

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ГОРОДСКИХ УСЛОВИЙ. ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МОТОМОБИЛЯ.

Третьяков С.Д.

научный руководитель канд. техн. наук Холодов С.П.

Сибирский федеральный университет

Главный недостаток мотомобиля на сегодня - малая пассивная безопасность.

Задача - спроектировать пассивную безопасность мотомобиля (довести ее до уровня сопоставимого с безопасностью **автомобиля**).

Цель - обнаружить изъяны на уровне проекта пассивной безопасности мотомобиля.

1. Пугающая аварийность в России.

Смертность от ДТП 237 чел. / 1млн.

В России количество новых водителей и количество транспортных средств на дорогах резко возросло за последнее десятилетие, но страна изо всех сил старается сбить вал возросших ДТП. Их число примерно в пять раз выше, чем то, что мы видим в большинстве стран Европейского Союза и примерно в два раза, чем в США.

К сожалению, фактор безответственности части водителей и плохих дорог делает свое черное дело.

Россия занимает первое место среди стран Европы и Северной Америки по дорожно-транспортным происшествиям со смертельным исходом на 100 000 жителей и 6-е место при пересчете на 100 000 автомобилей, уступая лишь Украине, Албании, Молдавии, Румынии и Белоруссии.

В период с 1990 по настоящее время число погибших на дорогах Европы уменьшилось в два раза, а в России практически не изменилось.

2. Чтобы обеспечить пассивную безопасность, не нужна масса 1 т.

Чем измерять безопасность.

По результатам краш-тестов безопасность автомобиля измеряется в баллах. Однако эти испытания очень сложны, дороги и поэтому часто недоступны. Кроме того они дают лишь условную оценку безопасности, сопоставлять которую можно лишь с подобными.

В качестве объективной оценки примем нагрузку, которую может выдержать кузов при ДТП.

Определимся с нагрузками.

Нагрузки, возникающие при ДТП определить очень сложно, однако большинство исследователей признают, что при фронтальном столкновении легковых автомобилей они достигают 40 т (грузовых и автобусов нескольких сотен тонн). Примем расчетную нагрузку при столкновении средней тяжести 20 т и определим массу конструкций, обеспечивающую безопасность в этом случае.

Двугавр № 24.

Расчетный контур безопасности примем в плане прямоугольным в виде стоечно-балочной конструкции по рис. 1.

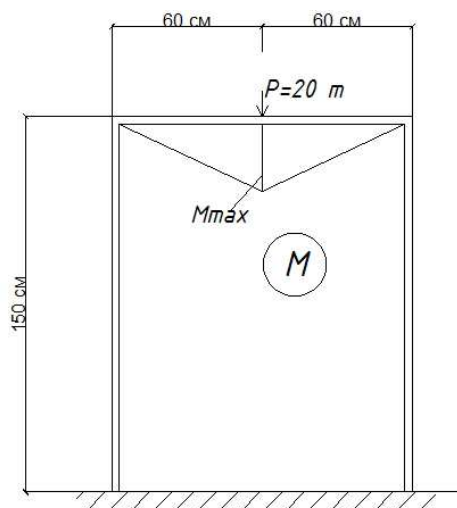


Рисунок 1. Стоечно-балочная конструкция

Точка приложения нагрузки наиболее неудобна в середине балки. Тогда момент в середине балки $M = P \cdot L / 2 = 10000 \text{ кг} \cdot 60 \text{ см} = 6 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot \text{см}$.

$[\sigma] = M / W$, $[\sigma] = 2200 \text{ кг/см}^2$ для конструкционной стали; отсюда $W = M / [\sigma] = 6 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot \text{см} / 2200 \text{ кг/см}^2 = 273 \text{ см}^3$.

Наилучшим профилем сечения балки, работающей на изгиб, является двутавр.

Примем по сортаменту двутавр с $W = 273 \text{ см}^3$. Это двутавр № 24 с весом 1 м погонного $q = 27,3 \text{ кг/мп}$.

Общий вес балки $Q_б$ определится $Q_б = 27,3 \text{ кг/мп} \cdot 1,2 \text{ м} = 32,8 \text{ кг}$.

Вес стойки $Q_с$ определим из условия приложения расчетной ударной нагрузки по оси стойки (при плотности стали $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

В этом случае $Q_с = P \cdot l \cdot \rho / [\sigma] = 20000 \text{ кг} \cdot 150 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 / 2200 \text{ кг/см}^2 = 10,6 \text{ кг}$

Общий вес конструкции $Q_{\Sigma} = 2 \cdot Q_б + 2 \cdot Q_с = 2 \cdot 32,8 + 2 \cdot 10,6 = 86,9 \text{ кг}$.

Балка переменного сечения.

Как видно из эпюры моментов, материал двутавра используется лишь наполовину.

Для равномерного его нагружения применим балку переменного сечения. При этом изменять будем ширину полки двутавра (ширину полки примем 11,5 см в середине и 0,0 см у опор).

Расчет показывает (здесь не приводим), что вес балки $Q_б$ уменьшится почти вдвое и составит $Q_б = 17,5 \text{ кг}$.

Общий вес конструкции в этом случае составит

$Q_{\Sigma} = 2 \cdot Q_б + 2 \cdot Q_с = 2 \cdot 17,5 + 2 \cdot 10,6 = 56,2 \text{ кг}$.

Учет существующей рамы.

Учтем вес уже существующей рамы, которая воспримет соответствующую часть продольной ударной нагрузки. Площадь сечения рамы из 2х труб прямоугольной формы $2,5 \times 5 \text{ см}$ и толщиной $\delta = 2,5 \text{ мм}$ $S = 2 \cdot (2,5 \cdot 5 - 2 \cdot 4,5) = 7,0 \text{ см}^2$.

$Q_{\text{рамы}} = S \cdot l \cdot \rho = 7,0 \text{ см}^2 \cdot 150 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 = 8,2 \text{ кг}$.

Общий вес конструкции с учетом уже существующей рамы составит

$Q_k = Q_{\Sigma} - Q_{\text{рамы}} = 56,2 \text{ кг} - 8,2 \text{ кг} = 48 \text{ кг}$.

3. Принципы проектирования из автомобилестроения.

Нет необходимости изобретать велосипед. Принципы проектирования пассивной безопасности заимствуем из автомобилестроения.

Буферы и клетка.

Защитная зона вокруг водителя обеспечивается благодаря жесткому каркасу пассажирского салона в сочетании с легко деформируемыми при ударе передней и задней частью кузова. Ослабляют лонжероны и поперечины, уменьшая их сечение или

толщину стенок. Такого рода «мягкие» части кузова поглощают энергию удара и тем самым не допускают деформацию кузова непосредственно вокруг пассажиров, одновременно снижая возникающие при этом ускорения людей в автомобиле.

Многофункциональность.

Вес ограждающей конструкции существенно снижает экономичность мотомобиля. Поэтому желательно чтобы конструкция приносила максимум пользы, служила и для других целей. Дополнительными функциями может быть создание дополнительных объемов для багажа, боковые поручни для пассажиров и др.

Сборность конструкции.

Конструкция каркаса безопасности должна быть сборной. Это позволит заменять его элементы при деформациях, совершенствовать отдельные части, снимать его элементы при необходимости (эксплуатация в сельской местности, габариты размещения в гараже и др.).

Заимствуем параметры.

Размеры элементов ограждающей конструкции – толщину жести, размеры багажника, лонжеронов, поперечин и др. примем из устоявшейся практики.

Поправки на массу.

Учитывая, что масса мотомобиля не более 300 кг, а обычного автомобиля более 1 т, удар мотомобиля о неподвижный предмет менее опасен (в 3-7 и более раз), чем удар автомобиля по нашей неподвижной конструкции. Поэтому задний амортизирующий элемент должен быть значительно более мощным, чем передний.

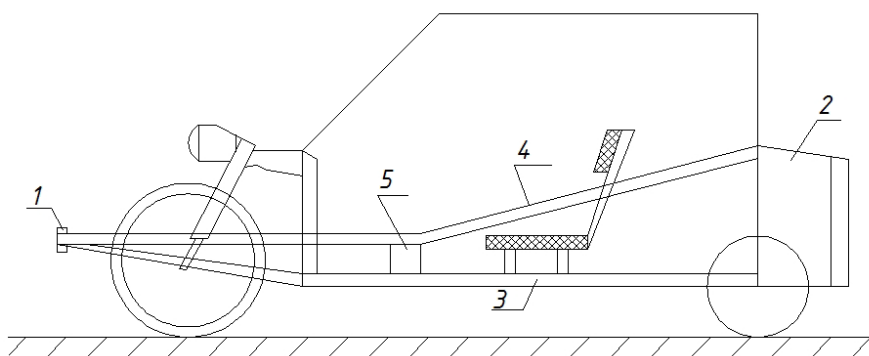


Рисунок 2. Эскиз. Нерабочие чертежи.

1- передний бампер; 2- задний багажник; 3- нижний прогон рамы; 4- верхний прогон рамы; 5- узел крепления.

4. Расчет защитного каркаса

Исходные данные:

Скорость автомобиля до удара $V = 50,4 \text{ км/час} = 14,0 \text{ м/с}$;

Масса автомобиля $M = 1000 \text{ кг} = 1 \text{ т}$;

Масса мотомобиля $m = 250 \text{ кг} = 0,25 \text{ т}$;

Предел текучести стали каркаса на сжатие $\sigma_T = 2200 \text{ кг/см}^2$;

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$;

В предлагаемой методике использованы: закон сохранения энергии и положение, что при ударе имеют место в основном пластические деформации.

Определим сечение прогона переднего бампера из условия удара о неподвижное препятствие.

Согласно закону сохранения энергии, кинетическая энергия первого транспортного средства (ТС) при ударе о второе ТС полностью переходит в работу пластических деформаций кузовов обоих автомобилей.

$$(M \cdot V^2) / 2 = A_1 + A_2.$$

Учитывая, что ударная нагрузка F действует одинаково по величине и времени на оба ТС (в противоположных направлениях), $A_1 = A_2 = A$.

$$\begin{aligned} (M \cdot V^2) / 2 &= 2 \cdot A; \text{ или} \\ M \cdot V^2 &= 4 \cdot A. \end{aligned} \quad (1)$$

Определим работу силы F смятия прогона. Всякая работа равна силе умноженной на перемещение.

$$A = F \cdot L = \sigma_T \cdot S \cdot g \cdot L. \quad (2)$$

Где L длина зоны смятия; σ_T предел текучести стали на сжатие, 2200 кг/см²; S площадь поперечного сечения прогона; g ускорение свободного падения, 10 м/с². Окончательно, подставив (2) в (1) получим

$$M \cdot V^2 = 4 \cdot \sigma_T \cdot S \cdot g \cdot L. \quad (3)$$

Задавая в (3) величину зоны смятия L , получим S площадь поперечного сечения прогона. Отсюда

$$S = (M \cdot V^2) / 4 \cdot \sigma_T \cdot g \cdot L. \quad (4)$$

При $L = 0,3$ м

$$S = (M \cdot V^2) / 4 \cdot \sigma_T \cdot g \cdot L = 250 \cdot 14^2 / 4 \cdot 2200 \cdot 10 \cdot 0,3 = 1,86 \text{ см}^2.$$

Расчет заднего буфера (багажника).

Выполняется аналогично, в предположении, что кинетическая энергия ТС при ударе о второе ТС полностью переходит в пластические деформации обоих ТС. Завышение энергии пластических деформаций ($\approx 12\%$) идет в запас прочности.

$$S = (M \cdot V^2) / 4 \cdot \sigma_T \cdot g \cdot L = 1000 \cdot 14^2 / 4 \cdot 2200 \cdot 10 \cdot 0,3 = 7,44 \text{ см}^2.$$

Т.е. в четыре раза больше. Таким образом учет асимметрии удара позволяет сэкономить 75 % массы переднего буфера.

Расчеты, выполненные по предложенной методике, позволяют снизить вес защитного каркаса до 25 кг без снижения уровня пассивной защиты.