

Моделирование упрощенной схемы испытаний узлов автобронетанковой техники при боковом подрыве

к.ф.-м.н. доц. Кулаков Н.А., Скакбаева А.С.
Университет машиностроения
8 (495) 223-05-23 доб. 1507, kulakov@mami.ru

Аннотация. При исследовании стойкости узлов автобронетанковой техники при боковом подрыве необходимо либо использовать реальный объект, либо применять специальные стенды. Указанные испытания очень дорогостоящие и, как правило, приводят к значительному повреждению конструкций. В статье представлено расчетное обоснование упрощенной схемы бокового подрыва. Боковой подрыв заменен эквивалентным по воздействию вертикальным подрывом с уменьшенной дистанции. Предложенный подход позволяет существенно удешевить и упростить эксперимент, снижает расход взрывчатого вещества и позволяет проводить многовариантные испытания.

Ключевые слова: боковой подрыв, эквивалентный вертикальный подрыв, расчетное обоснование.

При проведении натурных испытаний автобронетанковой техники на подрыв особую сложность вызывает исследование стойкости конструкции при боковом подрыве заряда большой мощности. Отработка конструкции на полномасштабном макете является достаточно дорогостоящим мероприятием, так как обычно после испытаний макет претерпевает существенные деформации и не годится для повторных исследований (рисунок 1).



Рисунок 1. Автомобиль после бокового подрыва

Создание специальных стендов, например, для оценки стойкости бронированных дверей при боковом подрыве (рисунок 2) является также дорогостоящей задачей и часто ориентировано на конкретное изделие либо узел.



Рисунок 2. Стенд для испытаний двери на подрыв

В связи с вышесказанным возникает необходимость проведения исследовательских испытаний защитных структур при действии эквивалентных по разрушающим способностям зарядов, но с использованием вертикальной схемы нагружения. Основная идея указанных испытаний представлена на рисунке 3.

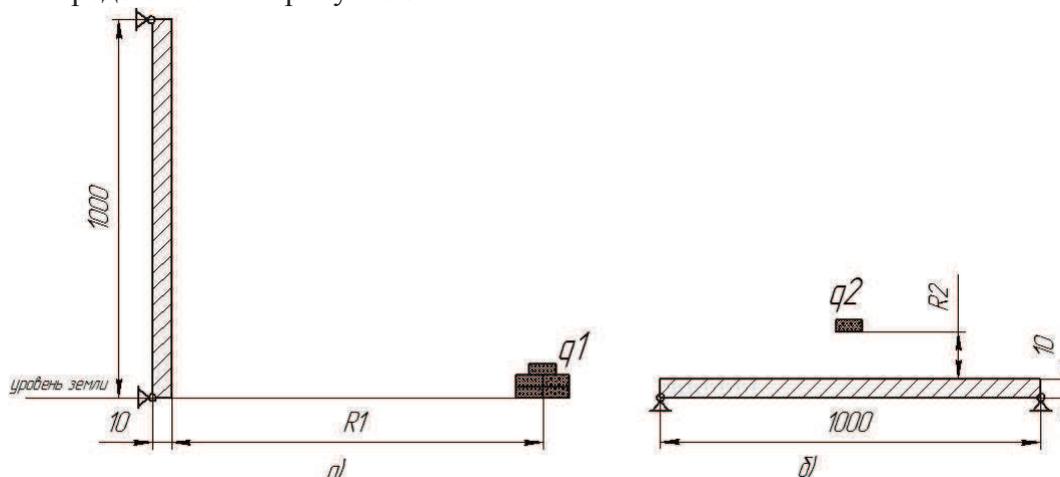


Рисунок 3. а) подрыв сбоку; б) эквивалентный подрыв сверху.

При использовании указанной схемы появляется возможность использовать заряды меньшей мощности, но эквивалентные по импульсу динамическому воздействию. Кроме того, отпадает необходимость в создании сложных стенов, обеспечивающих крепления деталей при боковом подрыве. Для обоснования правомерности использования предложенной схемы испытаний вначале использовалась формула (1) пересчета импульса для схемы указанной на рисунке 3а [1].

Рассматривалась шарнирно-опертая по контуру пластина размерами 0,01x1x1 м из материала АМГ6 ($\sigma_T=155$ МПа, $\sigma_B=315$ МПа, $\delta=15\%$). Заряд мощностью $q_1=20$ кг расположен на земле на расстоянии $R_1=4$ м от пластины. Нагрузка в виде давления распределена по пластине неравномерно.

Удельный импульс избыточного давления:

$$I = 630 \frac{q^{2/3}}{R} = 1172 \frac{H \cdot c}{m^2}, \quad (1)$$

где: q – мощность заряда в кг;

R – расстояние от пластины до заряда в м.

Время действия нагрузки:

$$t = 0.0015 \sqrt{R} \sqrt[3]{q} = 0.005c. \quad (2)$$

Давление:

$$P = \frac{2I}{t} = 0.47 \text{ МПа}. \quad (3)$$

Зная значение удельного импульса при подрыве заряда мощностью 20 кг на расстоянии 4 м, можно по формуле (5) найти расстояние R_2 от центра пластины до заряда для упрощенной схемы подрыва (рисунок 3б).

В этом расчетном случае также рассматривалась шарнирно-опертая по контуру пластина размерами 0,01x1x1 м из материала АМГ6 ($\sigma_T=155$ МПа, $\sigma_B=315$ МПа, $\delta=15\%$). Заряд мощностью $q_2=2$ кг расположен по центру над пластиной на расстоянии R_2 . Нагрузка в виде давления распределена по пластине неравномерно в соответствии с формулой (4).

Удельный импульс избыточного давления:

$$I = 400 \frac{q^{2/3}}{R}. \quad (4)$$

Отсюда:

$$R = \frac{400 \cdot q^{2/3}}{I} = 0.54 \text{ м.} \quad (5)$$

Время действия нагрузки:

$$t = 0.0015 \sqrt{R} \sqrt[6]{q} = 0.0012 \text{ с.} \quad (6)$$

Давление:

$$P = \frac{2I}{t} = 1.95 \text{ МПа.} \quad (7)$$

В расчетах определялись максимальные перемещения, напряжения, деформации и скорости для двух видов нагружения: реального и моделирующего его упрощенного варианта. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов

	Подрыв сбоку	Эквивалентный подрыв сверху	
R – расстояние от заряда до пластины	4 м	0,54 м	0,54 м
q – мощность заряда	20 кг	2 кг	1,5 кг
U - перемещения	4,95 см	5,8 см	4,98 см
S - напряжения	184 МПа	194 МПа	183 МПа
P – деформации	2,7 %	3,7%	2,6%
V - скорость	40 м/с	61 м/с	33 м/с

С целью уточнения эквивалентного заряда были проведены дополнительные расчеты пластины для схемы подрыва изображенной на рисунке 3б. На рисунках 4 и 5 представлены результаты расчетов пластины при подрыве сбоку (20 кг, 4 м) и подрыве сверху (1,5 кг, 0,54 м).

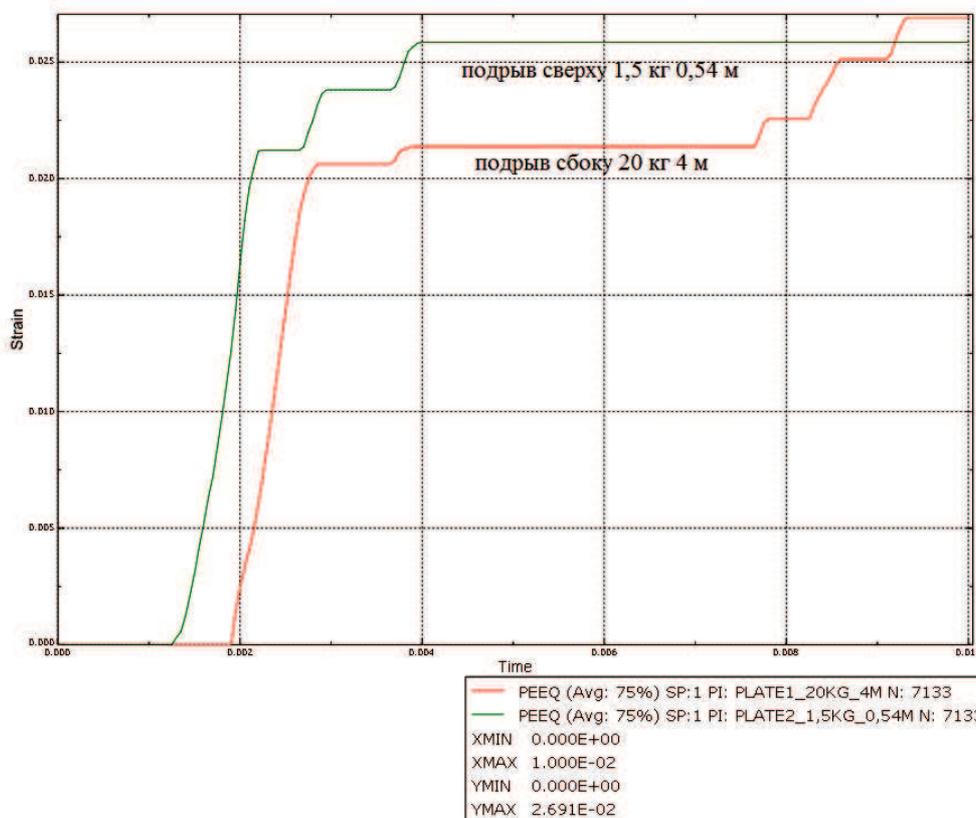


Рисунок 4. Графики пластических деформаций. Максимальное значение для случая подрыва сбоку 2,7%, для подрыва сверху – 2,6%

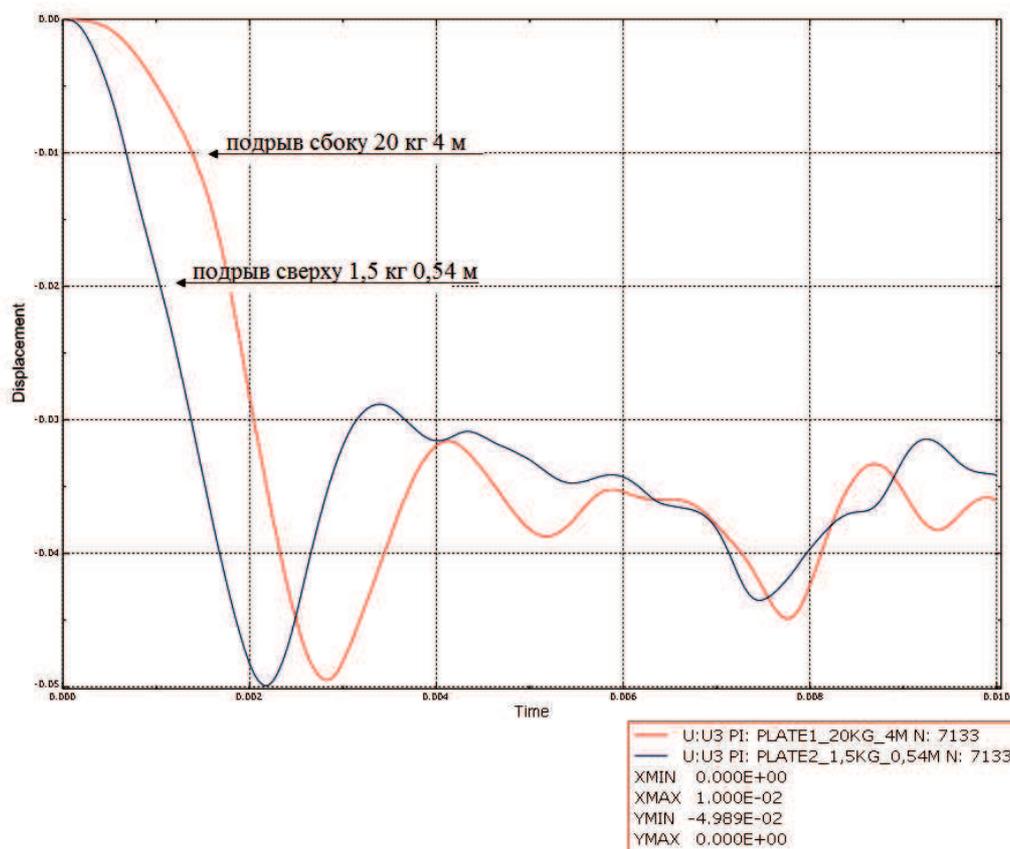


Рисунок 5. Графики прогибов. Максимальное значение:
 для случая подрыва сбоку 4,95 см, для подрыва сверху – 4,98 см
 На рисунке 6 показан характер деформаций для обоих расчетных случаев.

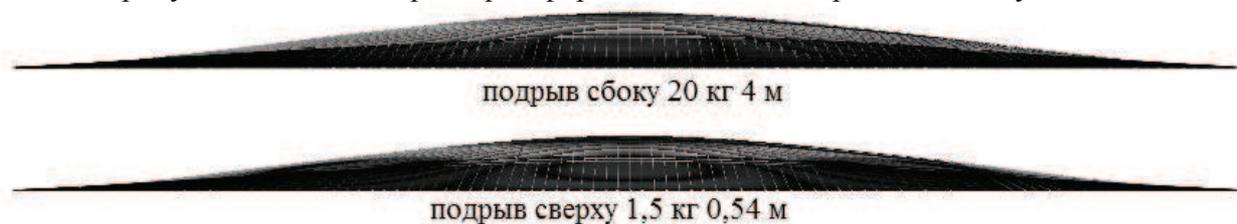


Рисунок 6. Прогиб пластин для двух видов нагружения

Выводы

На основании уточненных расчетов можно утверждать, что, например, боковой подрыв пластины размерами 0,01x1x1 м зарядом мощностью 20 кг на расстоянии 4 м можно заменить испытанием горизонтально расположенного защитного элемента с расположением заряда мощностью 1,5 кг над пластиной на расстоянии 0,54 м. Указанная методика позволяет существенно упростить испытания на боковой подрыв, особенно при больших мощностях заряда.

Литература

1. Покровский Г.И. Взрыв. – М.: Недра, 1980. – 190 с.