

УДК 623.4.08: 623.45: 539.3

*И.В. МАЗУР, А.В. ТКАЧУК, А.В. НАБОКОВ***РАЗРАБОТКА ПРОТИВОМИННОЙ ЗАЩИТЫ, ИСХОДЯ ИЗ СПЕЦИФИКИ ТРЕБОВАНИЙ К ТРАНСПОРТУ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ МИРОТВОРЧЕСКИХ ГУМАНИТАРНЫХ МИССИЙ**

В работе рассмотрены транспортные средства, на которых уже установлена или может быть установлена дополнительная защита от минного подрыва, от поражения стрелковым оружием и гранатометами. Опыт создания защиты армейской техники можно применить и при разработке транспорта для доставки гуманитарных грузов и безопасной транспортировки людей. Уделено особое внимание расчетному проектированию с применением программных продуктов, что позволило получить предварительные результаты на любой стадии проектирования ходовой, корпуса, двигателя, любого узла транспортного средства. В статье рассмотрены особенности конструкции, общие тенденции и концепции системы противоминной защиты, исходя из специфики требований, предъявляемых к технике специального назначения гуманитарных миссий.

Ключевые слова: транспортное средство, минный подрыв, противоминная защита, транспорт специального назначения, численное моделирование

В роботі розглянуті транспортні засоби, на яких вже встановлений або може бути встановлений додатковий захист від мінного підриву, від ураження стрілецькою зброєю і гранатометами. Досвід створення захисту армійської техніки можна застосувати і при розробці транспорту для доставки гуманітарних вантажів та безпечного транспортування людей. Приділено особливу увагу розрахунковому проектуванню із застосуванням програмних продуктів, що дозволило отримати попередні результати на будь-якій стадії проектування ходової, корпусу, двигуна, будь-якого вузла транспортного засобу. У статті розглянуто особливості конструкції, загальні тенденції і концепції системи протимінної захисту, виходячи із специфіки вимог, що пред'являються до техніки спеціального призначення гуманітарних місій.

Ключові слова: транспортний засіб, мінний підрив, протимінний захист, транспорт спеціального призначення, чисельне моделювання

In this work transport vehicles are considered, on which additional protection has been installed or can be installed against mine explosion, from the defeat of light weapons and grenade launchers. The experience of creating of military equipment protection can also be applied in the development of transport for the delivery of humanitarian supplies and the safe transportation of people. Special attention was paid to calculation design with using software products, which allowed obtaining preliminary results at any stage of designing of undercarriage, body, engine and any vehicle unit. The paper deals with the design features, general trends and concepts of mine protection system, based on the specifics of the requirements for special purpose equipment for humanitarian missions.

Keywords: transport vehicle, mine explosion, mine protection, special purpose transport, numerical modeling

Введение. Состояние проектирования и исследования конструкций спецтранспорта

По всему миру время от времени возникают вооруженные конфликты, и население вынуждено жить в условиях локальных военных противостояний. И в эти периоды, и в нестабильное время после окончания противостояния крайне важно, чтобы гуманитарные поставки продовольствия, медикаментов, а также перевозки нуждающихся в этом людей были обеспечены необходимой защитой [1–3]. Если для нужд армии и полицейских подразделений специально спроектированы и применяются различного типа бронированные автомобили и гусеничная техника, то для гуманитарных миротворческих целей приходится применять либо транспорт сугубо гражданского назначения, либо армейский или демилитаризованный, или кустарно изготовленные бронев автомобили и забронированную технику.

В последнее время во многих странах мира разрабатываются транспортные средства (ТС), на которых уже установлена или может быть установлена дополнительная защита от минного подрыва, от поражения стрелковым оружием и гранатометами. Как правило, этот транспорт разработан для армии и исходя из ее требований. Тем не менее, опыт создания защиты армейской техники можно применить и при разработке транспорта для доставки гуманитарных грузов и безопасной транспортировки людей. На разработку новых технологий и конструктивных методов комплексной защиты ежегодно выделяются огромные средства. Повышенное внимание уделяется расчетному проектированию с применением программных про-

дуктов, позволяющих получить предварительные результаты на любой стадии проектирования ходовой, корпуса, двигателя, любого узла транспортного средства [4–8].

В этой работе рассмотрены особенности конструкции, общие тенденции и концепции системы противоминной защиты, исходя из специфики требований, предъявляемых к технике специального назначения гуманитарных миссий.

Воспользуемся результатами работы аналитической группы DefenceIQ, которая опубликовала доклад "Боевые бронированные машины – 2012: перспективы развития" [3]. В качестве базовой информации для этого доклада послужили результаты опроса 196 ведущих специалистов в данной области – военных и сотрудников компаний-разработчиков/производителей боевых бронированных машин (ББМ) из разных стран мира. В основном респонденты – представители Соединенных Штатов и Великобритании (соответственно 19 и 28%). Для обеспечения необходимой полноты и объективности авторы доклада обработали мнения экспертов из разных государств, включая Австралию, Германию, Израиль, Индию, Италию, Пакистан, Саудовскую Аравию, Францию и даже Иран. Хотя данный доклад касается армейских ББМ, но его выводы аппроксимировано можно применить при разработке гуманитарного спецтранспорта. По мнению подавляющего большинства опрошенных, главными требованиями к боевым бронированным машинам станут модульность конструкции (как об обязательном требовании об этом заявил каждый третий специалист), вы-

сокая мобильность и адаптивность по применению (можно сказать, многозадачность применения) [8]. В качестве методологических основ привлечены также работы [4–15].

Несмотря на широкий интерес к данной проблематике, на сегодняшний момент задачи, возникающие перед разработчиками техники такого типа, решены далеко не в полной мере. Это определяет актуальность данной работы.

Методика исследования

Для выбора схем защиты необходимо выстроить иерархическую лестницу средств поражения ТС. В целом на спецтранспорт гуманитарных миссий действует тот же ряд угроз, что и на военные (боевые бронированные машины). Отталкиваясь от армейских образцов техники, рассмотрим, какие факторы и уровень угроз воздействуют на боевую бронированную машину [3] на основе диаграммы распределения средств поражения (рис. 1).

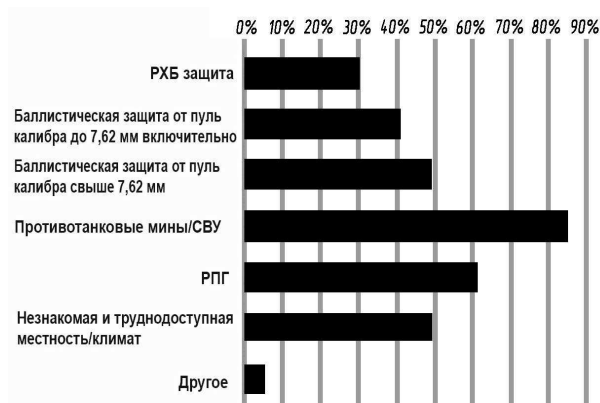


Рисунок 1 – Угрозы для БМ

Данные диаграммы позволяют определить порядок приоритетов защиты:

- защита от различного рода фугасов и самодельных взрывных устройств;
- защита от гранат ручных противотанковых гранатометов (РПГ);
- защита от пуль калибра свыше 7,62 мм и осколков;
- противоминная защита является приоритетной и в дальнейшем будет считаться основополагающей в выборе решений построения комплексной защиты.

Цель работы

В данной работе предлагается рассмотреть различные виды и способы противоминной защиты и выработать общие требования и подходы к построению противоминной защиты, интегрированной в общую систему комплексной защиты транспорта специального назначения (ТСН). Конечной целью является разработка принципиальной схемы комплексной защиты ТСН.

Рассмотрим имеющиеся конструкции ТС. Цельнометаллический корпус обладает определен-

ным преимуществом – он при одинаковой с модульным шасси массой обеспечивает лучшую защиту. Однако при этом теряется гибкость переназначения для выполнения различного рода задач. Как пример можно назвать семейство броневедомо-мобиля RG-31 Charger (рис. 2, 3) с невзаимозаменяемыми корпусами.

Наиболее целесообразным представляется применение универсального шасси с максимальной унификацией основных узлов, на которое исходя из поставленных задач устанавливаются те или иные модули с возможностью быстрой замены (рис. 4): одно- или двурядная кабина; бронированный кузов или грузовая платформа, или различного типа обо-



Рисунок 2 – Броневедомо-мобиль RG-31 Mk5



Рисунок 3 – Броневедомо-мобиль RG-31 Sabre

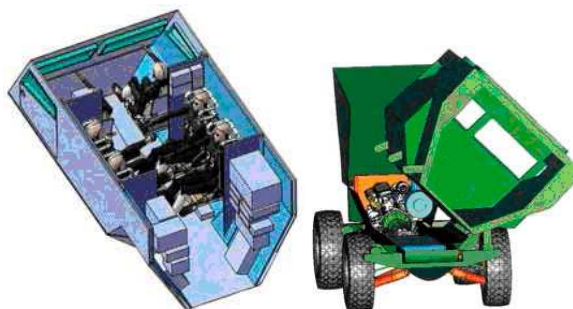


Рисунок 4 – Быстросъемные модули

Рассмотрим, какие факторы влияют при минном подрыве на живучесть транспортного средства [5]:

- ударный импульс, который вызывает деформацию корпуса и разрушение его элементов;
- высокие ускорения, возникающие в ТС при подрыве и воздействующие на элементы корпуса, внутреннее оборудование и экипаж;
- повреждения, возникающие при опрокидывании транспортного средства.

Определим требования, предъявляемые к кабине и защищенному кузову:

- толщина листов капсулы должна обеспечивать стойкость к разрушению под воздействием ударной волны;
- капсула должна быть герметичной для обеспе-

чения защиты от проникающей ударной волны;

- двери и люки должны иметь несколько запоров, чтобы не допустить самопроизвольного открывания при прогибах корпуса под воздействием динамических нагрузок;

- капсула должна иметь достаточную жесткость, чтобы исключить влияние динамических прогибов на внутреннее оборудование и людей, но при этом должна иметь сдающие звенья, которые позволят уменьшить воздействие ударных нагрузок и ускорений;

- капсула должна иметь минимальное количество сварных швов.

Рассмотрим способы, позволяющие удовлетворить вышеперечисленные требования. Имеется специальные формулы для расчета ударного импульса при минном подрыве, также можно воспользоваться графиком распределения избыточного давления в зависимости от величины заряда и расстояния от центра взрыва (рис. 5) [5].

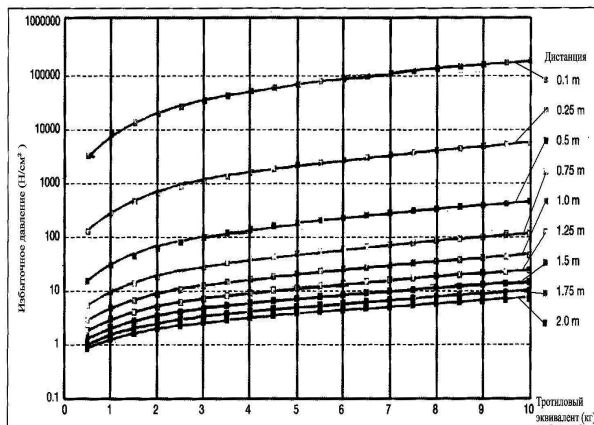


Рисунок 5 – Распределение избыточного давления ударной волны в зависимости от тротилового эквивалента ВВ

Можно сделать вывод, что одним из решений для уменьшения влияния ударных нагрузок является размещение капсулы как можно выше над уровнем грунта. Этот вывод подтвердится чуть позже в ходе рассмотрения вариантов корпусов транспортного средства.

Следующим шагом является выбор конструкции днища капсулы.

Выбор конструкции днища капсулы

Рассмотрим применяемые в транспортных средствах виды днища корпуса [9]. Для наглядности и упрощения расчетной модели примем несколько допущений:

- для расчетов возьмем только 1/4 часть корпуса, вырезанную симметрично относительно двух вертикальных плоскостей;

- корпус находится параллельно плоскости отражения. Распространение продуктов взрыва имеет полусферическую форму.

Наиболее простым в изготовлении является корпус с днищем "одинарный лист" (рис. 6).

Следующим к рассмотрению предлагается кор-

пус с днищем, состоящим из двух симметричных параллельных листов с воздушным зазором, так называемым днищем "Коробка" (рис. 7).

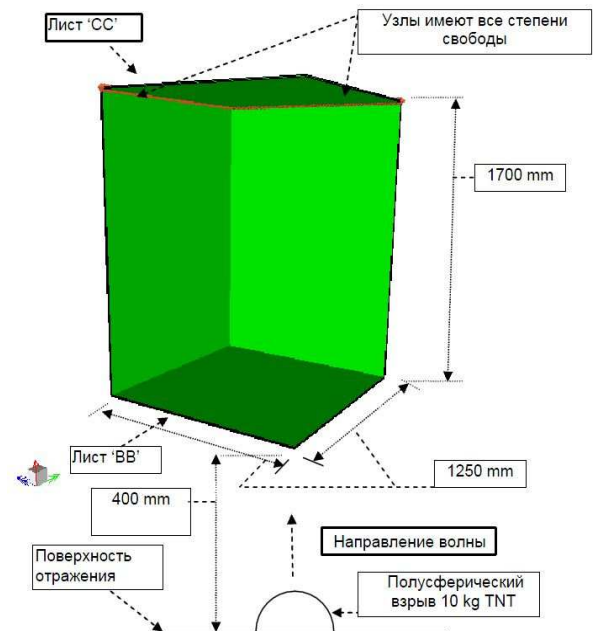


Рисунок 6 – Модель "Корпус с днищем "Одинарный лист""

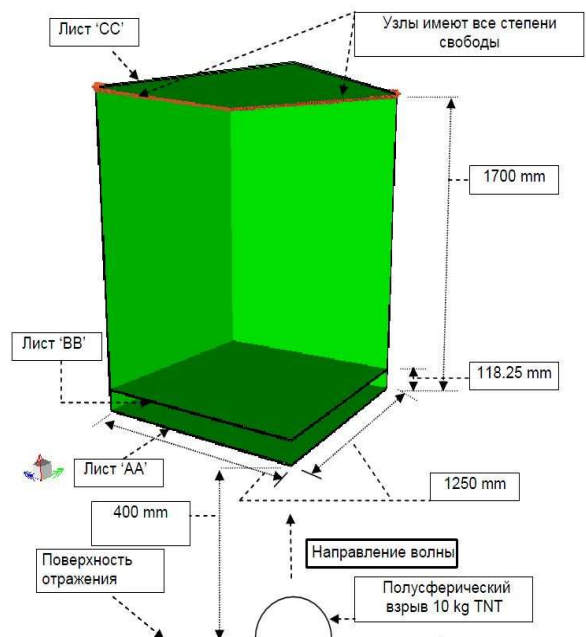


Рисунок 7 – Модель "Корпус с днищем "Коробка""

В выборе типа корпуса целесообразно будет провести сравнение данных численного моделирования корпусов в различных условиях [9].

Предварительное сравнение корпуса с днищем "Одинарный лист" и корпуса "Коробка". Первоначально сравним модель корпуса с днищем "Одинарный лист" № 1 с моделью корпуса с днищем "Коробка" № 2, поддерживая расстояние от поверхности отражения до днища транспортного средства постоянным, 400 мм (рис. 8). Общая высота транспортного средства поддерживается на по-

стоянном уровне, что делает высоту обитаемого отсека корпуса с днищем "Коробка" на 118,25 мм меньше, чем у корпуса с днищем "Одинарный лист". Данный зазор 118,25 мм выбирается для того, чтобы обеспечить последующее сравнение с 'V'-образным днищем корпуса.

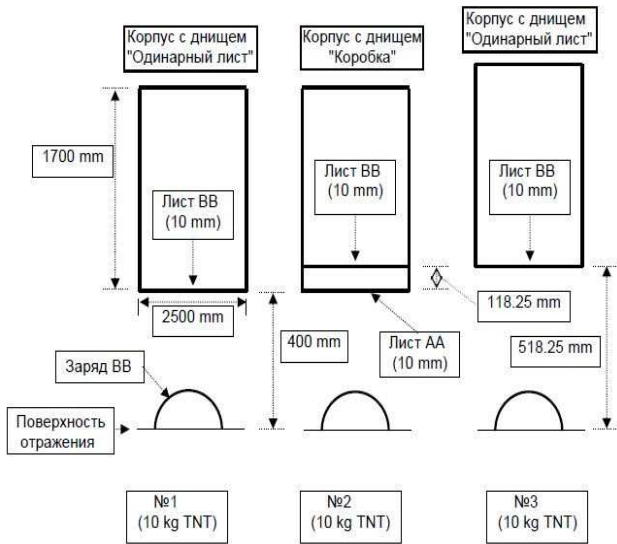


Рисунок 8 – Схематическое изображение сравнения корпусов с днищем "Одинарный лист" № 1, № 3 и "Коробка" №2

В случае № 3 высота от поверхности отражения до корпуса с днищем "одинарный лист" выбрана 518,25 мм для сравнения листов BB № 2 и № 3, находящихся на одном уровне. Первоначально толщина каждого листа принимается 10 мм, а заряд взрывчатого вещества составляет 10 кг TNT.

В последующих разделах будут рассмотрены другие вариации параметров для сравнения.

Результаты численного моделирования и предварительного сравнения

Из данных рис. 9 и 10 видно, что примерно на 1 и 9 мс лист AA в №2 воздействует на лист BB. В результате можно наблюдать в этих двух точках пик ускорения. Также видно, что лист BB в №1 деформируются сильнее, чем лист AA в №2. Это связано с упиранием листа AA в лист BB в №2, который предотвращает дальнейшее деформирование листа AA. Максимальные скорости листа BB №1 и листа AA в №2 очень похожи, потому что эти пики пришлись на одно и то же время и на листы одинаковой толщины под одинаковой взрывной нагрузкой.

Из приведенных на рис. 11 данных видно, что максимальные деформация и скорость листа BB, который является полом обитаемого отсека в № 1 и № 3, больше, чем в № 2. Хотя масса в № 2 и увеличивается на величину дополнительного листа, но в сравнении с № 1 и № 3 видно, что для № 2 наблюдается снижение максимальной деформации и скорости на 49,9% и 62,0% соответственно. В сравнении № 1 и № 3 с увеличением высотного размера от плоскости отражения до 518,25 мм максимальные

деформация и скорость в № 3 снизились на 12,1% и 29,3% соответственно. Из этого следует, что добавление листа уменьшает влияние воздействия взрыва больше, чем увеличение расстояния от поверхности отражения. Но дополнительный лист ведет к увеличению массы.

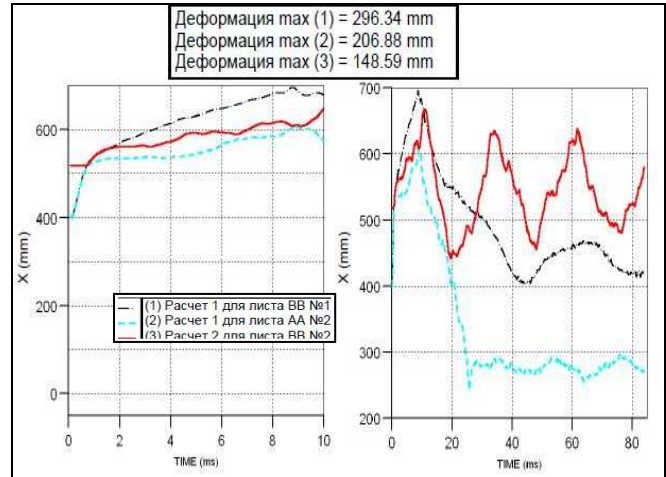


Рисунок 9 – Результаты численного моделирования – динамическая деформация для листа BB № 1, листа AA № 2, и листа BB № 2

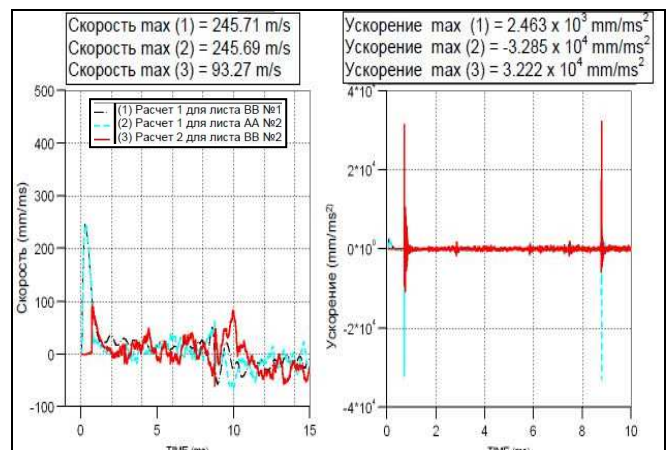


Рисунок 10 – Результаты численного моделирования – скорости и ускорения для листа BB №1, листа AA №2 и листа BB №2

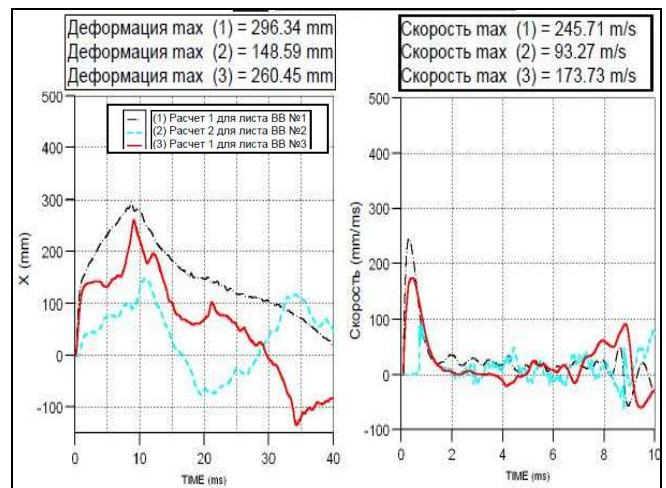


Рисунок 11 – Результаты численного моделирования – деформации и скорости для листа BB в № 1, № 2 и № 3

Также из рис. 12 видно, что максимальное ускорение в листе ВВ в № 2 в сравнении с № 1 и № 3 больше в 13 и 16 раз соответственно. Это связано в № 2 с воздействием на лист ВВ листа АА в процессе деформации последнего. Тем не менее, если рассматривать ускорение до этой точки, видно, что ускорение в № 2 в сравнении с № 1 и № 3 существенно снижено.

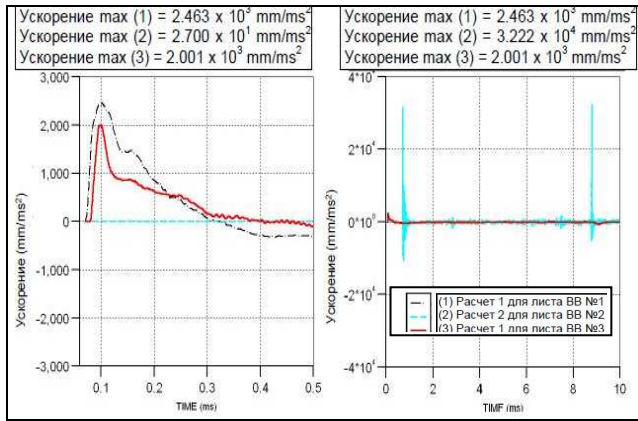


Рисунок 12 – Результаты численного моделирования – ускорения листа ВВ для № 1, № 2 и № 3

Сравнение корпусов с днищем "Одинарный лист" и днищем "Коробка" [9]. Для сравнения выбирается масса всех корпусов одинаковой, то есть лист ВВ для "одинарного листа" имеет толщину 20 мм. Из рис. 13 видно, что высотные размеры № 4 и № 5 соответствуют размерам № 1 и № 3, рассмотренным ранее. Результаты сравнения листа ВВ в №4 и №5 относительно № 2 представлены на рис. 14, 15.

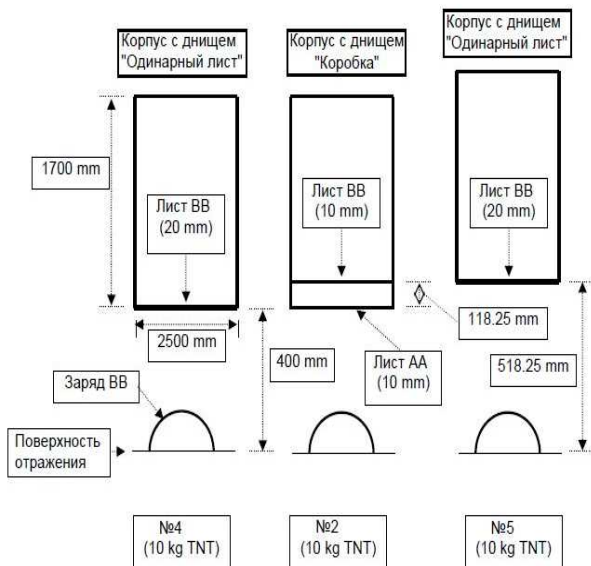


Рисунок 13 – Схематическое изображение сравнения корпусов с днищем "Одинарный лист" № 4 и № 5 и "Коробка" № 2

Из анализа результатов, приведенных на рис. 14, можно сделать вывод о том, что в № 2 и № 5 по сравнению с №4 максимальная деформация листа ВВ

уменьшена на 10.9 %, и 9.2 %, а максимальная скорость уменьшена соответственно на 29.4% и 29.7%. Это показывает, что результаты деформации и скорости в листе ВВ в № 2 и № 5 очень подобны, однако видны большие различия в ускорении, что видно из рис. 15.

По сравнению с листом ВВ в № 4 в № 2 (перед взаимодействием с листом АА), максимальное ускорение уменьшено на 98% и в №5 на 18%. Воздействие между листами АА и ВВ в № 2 создает пик ускорения в 26 раз больше, чем в № 4. Можно сделать вывод, что для корпуса с днищем "Коробка" необходимо увеличить зазор между листами АА и ВВ для предотвращения взаимодействия в процессе деформации листа АА.

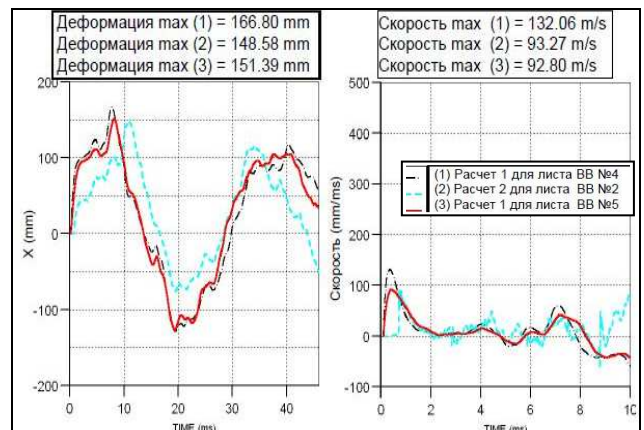


Рисунок 14 – Результаты численного моделирования – деформации и скорости листа ВВ для № 2, № 4 и № 5

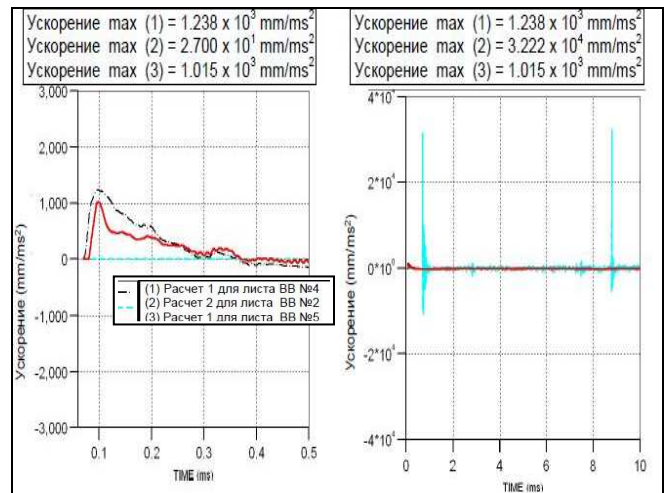


Рисунок 15 – Результаты численного моделирования – ускорения листа ВВ для № 2, № 4 и № 5

Изменение высотного размера. Рассмотрим, следуя [10], реакцию корпуса при взрыве на изменение высотного размера от плоскости отражения до нижнего листа корпуса. Из рис. 16 виден ряд изменения высоты: 400, 450, 500 и 600 мм. Заряд ВВ остается неизменным – 10 kg TNT. Результаты численного моделирования представлены на рис. 17–19.

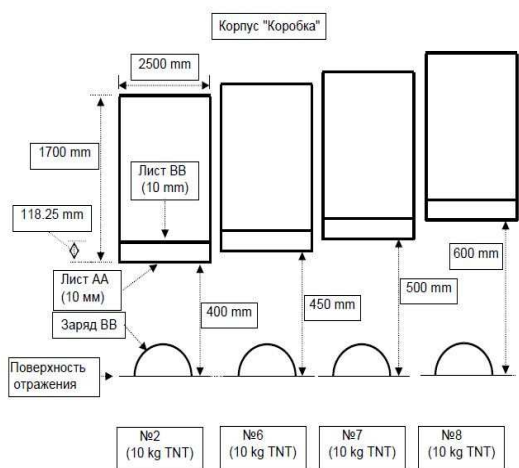


Рисунок 16 – Схематическое изображение сравнения вариаций высотного размера от поверхности отражения до листа AA

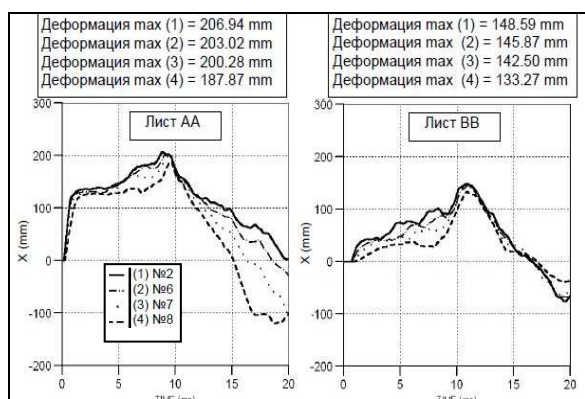


Рисунок 17 – Результаты численного моделирования – максимальные деформации листов AA и BB в № 2, №6–№8

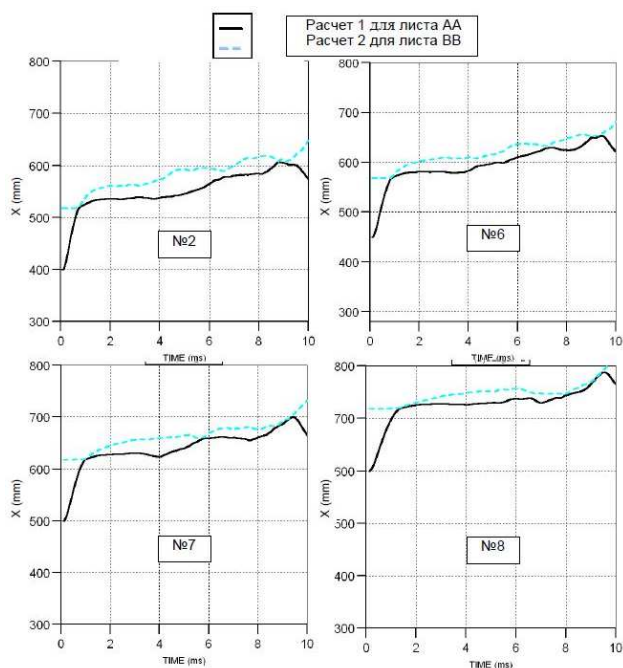


Рисунок 18 – Результаты численного моделирования – деформации № 2, № 6, № 7 и № 8 (кривые деформации основаны на фактических позициях замеров)

Из рис. 17 видно, что лист BB в № 6, № 7, № 8 в

сравнении с № 2 деформируется меньше на 2%, 4% и 10% соответственно. Это говорит об уменьшении эффекта от взрыва с увеличением дистанции и несмотря на увеличение высотного размера, все еще наблюдаются ударные нагрузки на лист BB со стороны листа AA (см. рис. 18).

Из анализа результатов, приведенных на рис. 19, можно констатировать, что в каждом случае виден скачок ускорения в момент удара, хотя пик уменьшается с увеличением дистанции. Результаты № 6, № 7 и № 8 соответственно показывают 22%, 51% и 77% сокращения максимального ускорения листа BB по сравнению с № 2.

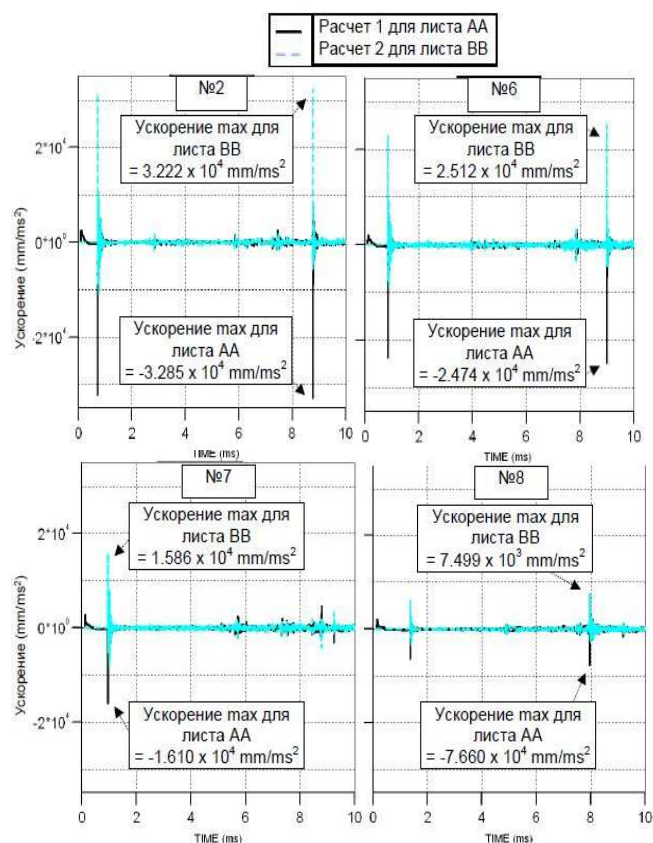


Рисунок 19 – Результаты численного моделирования – ускорения листов AA и BB для № 2, № 6, № 7 и № 8

Изменение размера зазора. Проведем, следуя [11], численное моделирование, в ходе которого будет изменяться величина зазора между листами AA и BB корпуса с днищем "Коробка" от 118.25 мм, до 270 мм и 315 мм для № 2, № 9 и № 10 соответственно (рис. 20). Результаты моделирования представлены на рис. 21 и 22.

С расширением зазора от 118.25 мм (№ 2) до 270 мм (№9) и 315 мм (№10), результаты (рис. 21) указывают, что лист AA в № 9 и № 10 уже не воздействует на лист BB. Данные ускорения (рис. 22) также подтверждают этот вывод, так как в № 9 и № 10 отсутствуют высокие пики ускорения.

Результаты вычислений (рис. 21) показывают, что поскольку зазор увеличился, максимальная деформация листа AA также увеличилась, хотя нагрузка от взрыва – неизменна во всех случаях.

Это может быть объяснено тем, что, поскольку зазор увеличился, объем воздуха также стал больше, и в результате воздух в большем объеме сжимается меньше. В № 9 зазор увеличился в сравнении с № 2 на 151.75 мм, в то время как максимальная деформация листа AA увеличилась на 32.06 мм.

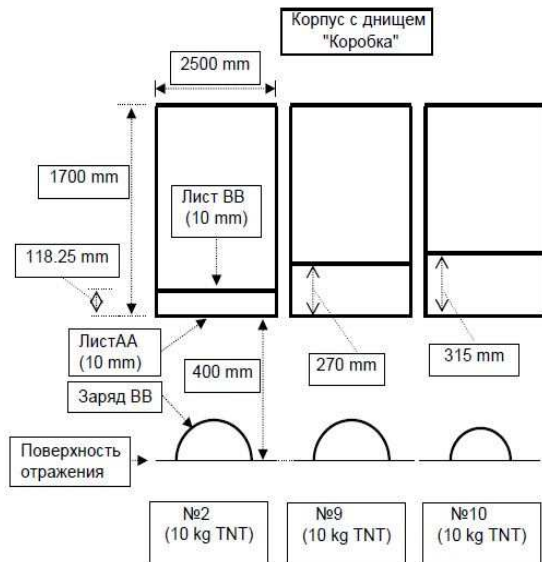


Рисунок 20 – Схематическое сравнение № 2, № 9 и № 10

Аналогично в №10 зазор увеличился в сравнении с № 2 на 196.75 мм, в то время как максимальная деформация листа AA увеличилась на 57.08 мм. При этом рис. 21 показывает, что с увеличением

зазора лист BB деформируется меньше. Максимальная деформация листа BB в № 9 и № 10 уменьшилась на 37 % и 57 %. Лист AA деформируется тем сильнее, чем больше воздушный зазор и меньше давление сжатого воздуха, но при этом увеличение деформации – меньше, чем увеличение зазора. Следовательно, сжатый воздух создает давление в №10 меньше, чем в № 9. Лист BB в № 10 деформирован меньше, чем в №9. В №2 лист BB деформирован больше вследствие воздействия со стороны листа AA.

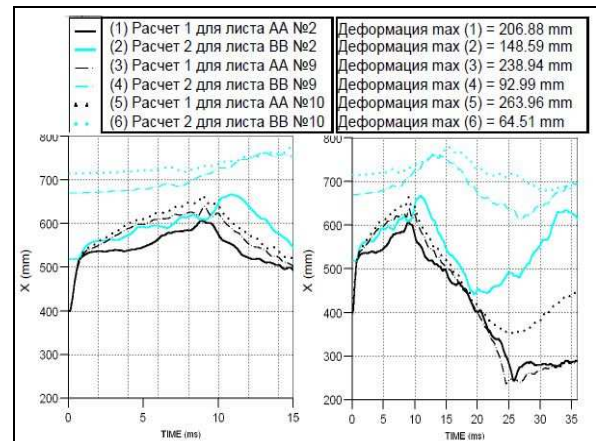


Рисунок 21 – Результаты численного моделирования – деформации № 2, № 9 и № 10

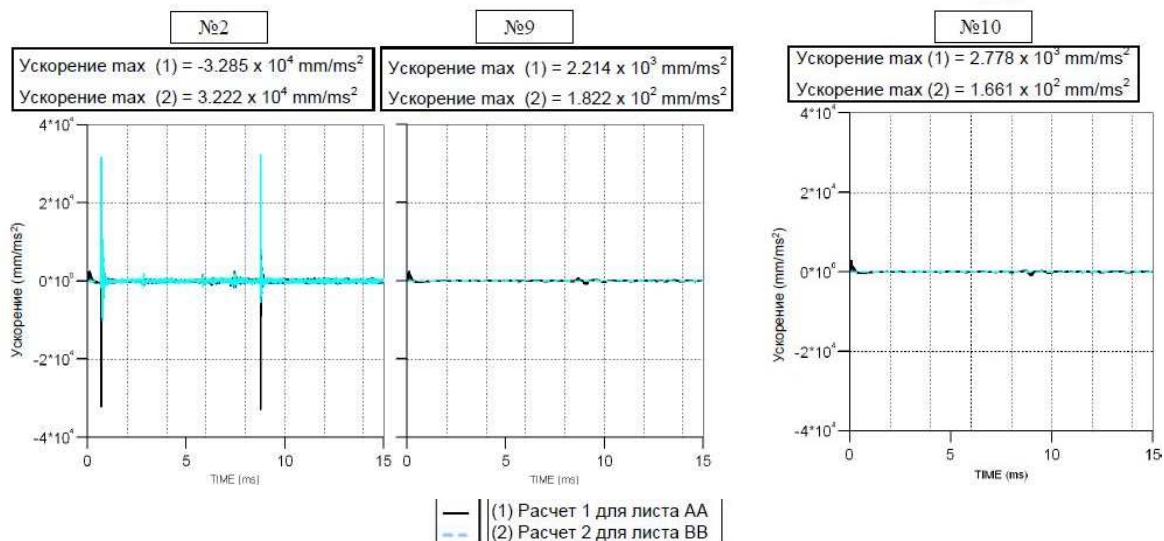


Рисунок 22 – Результаты численного моделирования – ускорения для № 2, № 9 и № 10

Модели корпусов с днищем "Одинарный лист", "Коробка" и с "V-образным" днищем. Рассмотрим, следуя [12], и сравним 3 различных модели корпусов с днищем "Одинарный лист", "Коробка" и с "V-образным" днищем (рис. 23). Во всех 3 моделях высота обитаемого отделения и полный вес транспортного средства постоянны,

поэтому толщина листа BB в №11 – 21.66 мм, а толщина листов AA и BB в №8 и №12 – 10 мм. Расстояние от грунта до листа BB во всех случаях 718.25 мм.

Высота обитаемого отделения транспортного средства была сокращена до 1581.75 мм. Рис. 24 показывает, что лист AA в № 8 и № 12 взаимодей-

ствует с листом ВВ, что приводит к деформации листа ВВ. По сравнению с № 11 максимальная деформация в листе ВВ в №8 увеличилась на 6 %, в то время как максимальная деформация в листе ВВ в № 12 уменьшилась на 22 %.

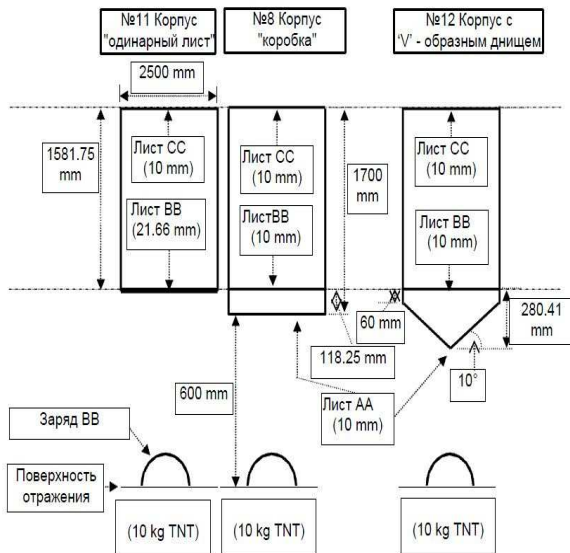


Рисунок 23 – Сравнение корпусов № 11, № 8 и № 12

Рис. 25 демонстрирует, что максимальное ускорение в листе ВВ в № 8 увеличилось по сравнению с № 11 из-за воздействия листа АА, в то время как максимальное ускорение в листе ВВ в № 12 возросло только на 18 %, при том, что на него также происходит воздействие. Ускорение в листе АА от соударения в № 12 (примерно на 4 миллисекунде и 6 миллисекунде) подобно ускорению в листе ВВ, но направлено противоположно, и фактически ниже, чем ускорение во время деформации (~0.2 миллисекунды). В сравнении № 8 и № 12, где в обоих случаях имеется взаимодействие между листом АА и листом ВВ, № 12 предпочтительнее, чем № 8, из-за более низких максимальной деформации и ускорения.

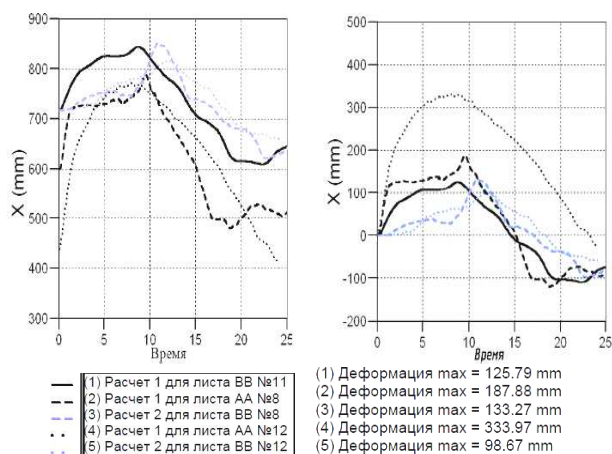


Рисунок 24 – Результаты численного моделирования – деформации № 11, № 8 и № 12 (кривые основаны на фактических расчетах)

Исходя из предыдущих сравнений результатов

корпусов с днищем "Одинарный лист" и "Коробка" одной и той же массы, где нет никакого соударения между листами АА и ВВ в корпусе с днищем "Коробка", видим, что ускорение в корпусах с днищем "Коробка" ниже, чем с днищем "Одинарный лист". Следовательно, при отсутствии воздействия листа АА на лист ВВ ускорения в листе ВВ в "V"-образном корпусе также будет меньше, чем ускорение в листе ВВ в корпусе с днищем "Одинарный лист". Из отмеченного выше можно сделать однозначный вывод: для транспортного средства с корпусом одной и той же массы, с одинаковой высотой обитаемого отделения "V"-образный корпус – лучшая альтернатива корпусам с днищем "Одинарный лист" и "Коробка".

Для упрощения предположим, что усредненное давление продуктов взрыва, действующее на площадь 2.5×2.5 (м), с наклоном в 0° равно $1 \times 105 \text{ кН/м}^2$. С наклоном листа АА на 10° получаем $\cos 10^\circ \times (1 \times 105) = 9.848 \times 104 \text{ кН/м}^2$. В № 12 площадь листа АА увеличилась от 6.25 м^2 до 6.346 м^2 . С увеличением площади давление будет уменьшаться. То есть усредненное давление в листе АА, наклоненном под 10° , уменьшилось до $9.698 \times 104 \text{ кН/м}^2$. Это приводит к уменьшению усредненного давления на 1.52%. Однако эти цифры основаны на многочисленных допущениях. В действительности прогрессия давления взрыва напрямую связана с динамикой распространения потока продуктов взрыва [12].

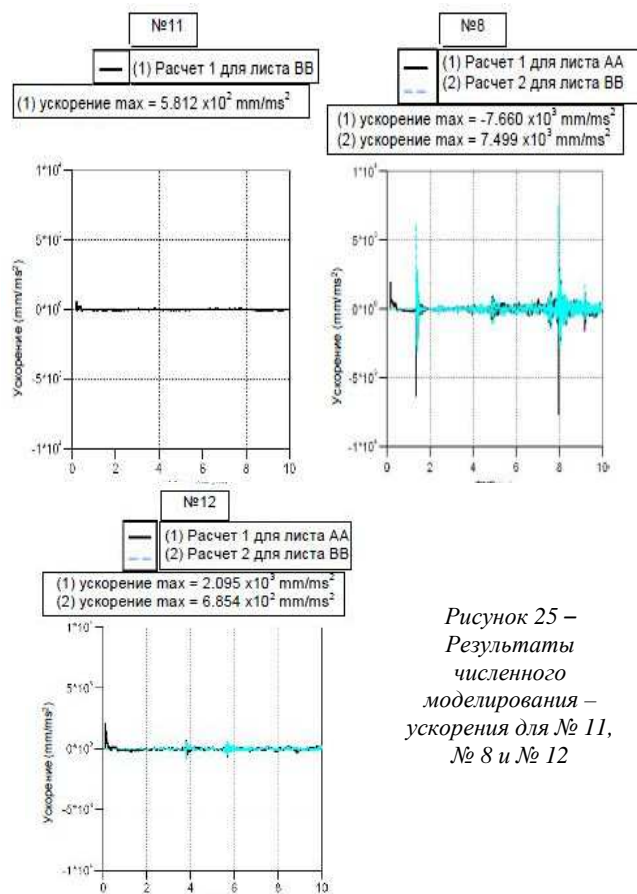


Рисунок 25 – Результаты численного моделирования – ускорения для № 11, № 8 и № 12

Рассматривая давление взрыва на рис. 27, из-

меренное на метках А1–А9, расположение которых показано на рис. 26, можно видеть, что на метках А1, А2 и А3 максимальное давление в № 12 выше, чем в № 8 и № 11. Замер на метке А2, которая находится на расстоянии 100 мм от оси X, во всех

случаях регистрирует более высокое максимальное давление, чем на метке А1, которая находится на оси x.

Рисунок 26 – Замеры А1–А9 для моделей корпусов "Одиночный лист" № 11, "Коробка" № 8, "V-образное днище" № 12

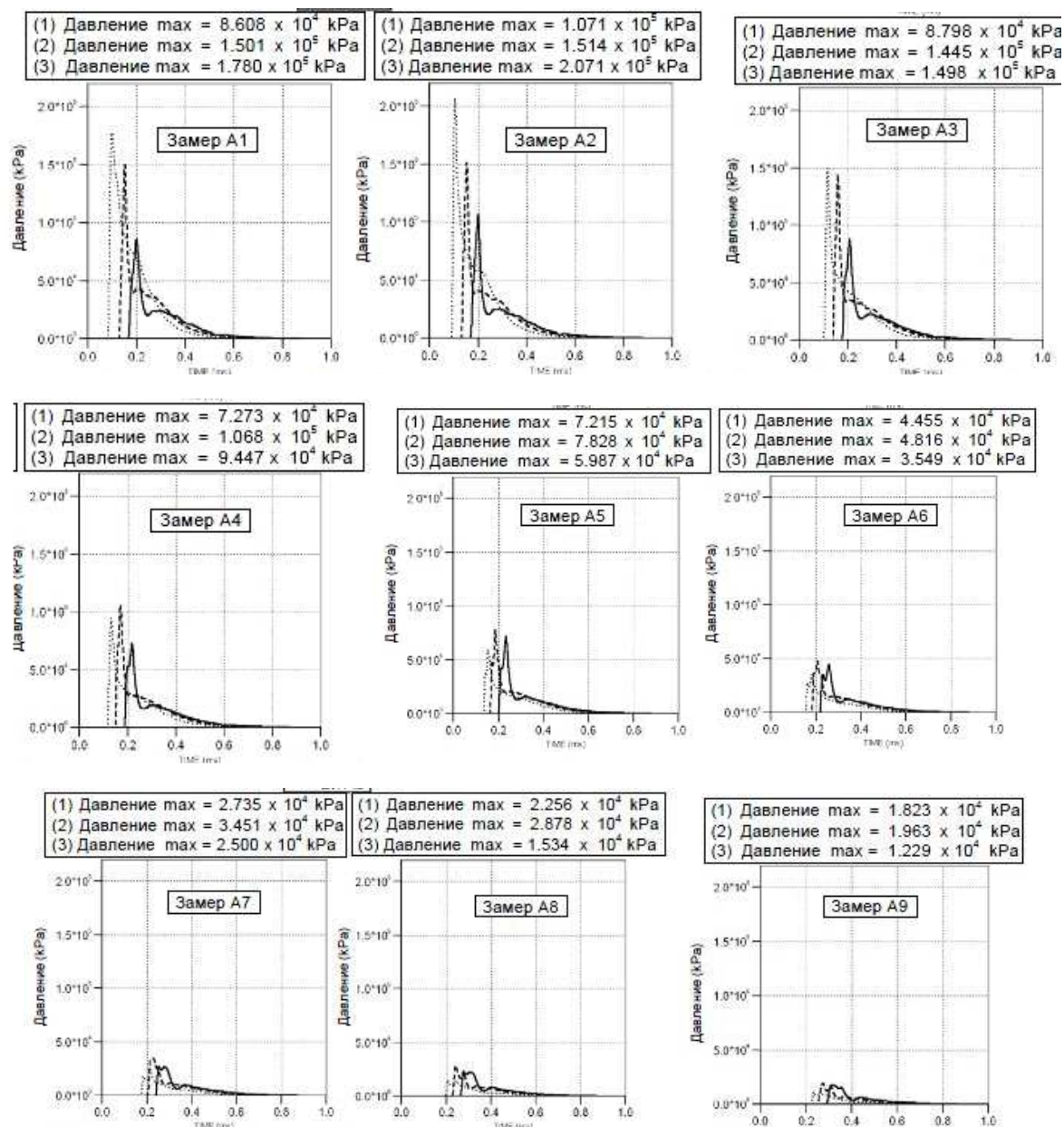
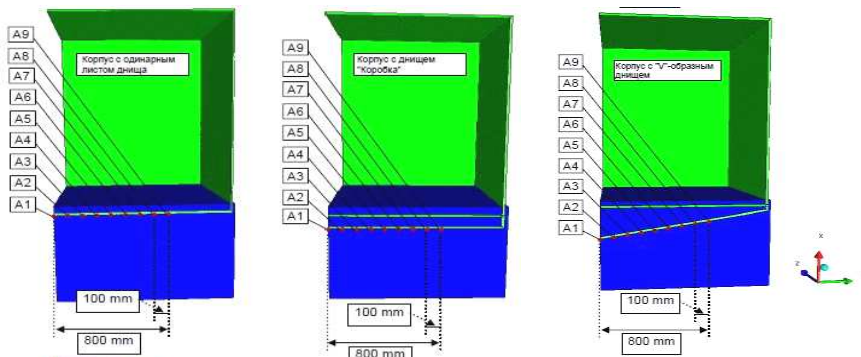


Рисунок 27 – Расчетное давление в замерах А1–А9 для моделей "Одиночный лист" № 1, "Коробка" № 2 и "V-образное днище" № 3

Однако уже на метках А4–А9 максимальное давление в № 12 стало меньше, чем в № 8 и № 11. При этом можно видеть, что по положению датчики А4 и А5 в №12 фактически ближе к центру взрыва (571 мм и 643 мм), чем в № 8 (666 мм и 717 мм) и № 11 (774 мм и 818 мм). Результаты показали, что при изменении угла падения на 10° отраженное давление падает, даже если метки замеров находятся на близком от взрыва расстоянии, а область высокого давления меньше, чем при угле падения 0°. Это происходит из-за того, что отраженное давление может легче распространяться в сторону более низкого давления [13].

Заключение

В случае проектирования корпуса транспортного средства специального назначения для гуманитарных миссий с максимально возможной противоминной защитой необходимо отталкиваться от поэтапных выводов данной работы. Результаты демонстрируют, что при том же самом весе транспортного средства модель корпуса с днищем "Коробка" дает более низкие максимальные деформацию, скорость и ускорение, чем модель корпуса с днищем "Одинарный лист", при условии, что лист АА не взаимодействует при деформации с листом ВВ. Поэтому при одном и том же высотном размере от плоскости отражения до листа ВВ добавление дополнительного листа пола дает больший результат, чем увеличение толщины листа ВВ.

Избежать нежелательное высокое ускорение в корпусе с днищем "Коробка", где лист АА воздействует на лист ВВ, можно увеличивая толщину листа АА, увеличивая расстояние зазора между листами АА и ВВ или же используя V-образный низ корпуса. Используя V-образный низ корпуса, можно уменьшить или устранить воздействие между листами АА и ВВ, направляя давление продуктов взрыва больше в стороны и в итоге снизить нагрузку на внутренний лист корпуса в виде деформации, скорости и ускорения.

Список литературы

1. Внаслідок підриву військового автомобіля на міні загинули 7 українських військових [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua>.
2. Військові ЗС України та Національної гвардії на трасі неподалік Ізюма виявили та знешкодили закладений терористами саморобний вибуховий пристрій загальною потужністю 6-7 кг у тротильовому еквіваленті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua/>.
3. Summary of global armoured vehicle market report 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.defenceiq.com/armoured-vehicles/articles/summary-of-global-armoured-vehicle-market-report-2>.
4. Бісик С.П. Аналіз пріоритетних напрямів вдосконалення протимінного захисту бойових броньованих машин / Бісик С.П. // ЦНДІ ОБТ ЗСУ. Зб. наук. праць. – К.: ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2011. – Вип. 19(41). – С. 77–81.
5. Основні типи мін, їх тактико-технічні характеристики та застосування в збройних (локальних) конфліктах / Ю. І. Радковець [та ін.] // Інформаційно-тематичне зведення / Головне управління розвідки. – 2001. – № 2 (8). – 106 с.
6. Guardia M. US Army and Marine Corps MRAPs. Mine Resistant Ambush Protected Vehicles [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ospreypublishing.com.
7. STANAG 4569 edition 1. Protection levels for occupants of logistic and light armored vehicles, NSA/0533-LAND/4569.

8. Бісик С.П. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини / С.П. Бісик, В.А. Голуб, В.П. Корбач // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. Львів: АСВ, 2011. – Вип. 2 (5). – С. 3–6.
9. Adisak Showichen Numerical analysis of vehicle bottom structures subjected to anti-tank mine explosions / Adisak Showichen, Supervisor Dr. A. Hameed // Cranfield University. – 2008. – С. 135–141.
10. Adisak Showichen Numerical analysis of vehicle bottom structures subjected to anti-tank mine explosions / Adisak Showichen, Supervisor Dr. A. Hameed // Cranfield University. – 2008. – С. 151–155.
11. Adisak Showichen Numerical analysis of vehicle bottom structures subjected to anti-tank mine explosions / Adisak Showichen, Supervisor Dr. A. Hameed // Cranfield University. – 2008. – С. 182–192.
12. Бісик С.П. Дослідження вибухового навантаження V-подібної моделі днища бойової машини / С.П. Бісик, І.Б. Чепков, В.А. Голуб, О.Ю. Ларін // ЦНДІ ОБТ ЗСУ. Збірник наук. праць. – К.: ЦНДІ ОБТ, 2012. – Вип. 1 (22). – С. 232–240.
13. Дослідження навантаження вибухом макетів днищ бойових машин / С.П. Бісик, К.Б. Круковський-Сіневич, І.Б. Чепков [та ін.] // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2012. – № 2. – С. 110–118.
14. Чепков І.Б. Модель обосновання технічних рішень захитних пристроїв бойових броньованих машин / І.Б. Чепков // Артиллер. и стрелковое вооружение. – 2011. – № 4. – С. 42–46.
15. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения: монография: [в 4 т.]. Т. 4. Методология исследования сложных систем военного назначения / С.В. Лапицкий, А.В. Кучинский, А.И. Сбитнев [и др.]; ред.: С.В. Лапицкий. – Киев: 2013. – 477 с.

References (transliterated)

1. Vnaslidok pidryvu viiskovoho avtomobilia na mini zahynuly 7 ukrainskykh viiskovykh [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.mil.gov.ua>.
2. Viiskovi ZS Ukrainy ta Natsionalnoi hvardii na trasi nepodalik Iziuma vyjavyly ta zneshkodily zakladenyi terorystamy samorobnyi vybukhovyi prystrii zahalnoi potuzhnosti 6-7 kh u trotylo-vomu ekvivalenti [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.mil.gov.ua/>.
3. Summary of global armoured vehicle market report 2013 [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.defenceiq.com/armoured-vehicles/articles/summary-of-global-armoured-vehicle-market-report-2>.
4. Bisyk S.P. Analiz priorytetnykh napriamiv vdo-skonalennia protyminnogo zakhystu boiovykh bronovanykh mashyn / Bisyk S.P. // TsNDI OVT ZSU. Zb. nauk. prats. – Kyiv: TsNDI OVT ZSU, 2011. – No 19(41). – P. 77–81.
5. Osnovni typy min, yikh taktyko-tekhichni kharakterystyky ta zastosuvannia v zbroinykh (lokalnykh) konfliktakh / Iu.I. Radkovets [ta in.] // Informatsiino-tematychno zvedennia / Holovne upravlinnia rozvidky. – 2001. – No 2 (8). – 106 p.
6. Guardia M. US Army and Marine Corps MRAPs. Mine Resistant Ambush Protected [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: www.ospreypublishing.com.
7. STANAG 4569 edition 1. Protection levels for occupants of logistic and light armored vehicles, NSA/0533-LAND/4569.
8. Bisyk S.P. Chyslove vyrishennia zadachi udarno-khvylovoho navantazhennia plastyny / S.P. Bisyk, V.A. Holub, V.P. Korbach // Viiskovo-tekhichniy zbirnyk / Akademiia Sukhoputnykh viisk. Lviv: ASV, 2011. – No 2 (5). – P. 3–6.
9. Adisak Showichen Numerical analysis of vehicle bottom structures subjected to anti-tank mine explosions / Adisak Showichen, Supervisor Dr. A. Hameed // Cranfield University. – 2008. – P. 135–141.
10. Adisak Showichen Numerical analysis of vehicle bottom structures subjected to anti-tank mine explosions / Adisak Showichen, Supervisor Dr. A. Hameed // Cranfield University. – 2008. – P. 151–155.
11. Adisak Showichen Numerical analysis of vehicle bottom structures subjected to anti-tank mine explosions / Adisak Showichen, Supervisor Dr. A. Hameed // Cranfield University. – 2008. – P. 182–192.
12. Bisyk S.P. Doslidzhennia vybukhovoho navantazhennia V-podibnoi modeli dnyshcha boiovoi mashyny / S.P. Bisyk, I.B. Chepkov, V.A. Holub, O.Iu. Larin // TsNDI OVT ZSU.

- Zbirnyk nauk. prats. – Kyiv: TsNDI OVT, 2012. – No 1 (22). – P. 232–240.
13. Doslidzhennia navantazhennia vybukhom maketiv dnyshch boiovykh mashyn / S.P. Bisuk, K.B. Krukovskiy-Sinevych, I.B. Chepkov [ta in.] // Mekhanika ta mashynobuduvannia. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2012. – № 2. – P. 110–118.
14. Chepkov I.B. Model' obosnovaniya tehniceskikh reshenij zashhitnykh ustrojstv boevykh bronirovannykh mashin / I.B. Chepkov // Artiller. i strelkovoe vooruzhenie. – 2011. – No 4. – P. 42–46.
15. Osnovy voenno-tehnicheskikh issledovanij. Teoriya i prilozheniya: monografija: [v 4 t.]. T. 4. Metodologija issledovanija slozhnykh sistem voennogo naznachenija / S.V. Lapickij, A.V. Kuchinskij, A.I. Sbitnev [i dr.]; red.: S.V. Lapickij. – Kiev: 2013. – 477 p.

Поступила (received) 19.01.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Розробка протимінного захисту, виходячи зі специфіки вимог до транспорту спеціального призначення для миротворчих гуманітарних місій / Мазур І.В., Ткачук Г.В., Набоков А.В. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: машинознавство та САПР. – Харків: НТУ "ХПІ", 2017. – № 12 (1234). – С. 65–75. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-0775.

Разработка противоминной защиты, исходя из специфики требований к транспорту специального назначения для миротворческих гуманитарных миссий / Мазур И.В., Ткачук А.В., Набоков А.В. // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Машиноведение и САПР. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2017. – № 12 (1234). – С. 65–75. – Библиогр.: 15 назв. – ISSN 2079-0775.

The development of mine protection, based on the specific requirements for special purpose transport for peacekeeping humanitarian missions / Mazur I.V., Tkachuk A.V., Nabokov A.V. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Engineering and CAD. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – 12 (1234). – P. 65–75. – Bibliogr.: 15. – ISSN 2079-0775.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мазур Ігор Віталійович – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", аспірант кафедри "Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин", інженер – конструктор, ДП "Харківське конструкторське бюро з машинобудування імені О.О. Морозова"

Мазур Ігорь Віталієвич – Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", аспирант кафедры "Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин", инженер – конструктор, ГП "Харьковское конструкторское бюро по машиностроению имени А.А. Морозова"

Mazur Igor – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", past graduate student of Theory and Systems of Mechanisms and Machines Automated Design Department, engineer–designer of State Enterprise "Kharkiv Machine Building Design Bureau named after A.A. Morozov"

Ткачук Ганна Володимирівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", старший науковий співробітник кафедри "Інформаційні технології і системи колісних і гусеничних машин ім. О.О. Морозова", тел.: (057) 707-63-35.

Ткачук Анна Владимировна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", старший научный сотрудник кафедры "Информационные технологии и системы колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова", тел.: (057) 707-63-35.

Tkachuk Ganna – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Senior Researcher at Information Technology and Systems of Wheeled and Tracked Machines behalf of A.A. Morozov Department; tel.: (057) 707-63-35

Набоков Анатолій Владимирович – Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", аспірант кафедри "Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин", тел.: (057) 707-69-01.

Набоков Анатолий Владимирович – Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", аспирант кафедры "Теория и системы автоматизированного проектирования механизмов и машин", тел.: (057) 707-69-01.

Nabokov Anatoliy – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", post-graduate student Department of Theory and Computer-Aided Design of Mechanisms and Machines; tel.: (057) 707-69-01.