александров, Г.П. Волошко– Самара: СамГАПС, 2004. – 40 с.

Утверждено на заседании кафедры «Вагоны» «29» декабря 2003г. Протокол № 5.
Печатается по решению редакционно-издательского совета академии.

Методические указания предназначены для выполнения контрольных работ и курсового проекта по дисциплине «Конструирование и расчет вагонов».

Составители: Евгений Владимирович Александров
Геннадий Павлович Волошко

Рецензенты: Директор ИТТС к.т.н., профессор Валиуллин Р.Г.
Зам.начальника службы вагонного хозяйства Куйбышевской железной
дороги филиала ОАО «РЖД» Фазылов Р. Ф.

Редактор И.А. Шимица
Компьютерная верстка Н.В.Чертыковцева

Подписано в печать 19.01.04. Формат 60×90 1/16.
Бумага писчая. Печать оперативная. Усл.п.л. 2,6.
Тираж 200. Заказ №6.

ВВЕДЕНИЕ

Федеральный железнодорожный транспорт остается важнейшей составной частью транспортной системы государства, на его долю приходится около 86% грузооборота и более 38% пассажирооборота. Поэтому железнодорожные перевозки в значительной мере влияют на состояние российской экономики. Этим же во многом определяется и финансово-экономическое положение самого железнодорожного транспорта.

После распада СССР на территории России остались заводы, общая производительность которых составила 45% от прежней, причем со специализацией на выпуске 45% от ограниченного числа типов. В частности, среди полувагонов эксплуатационного парка 88,5% представляют собой конструкцию универсального вагона с люками и лишь 11,5% – специализированные вагоны с глуходонной конструкцией кузова.

Отсутствие систематического пополнения парка вагонов новыми привело к существенному старению парка, к увеличению эксплуатационных и ремонтных затрат на восстановление их работоспособности, к ухудшению безопасности движения. Ежегодно в связи с истечением срока службы должны исключаться из инвентаря десятки тысяч вагонов, износ которых составляет 51,7%.

Создание новых типов и конструкций вагонов включает в себя этапы проектирования, производства, экспериментальных исследований опытных образцов, освоения серийного выпуска с учетом корректировки рабочей документации. На всех этапах проектирования и постройки учитывают требования, предъявляемые к подвижному составу Госстандартами и другими законодательными и нормативными документами.

Дисциплина «Конструирование и расчет вагонов» – базовая для овладения другими специальными дисциплинами и служит основой для получения глубоких и всесторонних знаний по избранной специальности.

1. ВАЖНЕЙШИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ВАГОНОСТРОЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВЕННОГО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В 2001г. Министерство путей сообщения РФ, ВНИИЖТ совместно с научными организациями и заводами вагоностроительной промышленности, основываясь на результатах многолетнего опыта эксплуатации грузовых вагонов, на результатах многочисленных исследований по реальной нагруженности вагонов, их узлов и деталей (статической, динамической продольной и вертикальной), учитывая зарубежный опыт, прежде всего железных дорог Северной Америки, и, принимая во внимание низкие эксплуатационные показатели существующих грузовых вагонов и т.д., приступили к разработке и внедрению в производство на российских заводах грузовых вагонов нового поколения.

При разработке грузовых вагонов нового технического уровня запланирована разработка трех категорий вагонов:

ПЕРВАЯ

- стандартные с увеличенной грузоподъемностью до 71–75 тонн с нагрузкой на ось 25тс (245кН) и с конструкционной скоростью 120 км/ч и большегрузных с грузоподъемностью 90–94 тонн с нагрузкой на ось 30 тс с конструкционной скоростью 100 км/ч;

ВТОРАЯ

- скоростные с конструкционной скоростью до 140 км/ч с нагрузкой на ось до 20 тс и грузоподъемностью 50–60 тонн;

ТРЕТЬЯ

- международные с грузоподъемностью 55–65 тонн с возможностью быстрого перехода с колеи 1520 мм на 1435 мм.

Переход к вагонам нового поколения предусматривает улучшение их потребительских свойств и технико-экономических параметров. При этом следует руководствоваться следующими критериями.

Первый – соответствие всем действующим нормативным документам заказчика и прогнозам развития экономики в течение назначенного срока службы.

Второй – удобство пользования, обеспечение сохранности грузов, возможности механизации погрузки и выгрузки.

Третий – статистически значимое (не менее 5%) улучшение показателей производительности (грузоподъемности) в сравнении с лучшим из имеющихся в эксплуатации прототипов.

Четвертый – сокращение капитальных вложений (не менее 5%) на поставки новых вагонов для освоения требуемого объема перевозок.

Пятый – экономия (не менее 10%) эксплуатационных расходов.

Шестой – применение тележек улучшенной конструкции с усовершенствованными системами рессорного подвешивания и автоматического тормоза, безремонтными конструкциями естественных пар трения в течение пробега до капитального ремонта, статистически значимым снижением динамических нагрузок в несущих узлах вагонов и в элементах верхнего строения пути.

Седьмой – снижение удельной материалоемкости на единицу грузоподъемности, объема кузова и площади пола.

Восьмой – экологическая безопасность, возможность утилизации после окончания назначенного срока службы, предотвращение потерь груза через неплотности кузовов и

выветривание с открытой поверхностью.

Колесная пара для вагонов нового поколения

При разработке конструкции колесной пары использованы результаты научно-исследовательских работ, выполненных различными организациями России, и зарубежный опыт по применению колесных пар с кассетными подшипниками для грузовых вагонов.

Колесная пара представляет собой элемент тележки грузового вагона, обеспечивающий движение поезда и передачу нагрузок от вагона на элементы верхнего строения пути и состоит из:

– **оси**, представляющей собой сплошной (или полый) вал переменного по длине сечения, состоящий из двух шеек оси диаметром 150 мм, на которые устанавливаются на прессовой посадке двухрядные конические роликовые подшипники кассетного типа и буксовые узлы; двух предподступичных частей диаметром 185 мм, на которые устанавливаются на прессовой посадке задние крышки с уплотнениями буксовых узлов; двух подступичных частей диаметром 210 мм, на которые на прессовой посадке устанавливаются два колеса, и средней части оси диаметром 180 мм; галтели переходов от одной части к другой выполняются в соответствии с ГОСТ 22780–93. Все части оси механически обрабатываются и упрочняются накатыванием роликами в соответствии с "Технологической инструкцией по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар вагонов" ТИ32ЦВ-ВНИИЖТ-86. Торцевые части оси имеют три резьбовых отверстия М24, расположенные равномерно (120°) на окружности диаметром 100 мм. Материал оси по ГОСТ 4728–96. Оси в необходимом количестве будут изготавливаться ГУП «ПО Уралвагонзавод»;

– двух **колес** наружным номинальным диаметром 957 мм, установленных на подступичные части оси методом прессовой посадки, обеспечивающей надежную работу на весь срок службы колеса в соответствии с ГОСТ 4835–80. Колесо состоит из ступицы, диска и обода; зоны переходов от ступицы к диску и от диска к ободу выполняются без «перегибов» таким образом, чтобы максимально снизить влияние концентраторов напряжений; диск упрочняется наклепом дробью или другим методом; толщина обода обеспечивает возможность многократного восстановления профиля поверхности катания, который выполняется по ГОСТ 9036–88. Колесо изготавливается из материала по ГОСТ 10791–89 или из специального химического состава, обеспечивающего повышенную твердость после термообработки до 350–380 НВ, позволяющего поднять в 1,5–2 раза износостойкость гребня колеса и в 1,5–2 раза снизить выщербинообразование. Поверхности колеса механически обрабатываются в соответствии с ГОСТ 9036–88. В настоящее время фактические мощности двух российских заводов (Нижнетагильский металлургический комбинат и Выксунский металлургический завод) составляют около 480 тыс. цельнокатаных колес в год при минимальной потребности около 680 тыс. Учитывая недостаточные мощности российских заводов по производству цельнокатаных колес, а также, принимая во внимание необходимость улучшения эксплуатационных свойств колес, развернуты работы по строительству специальных заводов для изготовления стальных литых колес;

– двух **буксовых узлов** с подшипниками качения, передающих вертикальную и горизонтальную нагрузки от тележек и кузова вагона через колесную пару на верхнее строение пути; буксовый узел состоит из одного двухрядного конического подшипника кассетного типа габарита 150x250x175 мм с общим наружным кольцом и встроенными

уплотнениями, нагрузка на который от тележки передается через специальный адаптер (седло). Конические подшипники кассетного типа заправлены консистентной литиевой смазкой на заводе-изготовителе, кольца и ролики подшипников изготавливаются из цементуемых марок стали, за счет чего образуется твердый поверхностный слой и мягкая сердцевина, лабиринтные уплотнения бесконтактного типа. Гарантированный ресурс работы подшипников составляет не менее 10 лет; допускаемый диапазон температур для работы подшипников буксового узла $-60^{\circ}\text{C}...+120^{\circ}\text{C}$. Конструкция адаптеров обеспечивает ограниченную свободу перемещения колесных пар относительно боковых рам тележки, исключая возможность кососимметричного их защемления в направляющих боковых рам, опорные поверхности адаптеров обеспечивают их безремонтную работу до капитального ремонта тележки. При использовании упругого элемента в узле сочленения колесных пар с боковыми рамами он контактирует с наружной поверхностью подшипника и соответствующей формой проема боковой рамы или адаптера. Боковая рама тележки имеет устройство, предотвращающее от выпадения адаптера в эксплуатации. Торцевое крепление подшипников на шейках оси осуществляется при помощи шайбы крепительной и трех болтов М24.

Монтаж и демонтаж буксовых узлов кассетного типа производится на автоматической установке в течение 60 секунд, способ посадки узлов прессовый (холодный), не требующий температурной выдержки после монтажа (напрессовки) подшипника.

При обточке колесной пары при всех видах ремонта не требуется демонтаж элементов торцевого крепления и узла в целом, центр колесо-токарного станка проходит через специальное отверстие в передней крышке узла в торец оси.

Диагностирование кассетных буксовых узлов в пути следования осуществляется имеющейся напольной аппаратурой типа ДИСК (ПОНАБ), а при ремонте колесных пар виброакустическими установками типа УДП–85.

В настоящее время опытные образцы отечественных кассетных подшипников, изготовленных ВПЗ–15 (г. Волжский, Волгоградская область) проходят испытания в буксах грузовых вагонов на экспериментальном кольце ВНИИЖТ и пассажирских вагонов постройки ОАО "Тверской вагоностроительный завод".

Тележка для грузовых вагонов нового поколения

К настоящему времени разработано, согласовано и утверждено техническое задание на тележку, а также разработан технический проект новой тележки. Отличительной особенностью данной тележки является широкое использование накопленного опыта по конструкциям тележек на железных дорогах США и Канады (разработки американской фирмы "А.Стаки"). Отсюда – наличие целого ряда новых конструктивных решений, направленных на улучшение ходовых качеств тележки в порожнем и груженом режимах движения, а также на значительное повышение ее эксплуатационной надежности.

Отличительные особенности новой тележки:

- увеличение осевой нагрузки с 23,5 до 25 тс;
- увеличение диаметра подпятника с 300 до 350 мм;
- применение рессорного подвешивания повышенной гибкости с билинейной характеристикой, позволяющего улучшить ходовые качества тележки в порожнем и груженом режимах движения;
- применение фрикционного термоупрочненного клина с уретановой накладкой и планки повышенной износостойкости с измененной конструкцией клина для

- обеспечения пробега между ремонтами 1,0 млн. км;
- применение упруго-катковых скользунов, повышающих безопасность движения особенно порожних вагонов, исключая необходимость контролировать зазоры в скользунах осмотровщиками вагонов;
 - применение кассетных подшипников, исключая необходимость их ремонта в условиях вагонных депо и повышающих межремонтные пробеги до 6–8 лет;
 - изменение конструкции узла опирания боковой рамы на буксовые узлы с использованием упругих элементов и износостойких сменных прокладок, обеспечивающих межремонтные пробеги не менее 1000 тыс. км;
 - оборудование тележки устройством торсионного типа для отвода тормозных колодок при отпущенном тормозе;
 - изменение крепления тормозных башмаков на триангеле без применения резьбовых соединений, что упрощает их замену в эксплуатации;
 - тележка оборудована предохранительными устройствами от рассыпания тележки при аварийных сходах;
 - использование в шарнирных соединениях износостойких втулок, что повышает надежность работы этих узлов и упрощает их ремонт;
 - использование в тележке конструктивных устройств, повышающих связанность боковых рам с надрессорной балкой, обеспечивающих прямоугольность тележки в плане, уменьшающих углы набегания колесных пар на рельсы с целью уменьшения износов гребней колес и боковых граней рельсов.

Многие из предлагаемых конструктивных решений были ранее проверены на тележках других типов. В частности, на экспериментальном кольце ВНИИЖТ проведены эксплуатационные испытания клинового гасителя колебаний с уретановой накладкой на наклонной поверхности клина, которые подтвердили возможность достижения межремонтных пробегов не менее 1000 тыс. км. При применении уретановых накладок практически не изнашиваются наклонные поверхности надрессорной балки. Там же проведены эксплуатационные испытания упруго-катковых скользунов, установленных на надрессорной балке тележки. Испытанные скользуны обеспечивают межремонтные пробеги также не менее 1000 тыс. км. При этом не только улучшаются динамические характеристики вагона, повышается безопасность движения порожних вагонов, но и заметно уменьшаются износы пятникового узла.

Опытный образец тележки испытан в 2001 г.

Таблица 1.1

Отличительные признаки новой тележки грузовых вагонов от серийной тележки модели 18-100

№п/п	Отличительные признаки	
	Серийная тележка для нагрузки на ось 23,5 тс	Новая тележка для нагрузки на ось 25 тс
1	2	3
1.	Статическая нагрузка на ось 23,5 тс	Статическая нагрузка на ось 25,0 тс
2.	Жесткие скользуны с зазором, износы, перевалка кузова, ремонт при ДР и КР	Упруго-катковые скользуны, без зазоров. Срок службы 1 млн. км

1	2	3
3.	Клиновый гаситель колебаний, срок службы 100-200 тыс. км	Термоупрочненный клиновый гаситель колебаний с уретановой накладкой, срок службы 1-1,2 млн. км
4.	Линейное рессорное подвешивание, статический прогиб под тарой 8 мм, под брутто 52 мм	Билинейное рессорное подвешивание, статический прогиб под тарой 18 мм, под брутто 63 мм
5.	Пятниковый узел, диаметр 302 мм, глубина 30 мм	Пятниковый узел, диаметр 354 мм, глубина 35 мм
6.	Узел опирания на корпус буксы: износы, защемление корпуса буксы	Узел опирания на корпус буксы: износостойкая упругая съемная защёлка (срок службы 1 млн. км), увеличенная опорная поверхность между боковой рамой и адаптером, использование упругих прокладок в буксовом узле
7.	Забегание боковых рам относительно друг друга ± 30 мм	Ограничение забегания боковых рам, сохранение прямоугольной формы в плане, величина забегания $\pm (5-10)$ мм
8.	Восстановление изношенных поверхностей наплавкой, станочная обработка подпятника, пятника, наклонных поверхностей надрессорной балки, опорных поверхностей боковой рамы и корпусов букс при ДР и КР	Замена износостойких прокладок в пятниковом узле, в гасителе колебаний в буксовом узле. Ликвидация деповского ремонта по парам трения тележки

Таблица 1.2

**Сравнительные данные по стальному литью тележек грузовых вагонов
(боковые рамы, надрессорные балки)**

Показатели	Нагрузка на ось вагона	
	23,5 тс	25 тс (30 тс)
Марка стали	20ГЛ; 20ГФЛ	20ГФНТЛ
Предел текучести, кгс/мм ²	30–35	>38
Ударная вязкость при температуре -60°C , кгс м/см ²	2,5	3
Гарантийный срок эксплуатации	не было	5 лет
Гарантийный срок эксплуатации по химическому составу, структуре стали и литейным дефектам	не было	32 года
Назначенный срок службы до списания	30 лет	32 года

Автосцепное устройство

Для оборудования грузовых вагонов нового поколения в рамках Федеральной программы разработана автосцепка полужесткого типа с новым механизмом сцепления, исключая саморасцепы поездов. Для этого были разработаны «Технические требования на разработку автосцепного устройства грузовых вагонов нового поколения» №ЦВА–10/31–99 и конструкция полужесткой автосцепки с новым механизмом сцепления. Изготовлены и прошли стендовые испытания во ВНИИЖТе опытные образцы.

Испытания на геометрическом стенде показали, что новый механизм обеспечивает безотказное выполнение всех рабочих процессов как при воздействии друг с другом, так и при сцеплении с серийной автосцепкой СА-3. Было установлено, что контроль исправного состояния автосцепок в эксплуатации может производиться теми же методами и с использованием тех же инструментов и шаблонов, которые применяются для контроля автосцепки СА-3. Новый механизм обеспечивает большую надежность работы за счет исключения возможности опережения включения предохранителя, приводящего к его излому.

Кроме того, для увеличения контактной прочности перемычки хвостовика автосцепки, узел шарнирного соединения с тяговым хомутом предложено выполнить с увеличенным радиусом контакта клина с перемычкой хвостовика.

Для предотвращения падения на путь автосцепки при обрыве применен двухплечий расцепной рычаг с двумя цепочками.

Разрабатываемая автосцепка полужесткого типа с новым механизмом сцепления позволит получить следующие преимущества:

- исключить возможность саморасцепов и повреждение механизма сцепления из-за опережения включения предохранителя;
- обеспечить сцепление вагонов с разностью между продольными осями автосцепок до 140 мм перед сцеплением и движение вагонов в поезде с разностью не более 100 мм;
- исключить падение автосцепки на путь при обрыве;
- увеличить безремонтный срок службы за счет применения износостойких покрытий в контуре зацепления и на хвостовике автосцепки;
- повысить прочность зоны перехода от головы к хвостовику корпуса на 5-10 %, а также в зоне перемычки хвостовика;
- уменьшить массу автосцепки (на 10 %) за счет сокращения размеров головной части корпуса по вертикали;
- автоматически соединять тормозные рукава при сцеплении вагонов.

Сравнительные характеристики автосцепки СА-3 и автосцепки конструкции УВЗ-ВНИИЖТ для грузовых вагонов нового поколения указаны в табл. 1.3

Таблица 1.3

Сравнительные характеристики автосцепок

Параметр	СА-3	Новое поколение
1	2	3
Тип автосцепки	Нежесткая	Полужесткая
Допускаемая разность высот автосцепок перед сцеплением	100 мм	140 мм
Возможность падения на путь при обрыве	Да	Нет
Возможность опережения включения предохранителя	Да	Нет
Безремонтный пробег при вероятности 0,95	200 тыс. км	1000 тыс. км
Возможность автоматического соединения тормозных магистралей	Нет	Да
Масса автосцепки	200 кг	180 кг
Динамическая стабильность механизма сцепления	От продольных ускорений	От продольных и вертикальных ускорений

На основе анализа условий эксплуатации грузовых вагонов, показавшего значительные различия в предъявляемых требованиях к поглощающим аппаратам автосцепного устройства, в зависимости от рода перевозимых грузов, был разработан нормативный документ "Типоразмерный ряд поглощающих аппаратов автосцепного устройства грузовых вагонов".

Необходимость применения в эксплуатации поглощающих аппаратов автосцепного устройства с различными характеристиками обусловлена целым рядом объективных причин. Повышение энергоемкости, применение аппаратов нового поколения – гидравлических и эластомерных – требует больших затрат и поэтому должно быть экономически оправдано.

Одним из факторов, определяющих целесообразность применения тех или иных аппаратов является вид перевозимого груза. Этот фактор необходимо рассматривать в двух аспектах – стоимости и степени опасности груза.

Для грузов высокой стоимости и чувствительных к динамическим нагрузкам целесообразно обеспечить более надежную защиту вагона от действия продольных сил и ускорений. Однако это возможно только при условии узкой специализации такого подвижного состава, введения специального тарифа и организации специализированных транспортных структур, которые будут арендаторами или собственниками вагонов.

Выбор поглощающего аппарата для вагонов, предназначенных для перевозки опасных грузов, должен производиться с учетом степени опасности груза для окружающей среды, жизни людей и разрушения прилегающих к железнодорожным путям гражданских и промышленных сооружений.

Показатели наиболее перспективных на сегодняшний день аппаратов – 73ZW (разработчик АО "КАМАКС", Польша, изготовитель ООО "ЛЛМЗ–КАМАКС", Москва), Модель–120 (разработчик «КИСТОУН», США, изготовитель СП на базе "Гидромаш", Н-Новгород), АПЭ–120–И (разработчик ВНИИЖТ, изготовитель ОАО "АВИААГРЕГАТ", Самара), АПЭ-95-УВЗ (разработчик УКБВ, изготовитель ГУП "ПО Уралвагонзавод", Н.Тагил), ЭПА-120 (разработчик "Дипром", изготовитель ОАО "БМЗ", Брянск) – при силе не более 2 МН приведены в табл. 1.4

Таблица 1.4

Показатели перспективных поглощающих аппаратов

Тип аппарата	Ход, мм	Скорость соударения V, км/ч	энергоемкость We, кДж	Состояние разработки и производства
1	2	3	4	5
73ZW	90	10,0	110	Серийное производство
Модель-120	120	11,0	135	Подготовка серийного производства
АПЭ-120-И	120	13,5	157	Подготовка серийного производства
АПЭ-95-УВЗ	95	10,0	110	Подготовка серийного производства
ЭПА-120	120	12,0	145	Приемочные испытания

На основании вышеизложенного Департамент вагонного хозяйства МПС РФ утвердил следующий типоразмерный ряд поглощающих аппаратов автосцепного устройства и концевых (или центральных) амортизаторов, представленный в табл. 1.5.

Типоразмерный ряд поглощающих аппаратов

Наименование показателя	T1	T2	T3	T4
Номинальная энергоемкость, кДж, не менее	60-80	100-120	140-160	200-400
Максимальная энергоемкость, кДж, не менее	80-110	130-160	190-220	400-800
Ход, мм	70-120	90-120	120	250-500
Рекомендуемый тип вагонов	Полувагоны, платформы, крытые. Грузы общего назначения, маршрутные поезда.	Цистерны, крытые. Ценные и экологически опасные грузы.	Газовые и химические цистерны. Особо опасные грузы.	Спецвагоны.

T1 – фрикционные аппараты с ходом 90...120 мм со стабилизированным трением и повышенной износостойкостью.

T2 – аппараты комбинированного типа (гидрофрикционные) и фрикционные с улучшенными характеристиками (коэффициент полноты $P \geq 0,5$).

T3 – гидравлические и эластомерные аппараты.

T4 – гидравлические и эластомерные амортизаторы с большим ходом.

Тормозное оборудование

На вагонах нового поколения с нагрузкой на ось 25 тс предполагается установка тормозного оборудования в традиционном исполнении, с односторонним нажатием композиционных колодок на колесо, а с нагрузкой на ось 30 тс – колодочный двусторонний пневматический или дисковый.

Для отвода тормозных колодок при отпущенном тормозе тележки оборудуются устройством торсионного типа.

Крепление тормозных башмаков на триангеле будет осуществлено без применения резьбовых соединений, что существенно упростит их замену в эксплуатации.

В шарнирных соединениях будут применены износостойкие втулки, что повысит надежность работы этих узлов и упростит их ремонт.

Основная цель дополнительных разработок – увеличение межремонтного пробега.

Кузов

Основные отличительные особенности кузова **полувагона** для нагрузки на ось 25 тс (30 тс) заключаются в следующем:

- повышение прочности и коррозионной стойкости листового проката и профилей, за счет применения новых марок сталей;
- разработка новой конструкции рамы кузова, обеспечивающей снижение напряжений в узлах и элементах кузова: шкворневые стойки, шкворневой узел и т.д. Для реализации этого предложения требуется с помощью САПР создать

конструкцию кузова, обеспечивающую распределение продольных и вертикальных нагрузок за счет усиления продольных и поперечных балок, а также буферных брусьев либо за счет оптимизированного конструктивного решения.

Кроме улучшения прочностных свойств кузова, усиления рамы кузова в целом необходимо снизить центр тяжести вагона, что улучшит устойчивость полувагона в порожнем режиме, и, кроме того, создаст дополнительные объемы для перевозки сыпучих грузов.

Наиболее серьезной конструктивной переделке должна быть подвержена нефтебензиновая **цистерна**. В существующей конструкции котел цистерны не является несущей конструкцией: все нагрузки – продольные сжатия и растяжения и вертикальные статические и динамические – воспринимает только рама. Следствие такого конструктивного решения – массовые повреждения рамы, прежде всего, в зоне шкворневого узла, упоров автосцепного оборудования и буферного бруса.

Используя накопленный опыт создания и внедрения в эксплуатацию 8-ми осных безрамных цистерн на железных дорогах России и стран СНГ, а, также имея в виду многолетний опыт создания 4-х осных цистерн в странах Западной Европы, Северной Америки, было принято решение разработать безрамную конструкцию цистерны.

Преимущества безрамной цистерны:

- существенное понижение центра тяжести вагона;
- наиболее полное использование пространства между тележками за счет переменного диаметра котла (большого в среднем сечении), что позволит сохранить длину вагона по осям сцепления, а значит, сохранит ее потребительские свойства (сохранятся существующие модули по наливу и сливу цистерн).

В настоящее время рассматриваются две конструкции безрамных цистерн, разрабатываемых на альтернативной основе ГУП "ПО Уралвагонзавод" и ОАО "Рузхиммаш" (г. Рузаевка).

Типоразмерный ряд вагонов-цистерн для нефтепродуктов создается на базе 3-групповой специализации. Важнейшим отличием нового поколения вагонов-цистерн будет их большая статическая нагрузка при перевозке светлых нефтепродуктов, экологическая и пожарная безопасность. Для этого предусматривается разработка систем герметичной погрузки-выгрузки, защиты котлов цистерн от пробоя и повышение их огнестойкости в зоне пожара. В зависимости от физико-химических свойств перевозимых грузов разрабатываются следующие типы вагонов-цистерн:

А – для жидких грузов;

Б – для перевозки вязких и затвердевающих грузов;

В – для перевозки сжиженных грузов.

Обеспечивается следующее конструктивное исполнение вагонов-цистерн:

- с котлом из низколегированной стали:
 - с внутренним покрытием; без внутреннего покрытия;
- с котлом из нержавеющей стали;
- с котлом из алюминиевых сплавов;
- с котлом из стеклопластика;
- с нижним сливом; с верхним сливом; с разгрузкой методом передавливания; с герметизацией разгрузочных устройств от попадания паров в атмосферу.

Продолжаются работы по разработке нового сливного прибора. Отечественные и зарубежные опытные образцы проходят эксплуатационную проверку.

Предусматривается разработка цистерны с системой пожарной безопасности (особенно цистерн для перевозки сжиженных газов и других опасных грузов).

Главным направлением совершенствования **крытых вагонов** будет максимальное удовлетворение требований грузоотправителей в части удобства погрузки-выгрузки, крепления и сохранности перевозимых грузов. Предусматривается увеличение объема кузова, устройство пола из наборных металлических секций со специальным покрытием, оборудование подвижными съемными перегородками, разрабатывается новая конструкция дверей с устройствами, предотвращающими навал груза. Улучшается теплоизоляция кузова, обеспечивается возможность установки усовершенствованного оборудования для людских перевозок.

Основным направлением совершенствования универсальных **платформ** является согласование их размеров и технических характеристик с требованиями на перевозку новой номенклатуры грузов. Намечается повысить прочность пола применением наборных металлических секций с покрытием. От перевозки сыпучих грузов на платформах необходимо отказаться.

Начаты работы по типоразмерному ряду **платформ** для перевозки контейнеров. Скоростная платформа для перевозки контейнеров общей длиной до 40 фут. (~ 12 м) предназначена для эксплуатации в пассажирских и грузобагажных поездах. По своим ходовым качествам и воздействию на путь она не будет отличаться от пассажирских вагонов. Предусмотрено оборудование этой платформы электропневматическим тормозом и электромагистралью. Скоростная платформа для перевозки контейнеров общей длиной до 60 фут (~ 18 м) предназначена для эксплуатации в ускоренных грузовых поездах. Последняя платформа изготавливается Брянским машиностроительным заводом, тележка – специальным конструкторским бюро (г.Тверь). Опытный образец новой платформы изготовлен в IV кв. 2000 г.

Все платформы предусматривается оборудовать поглощающими аппаратами повышенной энергоемкости.

Разработка типоразмерного ряда **вагонов-хопперов** с повышенными осевыми нагрузками преследует основную цель – обеспечить грузополучателям значительное сокращение расходов и трудозатрат за счет улучшенных технических параметров новой конструкции. Время выгрузки за счет усовершенствованной конструкции разгрузочных люков вагона-хоппера сократится на 20-25%. Универсальность конструкций будет повышена за счет возможности промывки кузова, что позволит использовать вагоны-хопперы для перевозки более широкой номенклатуры сыпучих грузов.

Конструкционные материалы – один из основных факторов, от которого зависит эффективность грузового вагона. Повышение прочностных свойств и коррозионной стойкости позволяют снизить массу тары вагона, а следовательно, увеличить массу перевозимого груза, а также уменьшить эксплуатационные расходы на ремонт кузова в эксплуатации и при плановых ремонтах.

В соответствии с утвержденными в 2000г. нормативными документами для вагонов нового поколения будут применены новые марки листовой и профильной сталей, класс прочности которых существенно повышен. Все новые марки сталей и класс прочности согласованы заводами-производителями (Нижнетагильский металлургический комбинат, Магнитогорский металлургический комбинат). Тем не менее, даже новые марки сталей не обеспечат на данной стадии служебных свойств лучших зарубежных аналогов. Поэтому следует, начиная с 2005 г., переориентировать промышленность на новые марки сталей с повышенным классом прочности.

2. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Общие указания

В соответствии с учебным планом необходимо выполнить три контрольные работы.

Каждая контрольная работа состоит из нескольких основных вопросов, вытекающих из соответствующих тем программы. На поставленные вопросы следует отвечать сжато, но технически грамотно, иллюстрируя описательный материал схемами, чертежами, эскизами, выполненными с соблюдением масштабов, в соответствии с правилами машиностроительного черчения. Текст ответа, где это требуется, необходимо пояснить соответствующими расчетными формулами и решениями.

Текстовая часть контрольной работы должна быть выполнена в соответствии с ГОСТами, ЕСКД (единая система конструкторской документации), ЕСТД (единая система технологической документации), ЕСТПП (единая система технологической подготовки производства), отраслевыми стандартами на одной стороне листа бумаги формата А4 (297*210) мм.

Номера страниц проставляются на всех листах, кроме первого, который является титульным листом. За титульным листом следует заглавный лист, на котором рекомендуется поместить оглавление.

По ходу изложения материала необходимо ссылаться на литературу. Библиографический список поместить в конце работы.

Числовые значения величин, входящих в формулы, следует подставлять только после того, как они объяснены. Окончательный результат приводится с указанием размерности, промежуточные вычисления опускаются.

Значения символов и численных коэффициентов, входящих в формулы, должны быть помещены непосредственно под формулой. Значение каждого символа приводят с новой строки в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Первая строка объяснения символов должна начинаться со слова «где», без двоеточия после него.

Иллюстрации желательно располагать по тексту выполняемой контрольной работы, после первого упоминания. Они нумеруются арабскими цифрами в пределах одной контрольной работы. Поясняющие надписи помещают под рисунком. Номер иллюстрации и наименование помещают ниже поясняющей надписи.

При описании конструкций привести результаты личных наблюдений и рекомендации по замеченным недостаткам, а также отметить положительные стороны конструкции.

Варианты заданий на контрольные работы

Предусмотрено 10 вариантов заданий на контрольные работы. В каждом варианте указан тип и род вагона, который берется за основу при выполнении контрольной работы (для составления ответов на поставленные вопросы). Вариант задания выбирается по последней цифре учебного шифра студента.

Варианты заданий на контрольные работы

Последняя цифра шифра	Род и тип вагона
1	Цельнометаллический крытый вагон.
2	Четырехосная универсальная платформа. Платформа для перевозки контейнеров.
3	Четырехосных полувагон с глухими торцевыми стенами.
4	Четырехосная цистерна для бензина и светлых нефтепродуктов.
5	Четырехосная цистерна для пропана. Двухъярусный крытый вагон для перевозки автомобилей.
6	Восьмиосная цистерна для светлых нефтепродуктов.
7	Почтовый, багажный или почтово-багажный цельнометаллический вагон.
8	Пассажирский цельнометаллический вагон (некупированный).
9	Четырехосный крытый вагон-хоппер для минеральных удобрений. Четырехосный крытый вагон-хоппер для зерна. Четырехосный крытый вагон-хоппер для цемента.
0	Пассажирский цельнометаллический вагон (купированный или СВ).

Указания к выполнению контрольной работы №1

1. Рассмотреть основные требования, предъявляемые к вагонам. Указать назначение вагона Вашего варианта, его основные узлы, пояснив текст согласованными с ним схемами.

Дать определение технико-экономических параметров вагона и указать их величины применительно к рассматриваемому варианту. Привести перспективные величины основных технико-экономических параметров.

Привести определения габаритов и указать их системы для подвижного состава. Перечислить типы габаритов и выполнить вписывание вагона Вашего варианта в габарит соответствующего типа.

2. Рассмотреть устройство колесных пар, применяемых под заданным вагоном, указать их основные размеры и составляющие элементы, описав химический состав и механические свойства материала каждого из них.

Указать конструктивно возможные варианты профилей поверхностей катания колесных пар, привести основные размеры выбранного профиля катания, пояснив назначение составляющих элементов профиля.

Рассмотреть комплекс сил, действующих на колесную пару вагона. Расчет оси колесной пары на прочность выполнить одним из приближенных методов. Указать места концентрации напряжений в оси.

3. Рассмотреть конструкции применяемых типов подшипников качения, способы их посадки на шейку оси. Рассчитать подшипник качения на долговечность. Указать условия безопасной работы букс с подшипниками качения и их преимущества.

Все вопросы описательного характера должны быть пояснены чертежами, диаграммами и схемами, расположенными по тексту.

Указания к выполнению контрольной работы №2

1. Указать назначение, тип, классификацию рессорного подвешивания, привести основную характеристику его и особенности устройства в заданном вагоне. Указать материал, который применяется для изготовления элементов рессорного подвешивания и его механические свойства.

Определить жесткость и гибкость пружин для последовательного, параллельного и смешанного соединения упругих элементов, применительно к вагону ВАШЕГО варианта. Произвести расчет на прочность пружины (любой ступени подвешивания) от действия расчетной нагрузки.

2. Рассмотреть устройство и основы расчета торсионных, кольцевых и пневматических (газовых) рессор.

Указать назначение и типы гасителей колебаний и их устройство.

3. Указать возможные неисправности рессорного подвешивания вагонов в эксплуатации и меры повышения прочности и долговечности рессор и пружин.

Все вопросы описательного характера должны быть пояснены чертежами, диаграммами и схемами, расположенными по тексту.

Указания к выполнению контрольной работы №3

1. Сказать о назначении, типах, классификации тележек вагонов. Указать, к какому разряду приведенной классификации относится тележка вагона Вашего варианта, подробно рассмотреть ее конструкцию. Текст пояснить необходимыми схемами и диаграммами. При рассмотрении устройства тележки отметить основные ее характеристики, перечислить и описать все основные детали, пояснить текст чертежами.

Дать расчетную схему сил, действующих на тележку в эксплуатации, привести формулы для определения этих сил.

Перечислить требования, предъявляемые к тележкам в связи с разработкой вагонов нового поколения.

2. Описать принципы и методику оценки усталостной прочности основных деталей тележек (рам, надрессорных балок и др.), привести необходимые формулы и диаграммы.
3. Указать тип сцепления вагона, его преимущества и недостатки; кратко изложить конструкцию автосцепного устройства вагона.

Рассмотреть устройство и назначение деталей механизма сцепления, отличие

автосцепки СА-3 от зарубежных конструкций.

Изложить принцип действия автосцепки и поглощающего аппарата.

Рассмотреть основы расчета на прочность корпуса автосцепки. Указать материалы, применяемые для изготовления деталей автосцепки.

Дать схему и распределение усилий, действующих на автосцепку, порядок передачи нагрузки на раму вагона при действии тяговых и сжимающих усилий.

Все вопросы описательного характера должны быть пояснены чертежами, диаграммами и схемами, расположенными по тексту.

3.ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

Общие указания

В соответствии с учебным планом студент выполняет курсовой проект пассажирского или грузового вагона в объеме технического проекта. Задание на курсовой проект (конкретная тема проекта и исходные данные для него) выбирается по последней цифре учебного шифра студента из десяти вариантов задания, приведенных ниже.

Пояснительная записка на курсовой проект оформляется аналогично пояснительной записке на контрольную работу. Ее объем не должен превышать 35-40 страниц убористого рукописного текста. Записка должна содержать: назначение и роль проектируемого вагона в системе грузооборота страны; технико-экономическое обоснование выбора параметров и основных размеров вагона с габаритными расчетами; описание конструкции спроектированного вагона (подробно кузов, рама и ходовые части, кратко тормозное и автосцепное оборудование и т.д.); расчет на прочность узла или детали (конкретно по заданию для проектируемого вагона).

При выполнении расчетов должны быть учтены:

1. Ширина железнодорожной колеи.
2. Осевая нагрузка и статистическая нагрузка на 1 м пути.
3. Тара вагона (или коэффициент тары).
4. Высота автосцепки от головки рельса.
5. Наименьший расчетный радиус кривой.
6. Скорости движения: – для грузовых вагонов до 33 м/с; – для пассажирских до 45 м/с.
7. Удельное давление ветра, равное 500 Н/м^2 .
8. Вертикальная динамическая нагрузка, равная произведению коэффициента вертикальной динамики на статическую нагрузку.

Коэффициент вертикальной динамики определяется в зависимости от скорости движения вагона и вертикального статистического прогиба рессорного подвешивания. При скорости движения свыше 15 м/с:

$$K_{гс} = a + b \cdot \frac{0.00036 \cdot (V - 15)}{f_{см}},$$

где a – коэффициент, принимаемый: для элементов кузова 0,05; для обрессоренных частей тележки 0,10; для необрессоренных частей тележки (за исключением колесных пар) 0,15;

$$b = \frac{m + 2}{2 \cdot m};$$

m – число осей в тележке;

V – скорость движения вагона, м/с;

$f_{см}$ – статический прогиб рессорного комплекта под нагрузкой брутто, м.

9. Продольная горизонтальная нагрузка: I режим – 3 МН, II режим – 1 МН.

10. Центробежная сила 0,075 $P_{бр}$ для грузовых и 0,1 $P_{бр}$ для пассажирских вагонов.

11. Сила инерции при плавном торможении 0,2 $P_{бр}$.

К пояснительной записке должны быть приложены два листа графической части.

Лист 1-й, чертеж общего вида вагона, дается в трех проекциях. Для лучшего раскрытия содержания разрабатываемого проекта необходимо пользоваться вертикальными, горизонтальными (продольными и поперечными) разрезами, местными разрезами или сечениями. На общий вид наносятся главнейшие размеры.

На чертеже следует сделать экспликацию основных частей вагона. Для общего вида порожнего вагона рекомендуется масштаб 1:10, 1:20, 1:25 или 1:40. Формат листа должен быть использован максимально.

Лист 2-й, проект детали или узла, выполняется в объеме рабочего чертежа. Этот лист должен быть выполнен в объеме заводского проекта с показом всех необходимых проекций, разрезов и др., с полной спецификацией деталей, применяемых материалов, с указанием массы изделия.

Образец штампа для листов графической части приведен в приложении.

Все чертежи должны выполняться и оформляться в полном соответствии со стандартами «Единая система конструкторской документации».

Содержание пояснительной записки

Первый лист пояснительной записки – титульный лист – не нумеруется. Второй лист пояснительной записки – оглавление.

ОГЛАВЛЕНИЕ

стр

ВВЕДЕНИЕ

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫБОР ВАРИАНТА

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВАГОНА

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

4. ВПИСЫВАНИЕ ВАГОНА В ГАБАРИТ

5. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Во введении кратко описывается ситуация в вагоностроении нашей страны и тенденции развития на ближайшие годы.

В конце введения следует указать какой вагон требуется спроектировать и привести исходные данные.

В разделе 1 пояснительной записки следует привести анализ существующих конструкций вагонов заданного типа.

Тип и род вагона, который требуется спроектировать, выбирается по последней цифре учебного шифра студента.

Таблица 3.1

Вариант заданий на курсовой проект

Последняя цифра учебного шифра	Род и тип вагона
0	Четырехосный крытый вагон-хоппер для минеральных удобрений Четырехосный крытый вагон-хоппер для зерна Четырехосный крытый вагон-хоппер для цемента
1	Пассажирский цельнометаллический вагон (некупированный)
2	Почтовый, багажный или почтово-багажный цельнометаллический вагон
3	Пассажирский цельнометаллический вагон (купированный или СВ)
4	Цельнометаллический крытый вагон
5	Четырехосный полувагон с глухими торцевыми стенами
6	Четырехосная универсальная платформа Платформа для перевозки контейнеров
7	Четырехосная цистерна для бензина и светлых нефтепродуктов
8	Восьмиосная цистерна для светлых нефтепродуктов
9	Четырехосная цистерна для пропана Двухъярусный крытый вагон для перевозки автомобилей

В конце раздела 1 приводится таблица с технико-экономическими параметрами вагонов заданного типа (несколько моделей).

После таблицы необходимо указать какая модель выбрана за базовый вариант.

В разделе 2 пояснительной записки приводится общая характеристика вагона: конструктивные особенности кузова и рамы вагона описываются подробно, ходовые части, автосцепное и автотормозное оборудование – кратко.

При написании этого раздела необходимо учитывать требования, предъявляемые к вагонам нового поколения и их основным узлам «Комплексной программой реорганизации и развития отечественного локомотиво- и вагоностроения, организации

ремонта и эксплуатации пассажирского и грузового подвижного состава».

Все вопросы описательного характера должны быть пояснены чертежами, диаграммами, схемами, расположенными по тексту.

В разделе 3 пояснительной записки выполняются расчеты основных технико-экономических параметров проектируемого вагона в соответствии с исходными данными из таблиц 3.2 и 3.3 (задаются преподавателем).

Таблица 3.2

Варианты заданий

№ п/п	Тип вагона	Оснoсть	Габарит	Осевая нагрузка, кН	Удельный объем, м ³ /т	Коэффициент тары	Диаметр внутренний, мм	Внутренний радиус днища, мм	Внутренняя высота овалoидной части, мм	Высота днища, мм	Толщина листов, мм			
											Верхнего	Среднего	Нижнего	Днища
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.	Цистерна	4	02-ВМ	208	1,10	0,387	3000	3000	480	550	9	10	11	11
2.	Цистерна	4	02-ВМ	211	1,195	0,39	2800	2800	490	550	9	10	12	11
3.				215	1,15	0,400	2800	3000	485	560	8	9	11	12
4.			02-ВМ	216	1,14	0,385	3000	3300	490	550	9	10	12	13
5.				220	1,20	0,395	3000	3050	490	570	9	10	12	12
6.				228	1,25	0,383	3200	3300	495	560	9	10	13	13
7.	Цистерна	4	1-ВМ	235	1,30	0,407	3000	3100	500	570	9	10	11	12
8.				240	1,35	0,402	2800	3100	510	580	8	9	10	12
9.				245	1,40	0,398	3000	3200	520	600	9	10	14	14
10.	Цистерна	8	1-Т	205	1,15	0,378	3000	3150	530	610	9	9	12	12
11.				207	1,20	0,368	3000	3200	520	585	9	10	12	11
12.				210	1,25	0,357	3200	3300	530	600	8	9	11	12
13.				216	1,30	0,348	3400	3500	525	590	8	9	10	11
14.	Цистерна	8	Тц	235	1,15	0,390	3200	3200	520	580	9	10	12	12
15.				240	1,20	0,410	3000	3300	530	590	8	9	12	11
16.				245	1,25	0,370	3400	3400	530	605	9	10	12	10
17.	Цистерна для перевозки цемента	4	02-ВМ	208	0,86	0,390	2800	3000	485	550	8	8	11	12
18.				210	0,873	0,42	3000	3300	530	610	8	8	11	10
19.				206	0,845	0,402	2800	3050	490	550	9	9	10	11

Исходные данные основных типов грузовых вагонов

№ п/п	Тип вагона	Осность	Осевая нагрузка, кН	Габарит	Коэффициент тары	Удельный объем, м ³		
1	2	3	4	5	6	7		
1	Зерновоз	4	228	1-ВМ	0,314			
2			235		0,315			
3			240		0,313			
4			245		0,312			
5		4	250		1-Т	0,315		
6		255	0,314					
7		260	0,313					
8			265		0,308			
9		4	250	Т пр	0,302			
10			255		0,304			
11			260		0,306			
12			265		0,307			
13	Цементовоз	4	214	1-Т	0,265	0,80		
14			222		0,260	0,85		
15			245		0,250	0,90		
16	Минераловоз	4	245	1-Т	0,315	1,22		
17	Крытый для легковых автомобилей	4	205	1-Т	1,0			
18	Крытый универсальный	4	228	1-ВМ	0,35	1,75		
19			225		0,32	1,80		
20			220		0,36	1,85		
21			215		0,37	1,90		
22			210		0,326	1,95		
23			235		Т пр	0,365	2,00	
24			240			0,375	2,03	
25			245		0,380	2,05		
26			250		0,385	2,09		
27			255		0,388	2,10		
28			260		0,325	2,15		
29			265		0,33	2,115		
30		Полувагон	4		210	О-ВМ	0,326	1,1
31					215		0,33	1,11
32			220	0,332	1,12			
33			228	0,34	1,13			
34			235	1-ВМ	0,32		1,135	
35			240		0,345		1,140	
36			245	0,388	1,145			
37			250	Т пр	0,35		1,150	
38			255		0,37		1,153	
39			260		0,36		1,155	
40		265	0,355	1,16				
41		8	210	1-Т	0,34	1,13		
42			215		0,345	1,135		
43			220		0,34	1,14		
44			228		0,347	1,15		

45			210	Т пр	0,345	1,145
46			215		0,317	1,14
47			220		0,320	1,155
48			228		0,335	1,15
49	Платформа	4	210	О-ВМ	0,30	0,518
50			215		0,335	0,525
51			220		0,338	0,530
52			228		0,30	0,52
53			235	1-ВМ	0,40	0,80
54			240		0,405	0,75
55			245		0,410	0,79
56			250	1-Т	0,337	0,83
57			255		0,332	0,84
58			260		0,325	0,85
59			265		0,36	0,86
60	Специализированная платформа для большегрузных контейнеров	4	200	О-ВМ	0,36	0,76

Ниже приведены примеры расчета основных технико-экономических параметров для универсального 4-х осного полувагона, универсальной платформы, специализированной платформы для большегрузных контейнеров, крытого и пассажирского вагона.

При определении основных технико-экономических параметров цистерн, крытых вагонов-хопперов для перевозки зерна и цемента следует пользоваться соответственно методическими указаниями /2, 3/.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВАГОНОВ

ПРИМЕР 1. Выбор основных параметров универсального 4-х осного полувагона

Исходными данными для решения поставленной задачи являются осевая нагрузка, осьность вагона и габарит, установленные заданием на проектирование. Примем для проектируемого полувагона осевую нагрузку $P_0=245$ кН, $K_T=0,316$, число осей – 4, габарит – 1-ВМ.

1.1. Грузоподъемность вагона

$$P = \frac{P_0 m_0}{(1 + K_T) \cdot g}, \quad (1.1.)$$

где P_0 – осевая нагрузка, $P_0=245$ кН;

m_0 – число осей вагона, $m_0=4$;

K_T – коэффициент тары, $K_T=0,316$;

g – ускорение свободного падения, $g=9,81$ м/с².

$$P = \frac{245 \cdot 4}{(1 + 0,316) \cdot 9,81} = 75,9 \approx 76 \text{ т.}$$

1.1. Массы кузова и вагона

Масса вагона

$$T = K_T \cdot P, \quad (1.2.)$$

$$T = 0,316 \cdot 76 = 24 \text{ т.}$$

Масса брутто вагона

$$m_{\text{бр}} = P + T, \quad (1.3.)$$

$$m_{\text{бр}} = 76 + 24 = 100 \text{ т.}$$

Масса брутто кузова

$$m_{\text{бр}}^{\text{кз}} = m_{\text{бр}} - 2m_T,$$

где m_T – масса тележки. Для вагона с осевой нагрузкой 245 кН принимается тележка модели 18-131 или 18-755 массой $m_T = 5,03 \approx 5$ т.

$$m_{\text{бр}}^{\text{кз}} = 100 - 2 \cdot 5 = 90 \text{ т.}$$

Масса кузова

$$m_{\text{кз}} = T - 2m_T - m_a - m_{\text{ТО}}, \quad (1.4.)$$

где m_a – масса автосцепного устройства, $m_a = 1,2$ т;
 $m_{\text{ТО}}$ – масса тормозного оборудования, $m_{\text{ТО}} = 0,50$ т.

$$m_{\text{кз}} = 24 - 2 \cdot 5 - 1,2 - 0,50 = 12,3 \text{ т.}$$

1.2. Объем кузова

$$V = V_{\text{уд}}^{\text{онм}} P, \quad (1.5.)$$

где $V_{\text{уд}}^{\text{онм}}$ – оптимальный удельный объем кузова вагона. Величина $V_{\text{уд}}^{\text{онм}}$ для 4-х осных полувагонов равна 1,12.

$$V = 1,12 \cdot 76 = 85,12 \approx 85 \text{ м}^3$$

1.4. Линейные размеры

С целью использования в проектируемом полувагоне типовых крышек люков внутреннюю ширину $2B_B$ и длину $2L_B$ кузова, а также длину рамы $2L_P$ и базу $2l$ вагона принимаем равными соответствующим размерам типового 4-х осного полувагона (модель 12-757), т.е. $2B_B=2,968$ м; (для полувагонов с глухими торцевыми стенами); $2L_P=12,800$ м, $2l=8,670$ м.

Внутренняя высота кузова

$$H_B = \frac{V}{2B_B \cdot 2L_B} \quad (1.6.)$$

Полученная величина H_B сравнивается с максимальной возможной H_B для заданного габарита. Если выполняется условие $H_B \leq H_B^{\max}$, то полученный размер H_B принимается за окончательный. Если указанное условие не выполняется, то, приняв $H_B = H_B^{\max}$, необходимо скорректировать V , P_{\max} и P_0 или перейти к другому габариту с необходимым значением H_B^{\max} . Для габарита 1-ВМ $H_B^{\max}=2,400$ м, т.е. указанное выше условие выполняется и расчетное значение H_B принимается за окончательное.

Наружная ширина кузова

$$2B_H = 2B_B + 2\Delta_\delta, \quad (1.7.)$$

где Δ_δ – расстояние от внутренней поверхности боковой стены до наиболее выступающей части наружной ее поверхности. Для полувагона $\Delta_\delta=0,126$ м.

$$2B_H = 2,968 + 2 \cdot 0,126 = 3,22 \text{ м.}$$

Длина консольной части

$$l_K = \frac{2L_P - 2l}{2}, \quad (1.8.)$$

$$l_K = \frac{12,800 - 8,670}{2} = 2,065 \text{ м.}$$

Длина вагона по осям сцепления автосцепок

$$2L_{об} = 2L_P + 2\Delta_a, \quad (1.9.)$$

где Δ_a – вылет автосцепки, $\Delta_a=0,56$ м.

$$2L_{об} = 12,800 + 2 \cdot 0,56 = 13,92 \text{ м.}$$

1.5. Статическая и погонная нагрузка

Статическая нагрузка на вагон

$$P_{CT} = P \bar{\lambda} g, \quad (1.10)$$

где $\bar{\lambda}$ – средний коэффициент использования грузоподъемности, $\bar{\lambda}=0,93$

$$P_{CT} = 76 \cdot 0,93 \cdot 9,81 = 693,3 \text{ кН.}$$

Погонная нагрузка:

Нетто

$$q_H = \frac{P \cdot g}{2L_{об}}, \quad (1.11)$$
$$q_H = \frac{76 \cdot 9,81}{13,92} = 53,56 \text{ кН/м;}$$

Брутто

$$q_{бр} = \frac{m \cdot g}{2L_{об}}, \quad (1.12)$$
$$q_{бр} = \frac{100 \cdot 9,81}{13,92} = 70,47 \text{ кН/м.}$$

ПРИМЕР 2. Выбор основных параметров универсальной платформы

Исходные данные: осевая нагрузка $P_0=245$ кН, осьность вагона $m_0=4$, габарит 1-ВМ, $K_T=0,396$.

1.1. Грузоподъемность вагона

Грузоподъемность вагона определяется по формуле (1.1) $P = \frac{P_0 m_0}{(1 + K_T) \cdot g}$

$$P = \frac{245 \cdot 4}{(1 + 0,396) \cdot 9,81} = 71,5 \text{ т.}$$

1.2. Массы кузова и вагона

Массы кузова и вагона определяются по формулам (1.2) и (1.4) (см. пример 1). В этих формулах для платформы применяются $m_T=5$ т (для $P_0 \geq 245$ кН) и $m_T=4,88$ т (для $P_0 < 245$ кН); $m_a=1,2$ т; $m_{T0}=0,6$ т (для $P_0 \geq 245$ кН) и $m_{T0}=0,5$ т (для $P_0 < 245$ кН). Тогда

$$T = 0,396 \cdot 71,5 = 28,3 \text{ т;}$$
$$m_{бр} = 71,5 + 28,3 = 99,8 \text{ т;}$$
$$m_{бр}^{кз} = 99,8 - 2 \cdot 5 = 89,8 \text{ т;}$$
$$m_{кз} = 28,3 - 2 \cdot 5 - 1,2 - 0,6 = 16,5 \text{ т.}$$

1.3. Площадь пола платформы

Площадь пола платформы

$$F = F_{y\delta}^{opt} \cdot P,$$

где $F_{y\delta}^{opt}$ – оптимальная удельная площадь пола платформы, $F_{y\delta}^{opt} = 0,7 \dots 0,8$ м²/т.

Для существующих моделей платформ значения $F_{y\delta}$ приведены в [1, табл. 9.5].

$$F = 0,7 \cdot 71,5 = 50,05 \text{ м}^2.$$

1.4. Линейные размеры

Внутреннюю ширину кузова платформы $2B_B$ с целью обеспечения возможно большей погонной нагрузки принимают максимальной в пределах заданного габарита подвижного состава. Для платформы, спроектированной по габариту 1-ВМ (модель 13-941), $2B_B = 2,87$ м.

Внутренняя длина кузова

$$2L_B = \frac{F}{2B_B}, \quad 2L_B = \frac{50,05}{2,87} = 17,44 \text{ м.}$$

Наружная ширина кузова определяется по формуле (1.7) (см. пример 1), в которой $\Delta_6 = 0,15$ м (для $P_0 \geq 245$ кН) и $\Delta_6 = 0,19$ м (для $P_0 < 245$ кН):

$$2B_B = 2,87 + 2 \cdot 0,15 = 3,17 \text{ м.}$$

Длина рамы

$$2L_P = 2L_B + 2\Delta_T,$$

где Δ_T – расстояние от внутренней поверхности торцевого борта до концевой балки рамы, $\Delta_T = 0,04$ м.

$$2L_P = 17,44 + 2 \cdot 0,04 = 17,52 \text{ м.}$$

База вагона

$$2l = \frac{2L_P}{1,41}, \quad 2l = \frac{17,52}{1,41} = 12,43 \text{ м.}$$

Длина консольной части

$$l_k = \frac{2L_p - 2l}{2}, \quad l_k = \frac{17,52 - 12,43}{2} = 2,545 \text{ м.}$$

Длина вагона по осям сцепления автосцепок определяется по формуле (1.9) (см. пример 1), в которой $\Delta_a = 0,61$ м:

$$2L_{об} = 17,52 + 2 \cdot 0,61 = 18,74 \text{ м.}$$

1.5. Статическая и погонная нагрузки

Статическая и погонная нагрузки вычисляются по формулам (1.10) – (1.12) (см. пример 1), в которых $\bar{\lambda} = 0,85$.

$$P_{CT} = 71,5 \cdot 0,85 \cdot 9,81 = 596,20 \text{ кН};$$

$$q_H = \frac{71,5 \cdot 9,81}{18,74} = 37,43 \text{ кН/м};$$

$$q_{бр} = \frac{99,8 \cdot 9,81}{18,74} = 52,24 \text{ кН/м.}$$

ПРИМЕР 3. Выбор основных параметров специализированной платформы для большегрузных контейнеров

Исходные данные: грузоподъемность $P=60$ т, осьность вагона $m_0=4$, габарит 0-ВМ, $K_T=0,356$.

1.1. Грузоподъемность вагона

Грузоподъемность вагона установлена заданием на проектирование и составляет 60т (она должна быть кратна 10).

1.2. Массы кузова и вагона

Массы кузова и вагона определяются по формулам (1.2) – (1.4) (см. пример 1). В этих формулах принимаются: $m_T=4,88$ т, $m_a=1,2$ т, $m_{то}=0,6$ т.

$$T = 0,356 \cdot 60 = 21,36 \text{ т};$$

$$m_{бр} = 21,36 + 60 = 81,36 \text{ т};$$

$$m_{бр}^{кз} = 81,36 - 2 \cdot 4,88 = 71,6 \text{ т};$$

$$m_{кз} = 21,36 - 2 \cdot 4,88 - 1,2 - 0,6 = 9,8 \text{ т.}$$

1.3. Линейные размеры

Линейные размеры рамы платформы должны быть увязаны с размерами перевозимых контейнеров.

Наружная ширина рамы $2B_n$, исходя из условия размещения контейнера

шириной 2,438 м и упоров для его крепления, принимается равной 2,500 м.

Длина рамы платформы

$$2L_p = nL + (n - 1)S_k + 2S,$$

где n – число контейнеров типа 1D массой брутто 10т, перевозимых в проектируемой платформе, $n = \frac{P}{10}$;

L – длина контейнера типа 1D массой брутто 10т, $L=2,991$ м;

S_k – зазор между двумя соседними контейнерами, необходимый при перегрузке крупнотоннажных контейнеров автоматическими захватами, $S_k=0,078$ м;

S – расстояние между крайним контейнером и торцом концевой балки рамы, $S=0,032$ м.

$$n = \frac{60}{10} = 6;$$

$$2L_p = 6 \cdot 2,991 + (6 - 1) \cdot 0,078 + 2 \cdot 0,032 = 18,40 \text{ м.}$$

База вагона 2l и длина консольной части l_k определяются по формулам (1.9) – (1.10) (см. пример 2).

$$2l = \frac{18,40}{1,41} = 13,05 \text{ м,}$$

$$l_k = \frac{18,40 - 13,05}{2} = 2,675 \text{ м.}$$

Длина вагона по осям сцепления автосцепок рассчитывается по формуле (1.9) (см. пример 1), где $\Delta_a=0,61$ м;

$$2L_{об} = 18,40 + 2 \cdot 0,61 = 19,62 \text{ м.}$$

1.4. Статическая и погонная нагрузки

Статическая и погонная нагрузки определяются по формулам (1.10) – (1.12) (см. пример 1), где $\bar{\lambda}=0,85$.

$$P_{CT} = 60 \cdot 0,85 \cdot 9,81 = 500,31 \text{ кН;}$$

$$q_H = \frac{60 \cdot 9,81}{19,62} = 30 \text{ кН/м;}$$

$$q_{об} = \frac{81,36 \cdot 9,81}{19,62} = 44,18 \text{ кН/м.}$$

ПРИМЕР 4. Выбор основных параметров универсального крытого грузового вагона

Исходные данные: осевая нагрузка $P_0=245$ кН, осьность вагона $m_0=4$, габарит 1-ВМ, $K_T=0,384$.

1.1. Грузоподъемность

Грузоподъемность вагона определяется по формуле (1.1) $P = \frac{P_0 m_0}{(1 + K_T) \cdot g}$, (см. пример 1)

$$P = \frac{245 \cdot 4}{(1 + 0,384) \cdot 9,81} = 72,18 \approx 72 \text{ т.}$$

1.2. Массы кузова и вагона

Массы кузова и вагона определяются по формулам (1.2) и (1.4) (см. пример 1). В этих формулах $m_T=5$ т (для $P_0 \geq 245$ кН) и $m_T=4,88$ т (для $P_0 < 245$ кН); $m_a=1,2$ т; $m_{то}=0,6$ т (для $P_0 \geq 245$ кН) и $m_{то}=0,5$ т (для $P_0 < 245$ кН). Тогда

$$T = 0,384 \cdot 72 = 27,65 \text{ т;}$$

$$m_{op} = 72 + 27,65 = 99,65 \text{ т;}$$

$$m_{op}^{кз} = 99,65 - 2 \cdot 5 = 89,65 \text{ т;}$$

$$m_{кз} = 27,65 - 2 \cdot 5 - 1,2 - 0,6 = 15,85 \text{ т.}$$

1.3. Объем кузова

Объем кузова рассчитывается по формуле (1.5) (см. пример 1), где $V_{уд}^{omm} = 2,0$ м³/т:

$$V = 2,0 \cdot 72 = 144 \text{ м}^3.$$

1.4. Линейные размеры

Внутреннюю ширину $2B_B$ крытого вагона, исходя из возможности размещения существующего съемного оборудования для людских перевозок, принимают равной 2,77м.

Внутреннюю высоту H_B с целью обеспечения возможно большей погонной нагрузки принимают максимальной в пределах заданного габарита подвижного состава. Она рассчитывается по формуле

$$H_B = H_{B_1} + H_{B_2},$$

где H_B – внутренняя высота кузова по осевому сечению;

H_{B_1} – высота внутри кузова по боковой стене;

H_{B_2} – внутренняя высота крыши по осевому сечению.

Величину H_{B_2} принимаем равной аналогичной величине модели 11-260, т.е.

$H_{B_2}=0,323$ м. Варьируем только величиной H_{B_1} . Для габарита 1-ВМ ее можно принимать равной 2,925 м.

Тогда

$$H_B = 2,925 + 0,323 = 3,248 \text{ м.}$$

Внутренняя длина кузова

$$2L_B = \frac{V}{F_K},$$

где F_K – площадь поперечного сечения кузова,

$$F_K = F_{CT} + F_{KP} = 2B_B \cdot H_{B_1} + F_{KP};$$

где F_{CT}, F_{KP} – соответственно площадь поперечного сечения прямоугольной части кузова (по стенам) и крыши. Величину F_{KP} принимаем равной соответствующей величине модели 11-260, т.е. $F_{KP}=0,61 \text{ м}^2$.

Тогда

$$F_K = 2,77 \cdot 2,925 + 0,61 = 8,712 \text{ м}^2;$$

$$2L_B = \frac{144}{8,712} = 16,529 \text{ м.}$$

Наружная ширина кузова $2B_H$ определяется по формуле (1.7) (см. пример 1), где $\Delta_6=0,245$ м.

$$2B_H = 2,77 + 2 \cdot 0,245 = 3,26 \text{ м.}$$

Длина рамы $2L_p$, база $2l$, длина консольной части l_K и длина вагона по осям сцепления автосцепок $2L_{об}$ рассчитываются соответственно по формулам (1.8) – (1.10) (см. пример 2) и (1.9) (см. пример 1), в которых

$$\Delta_T = -0,165 \text{ м (для модели 11-260);}$$

$$\Delta_T = 0,013 \text{ м (для модели 11-217);}$$

$$\Delta_a = 0,61 \text{ м (для модели 11-260);}$$

$$\Delta_a = 0,43 \text{ м (для модели 11-217).}$$

Тогда

$$2L_p = 16,529 + 2 \cdot (-0,165) = 16,199 \text{ м};$$

$$2l = \frac{16,199}{1,41} = 11,49 \text{ м};$$

$$l_k = \frac{16,199 - 11,49}{2} = 2,355 \text{ м};$$

$$2L_{об} = 16,199 + 2 \cdot 0,61 = 17,419 \text{ м}.$$

1.5. Статическая и погонная нагрузки

Статическая и погонная нагрузки вычисляются по формулам (1.10) – (1.12) (см. пример 1), где $\bar{\lambda} = 0,81$.

$$P_{ст} = 72 \cdot 0,81 \cdot 9,81 = 572,12 \text{ кН};$$

$$q_n = \frac{72 \cdot 9,81}{17,419} = 40,55 \text{ кН/м};$$

$$q_{бр} = \frac{99,65 \cdot 9,81}{17,419} = 56,12 \text{ кН/м}.$$

ПРИМЕР 5. Выбор основных параметров пассажирского вагона

К параметрам пассажирского вагона, определяющим его технико-экономические показатели, относятся населенность, масса тары, линейные размеры и конструктивная скорость. Поскольку пассажирские вагоны проектируются на базе типовых кузовов длиной 23,6м и 26,5м, то задача расчета сводится к разработке планировки внутреннего помещения для выбранного или заданного варианта кузова и на основе ее определения населенности, массы кузова и вагона. Пусть требуется спроектировать купейный пассажирский вагон длиной 26,5м, кузов которого выполнен из нержавеющей стали 12Х18Н10Т (нижний пояс) и низколегированной стали 09Г2Д (верхний пояс).

1.1. Планировка вагона

В соответствии с заданием на проектирование наружная длина вагона равна 26,5м. Согласно паспортным данным вагон указанной длины имеет размеры:

- длину по осям сцепления автосцепок – 27,43м;
- базу – 19м;
- длину консольной части – 3,75м;
- наружную ширину – 3,05м;
- внутреннюю ширину – 2,826 м;
- высоту внутри салона от пола до потолка – 2,923м;
- полную высоту – 4,377м.

Минимальные размеры внутренней планировки и оборудования пассажирских вагонов определены Нормами и составляют, мм:

Ширина помещений:

- купе четырехместного – 1777;
- купе двухместного – 1350;
- отделения для проводника – 1230;
- туалета – 900;
- отделения отопления – 900;
- тамбура – 840.

Ширина продольных проходов в вагонах:

- купейных – 750;
- спальных открытого типа – 560;
- межобластного сообщения – 600.

Ширина проемов дверей:

- тамбурной створчатой боковой – 700;
- то же торцевой задвижной – 700;
- створчатой из тамбура в пассажирское помещение – 640;
- задвижной в купе – 600;
- створчатых в коридорах, купе, служебных отделениях, туалетах – 560;
- высота створчатых и задвижных дверей – 1900.

Ширина диванов и кресел в вагонах:

- жестких – 580;
- мягких – 600;
- межобластного сообщения – 470;
- ширина подъемной полки – 570.

Ширина спального места в вагонах:

- купейных – 1820;
- открытого типа – 1700.

Расстояния:

- от пола до сидения диванов – 340;
- от сидения диванов до нижней части подъемной полки в рабочем состоянии – 920;
- между креслами вагонов межобластного сообщения (шаг) – 975;
- между диванами – 610.

Размеры багажных полок:

- ширина – 580;
- высота от пола – 2000.

Руководствуясь указанными нормативами, студент делает планировку вагона и оформляет это либо рисунком в записке, либо видом на чертеже.

1.2. Населенность

Согласно планировке вагон длиной 26,5м имеет 10 купе по 4 места, следовательно, его населенность составляет 40 мест для пассажиров и 2 места в отделении для отдыха проводников.

1.3. Массы кузова и вагона

Купейные вагоны длиной 26,5м, выполненные из низколегированных и углеродистых сталей, поставляемых ранее по импорту, имели массу 58,4т. ОАО

«Тверской вагоностроительный завод» выпускает спальные некупейные вагоны длиной 23,6м из тех же сталей, но планирует перейти на изготовление кузовов из нержавеющей и низколегированных сталей. Если заложить эти материалы в удлиненные вагоны, то его масса снизится с 58,4 до 57,6 т, а при замене углеродистых сталей на низколегированные в рамах и надрессорных балках тележек и внедрении пустотелых осей в колесных парах масса вагона снизится до 57 т. Поэтому студент должен сам решить, какие из изменений в материалы и конструкцию он считает необходимым внести и на основании этого принять окончательное решение о массе проектируемого вагона.

Для примера принимаем массу тары вагона T равной 57 т.

Масса брутто вагона

$$m_{бр} = n \cdot m_{пас},$$

где T – масса тары, $T=57$ т;

n – расчетная населенность вагона, $n=42$;

$m_{пас}$ – средняя масса одного пассажира с багажом. Для вагонов дальнего следования $m_{пас}=0,1$ т.

$$m_{бр} = 57 + 42 \cdot 0,1 = 61,2 \text{ т.}$$

Масса брутто кузова

$$m_{бр}^{кз} = m_{бр} - 2m_T,$$

где m_T – масса тележки, т. Масса тележки ТВЗ-ЦНИИМ 7,2т.

$$m_{бр}^{кз} = 61,2 - 2 \cdot 7,2 = 46,8 \text{ т.}$$

1.4. Конструкционная скорость

Конструкционная скорость вагона определена заданием на проектирование и составляет 45 м/с (160 км/ч).

Для остальных типов пассажирских вагонов указанные параметры определяются аналогичным образом.

В конце раздела 3 приводится таблица с основными технико-экономическими параметрами проектируемого вагона, которые были рассчитаны в этом разделе.

В разделе 4 пояснительной записки производится вписывание спроектированного вагона в габарит.

При вписывании вагона в габарит следует использовать значения, приведенные в табл. 3.4

Величины S, d, K₁, K₂, K₃

Величины	Габариты	
	T, 1-T, 0-T (1-BM)	01-T (-BM), 02-T (02BM), 03-T (03-BM)
S, мм	1541	1465
S ⁿ , мм	1526	1435
d, мм	1489	1410
	1497	1410
	1501	1410
K ₁ , мм	0,625 p ²	0,5 p ²
K ₂	2,5	2
K ₃ , мм	180	0

Для значения d выбирается первое число – для грузовых вагонов, проектируемых для скоростей движения до 120 км/ч, второе и третье число – для пассажирских вагонов, проектируемых для скоростей движения соответственно до 140 км/ч и более 140 км/ч.

В формулу для определения K₁ величина p равняется базе тележки; для восьмиосных

$$p^2 = (p_1^2 + p_2^2),$$

где p₁ – база 4-х осной тележки, м;

p₂ – база 2-х осной тележки, входящей в состав 4-х осной, м.

Значения величин q и w приведены в табл. 3.5

Таблица 3.5

Величины горизонтальных параллельных поперечных смещений, мм

Величины	Тележка модели 18-100	Тележка модели 18-101	Тележки пассажирских вагонов
Q	3	3	8
W	28	32	46

ПРИМЕР

Вписать в габарит 1-T кузов восьмиосного полувагона и размещенного в нем груза.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: длина рамы вагона 2L_p=19,11м; база вагона 2l=12,07м; длина консоли n_к=3,52м; база четырехосной тележки p₁=3,2м; база двухосной тележки модели 18-100, входящей в конструкцию четырехосной, p₂=1,85м.

Определим горизонтальные поперечные и вертикальные размеры строительного очертания кузова полувагона и размещенного в нем груза.

Максимальная допускаемая ширина строительного очертания кузова вагона на некоторой высоте H над уровнем верха головок рельсов

$$2B = 2 (B_0 - E),$$

где B – максимальная полуширина строительного очертания кузова вагона на

- рассматриваемой высоте H , мм;
 B_0 – полуширина габарита подвижного состава 1-Т на той же высоте,
 $B_0=1700$ мм;
 E – ограничения полуширины кузова вагона для одного из рассматриваемых сечений – направляющего, внутреннего или наружного, мм.

1. Рассчитаем ограничения полуширины габарита для кузова вагона. Ограничения полуширины для сечений кузова в миллиметрах:
направляющего

$$E_0 = 0,5 \cdot (s - d) + q + w + [K_1 - K_3],$$

внутреннего, расположенного посередине базы,

$$E_b = 0,5 \cdot (S - d) + q + w + [K_2 (2l - n) n + K_1 - K_3],$$

наружного, расположенного в конце кузова,

$$E_H = (0,5(S - d) + q + w) \frac{2n + 2l}{2l} + [K_2 \cdot (2l + n)n - K_1 - K_3].$$

В формулах:

- S – максимальная ширина колеи в прямом $S_{пр}$ или кривом $S_{кр}$ участке пути расчетного радиуса, $S_{пр}=1526$ мм; $S_{кр}=1541$ мм;
 d – минимальное расстояние между наружными гранями предельно изношенных гребней колес, $d=1489$ мм;
 q – наибольшее возможное поперечное перемещение в направляющем сечении из центрального положения в одну сторону рамы тележки относительно колесной пары вследствие зазоров при максимальных износах в буксовом узле. Для буксового узла с роликовыми подшипниками $q=3$ мм;
 w – наибольшее возможное поперечное перемещение в направляющем сечении из центрального положения в одну сторону кузова относительно рамы тележки вследствие зазоров при максимальных износах и упругих колебаний в узле сочленения кузова и рамы тележки. Для четырехосной тележки, состоящей из двух тележек модели 18-100, $w=32$ мм;
 $2l$ – расстояние между направляющими сечениями вагона – база вагона, м;
 n – расстояние от рассматриваемого поперечного сечения кузова до ближайшего направляющего сечения вагона. Для концевое сечения восьмиосного полувагона $n_k=3,52$ м, для среднего $n_c=6,035$ м;
 K_1 – дополнительное поперечное смещение в кривой расчетного радиуса R тележечного подвижного состава. Для четырехосной тележки восьмиосного полувагона при $R=200$ м

$$K_1 = 0,625(p_1^2 + p_2^2) = 0,625(3,2^2 + 1,85^2) = 8,5 \text{ мм};$$

- K_2 – коэффициент, зависящий от расчетного радиуса кривой R . Для габарита 1-Т при $R=200$ м $K_2=2,5$;

K_3 – половина принятого на железных дорогах РФ льготного уширения габарита подвижного состава в кривых участках пути. Для габарита 1-Т при $R=200$ м $K_3=180$ мм.

Подставляя в формулы цифровые данные, получим для кузова вагона E_0 , E_B и E_H для верхнего очертания габарита 1-Т:

$$E_0 = 0,5 \cdot (1541 - 1489) + 3 + 32 + [8,5 - 180] = 61 + [-171,5] \text{ мм};$$

$$E_B = 0,5 \cdot (1541 - 1489) + 3 + 32 + [2,5 (12,07 - 6,035) 6,035 + 8,5 - 180] = 61 + [-80,5] \text{ мм};$$

$$E_H = (0,5 \cdot (1541 - 1489) + 3 + 32) \frac{12,07 + 2 \cdot 3,52}{12,07} + [2,5 \cdot (12,07 + 3,52) \cdot 3,52 - 8,5 - 180] = 96,4 + [-51,3] \text{ мм}.$$

Следует отметить, что отрицательная величина, стоящая в квадратных скобках, в данном случае не учитывается, т.е. принимается равной нулю. Отрицательное значение скобки свидетельствует о том, что льготное уширение габарита в кривом участке пути недоиспользуется.

В общем случае величина, заключенная в квадратных скобках формул учитывается, если результат их подсчета получается положительным или отрицательным, но по абсолютному значению не превышающим 8 мм или $8 \frac{2n+2l}{2l}$ мм. При несоблюдении этих условий квадратные скобки принимаются равными нулю, а вписывание вагона производится в габарит прямого участка пути, как это требуется в данном примере, т.е.

$$E_{\text{опр}} = E_{\text{впр}} = 0,5 \cdot (1526 - 1489) + 3 + 32 = 54 \text{ мм};$$

$$E_{\text{НПР}} = (0,5 \cdot (1526 - 1489) + 3 + 32) \frac{2 \cdot 3,52 + 12,07}{12,07} = 85 \text{ мм}.$$

Таким образом, окончательное ограничение полуширины кузова восьмиосного полувагона составляет:

$$E_0=54 \text{ мм}; E_B=54 \text{ мм}; E_H=85 \text{ мм}.$$

2. Рассчитаем ширину строительного очертания кузова восьмиосного полувагона $2B_c$ на некоторой высоте над уровнем верха головок рельсов:
в направляющем и среднем сечениях

$$2B_0 = 2B_B = 2 \cdot (1700 - 54) = 3292 \text{ мм};$$

в концевом сечении

$$2B_H = 2 \cdot (1700 - 85) = 3230 \text{ мм}.$$

По полученным значениям строим горизонтальную габаритную рамку строительного очертания вагона

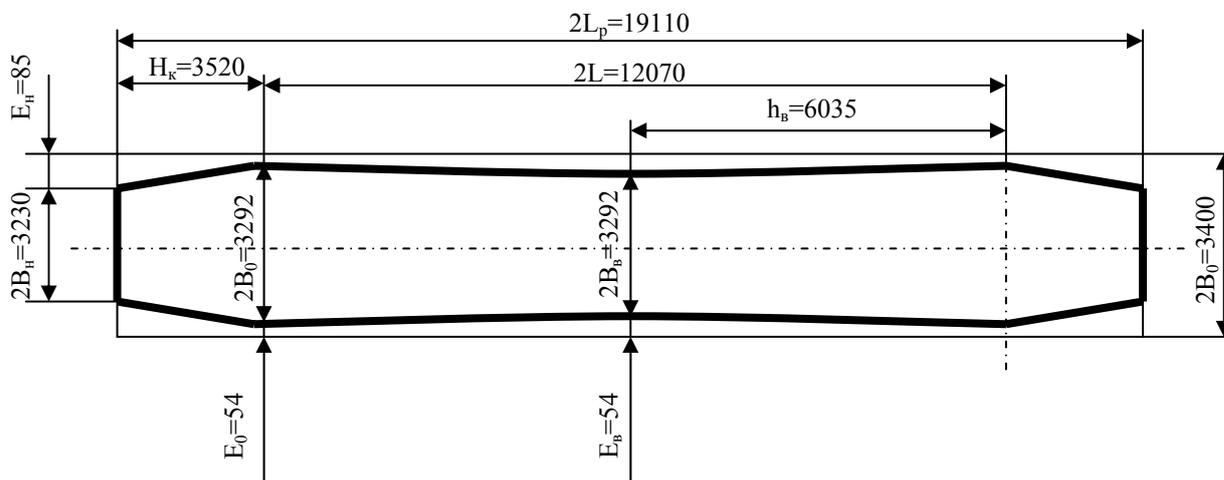


Рис.1 Горизонтальная габаритная рамка строительного очертания вагона

ВЫВОД: таким образом, ни одна деталь, расположенная в расчетных точках рассмотренных поперечных сечений кузова проектируемой конструкции восьмьюугольного полувагона и груза, не выходит за пределы полученных размеров проектного очертания.

В разделе 5 пояснительной записки выполняется расчет в соответствии с индивидуальным заданием.

При расчете на прочность вагонов и их частей должны учитываться следующие нагрузки:

- 1) вертикальные – тара вагона, полезная и вертикальная динамическая нагрузки;
- 2) боковые (горизонтальные) – центробежная сила и результирующая давления ветра;
- 3) продольные (горизонтальные);
- 4) возникающие при торможении;
- 5) вертикальные кососимметричные;
- 6) усилия при вписывании вагона в кривую;
- 7) усилия распора сыпучих тел и других навалочных грузов;
- 8) внутреннее давление жидкостей и вакуум в котлах цистерн;
- 9) возникающие при механизированной погрузке грузов в вагоны и выгрузке их из вагонов;
- 10) вызванные технологическими причинами при изготовлении узлов и деталей;
- 11) возникающие в связи с принятыми способами ремонта вагонов;
- 12) возникающие при работе механизмов вагонов (электрогенераторов и др.).

В общем случае порядок выполнения прочностного расчета следующий:

1. Определяются усилия, действующие на элемент, P_i [Н].
2. Определяются моменты, возникающие от действия рассмотренных усилий

$$M_i = P_i \cdot l_i \text{ [Н}\cdot\text{мм]},$$

где l_i – плечо, мм.

3. Определяются напряжения, возникающие от действия рассмотренных моментов

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W_i} \text{ [Н/мм}^2\text{=МПа]},$$

где W_i – момент сопротивления сечения, мм³.

Если усилия определялись в кг, а плечо подставлялось в см, то для пересчета напряжения из кг/см² в МПа надо полученное значение разделить на 10 (например,

3000кг/см²=300МПа).

4. Сравнить полученные напряжения σ_i с допускаемыми значениями $[\sigma]$, которые приведены в «Нормах для расчетов на прочность и проектирования механической части новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм (не самоходных)» должно соблюдаться условие $\sigma_i \leq [\sigma]$.
5. Сделать вывод по проведенному расчету: прочность элемента считается обеспеченной если $\sigma_i \leq [\sigma]$.

При расчетах на продольные нагрузки величина продольных усилий принимается для I расчетного режима.

При выполнении раздела 5 для проверки правильности расчетов следует использовать ЭВМ. Перечень имеющихся программ приводится ниже.

Klin.bas – расчет фрикционного клинового гасителя колебаний

Kotel2.bas – расчет котла цистерны на прочность

optimum2.bas – выбор оптимального варианта полувагона

gac.bas – расчет кузова бункерного вагона на прочность

gama.bas – расчет боковой рамы тележки

gprv.bas – расчет рессорного подвешивания

gkprfa.bas – расчет корпуса пружинно-фрикционного поглощающего аппарата

gprkrv.bas – расчет кузова пассажирского вагона

gosp.bas – расчет оси колесной пары

golik_1.bas – расчет буксового узла с подшипниками качения

В заключении кратко описывается, что выполнено в каждом из разделов курсового проекта и приводятся основные выводы по проведенным расчетам.

В библиографическом списке приводится вся литература, которая использовалась при выполнении курсового проекта.

Перечень тем индивидуальных заданий

1. Расчет надрессорной балки тележки грузового вагона.
2. Расчет надрессорной балки тележки пассажирского вагона.
3. Расчет боковой рамы тележки грузового вагона.
4. Расчет котла на внутреннее давление.
5. Расчет устойчивости цилиндрической оболочки котла.
6. Расчет цилиндрической части котла на вертикальные нагрузки.
7. Расчет котла на продольные силы.
8. Расчет на прочность элементов крепления котла к раме.
9. Расчет элементов рамы на вертикальные и продольные силы.
10. Расчет потребной и фактической энергоемкости пружинно-фрикционного поглощающего аппарата.
11. Расчет энергоемкости поглощающего аппарата с резино-металлическими элементами.
12. Расчет корпуса пружинно-фрикционного аппарата.
13. Расчет соединительной балки 8-ми осного вагона.
14. Расчет кузова пассажирского вагона на вертикальную нагрузку.
15. Расчет кузова пассажирского вагона на продольную нагрузку.
16. Расчет рамы тележки пассажирского вагона.

17. Расчет кузова двухъярусного крытого вагона для перевозки автомобилей на вертикальную нагрузку.
18. Расчет кузова двухъярусного крытого вагона для перевозки автомобилей на продольную нагрузку.
19. Расчет рессорного подвешивания вагона.
20. Расчет рамы платформы на вертикальные и горизонтальные нагрузки.
21. Расчет на прочность кузова полувагона.
22. Расчет на прочность кузова и рамы крытого вагона.
23. Расчет оси колесной пары вероятностным методом.
24. Расчет буксового узла с подшипниками качения.
25. Расчет деталей ходовых частей на усталостную прочность.
26. Расчет показателей надежности элементов ходовых частей.
27. Расчет показателей надежности элементов поглощающих аппаратов.
28. Расчет кузова бункерного вагона на вертикальную нагрузку.
29. Расчет рамы бункерного вагона на продольную нагрузку.
30. Расчет устойчивости колесной пары против схода с рельсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конструирование и расчет вагонов: Учебник для ВУЗов ж.-д. трансп. / Под ред. В.В. Лукина. – М.: УМК МПС России, 2000. –731с.
2. Основы проектирования цистерн: Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Вагоны и контейнеры» / Разраб. И.Ф. Пастухов, В.В. Пигунов. – Гомель: БелИИЖТ, 1987. –32с.
3. Основы проектирования специализированных вагонов для зерна и цемента: Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Вагоны» / Разраб. Пастухов И.Ф., Пигунов В.В. – Гомель: БелИИЖТ, 1985. –30с.
4. Вагоны и контейнеры: Методические указания по изучению тем программы, выполнению контрольных работ и курсового проекта. Задания на контрольные работы и курсовой проект. – Екатеринбург: УрГАПС, 1995. –37с.
5. Комплексная программа реорганизации и развития отечественного локомотиво- и вагоностроения, организации ремонта и эксплуатации пассажирского и грузового подвижного состава на период 2001-2010гг. – М.: 2001.

