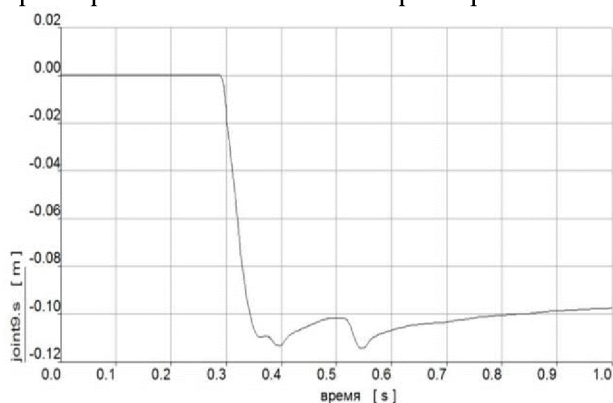
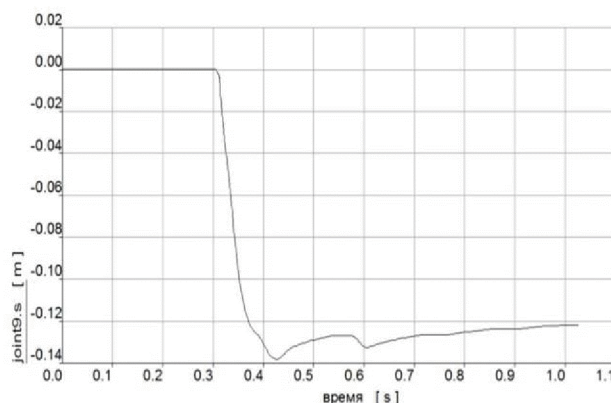


манекене не превышают предельно допустимых значений. Предельно допустимые сжимающие усилия в позвоночнике 6,65 кН (678 кг), при испытаниях получено максимально 410 кг при сбросе с 40 см и 440 кг при сбросе с 45 см.



**Рисунок 13 – Просадка кресла.
Сброс 400 мм**



**Рисунок 14 – Просадка кресла.
Сброс 450 мм**

Литература

1. Кулаков Н.А., Любин А.Н. Амортизационное кресло транспортного средства. Заявка №2010143304/11(062333) от 25.10.2010.
2. Кулаков Н.А. Композиционная защита кабины автомобиля «Урал-4320». // Автомобильная промышленность. №10, 2010 г.

Оценка фугасного воздействия мин на несущие конструкции и экипажи автобронетанковой техники. Поражающие факторы. Способы защиты

к.ф.-м.н. доц. Кулаков Н.А., Шевченко А.А.
Университет машиностроения, ГАБТУ МО РФ
(495) 223-05-23 доб. 1507, kulakov@mami.ru,

Аннотация. В работе рассматривается механизм фугасного воздействия подрыва мины на автобронетанковую технику и ее экипажи. Представлены интегральные оценки действия взрыва, позволяющие проводить расчеты на динамику и прочность несущих систем, а также даны критерии для оценки травмобезопасности членов экипажей. Разобраны возможные конструктивные способы повышения противоминной стойкости автобронетанковой техники.

Ключевые слова: автобронетанковая техника, травмобезопасность, противоминная стойкость.

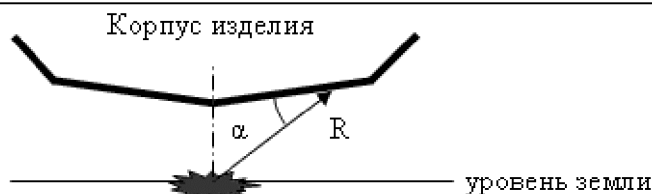
Введение

При проектировании, доводке и модернизации автобронетанковой техники одним из факторов, влияющих на конструктивное исполнение изделия, является его противоминная стойкость.

Противоминная стойкость изделия определяется в первую очередь прочностью конструкции, а при соблюдении прочности – допустимыми перегрузками на экипаж и отсутствием непереносимых акустических нагрузок [1].

Для расчетов на прочность и жесткость несущей конструкции автобронетанковой техники необходимо определить нагрузку, действующую на изделие при подрыве на mine.

Известны простые, проверенные многочисленной практикой зависимости, которые достаточно хорошо описывают воздействие взрыва на конструкцию [2, 3, 4]. В соответствии с этими зависимостями существует характерное расстояние от точки взрыва R_0 (рисунок 1). При расстоянии меньшем, чем R_0 , действуют взрывные газы, а при удалении от точки взрыва на расстояние большее R_0 формируется воздушная ударная волна со своими параметрами.

**Рисунок 1 - Воздействие взрыва мины на конструкцию**

При взрыве тротила на поверхности земли характерное расстояние R_0 вычисляется по формуле (1):

$$R_0 = 0.756 \cdot \sqrt[3]{q} . \quad (1)$$

Воздействие взрыва мины на конструкцию автобронетанковой техники можно оценить по формулам (2-5).

При $R \leq R_0$ действие взрывных газов на корпус изделия определяется удельным импульсом I (Н·сек/м²) по формуле (2):

$$I = 500 \cdot \frac{q}{R^2} \cdot \sin \alpha , \quad (2)$$

где: q – мощность заряда в (кг);

R – расстояние в (м) от точки взрыва до места действия взрывных газов;

α – угол встречи взрывных газов с поверхностью корпуса.

Для расстояний больших, чем R_0 , формируется воздушная ударная волна, удельный импульс которой определяется по формуле (3):

$$I = 630 \cdot \frac{q^{2/3}}{R} . \quad (3)$$

Для типичных автобронетанковых конструкций с клиренсом от 0.4 до 0.8 м и при характерной мощности мин от 0.6 до 10 кг тротила расчет нагрузки от взрыва будет происходить в основном по формуле (2). Следует отметить достаточно локальное воздействие взрыва. Для плоского днища при расстоянии от центра взрыва, равном двум клиренсам, удельный импульс будет в 8 раз меньше, чем непосредственно над точкой взрыва.

Характерное время действия взрыва можно оценить по формуле (4):

$$t_+ = 0.0015 \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt[6]{q} . \quad (4)$$

При подрыве мины непосредственно под колесом или гусеницей вертикальный импульс (Н·сек) определяется формулой (5):

$$I = 2000 \cdot q . \quad (5)$$

Представленные зависимости позволяют описать механизм фугасного воздействия подрыва мины на конструкцию. Этот механизм можно представить в виде трех факторов, которые можно исследовать практически независимо друг от друга. Первый фактор – движение конструкции как жесткого целого, второй фактор – упруго-пластические деформации несущей системы конструкции, третий фактор – воздействие избыточного давления затекания непосредственно на экипаж.

1. Перегрузки, вызванные движением конструкции как жесткого целого при подрыве на минах

Время действия взрывных газов или ударной волны согласно формуле (4) составляет для реальной мощности мины от 1 до 20 кг тротила не более 0.002 сек. За это время конструкция получит в основном вертикальную скорость V . Эту скорость можно в первом приближении оценить по формуле (6):

$$M \cdot V = 2000 \cdot q . \quad (6)$$

Например, для изделия полной массой 6000 кг при подрыве мины под передней осью (рисунок 2) для приближенной оценки полученной вертикальной скорости передней части изделия необходимо учесть половину массы $M = 3000$ кг. При воздействии мины мощностью

$q=6$ кг вертикальная скорость V будет равна примерно 4 м/сек (7):

$$V = \frac{2000 \cdot q}{M} = \frac{12000}{3000} = 4 \text{ м/сек.} \quad (7)$$

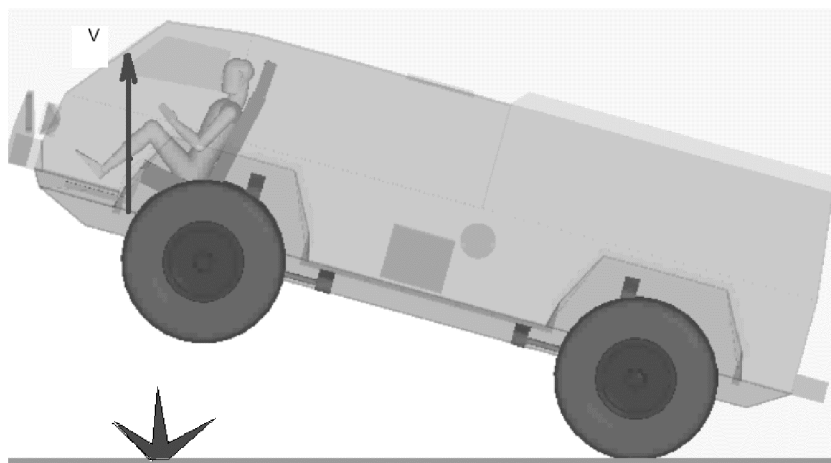


Рисунок 2 - Подброс автомобиля при подрыве на mine

Полученные оценки являются приближенными. При реальном подрыве на характер воздействия влияют способ заложения мины, свойства грунта, расположение мины относительно машины, реальный процесс воздействия взрывных газов с конструкцией автомобиля и тому подобное. Однако сопоставление расчетных и многочисленных экспериментальных данных показывает на вполне приемлемую для инженерных расчетов предложенную выше интегральную оценку воздействия мины на конструкцию.

За время 0.002 сек изделие получит вертикальное перемещение равное $V \cdot t/2 = 4 \cdot 0.002/2 = 0.004$ м или примерно 4 мм. То есть практически после окончания ударного воздействия конструкция останется в начальном положении, но получит значительную вертикальную скорость. Дальнейшее движение конструкции как жесткого целого будет осуществляться по инерции. Полученная скорость будет определять вертикальные перегрузки на экипаж.

Для рассматриваемого примера полученная за время не более 0.002 сек вертикальная скорость 4 м/сек приблизительно соответствует сбросу человека на кресле с высоты 0.8 м на жесткий (например, бетонный) пол. Полученные при подрыве перегрузки на человеке будут определяться, в основном, конструкцией кресла и способами его крепления на корпусе.

Высоту подброса конструкции массой M при наличии подвески жесткостью K можно приблизительно оценить исходя из уравнения колебаний одномассовой системы (8):

$$M \cdot y'' + K \cdot y = 0. \quad (8)$$

С начальными условиями при $t = 0$ $y = 0$, $y' = \frac{2000 \cdot q}{M}$.

Решение уравнения (8) с начальными условиями будет:

$$y = \frac{2000 \cdot q}{\sqrt{K \cdot M}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot t\right). \quad (9)$$

В результате получим максимальное значение перемещения формуле (10):

$$y = \frac{2000 \cdot q}{\sqrt{K \cdot M}}. \quad (10)$$

Для большинства конструкций с основной частотой колебаний на подвеске в районе 1 Гц получим выражение для максимального перемещения в виде (11):

$$y = 318 \cdot \frac{q}{M}. \quad (11)$$

Для рассматриваемого случая будет $318 \cdot 6/3000 = 0,64$ м.

Очевидно, что основная защита от перегрузок – это масса конструкции: чем больше,

тем меньше начальная вертикальная скорость. Известны случаи, когда для улучшения противоминной стойкости БТР-80 догружали мешками с песком, увеличивая массу на 2000-3000 кг.

В большинстве случаев массу конструкции невозможно увеличить, так как конструкция проектируется на определенную полную массу и ее увеличение сверх расчетной приводит к перегрузке подвески, шин, трансмиссии и т.п.

При подбрасывании конструкции во время подрыва на минах первым поражающим фактором является удар членов экипажа головой о потолок корпуса. Это происходит при достаточно небольших вертикальных перегрузках в том случае, если личный состав не фиксируется привязными ремнями. На рисунке 3 показан расчет перемещения водителя (крыша в математической модели была убрана) при подрыве под колесом машины массой 6000 кг мины мощностью 2 кг тротила.

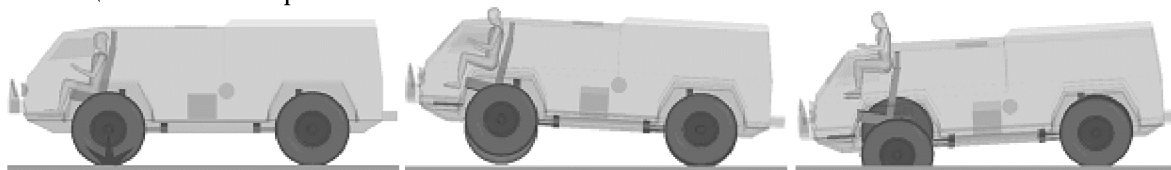


Рисунок 3 – Расчет перемещений водителя при подрыве автомобиля на mine

Как видно из результатов расчетов, даже при небольшой мощности заряда водитель получает значительное вертикальное перемещение и при наличии крыши получит травму головы и шеи. Из вышесказанного следует, что для увеличения противоминной стойкости в первую очередь для экипажа необходимо использовать ремни безопасности. При этом надо учитывать предельные допустимые значения усилий в привязных ремнях, которые регламентируются нормами пассивной безопасности автомобилей [5].

Согласно этим нормам максимальное значение силы не должно превышать 7,8 кН при одном плечевом ремне. Суммарная сила двух плечевых ремней не должна превышать 8,85 кН. Максимально допустимое значение на поясном привязном ремне не должно превышать 7,0 кН. При испытаниях на подрыв, сила воздействия ремней системы фиксации оператора измеряется датчиками, установленными на ремнях.

При использовании системы фиксации следующим по значимости фактором поражения являются предельные усилия и перегрузки в наиболее опасных местах тела членов экипажа. Их максимальное значение существенно зависит от продолжительности и формы импульса. Оценка допустимости динамических нагрузок при ударе головой проводится по критерию тяжести повреждения головы НИС [6], вычисляемому в соответствии с формулой (12):

$$HIC = \sup_{t_1, t_2} \left\{ (t_2 - t_1) \cdot \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} a(t) \cdot dt \right]^{2.5} \right\}, \quad (12)$$

где: $a(t)$ - результирующее ускорение, $a(t) = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ (g);

t_1, t_2 - временные точки во время удара, доводящие НИС до максимума, с.

Значения t_1, t_2 лежат в интервале $[t_{\text{нач}}, t_{\text{кон}}]$, где: $t_{\text{нач}}, t_{\text{кон}}$ – начальное и конечное время импульса, и доводят НИС до максимума.

Ударные ускорения a_x, a_y, a_z измеряют акселерометрами в центре тяжести головы по осям X, Y, Z . Допустимое значение НИС – не более 1000 ед.

Наиболее правильно при оценке травмобезопасности экипажа определять предельные усилия, которые являются интегральными характеристиками и меньше зависят от условий измерения. Общепринятые [7, 8] предельные значения усилий характеризуются следующими значениями: сжимающие усилие в нижнем отделе позвоночника 6,65 кН, вертикальное усилие сжатия в шее 2,2 кН, изгибающий момент в шее при изгибе вперед 190 Нм при изгибе назад 57 Нм. Для замера усилий при испытаниях на подрыв требуется использовать антро-

поморфные манекены типа «Гибрид-2» или «Гибрид-3» с датчиками указанных выше характеристик. Однако в отечественной практике манекены при испытаниях на подрыв используются крайне редко. Это обусловлено отсутствием собственной измерительной базы на полигонах, где производятся подрывы, и недостаточной квалификацией сотрудников. Кроме того, в силу неопределенности результатов подрыва, разрушение конструкции может привести к потере дорогостоящих манекенов, датчиков и измерительной аппаратуры. Часто при исследовательских испытаниях используют датчики перегрузок и упрощенные имитаторы людей (например, массовые эквиваленты человека в виде металлических пластин определенной массы или упрощенные манекены типа «Скиф» со встроенными датчиками ускорений). В этом случае ускорение в направлении «голова-таз» не должно превышать 225 м/с^2 (23g). Допускается превышение ускорения 23g при суммарном действии превышающего ускорения менее 25 мс. Для оценки травмобезопасности позвоночника возможно также использование критерия индекса динамической реакции DRI [7]. Этот критерий основан на приближенной одномассовой модели сжатия позвоночника.

Уравнение сжатия позвоночника имеет вид (13):

$$y'' + 2 \cdot \zeta \cdot \omega \cdot y' + \omega^2 \cdot y = z'' \quad (13)$$

где: y – сжатие позвоночника;

$\zeta = 0.224$ – коэффициент демпфирования;

$\omega = 52.9$ – собственная частота;

z'' – измеренное ускорение в поясничном отделе манекена.

Индекс DRI определяется из максимальной компрессии y_{\max} :

$$DRI = \frac{\omega^2 \cdot y_{\max}}{g} \quad (14)$$

Решение уравнения (12) получается путем численного интегрирования с использованием замеренного вертикального ускорения z'' . Максимально допустимое значение индекса 17,7 единиц. Надо отметить, что замерное вертикальное ускорение z'' содержит достаточно разнообразный спектр, и результат интегрирования может существенно отличаться в зависимости от характеристик измерительных датчиков и способа обработки сигнала.

Для снижения вертикальной перегрузки членов экипажа разработаны специальные противоминные кресла [9], которые снижают пиковые перегрузки до приемлемой величины.

На рисунках 4 показано противоминное энергопоглощающее кресло во время испытаний на копровом стенде, который имитирует нагрузку от подрыва.

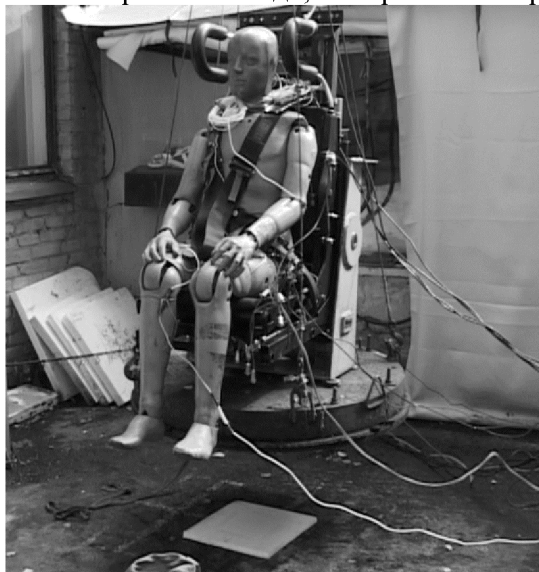


Рисунок 4- Испытания противоминного кресла на копровом стенде

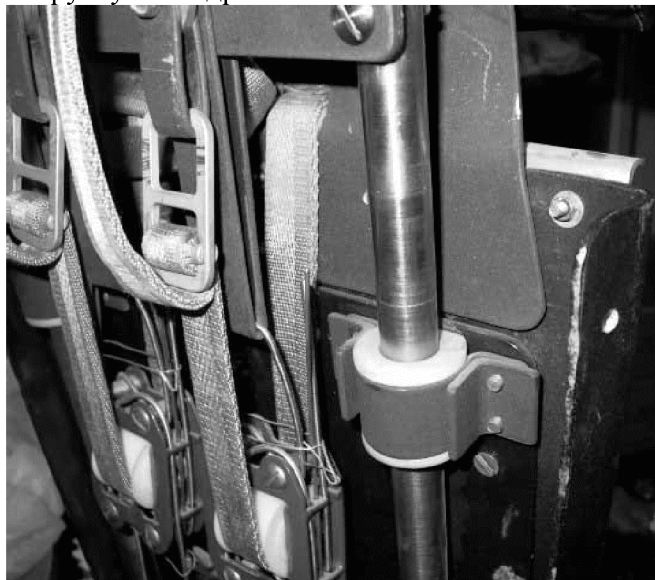


Рисунок 5 - Энергопоглощающие элементы

На рисунке 5 показаны энергопоглощающие элементы кресла.

На рисунке 6 показана перегрузка на копре (200 g) при сбросе с высоты 40 см, что примерно соответствует подрыву машины массой 6 т на mine мощностью 4 кг тротила. При пересчете уровня воздействия необходимо учитывать отскок копра, поэтому суммарное изменение скорости будет соответствовать большей высоте подброса.

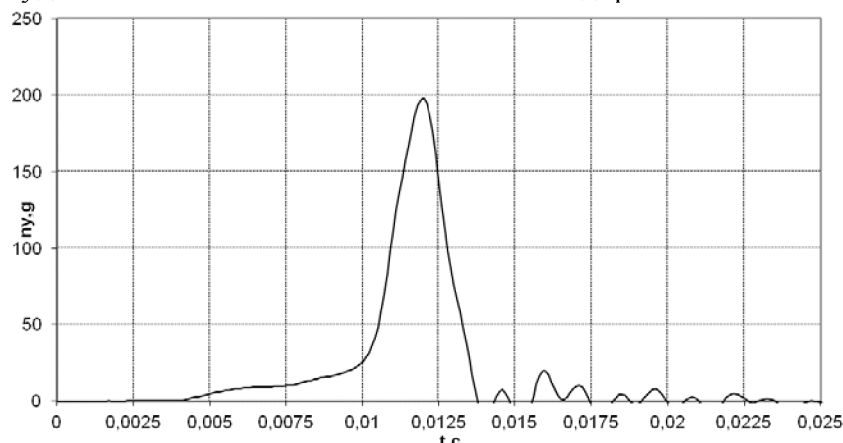


Рисунок 6 - Перегрузка на копре

На рисунке 7 показано усилие в нижнем отделе позвоночника манекена «Гибрид-2», которое меньше допустимого значения (655 кг) за счет срабатывания противоминного кресла.

На рисунке 8 показана установка противоминного кресла в бронированном автомобиле Урал-4320. На рисунке 9 то же кресло с манекеном перед испытаниями подрывом.

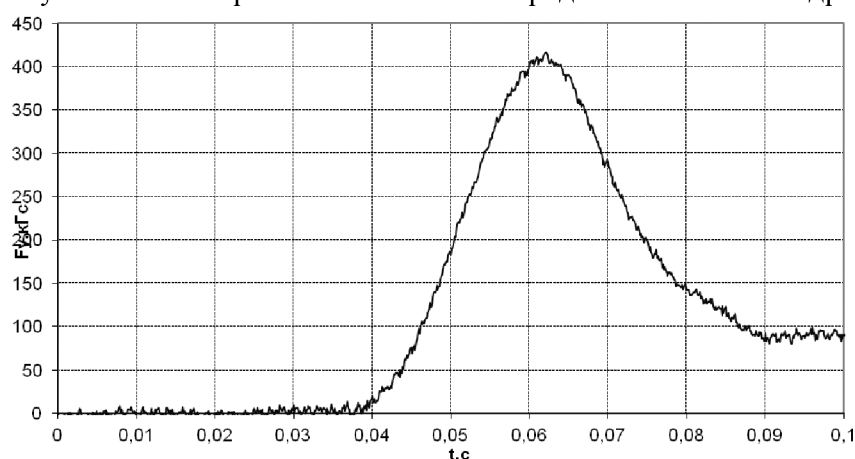


Рисунок 7 - Усилие в нижнем отделе позвоночника



Рисунок 8 - Противоминное кресло, установленное в бронированном Урал-4320



Рисунок 9 - Испытания противоминного кресла подрывом с использованием манекена

Испытания бронированного автомобиля Урал-4320 с противоминным креслом и с ис-

пользованием для замера перегрузок антропоморфного манекена при подрыве под передним левым колесом фугасного заряда мощностью 1 и 2 кг тротила показали, что обеспечена травмобезопасность экипажа. Таким образом, предложено и проверено реальное решение снижения перегрузок на месте экипажа при подрыве автобронетанковой техники на минах.

2. Перегрузки, вызванные упругопластическими деформациями несущей системы конструкции

Вторым существенным моментом воздействия подрыва на автобронетанковую технику и ее экипажи является упруго-пластическая деформация несущей системы, в частности корпуса и пола. Расчеты показывают, что непосредственно на поддоне или днище, на которые воздействует взрыв, ускорения могут достигать нескольких тысяч g. В силу сказанного необходимо исключить контакт ног или других частей тела с силовыми элементами непосредственно воспринимающими нагрузки. Для защиты от динамического прогиба возможны несколько вариантов конструктивного решения. Первый вариант, который может быть реализован на машинах с высоко расположенным обитаемым отсеком, представлен на рисунке 10.

Следует отметить, что V-образный поддон призван в основном не отклонять взрывные газы, а предназначен для обеспечения жесткости и деформирования поддона не внутрь обитаемого салона. На рисунке 10 показано, что при наиболее вероятном подрыве мины при наезде на нее колесом угол встречи поверхности поддона и взрывных газов как раз не очень оптимальный, но деформация поддона происходит практически без контакта с силовым полом. Желательно, чтобы поддон был выполнен из высококачественной, низколегированной или броневой стали, с относительным удлинением при разрыве не менее 10-15%. Противоминный поддон, выполненный из такой стали, при подрыве будет деформироваться без разрушения, «забирая в себя» энергию взрыва. Важно, чтобы энергия взрыва переходила в растяжение листа, так как энергия растяжения на несколько порядков больше энергии изгиба.

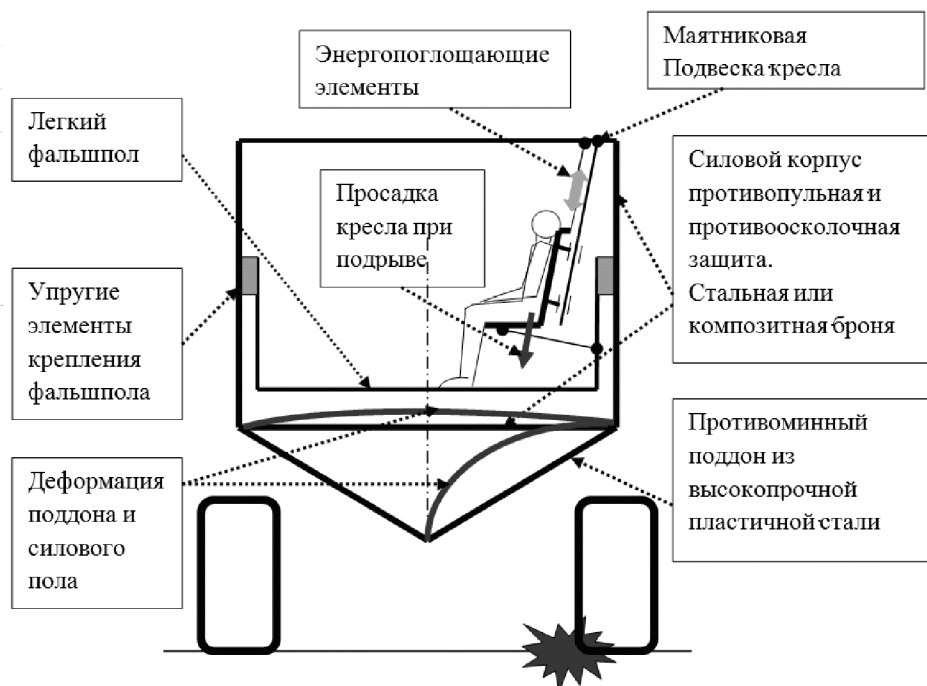


Рисунок 10 - Возможная схема противоминной защиты для техники с высоко расположенным обитаемым отсеком

Силовой пол, который расположен за противоминным поддоном, должен осуществлять защиту от осколков и может являться составной частью несущей системы. Предпочтительно проектировать силовой пол из броневой стали или композитной брони и не допускать его пластической деформации при подрыве. Прогиб силового пола при подрыве на mine не должен быть больше зазора между ним и фальшполом. Ноги членов экипажа должны располагаться на фальшполе. Сила, действующая на голень со стороны пола, не должна превышать 5.4 кН. Для замера усилий требуется при испытаниях на подрыв использовать антропо-

морфные манекены типа «Гибрид-2» или «Гибрид-3» с датчиками усилий на месте большой берцовой кости. В том случае, когда нет возможности использовать датчики усилий, необходимо записать ускорения в месте расположения ступней экипажа и путем интегрирования получить скорость пола. Скорость соударения конструкции пола со стопой не должна превышать 8 м/сек.



Рисунок 11 - Бронированный автомобиль DINGO

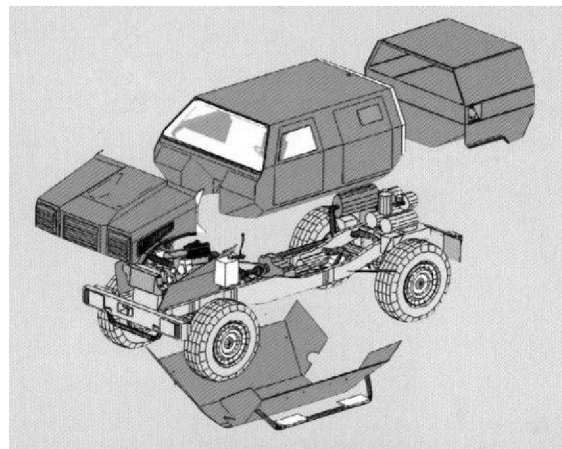


Рисунок 12 - Схема защиты DINGO

Реализация указанного конструктивного исполнения противоминной защиты показана на рисунках 11-15.

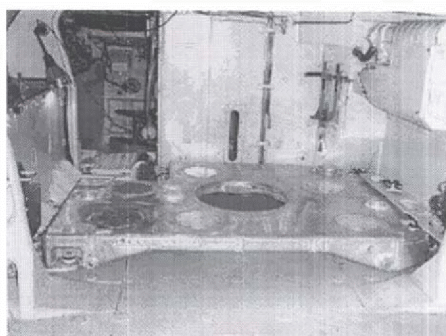
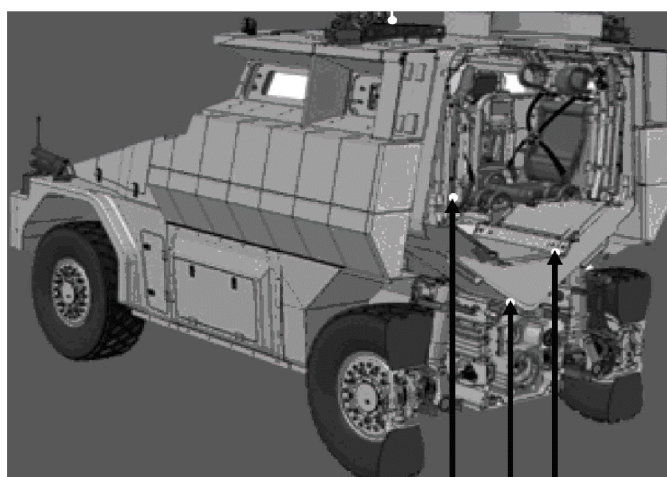


Рисунок 13 - Фальшпол для защиты ног экипажа



Рисунок 14 - Бронекорпус с V-образным днищем



Броневой корпус

V-образное
противоминное днище

«Плавающий»
фальшпол

Рисунок 15 - Типичное решение защиты для машины с высоко расположенным обитаемым отсеком

Второй вариант, который может быть реализован на машинах с низко расположенным обитаемым отсеком, представлен на рисунке 16.

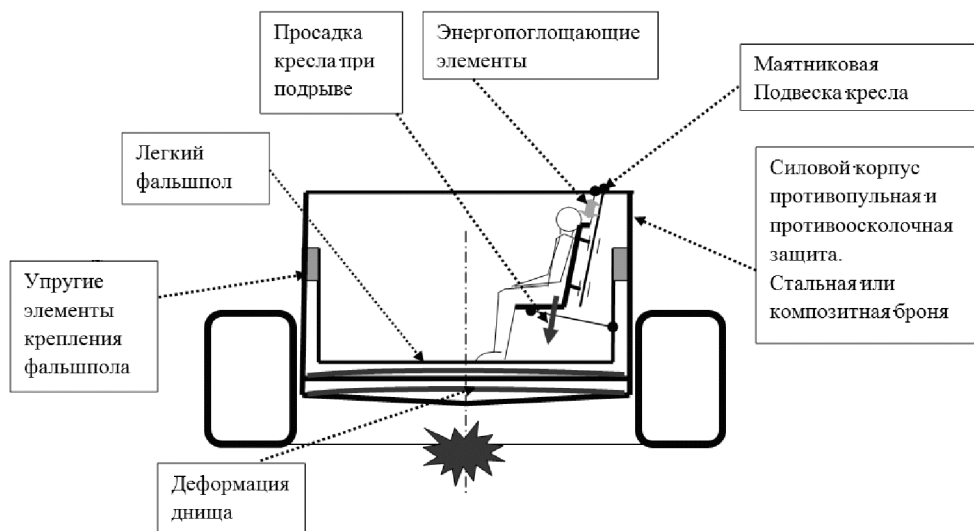


Рисунок 16 - Возможная схема противоминной защиты для изделия с низко расположенным обитаемым отсеком

Для машин с низко расположенным обитаемым отсеком нет возможности реализовать V-образное днище с большими прогибами при подрыве. Поэтому необходимо конструировать днище с как можно большей жесткостью, чтобы минимизировать прогиб внутрь обитаемого отсека. Наиболее рациональной конструкцией является трехслойная панель в виде двух несущих слоев и промежуточного слоя в виде набора продольно-поперечных балок. Конструкция проектируется из условий прочности, минимального прогиба, непробития нижнего листа и минимальной массы.

Как показывает практика расчетов, проектирования и испытаний, использование всякого рода деформируемых промежуточных слоев приводит к существенному снижению жесткости пакета и, как следствие, к повышенному прогибу, поэтому если нет запаса по прогибу, то лучше не использовать подобные конструкции. На рисунках 17, 18 показан результат расчета максимального прогиба противоминного трехслойного днища с жестким и «мягким» деформируемым внутренним силовым набором. Для жесткого набора прогиб внутрь обитаемого отсека составил 2,5 см, для «мягкого» – 12,3 см.

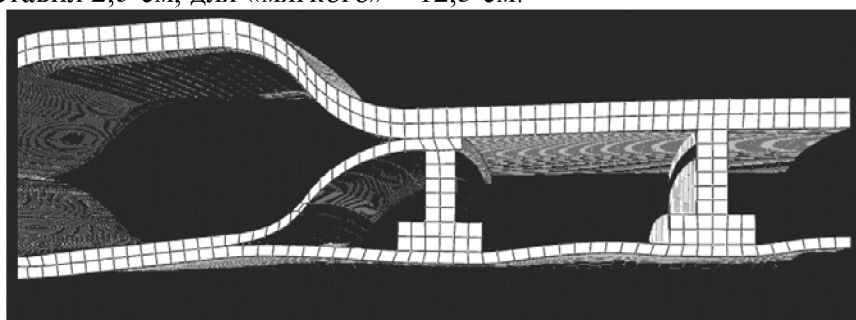


Рисунок 17 - Прогиб противоминного днища с жестким промежуточным набором

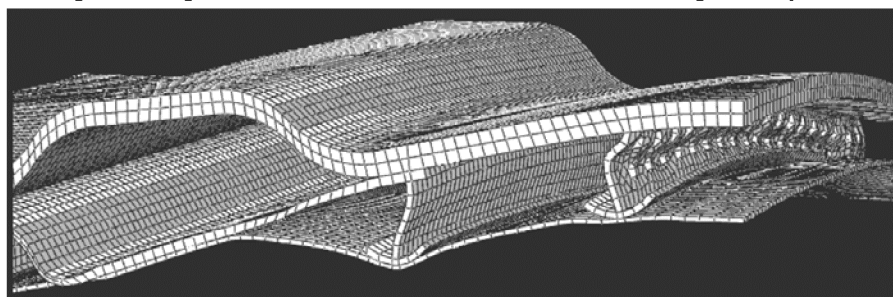


Рисунок 18 - Прогиб противоминного днища с «мягким» промежуточным набором

Очевидно, что применение сминаемых промежуточных слоев не эффективно.

На рисунке 19 показана типичная конструкция с трехслойным противоминным днищем. На рисунке 20 приведены результаты расчетов. Противоминное днище выдерживает подрыв и при этом не касается фальшпола. Максимальная скорость на фальшполе 0,48 м/сек, что является допустимым значением. При расчете не была учтена упругая подвеска фальшпола, которая дополнительно существенно снизит величины перемещений, скоростей и ускорений на нем.

Необходимо отметить еще один аспект расчета элементов корпуса, а именно расчет крепления дверей, люков и тому подобное. Как следует из расчетов, перегрузки на противоминном днище могут достигать нескольких десятков тысяч g и более, а перегрузки на бортах несколько сотен g. Эти ускорения имеют колебательный характер, то есть имеют положительные и отрицательные значения. Это означает, что двери и люки будут подвержены действию усилий как прижимающих, так и отрывающих их от корпуса. Отрывающие усилия воспринимаются в основном элементами фиксации или замками, которые обычно не рассчитаны на столь значительные усилия.

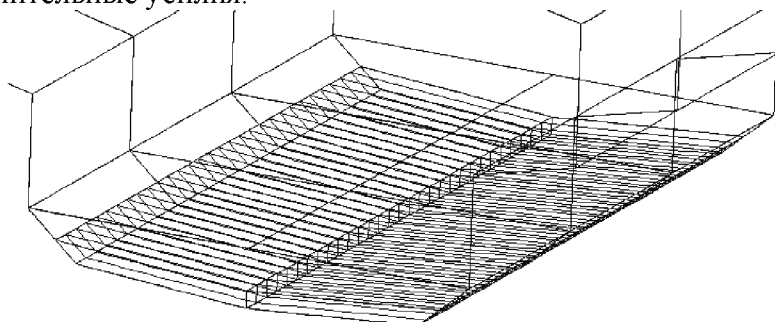


Рисунок 19 - Трехслойное противоминное днище

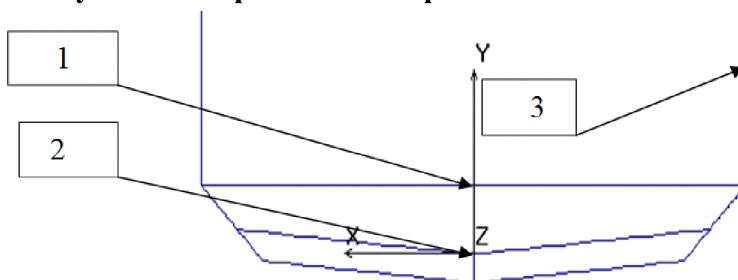


Рисунок 20 - Результаты расчета противоминной стойкости: точка 1 (фальшпол) максимальные - перемещение 4,5 мм, скорость 0,48 м/с, перегрузка 186 g; точка 2 (противоминное днище) максимальные - перемещение 89 мм, скорость 49 м/с, перегрузка 9360 g; точка 3 (бронекорпус) максимальные - перемещение 3,5 мм, скорость 6,7 м/с, перегрузка 295g

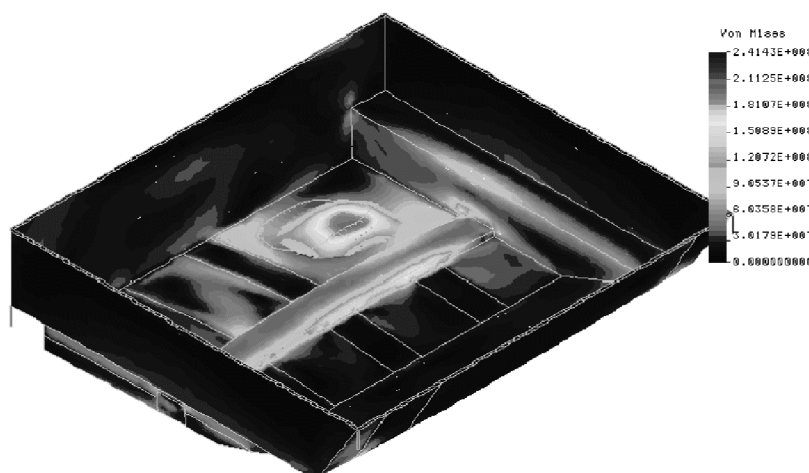


Рисунок 21 - Расчет прочности корпуса изделия при подрыве на mine мощностью 1.5 кг

На рисунках 21, 22 и 23 представлены результаты расчетов днища с люком изделия при подрыве мины мощностью 1.5 кг тротила. Ускорения на двухслойном подкрепленном днище примерно $\pm 400g$. При массе люка около 30 кг открывающее усилие на запирающих элементах будет порядка 12000 кг. Обычно конструкторы не учитывают это воздействие. На рисунке 23 показан результат действия отрывающего ускорения – обрыв узлов крепления люка.

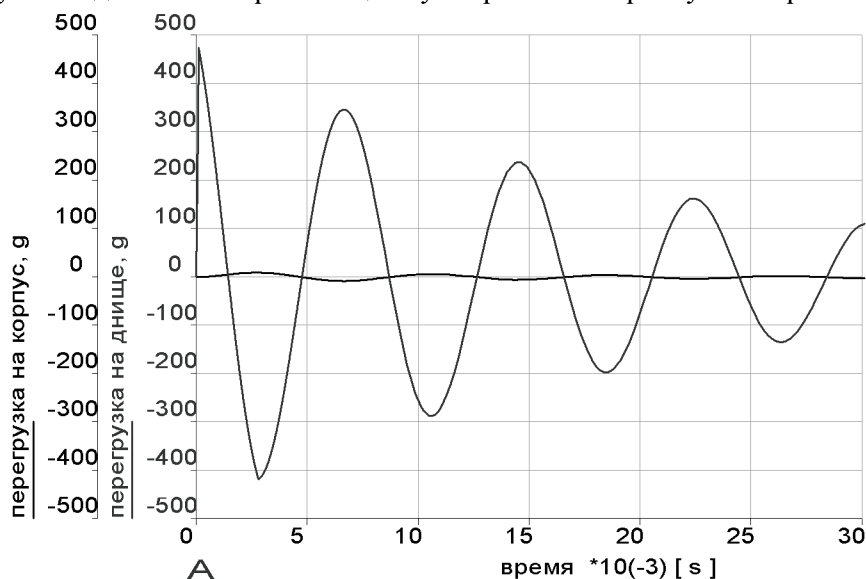


Рисунок 22 - Перегрузки на корпусе и днище изделия



Рисунок 23 - Результат подрыва - обрыв узлов крепления люка

3. Воздействие избыточного давления непосредственно на экипаж

При подрыве автобронетанковой техники на минах возможно как затекание ударной волны внутрь обитаемого отсека, так и возникновение вторичных ударных волн за счет динамического деформирования днища. Общепринятым [10, 11] критическим считается избыточное давление 30 кПа при времени действия не более 0,002 сек. Данное давление вызывает баротравму органов слуха и зрения. При испытаниях указанное давление измеряют в ушах и глазах манекенов. При наличии для экипажа средств защиты следующим критерием безопасности следует считать прогноз скорости грудной клетки (CWVP) [7].

Уравнение движения грудной клетки представлено в виде (15):

$$M \cdot y'' + C \cdot y' + K \cdot y = A \cdot \left\{ P(t) + P_0 \cdot \left[1 - \frac{1}{\left(1 - \frac{A}{W} \cdot y \right)^\gamma} \right] \right\}, \quad (15)$$

где: $A = 0,082 \text{ м}^2$ – эффективная зона воздействия;

$M = 2,03 \text{ кг}$ – эффективная масса;

y – смещение стенки грудной клетки;

$C = 696$ Нс/м – коэффициент демпфирования грудной клетки;

$K = 989$ Н/м – коэффициент жесткости грудной клетки;

$W = 1,82 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ – исходный газовый объем легких;

$P_0 = 1,0 \cdot 10^5$ Па – давление окружающей среды;

$\gamma = 1.2$ – показатель политропы для газа в легких.

Для вычисления скорости грудной клетки y' необходимо измерить изменение давления $P(t)$ на уровне груди и, интегрируя уравнение (15), получить необходимую скорость.

Допустимое значение скорости 3,6 м/сек. При расчете воздействия синусоидальной волны со временем действия не более 0,002 сек амплитуда давления, соответствующая скорости 3,6 м/сек, равна примерно 100 кПа. Таким образом, при наличии датчиков давления на уровне груди для оценки травмобезопасности можно ограничиться величиной максимального предельного давления 100 кПа для членов экипажа, имеющих защитные шлемы и очки.

Основную опасность при подрыве при условии сохранения целостности обитаемого отсека составляет избыточное давление внутри отсека, возникающее при динамической деформации днища. Дело в том, что время действия первичного избыточного давления очень мало (меньше 0,002 сек) и за это время «затечь» существенному количеству газов внутрь отсека через небольшие технологические отверстия весьма проблематично. Вторичная ударная волна существенным образом зависит от конструкции днища, и при наличии многослойного корпуса аналогично тому, как многослойные окна защищают от внешнего шума, так и многослойный корпус защищает от возникновения вторичной ударной волны.

Существенную роль играет также масса днища: чем больше масса, тем меньше ускорение и скорость пола, тем сильнее пол демпфирует ударную волну. Тонкий, легкий пол будет практически без ослабления передавать ударную волну внутрь обитаемого отсека.

Следовательно, для защиты экипажа от воздействия избыточного давления необходимо, по возможности, использовать защитные шлемы и очки, что приведет более чем к 3-х кратному увеличению допустимого значения этого давления с 30 кПа до 100 кПа, а также использовать в конструкции 2-х или 3-х слойные полы достаточной жесткости и массы.

Литература

1. Кулаков Н.А. Композиционная защита кабины автомобиля «Урал-4320» // Автомобильная промышленность. № 10, 2010 г.
2. Покровский Г.И. Взрыв.-М.: Недра 1980.
3. Садовский М.А. Механическое воздействие воздушных ударных волн по данным экспериментальных исследований. Физика взрыва.-1952, №1.-М.:АН СССР.
4. Физика взрыва. Под ред. Л.П. Орленко. – Изд. 3-е, испр. –В 2 т. Т.1.-М.: Физматлит, 2004.- 832 с., Т.2.-М.6: Физматлит, 2004. – 656 с.
5. Правила ЕЭК ООН №16(4). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения I. Ремней безопасности и удерживающих систем для водителей и пассажиров МТС.
6. Рабинович Б.А. Безопасность человека при ускорениях (биомеханический анализ). М., 2007 г. 208 с.
7. Стандарт НАТО NATO STANAG 4569 «Уровни защиты для экипажей машин материально-технического обеспечения и ЛБМ» 24 мая 2004 г.
8. АП – 29 «Нормы летной годности винтокрылых аппаратов транспортной категории Межгосударственного авиационного комитета», Издательство ЛИИ им. Громова, 1995 год, часть 29.
9. Кулаков Н.А., Любин А.Н. Амортизационное кресло транспортного средства. Заявка №2010143304/11(062333) от 25.10.2010.
10. Тейлор Р. «Шум», М., «Мир», 1978.
11. Газенко О.Г., Кальвин М. Основы космической биологии и медицины. «Наука» 1975.