

Лекция 3

1. Классификация кузовов, основные требования, предъявляемые к их конструкции.
2. Конструктивное исполнение кузовов ПС ЭТ. Оборудование кузовов.
3. Методы расчета кузовов на прочность и устойчивость.
4. Нагрузки, действующие на элементы механического оборудования.

1

Определение. Кузовом называется элемент экипажа, опирающийся на ходовые части и предназначенный для размещения пассажиров или грузов, обслуживающего персонала и необходимого оборудования.

Основные требования, предъявляемые к кузовам ПС ГЭТ:

- *внешние размеры* кузова должны вписываться в соответствующие габаритные ограничения для данного типа ПС;
- *внутренние размеры* кузова должны обеспечивать рациональную и удобную планировку пассажирского салона, ее соответствие требованиям безопасности и технической эстетики;
- *конструкция кузова* должна обеспечивать доступ для обслуживания и замены оборудования при ремонте и осмотрах в условиях эксплуатации;
- *в кузове* должны быть *устройства* для принудительной вентиляции, отопления, прокладки трубопроводов, электропроводки и т. д.

Форму кузова определяют конструкции путевых устройств и ходовых частей, а также условия эксплуатации подвижного состава. В большинстве случаев форма - прямоугольный параллелепипед с прямыми или скошенными по трапеции торцовыми частями.

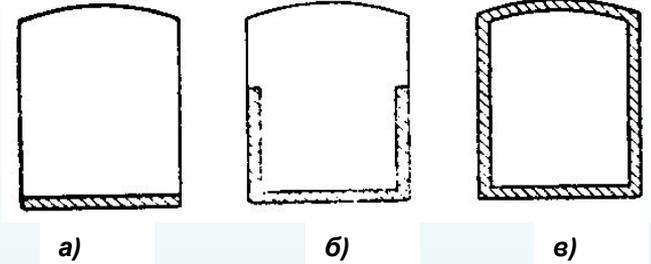
Классификация кузовов

- по способу восприятия нагрузок:

- а) – с несущей рамой;

- б) – с несущими боковыми стенками и рамой;

- в) – цельнонесущие.



- по конструкции каркаса и способу его соединения с рамой кузова: клепаные, сварные и клепано-сварные.

- по основному материалу, из которого изготовлен кузов:

- все несущие элементы и обшивка из Ме;

- каркас или ряд несущих элементов каркаса из Ме, а облицовка и обшивка из пластмассы.

Конструкция кузовов шарнирно-сочлененного ПС еще характеризуется **количеством сочлененных кузовов (кузовных секций)** и **принципом сочленения** кузовных секций.

- две кузовные секции (а, в, г);

- две кузовные секции и укороченную межкузовную вставку (б);

- три кузовные секции.

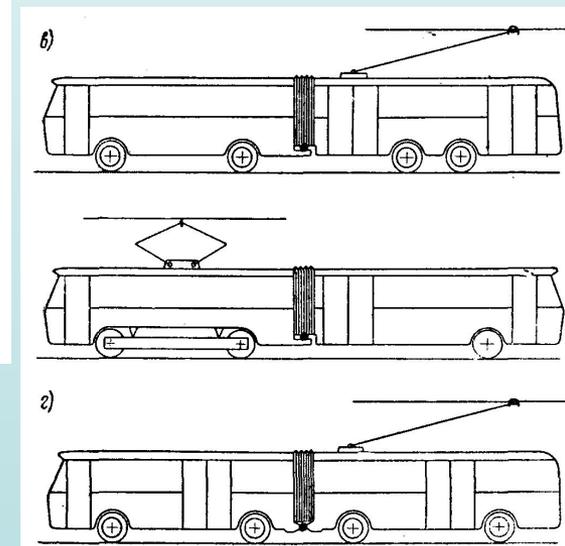
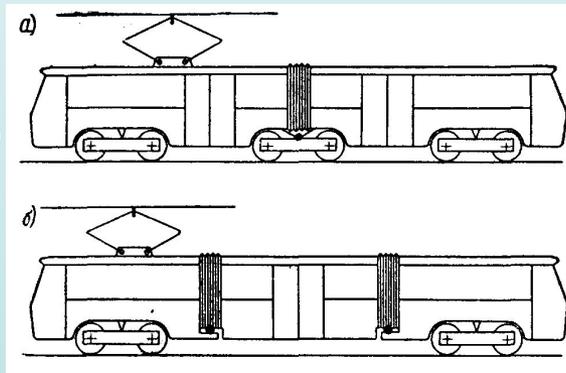
Различают:

- 1) опорное сочленение кузовов (а);

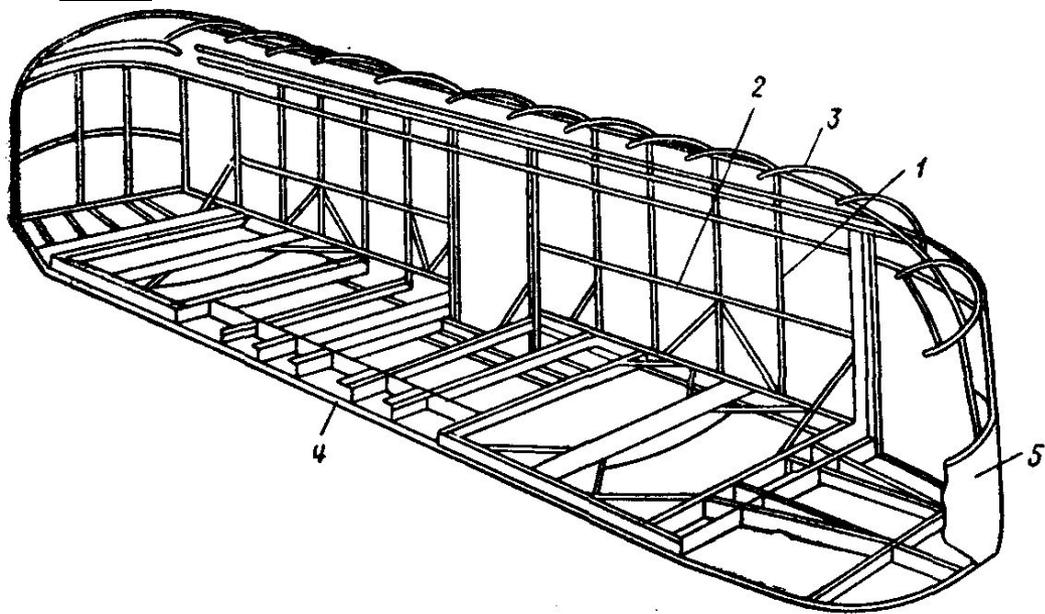
- 2) мостовое (б);

- 3) консольное (полуприцепное) сочленение кузовов (в);

- 4) сочленение прицепного типа (г).

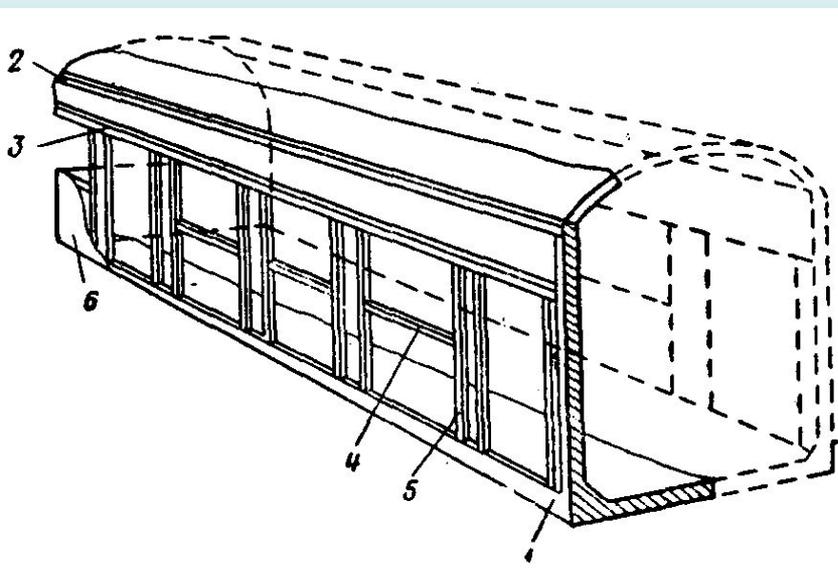


Основными элементами кузова являются каркас с обшивкой и рама.



- вертикальные 1 и продольные 2 элементы жесткости;
- дугообразные профили 3 крыши;
- рама 4;
- обшивка 5 (из стальных либо пластмассовых армированных панелей)

Стенка кузова жестко связана с рамой и воспринимает совместно с ней все нагрузки.



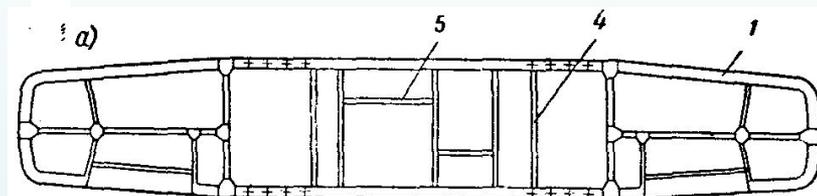
Стенка кузова состоит из нижнего 1, верхнего 2, надоконного 3 и подоконного 4 обвязочных брусьев, связанных между собой вертикальными стойками 5. 6 - обшивка (как несущий элемент и обеспечивает необходимую жесткость стенки).

Несущие стенки позволяют облегчить раму и снизить общий вес кузова при одновременном повышении его прочности и жесткости.

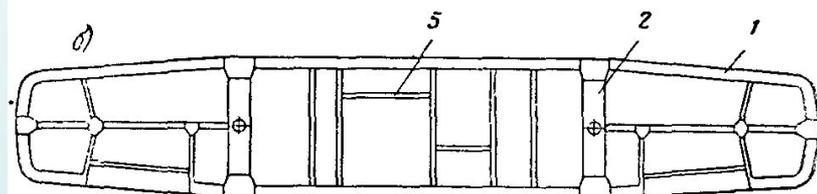
Конструкция рамы кузова во многом определяется типом и конструкцией ходовых частей.

Типы рам рельсового ПС:

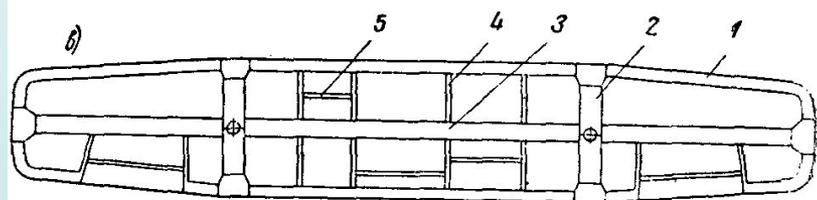
Бестележечные экипажи (а): рамы, выполненные с несущим обвязочным поясом 1. Поперечные балки 4 и продольные балки 5 (не несущие и предназначены для установки различного оборудования).



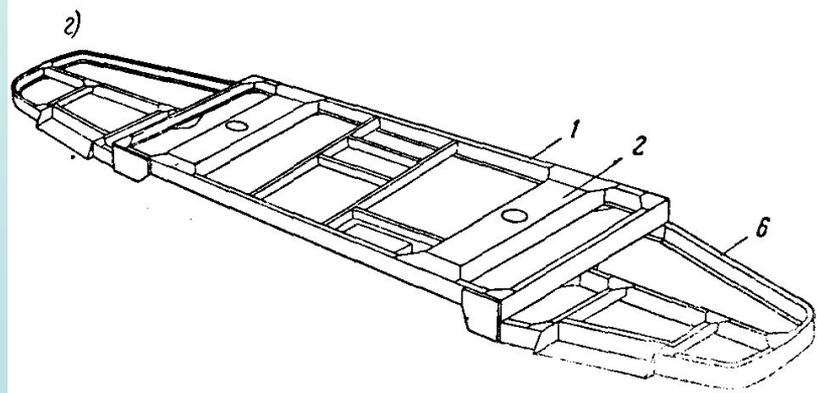
Рамы тележечного ПС: с несущим обвязочным поясом 1 (б) или с несущей хребтовой балкой 3 (в). Нагрузки рамами этого типа передаются на ходовые части шкворневыми балками 2.



Рамы кузовов вагонов метрополитена выполняются обычно по схеме (в).

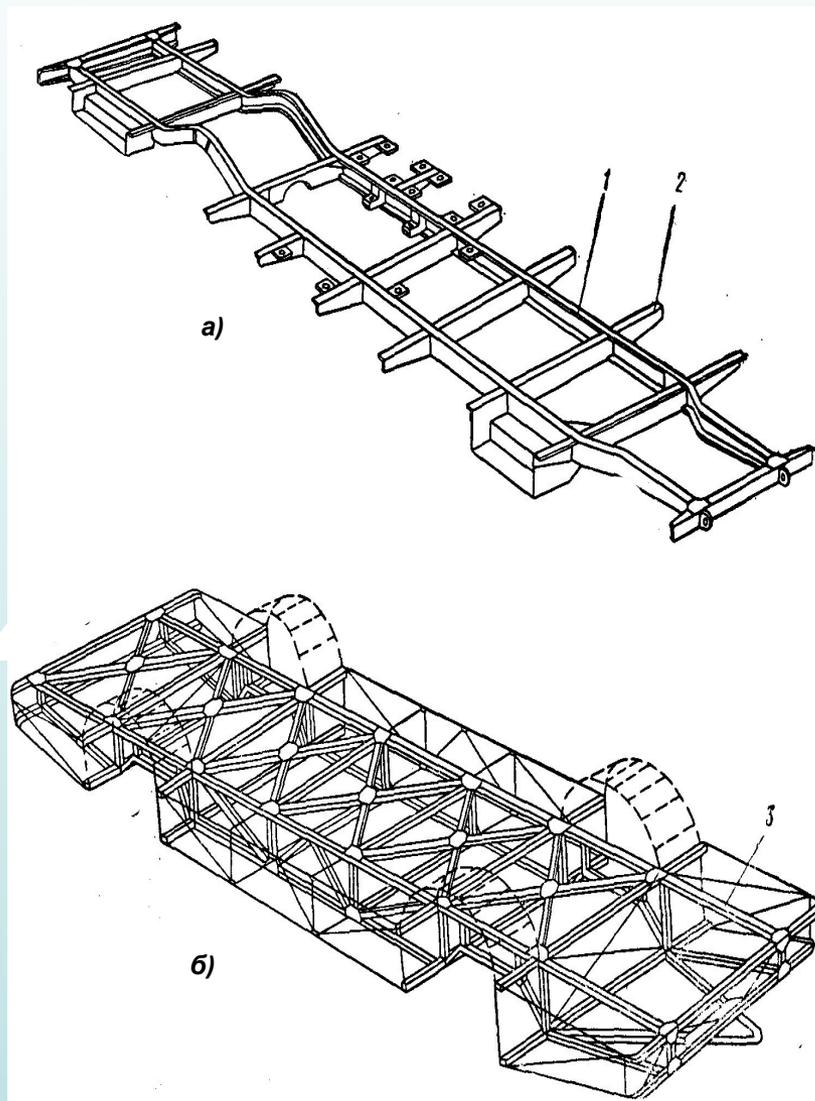


Обычно кузовные рамы современного ПС - единая цельная конструкция с неразрезным обвязочным поясом. Однако встречаются и составные рамы (г): основной рамой 1 связывают рамы площадок 6.



Типы рам безрельсового ПС:

а) рамы с двумя продольными балками (лонжеронные рамы): балки швеллерного сечения 1, соединенные поперечинами 2.



б) безрамная конструкция, в которой *несущими элементами*, выполняющими роль рамы, являются *основание и каркас кузова*.

Наиболее широко распространены в современном безрельсовом ПС, имеют усиленные элементы 3 основания кузова.

Вес кузова может быть уменьшен :

- 1) применением *специальных профилей*, обеспечивающих наиболее *полное использование материала* с учетом особенностей нагрузки кузова;
- 2) выполнением *поперечного очертания* кузова, приближающимся к *кольцевому*;
- 3) расположением *дверных проемов* и монтажных люков *вблизи опор* кузова, а *оконных проемов* и простенков – на *наивыгоднейших расстояниях* между *стойками*;
- 4) применением в конструкции кузова *специальных (низколегированных) сталей, алюминиевых сплавов, искусственных материалов и пластмасс*. При этом повышается также износостойчивость кузовов и устраняется необходимость окраски.

Снижение веса кузова =>

- уменьшение веса ходовых частей =>
- уменьшение необходимой мощности и веса электротягового оборудования;
- уменьшение стоимости тяговых подстанций и сети;
- уменьшается расход электроэнергии;
- снижаются расходы по эксплуатации рельсового пути.

Двери открываются и закрываются при помощи *воздушного* или *электрического привода*, управляемого водителем. Применяются: *створчатые, ширмовые, задвижные и поворотно-раздвижные двери*.

Окна имеют большие проемы. Делают неоткрывающимися, кроме верхней фрамуги, которая выполняется откидной внутрь пассажирского салона или раздвижной.

Сидения имеют расположение: *поперечное, продольное, купейного типа и продольно-поперечное (смешанное)*.

Современный ЭПС безрельсового ГЭТ оборудуется одним постом управления. На рельсовом транспорте применяется, как один, так и два поста управления.

Отопление. Система отопления пассажирского помещения ГЭТ должна обеспечивать поддержание температуры на уровне 1 м от пола при закрытых дверях не ниже плюс 14°C.

На ПС ГЭТ распространены системы отопления, в которых используется тепло, выделяемое пусковыми сопротивлениями, или отопления электрическими печами, устанавливаемыми под сиденьями.

На некоторых типах троллейбусов и вагонов метрополитена применяются системы калориферного отопления пассажирского салона с центральным подогревом воздуха, температура которого автоматически регулируется термостатом.

Элементы системы отопления могут конструктивно и функционально объединяться с элементами системы вентиляции.

Вентиляция. Производительность системы вентиляции пассажирского помещения должна обеспечивать не менее чем двадцатикратный обмен воздуха в час. Скорость перемещения воздуха в салоне не должна быть выше 0,4...0,5 м/сек.

Две системы вентиляции: вытяжная и приточно-вытяжная. Каждая из систем вентиляции может быть *естественной и принудительной*.

Основной вид расчета кузовов - **расчет на прочность по максимальным нагрузкам**, включающий в себя:

- выбор расчетной схемы рассматриваемой конструкции;
- определение расчетных нагрузок;
- расчет элементов кузова на действующие нагрузки с определением напряжений в опасных сечениях;
- сравнение расчетных напряжений с допускаемыми и определение запасов прочности.

При расчете кузовов на прочность учитываются следующие **нагрузки**:

- расчетная статическая нагрузка кузова при максимальном заполнении его пассажирами.

Интенсивность распределенной нагрузки определяется из выражения:

$$q = \frac{Q}{F},$$

где Q – соответствующая нагрузка; F – площадь, на которой распределена эта нагрузка.

- вертикальная динамическая нагрузка, получаемая умножением статической нагрузки $G_{кр}$ на коэффициент вертикальной динамической нагрузки k_d ;
- вертикальная кососимметричная нагрузка (связана с неравенством жесткостей и фабричных стрел прогиба рессор, отклонением опорных поверхностей рамы кузова от теоретической плоскости, а также неодинаковой просадкой колес на неровностях пути и при входе в кривую) учитывается увеличением максимальных статических напряжений в конструкциях кузова на 10...12% ($k_k = 1,1 \div 1,12$).

- тяговая нагрузка определяется исходя из расчетного коэффициента сцепления 0,2...0,25 для рельсовых экипажей и 0,6 для безрельсовых;
- продольная нагрузка $F_{сц}$ от удара по сцепке для рельсового ПС:

$$F_{сц} = \psi G_{пр}$$
 где $G_{пр}$ – вес прицепной части поезда; $\psi = 0,3 \dots 0,4$.
- нагрузки на элементы кузова от сил инерции при пуске с максимальным ускорением или при экстренном торможении. В расчетах ПС рельсового транспорта они учитываются увеличением максимальных статических напряжений на 10% ($k_{и} = 1,1$);
- боковые нагрузки кузова при движении вагона в кривой. В расчетах учитывается увеличением максимальных статических напряжений на коэффициент $k_{б}$;
- добавочные нагрузки на элементы, связанные с работой тяговых двигателей и тормозных устройств.

Сжатые элементы панелей кузова помимо расчета на прочность проверяются **на устойчивость**.

Критические напряжения по условию устойчивости для сжатых плоских панелей кузова:

$$\sigma_{кр} = k_1 \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{\delta}{b} \right)^2$$

где μ – коэффициент Пуассона; k_1 – коэффициент, зависящий от характера закрепления и отношения сторон панели (стороны, параллельной сжимающей силе, и перпендикулярной стороны).

Критические напряжения по условию устойчивости для сжатых панелей цилиндрического поперечного сечения определяются:

$$\sigma_{кр} = 0,18E \frac{l}{R}$$

где l – длина панели

Нагрузки, действующие на ПС и элементы его механического оборудования:

- **Статические:** относится собственный вес находящегося в покое экипажа (или часть его веса, приходящаяся на рассчитываемую деталь) и полезная нагрузка, зависящая от типа подвижного состава (вес пассажиров или груза).
- **Динамические** (во время движения): возникают от взаимодействия между ходовыми частями и верхним строением пути; от действия сил инерции при пускотормозных режимах ПС; при его колебаниях; от взаимодействия между отдельными частями поезда.

Механическое оборудование ПС подвергается также воздействию нагрузок, связанных с работой тяговых двигателей, устройств механического тормоза, с технологией изготовления и сборки (сварочные напряжения, напряжения от прессовой или горячей посадки) и пр.

Вертикальные нагрузки состоят из статических и динамических.

Динамические усилия определяются умножением собственного веса всех элементов мех. оборудования на коэффициент *вертикальной динамики* k_{∂} :

для рельсового ПС (трамвай и метрополитен):

– при расчете кузова $k_{\partial} = 1 \dots 1,15$;

– при расчете подрессоренных элементов тележек $k_{\partial} = 1,15$;

– при расчете неподрессоренных элементов ходовых частей $k_{\partial} = 1,20 \dots 1,25$;

для безрельсового ПС:

– при расчете кузова $k_{\partial} = 1,2 \dots 1,3$;

– для расчета неподрессоренных элементов ходовых частей $k_{\partial} = 2$.

Боковые нагрузки перпендикулярны продольной плоскости симметрии вагона; они состоят из центробежной силы ($H_{ц}$) и силы давления ветра ($H_{в}$).

Продольные силы. К продольным силам относятся сжимающие и растягивающие усилия, возникающие в процессе поездной и маневровой, работы ПС.

Добавочные нагрузки от сил инерции при пуске и торможении. Силы инерции, возникающие при пуске и торможении ПС, вызывают перераспределение вертикальных нагрузок между элементами кузова и ходовой части и появление добавочных горизонтальных нагрузок на эти элементы.

Нагрузки ходовой части, связанные с действием сил трения скольжения в контакте колес с рельсами.