

ОТВЕТ НА СТАТЬЮ ДЖЕРЕМИ САЛЛИВЕНА И ДР. «ТЕХНИЧЕСКИЕ ОБСУЖДЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ «ПАТРИОТ» ВО ВРЕМЯ ВОЙНЫ В ПЕРСИДСКОМ ЗАЛИВЕ»

Роберт М. Стейн, Джон П. Кантелис, и Питер Д. Циммерман

Роберт М. Стейн является вице-президентом компании «Рейтеон» по перспективным системам, Джон П. Кантелис работает старшим инженером по основным системам в той же компании, а Питер Д. Циммерман работает в Госдепартаменте США (во время написания статьи он был руководителем компании «Циммерман Ассошиэйтс»).

Замечание: Мнения, выраженные в данной статье, полностью являются личными мнениями авторов и не обязательно отражают точки зрения Госдепартаamenta США (Циммерман) или компании «Рейтеон» (Стейн, Кантелис), или любой другой организации, с которой связаны, или были связаны, авторы.

ВВЕДЕНИЕ

В 1993 году Совет по общественным связям Американского физического общества организовал рабочую группу под председательством Джереми Салливена для обсуждения дебатов, происходивших за два с половиной года до этого, по поводу эффективности системы «Патриот» в войне в Персидском заливе. В мае 1993 г. Салливен и его рабочая группа провели однодневное совещание, на которое были приглашены некоторые из участников этих дебатов, для представления их мнения. Сейчас, почти через шесть лет, и почти через девять лет после войны, рабочая группа (группа Салливена) опубликовала отчет о своих исследованиях¹. Несмотря на то, что мы почти полностью согласны с «Полученными уроками» высокого уровня, которыми завершается отчет Салливена, мы расходимся с ним в оценке многих основных выводов и детальных обсуждений.

Наш ответ будет касаться четырех конкретных вопросов:

Критерии успеха. Мы утверждаем, что Постол и Льюис (Пил) создали такую методологию и систему критериев «неудачи», согласно которым «Патриот» гарантированно не мог обеспечить «успешного» перехвата в войне в Персидском заливе. Однако, рабочая группа, сильно сосредоточившись на деталях, похоже, упустила из виду этот важнейший вопрос. Мы покажем, что только один из критериев Пил является несомненно однозначным (наличие значительных наземных разрушений), и он относится только к 28% (8 из 29 «событий») «неудач» «Патриотов». Мы покажем, что из оставшихся 72% (21 «событие») все, кроме четырех

¹ В предварительном отчете рабочей группы 1993 года (Jeremiah Sullivan, et al., “Report of the ROPA Ad Hoc Panel on Patriot and Theater Missile Defense”, 14 September 1993) утверждалось, что публикация короткой статьи «улучшит понимание...определяющих вопросов дебатов по Патриоту», но предупреждалось, что «Подготовка и окончательная публикация статьи потребует сотрудничества между Армией, компанией Рейтеон, и группой МТИ». К сожалению, насколько нам известно, в течение всех пяти лет между маем 1993 года и публикацией рукописи отчета Салливена, ни один из критиков анализа Постала и Льюиса даже не был проинформирован о продолжении работы группы Салливена, не был приглашен участвовать в работе группы, у них не попросили дополнительных материалов, помимо тех, которые были представлены пять лет назад, и их не попросили ответить на любые вопросы. Напротив, в ссылке 32 к докладу Салливена отмечается, что «В течение длительного времени подготовки отчета Постол и Льюис ... ответили на многочисленные подробные вопросы о всех аспектах их работы.»

(17 событий), определены по критериям неудачи, которые имеют мало определенно научное обоснование (если они вообще его имеют)².

Оценка результата по анализу видеоизображений. Этот вопрос является основой технологии ПиЛ и ее противоречивости – общее определение летального или нелетального конечного расстояния промаха по изучению некалиброванных и медленных видеозаписей журналистов, сделанных по время войны в Персидском заливе. Однако, несмотря на многолетние обсуждения и аргументации, из этого анализа было определено только 14% событий из всех «неудач» ПиЛ (четыре события из упомянутых выше в разделе «Критерии успеха» («всех, кроме четырех»)). Этот вопрос, даже для этих четырех событий, заключается в том, выдерживает ли методология ПиЛ детальный анализ, и способна ли она дать однозначные выводы. Мы покажем, что оценка результата по анализу видеоизображений Постола и Льюиса не дает однозначных результатов, и что на определение неудачи по этой методологии полагаться нельзя. В этом отношении наши выводы существенно отличаются от выводов рабочей группы³.

Ошибки и пропуски. В отчете Салливена имеются ошибки и пропущены несколько важных фактов. Многие из этих ошибок влияют на выводы из их анализа. Мы исправим несколько из наиболее важных ошибок, дополним пропущенные факты и подчеркнем их значение.

Значение дебатов по системе «Патриот» и полезность анализа видеоизображений ПиЛ. На основе всего указанного выше, мы полагаем, что в этих продолжительных дебатах не осталось никакого значения как для системы «Патриот», так и для обороны от ракет театра боевых действий в целом⁴. Сегодня как система «Патриот» (которая после войны претерпела две значительных модернизации), так и другие системы противоракетной обороны на театре боевых действий развиваются успешно, и их развитие непосредственно не связано с анализом или проблемами ПиЛ, хотя это и отмечалось рабочей группой⁵.

В оставшейся части статьи мы подробно обсудим каждую из этих четырех тем.

² Как будет обсуждено ниже, эти четыре события (A2, A10, A12 и A13 из таблицы А отчета Салливена) были классифицированы исключительно на основе наблюдавшихся на видеозаписях больших промахов как критерия определения событий как неудачных.

³ На странице 17 отчета рабочая группа утверждает «если кажущееся расстояние промаха достаточно велико, то данные видеозаписей предоставляют *однозначное* доказательство промаха [курсив добавлен].» Для чего оно «достаточно велико», в отчете не объясняется, что заставляет предполагать, что они имели в виду нечто более фундаментальное, чем простое заявление о том, что если промах достаточно велик, чтобы быть однозначным, то он однозначен. Каково бы ни было подразумеваемое значение, в своем отчете рабочая группа фактически приравнивает «достаточно большое» к отсутствию того, что названо «перекрытием огненных шаров», и для чего они принимают обозначение ПиЛ «явный промах». Мы покажем, предоставив противоположный пример, что отсутствие перекрытия огненных шаров не определяет неудачи однозначно при рассмотрении соответствующих интересующих интервалов расстояний промаха.

⁴ Некоторые утверждают на протяжении многих лет, что эти дебаты и их окончательное решение имеют фундаментальное значение для будущего противоракетной обороны на театре боевых действий. Мы не подписываемся под этим заявлением о «фундаментальной важности», и покажем, что даже если Постол и Льюис были правы, во что мы не верим, эволюция противоракетной обороны на театре боевых действий на протяжении последних десяти лет не сильно бы зависела от этого.

⁵ На странице 33 отчета рабочей группы утверждается, что текущий уровень понимания не позволяет экстраполировать характеристики «Патриота» в войне в Персидском заливе на модернизации, проведенные после войны, поскольку они неправильно идентифицированы и описаны только частично (см. наш раздел «Ошибки и пропуски»). На странице 34 они утверждают, что ничего из того, что ими изучалось, не влияет непосредственно на характеристики как запланированных модернизаций «Патриота», как и любых других будущих систем противоракетной обороны на театре боевых действий.

КРИТЕРИИ «УСПЕХА» ПОСТОЛА И ЛЬЮИСА ПРАКТИЧЕСКИ ГАРАНТИРУЮТ 100% НЕУДАЧУ

Фактически Пил требуют, чтобы перед тем, как расценить любое столкновение «Патриота» со «Скадом» в операции «Буря в пустыне» как «успешное», оно должно пройти проверку по четырем особым критериям. Таблица 1 в нашей статье группирует 29 событий «Скадов» из таблиц А и Б отчета Салливена по этим четырем критериям. К этим четырем критериям мы добавили категорию «прочие», поскольку Пил расценили два события из 29 как «неудачи» на основании «прочих» факторов, несмотря на то, что эти два события удовлетворяли всем четырем особым критериям.

1. Наземные повреждения. Поврежденный «Скад» не может вызвать никаких существенных разрушений на поверхности. Этот критерий аналогичен тому, который используется Армией для оценки событий, и с ним мы согласны. Очевидно, что «Скады», вызвавшие значительные наземные повреждения, не были успешно перехвачены. Восемь из 29 «событий» Пил (28%) были расценены как «неудачи» на основании этого критерия и они не зависят от любого другого менее убедительного анализа «видео-доказательств».

2. «Явные промахи». Даже при отсутствии сообщений о наземных повреждениях, ракета «Скад», или, если ракета разрушается, то ее отделенная боеголовка (фактически, головная часть, или ГЧ) которая, как предполагали и Постол с Льюисом, и рабочая группа, видна на видеозаписях как падающее световое пятно, должна перекрываться по крайней мере с одним огненным шаром «Патриота» (это называется «перекрытием огненных шаров») на видеокadre, который содержит первое появление огненного шара. Любой перехват, который не приводит к перекрытию огненных шаров, будет считаться «явным промахом»⁶. Это является частью анализа Пил, в которой, как представляется, была проведена наибольшая работа, и для которой были представлены наиболее убедительные и технически защитимые аргументы. Четыре из 29 «событий» Пил (14%) были расценены как «неудачи» на основании невыполнения этого критерия⁷.

3. Выходящие с высокой скоростью пятна света. При отсутствии сообщений о значительных наземных повреждениях и в случае перекрытия огненных шаров, любая особенность (например, световое пятно), выходящее из огненного шара после того, как он перекрыл головную часть, должна двигаться по траектории, отличной от траектории входящего светового пятна, и в некоторых случаях должна изменять свой внешний вид. Три события (10%) было классифицировано как неудачные на основе невыполнения этого критерия.

4. Световые вспышки на поверхности. В дополнение к трем указанным выше критериям, после столкновения на поверхности не должно наблюдаться световой вспышки. Двенадцать событий (41%, максимальное значение среди всех категорий) было классифицировано как неудачные на основе этого критерия⁸.

Прочие. Два оставшихся события (7%), выдержавшие проверку по четырем указанным выше критериям, тем не менее, также были объявлены «неудачами». Одно из таких событий было определено как «неудачное», несмотря на то, что не сообщалось ни о каких наземных разрушениях, произошло перекрытие огненных шаров, объект, вышедший из огненного шара, заметно изменил свой внешний вид, а наземной вспышки не наблюдалось. Причинами, по которым Пил засчитали такие события как неудачные, являются неправильный аргумент о выводе боеголовок из строя осколками «Патриота» (смотри наш раздел «Суще-

⁶ Это не является их критерием как таковым (они рассуждают в терминах трех «расстояний скачка»), но фактически, в терминах их анализа видеоизображений, «перекрытие огненных шаров» переходит в почти эквивалентный критерий.

⁷ Мы исключаем из этой классификации два события – А15 и А16 из таблицы А в отчете Салливена – поскольку оба эти события связаны с другой попыткой перехвата, которая была скрыта за облаками, и поэтому они не могут в данном случае классифицироваться иначе, как «явные промахи».

⁸ Мы включаем событие В5 в эту категорию, несмотря на то, что рабочая группа, основываясь на том факте, что Пил не знали, находится ли этот «Скад» в районе, защищаемом «Патриотами», обозначили его как «прочего», а не как «неудачу». Мы включили его потому, что рабочая группа утверждала на странице 20, что если бы не неопределенность с защищаемым районом, они классифицировали бы его как неудачу из-за наличия наземной вспышки.

ственные ошибки и пропуски») и отсутствие доступной общественности информации о том, что «Патриот» вывел из строя боеголовку⁹. Другая «неудача» связана с тем, что Пил, несмотря на отсутствие наземных повреждений, и на отсутствии видеозаписей, показывающих что-либо, кроме начального появления «Скада» и двух последующих запусков «Патриотов», пришли к выводу о том, что перехват был неудачным, поскольку «Патриоты» были запущены слишком поздно. В лучшем случае неясно, как они пришли к этому выводу, не имея определенных данных о траектории «Скада» и точке прицеливания по отношению к местам запуска «Патриотов», высоте первого появления «Скада» и конкретным характеристикам торжжения этой ракеты. К чести рабочей группы, они рассматривают это событие как «особый случай» (страница 20) и делают оговорку о «качестве доказательств Пил».

Таблица 1. 29 событий «Скадов» Постола и Льюиса, упорядоченные по пяти основным критериям «неудачи».

Критерий «неудачи»	Количество событий по критерию	Доля в процентах	Наиболее убедительные аргументы Постола и Льюиса за «неудачи»	Номера событий	Примечания
1. Наземные повреждения	8	28	Сообщения о значительных наземных разрушениях (СЗНР)	A1,A3,A7,A9, A11,B1,B11, B12	Критерий аналогичен используемому в армейских оценках
2. Явные промахи	4	14	СЗНР нет, все перехваты выглядят как «явные промахи» (ЯП, по терминологии Пил)	A2,A10,A12, A13	К этой категории принадлежат также события A1,A3,A7,A9 из категории СЗНР
3. Быстро выходящие световые пятна	3	10	Неизменное световое пятно или траектория (НСП/Т), выходящее из огненного шара Патриота после перехвата	A5,A14,A17	Нет СЗНР, нет доказательств того, что все перехваты были явными промахами
4. Наземные вспышки	12	41	Наблюдается наземная вспышка (НВ).	A6,A8,A15, A16,B2,B3, B4,B5,B6,B7, B8,B9	Нет СЗНР, нет доказательств того, что все перехваты были явными промахами, нет НСП/Т
Прочие	2	7	Как по тексту	A4,B10	См. раздел «Прочие»

Мы перечислили критерии Пил в порядке, который, по нашему мнению, соответствует уменьшению их обоснованности. В частности, критерии 3, 4 и «прочие» значительно менее обоснованны и надежны, чем критерии 1 и 2. Более того, комбинации третьего, четвертого и «прочего» критериев не так то просто удовлетворить, если только «Скад» буквально не развалится при перехвате «Патриотом». Ни один из наиболее активных сторонников «Патриота» не говорил о том, что «Патриоты» приводили к развалу «Скадов» на осколки во время операции «Буря в пустыне». Фактически, *при игре по правилам Постола и Льюиса практически невозможно получить успешную оценку для «Патриота»*. Нас удивляет, что

⁹ Для этого столкновения, после прохождения критериев явного промаха, выходящего объекта и наземной вспышки, Пил, согласно рабочей группе, привлекают три причины для его классификации как неудачи: 1.) их аргумент о том, что осколки «Патриота» не могут обезвредить боеголовку «Скада» иначе, как детонацией ее взрывчатого вещества (в главе «Ошибки и пропуски» и разделе «Осколки боеголовки Патриота и обезвреживание боеголовки Скада» показано, что этот аргумент неправилен); 2.) тот факт, что Армия не предоставила никаких доказательств того, что «Патриот» вызвал обезвреживание боеголовки; и 3.) информацию от анонимного источника.

рабочая группа никогда не обращалась к исходящему из здравого смысла следствию из всей последовательности критериев успеха Пил, т.е. практической невозможности удовлетворения всех их критериев для любого события.

58% «неудач» Патриота по критериям Пил определяются из критериев 3, 4 и «прочее». Использование критерия «прочее» неприемлемо в принципе, поскольку к этой категории можно отнести все успешные перехваты. Третий и четвертый критерии могут быть поддержаны, если только неудача попытки перехвата является единственно возможным объяснением выходящего светового пятна или наземной вспышки. Неудача перехвата не является единственно возможным объяснением, как будет показано ниже.

Выходящие с высокой скоростью пятна света. Является ли наличие быстро движущегося светового пятна со сравнительно неизменной траекторией, выходящего из огненного шара «Патриота», независимым доказательством неудачи перехвата¹⁰? Мы полагаем, что нет. Это означает только, что бы ни заставляло физический объект представляться на видеокамере в виде падающего светового пятна до перехвата, то тот же или похожий механизм продолжает действовать в какой-то форме и после перехвата, т.е. «Скад» не развалился, и передача импульса от «Патриота» к «Скаду» или изменение аэродинамических характеристик «Скада» не были достаточными для заметного изменения траектории «Скада». Фактически неизменная траектория означает, что «Скад» был поражен летальным, но небольшим количеством осколков. Простое присутствие быстро движущейся световой точки не позволяет определить, является ли световое пятно головной частью, осталась ли боеголовка «Скада» функционирующей, была ли пробита оболочка боеголовки «Скада», что приведет к невозможности полноценного взрыва, и были ли повреждены проникновением осколков взрыватель, батареи, кабели, системы безопасности и зарядания.

За все годы работы Пил, и за шесть лет работы группы над своим отчетом, ни Пил, ни рабочая группа так и не смогли дать определенного объяснения причины или источника наблюдаемого светового пятна¹¹. Построение критерия успеха или неудачи только на основании качественного проявления или характеристик явления, которое не может быть объяснено, в лучшем случае, является сомнительным. Удивительно, что рабочая группа, кажется, приняла то, что Пил использовали это для многих своих оценок.

Световые вспышки на поверхности. Если быстро движущееся световое пятно (третий критерий) не является убедительным доказательством неудачи, то что можно сказать о световых вспышках на поверхности (четвертый критерий)? Он является основанием почти для половины заявленных Пил неудач. Подобные вспышки означают мало, кроме того факта, что произошло значительное выделение энергии, когда что-то ударило о поверхность. На основании доступных видов видеозаписей нельзя сделать вывода о том, что эта энергия выделилась из химического источника, такого, как детонация боеголовки или взрыв неизрасходованного топлива из бака в воздухе, от преобразования кинетической энергии в тепло, вызванного ударом быстро падающего тела по поверхности, или от комбинации этих факторов.

¹⁰ Согласно интерпретации в отчете Салливена, Пил используют появление неизменной траектории быстродвижущегося светового пятна из огненного шара как обоснование для классификации столкновения как неудачного, даже при наличии перекрытия огненных шаров, отсутствии наземной вспышки и отсутствии сообщений о наземных повреждениях (смотри события А5, А14 и А17 на странице отчета Салливена). Хотя в отчете и обсуждается значение изменений в качественном проявлении светового пятна до и после перехвата, это, по-видимому, не оказывает реального влияния на оценку событий по методу Пил. Качественно события А5 и А17 выглядят одинаковыми, А17 выглядит по-другому, но все три события были классифицированы как неудачные на основании их траекторий.

¹¹ На страницах 24 и 25 рабочая группа представляет серию возможных объяснений появления светящегося пятна на видеоизображениях и отвергает их одно за другим (например, «кажется очевидным, что нагрев боеголовки только из-за аэродинамического трения не может быть основным источником оптического излучения, наблюдаемого на видеоизображениях»). Они смогли прийти только к одному реальному выводу, к которому мог бы прийти любой, рассматривающий изображения без всякого анализа («Тем не менее, фактом является то, что почти на всех изображениях виден какой-то объект, движущийся очень быстро на всем отрезке траектории до самой земли.»)

Рабочая группа уделила большое внимание феноменологии наземных вспышек. К сожалению, они делали это не в широкой перспективе установления круга возможных альтернативных объяснений источника наземных вспышек, а в гораздо более узкой перспективе определения того, могут ли вспышки быть вызваны детонацией боеголовок¹². После длительного обсуждения имеющихся осложнений, отсутствия детальных сведений об условиях внутри боеголовки «Скада», ограничений, связанных с малой частотой кадров видеокамер, недостаточного динамического диапазона регистрирующих матриц коммерческих видеокамер, отсутствия калибровки видеокамер, искажения цвета, вызванного системой автоматического управления усилением камеры, искажений, вызванных атмосферными эффектами, и т.д., они пришли к выводу, что наземные вспышки, наблюдавшиеся на видеозаписях, согласуются с «оптическим излучением, ожидаемым на пост-детонационной стадии взрыва Тритонала». Все другие возможные объяснения были отклонены¹³.

Во всем длительном обсуждении наземных вспышек рабочая группа никогда даже не упоминала возможность появления вспышек благодаря кинетической энергии, высвобождаемой при ударе целого «Скада» или тяжелого быстро движущегося объекта, такого, как секция с поврежденной боеголовкой, которая разрушается на последней стадии полета. В их собственной таблице в Приложении Б рабочая группа рассчитала энергию, высвобождаемую при падении целой ракеты без взрыва (2300 миллионов джоулей) и химическую высвобождаемую энергию при взрыве боеголовки (1100 миллионов джоулей). Если взрывающаяся боеголовка прикреплена к не разрушенной ракете, то суммарное энерговыделение достигнет суммы этих двух энергий, или 3400 миллионов джоулей. Рабочая группа даже не представила никаких доказательств того, что случай исключительно кинетического удара *без детонации боеголовки* можно отличить от случая с приблизительно на 50% меньшей энергией (взрыв отделившейся боеголовки) и от случая с приблизительно на 50% большей энергией (взрыв неотделившейся боеголовки). Напротив, видеозаписи исключительно кинетических соударений армейской противотанковой ракеты прямой наводки (ЛОСАТ) с гораздо меньшей преобразованной кинетической энергией, чем у падающего «Скада», выглядят поразительно похожими, по крайней мере по началу вспышки и по скорости затухания, на наземные вспышки на видеозаписях войны в Персидском заливе¹⁴. Недавние испытания с столкновениями вольфрамовых кубиков весом в 7,5 г со скоростью 2 км/с, проведенные на

¹² Вопрос, выбранный ими для изучения (на страницах 27 – 29), таков: «Согласуются ли наблюдаемые наземные вспышки с тем, что ожидается увидеть на коммерческих видеоизображениях при взрыве (детонации) боеголовки Скада, наблюдаемом на расстоянии?». Скорее можно было бы ожидать анализа таких вопросов, как «Каковы возможные источники наземных вспышек, наблюдаемых на коммерческих видеоизображениях?», или «Как сравнить между собой альтернативные объяснения наземных вспышек, наблюдаемых на коммерческих видеоизображениях?». К сожалению, они кратко рассмотрели только один другой возможный источник наземной вспышки и совсем не рассматривали возможность вспышки от обычного кинетического соударения.

¹³ Рабочая группа вкратце обсуждала возможность выгорания остаточного топлива или вго взрыва на поверхности, в баках, оторвавшихся от боеголовки, или летящих вместе с ней. Тем не менее, они исключили такую возможность на основании неверного аргумента по определению неразорвавшихся боеголовок, и их утверждения, что «за исключением трех известных неразорвавшихся боеголовок, все боеголовки детонировали при ударах». Этот аргумент, неправильность которого мы будем обсуждать ниже, привел их к отказу от возможности сгорания топлива. («Следовательно, механизм сгорания топлива не может служить альтернативным объяснением.»).

¹⁴ Рабочая группа упоминает о видеоизображениях ЛОСАТ, но в другом разделе своего отчета (страница 23), в котором рассматривается история дебатов и анализ Циммермана. Циммерман заинтересовался анализом видеозаписей доктора Постола и стал его противником после того, как он увидел его по телевидению в 1991 году. Циммерман выступал на слушаниях комиссии палаты представителей по правительственным операциям и представил свои результаты рабочей группе на однодневном совещании в мае 1993 года. К сожалению, рабочая группа только отметила, что Циммерман изменил свои взгляды на вопрос о кажущемся диаметре огненных шаров на видеоизображениях, и не стала рассматривать и даже замечать основную часть аргументов Циммермана.

установке ДАСА в Щробенхаузене в Германии по экспериментальной программе НАТО для противовоздушной обороны со средне увеличенным радиусом действия, в которых кинетическая энергия удара была на пять порядков величины меньше, чем у не взорвавшихся «Скадов», также показали наличие характерных ярких вспышек. Простой вывод таков, что яркие видимые вспышки не обязательно связывать с взрывами боеголовок, и поэтому их нельзя использовать как критерий для решения о неудаче перехвата.

Большая часть аргументов рабочей группы по наземным вспышкам вытекает из их убежденности в том, что почти все ударяющиеся боеголовки «Скадов» *взрывались* на поверхности. Их убеждение проявляется в их определении понятия «Несработавшая боеголовка». Рабочая группа определяет ее как ракету «Скад», которая не взрывается при соударении с поверхностью («когда боеголовка Скада достигает поверхности, она либо взрывается, либо является недействующей») ¹⁵. На основании этого определения и того факта, что Армия сообщила о находке только четырех несработавших боеголовок ¹⁶, рабочая группа делает вывод (неверный) о том, что каждая из оставшихся боеголовок «Скадов» взорвалась. Что и требовалось доказать, или так они полагают.

Основная ошибка всего этого заключается в том, что слово «несработавшая боеголовка», которое является ключевым в логике рабочей группы, означает для них несколько другое, чем то, что под этим понимают в Армии. Рабочая группа определяет несработавшую боеголовку как ту, которая не взорвалась. Армия классифицирует четыре «Скада» как несработавшие, потому что они были достаточно целыми для того, чтобы подтвердить их несработавшие *на основе оставшихся обломков*. Это не означает, что все другие боеголовки «Скадов» взорвались при ударе о поверхность. Напротив, и другие боеголовки тоже могли не взорваться, на что указывает наличие довольно мелких кратеров в точке удара, кратеров, диаметр и глубина которых не согласуются с теми, которых следовало бы ожидать от полноразмерных взрывов, и отсутствием других поражающих факторов детонации в окрестности точки удара. Известно, что такие события происходили, поскольку были найдены части секций «Скада» для вооружения и для системы наведения, в которых были обнаружены отверстия от осколков «Патриота» и застрявшие в них другие части ракеты «Патриот» ¹⁷. Именно эта «нестыковка» определений и побудила рабочую группу сделать выводы и построить аргументацию на ошибочном аргументе, что только три их перехваченных «Скадов» не взорвались на поверхности.

Рабочая группа отвергла альтернативные объяснения наземных вспышек на основании их определения «несработавших боеголовок». Они построили внешне самосогласованную картину, которая вкратце сводится к следующему: 1) поскольку Армия сообщила только о нескольких несработавших боеголовках, то должны были произойти много взрывов боеголовок «Скад» на поверхности; 2) поскольку на поверхности было много взрывов, то должно быть много наземных вспышек; 3) поскольку наземные вспышки, наблюдаемые на видеозаписях прессы, «...согласуются с оптическим излучением, ожидаемом от... взрывов боеголовок Скад», так что каждая наземная вспышка на видеозаписях подтверждает взрыв боеголовки «Скада», и, следовательно, неудачу «Патриота» («Таким образом, за исключением

¹⁵ См. страницу 27. Они признали возможность третьего варианта – что боеголовка может быть повреждена и мощность ее взрыва значительно уменьшится, аналогично горению открытого фейерверка, но отвели ее как несущественную, поскольку «Армия сообщила только о двух таких случаях во время войны в Персидском заливе.»

¹⁶ См. страницу 27. Только три из этих четырех «Скадов» перехватывались «Патриотами» и в одном из этих трех случаев у Пил была видеозапись всего пути вплоть до земли. Кажется, что рабочая группа придавала большое значение тому факту, что на этой одной видеозаписи не было видно наземной вспышки (это выделено курсивом). Однако, они не стали абсолютно обобщать этот единственный случай на все поврежденные боеголовки (или наоборот, не стали связывать присутствие наземной вспышки с нормальным функционированием боеголовки).

¹⁷ Несмотря на замечание рабочей группы на странице 10 о том, что «из опубликованных сообщений не ясно, были ли найдены осколки «Патриотов» в найденных боеголовках Скадов», такие свидетельства об отверстиях, пробитых осколками «Патриотов» (осколки слишком малы, и, вероятно, они разрушились или отделились) в частях ракеты и найденных боеголовках особо обсуждались на совещании с рабочей группой в мае 1993 года.

несработавших боеголовок, все целые боеголовки «Скада» должны взорваться при соударении с поверхностью, и поэтому все случаи, в которых боеголовка была прослежена на всем пути до поверхности, содержат видеоизображения детонации боеголовки»). Этот простой аргумент обладает двумя фундаментальными недостатками. Во-первых, как мы обсуждали выше, очевидно, что детонирующая боеголовка не является единственно возможной причиной появления наземной вспышки. Во-вторых, предположение, сделанное рабочей группой, согласно которому все боеголовки, за исключением отождествленных Армией несработавших боеголовок, взорвались на поверхности, является неверным, и возникло в результате недопонимания использования термина «несработавшая боеголовка» в Армии.

В результате 8 из 29 событий Пил (28%) связаны с серьезными наземными разрушениями и могут быть оценены как неудачные попытки перехвата «Патриотами». 17 дополнительных событий (58%)¹⁸ отнесены Пил к неудачам на основании критериев, которые либо неоднозначны, либо не имеют ясного научного обоснования, включающих выходящие быстро движущиеся световые пятна, наземные вспышки, и два других события, для которых основания для неудачной оценки вообще не поддаются характеристике. Это оставляет для последующего рассмотрения только 4 из 29 событий (14%), те, в которых основным доказательством являются видеозаписи перехватов с «явными промахами» (по нашим критериям два). Интересно, что в этих четырех столкновениях¹⁹ с отсутствием сообщений о наземных разрушениях и «явными промахами», только два стали предметом разногласий между интерпретацией Пил и оценками Армии²⁰. В обоих случаях имеются серьезные аргументы в поддержку успеха – в одном случае были обнаружены остатки «Скада» с отверстиями от осколков «Патриота», а во втором в остатках «Скада» были обнаружены застрявшие фрагменты «Патриота». Это оставляет необъясненным один из элементов загадки – каким образом для этих двух столкновений могут существовать такие серьезные доказательства успеха, когда на видеозаписях видны только «явные промахи». Мы можем просто отбросить эти два случая, как слишком малочисленные, чтобы обращать на них внимание²¹, или мы можем постараться объяснить, почему иногда даже большие, по представлению на видеозаписи,

¹⁸ Они включают события А5, А14 и А17 по третьему критерию; А6, А8, А15, А16, Б2, Б3, Б4, Б5, Б6, Б7, Б8, и Б9 по четвертому критерию, и А4 и Б10 по критерию «прочих».

¹⁹ Анализ событий с указаниями только на «явные промахи» фактически включает восемь событий (случаи категорий Ф1, Ф2 и Ф3 в таблице А отчета рабочей группы, за исключением А15 и А16). Из общего числа в 29 событий должны быть исключены все 12 событий таблицы Б; семь событий из таблицы А, у которых имеется хоть одно перекрытие с огненным шаром, и для которых нельзя ничего сказать о промахе (А4, А5, А6, А8, А11, А14 и А17); и события А15 и А16 из таблицы А, для обеих из которых по крайней мере одно столкновение закрыто облаками. После этого остается восемь событий, четыре из которых (случаи категории Ф1 из отчета рабочей группы) связаны с обширными наземными повреждениями (и поэтому не проверяются), а четыре (обсуждающиеся ниже) не связаны с ними.

²⁰ Предположение о том, что явное разногласие между оценками Армии и случаями Пил с одними «явными промахами» имеется только в двух столкновениях, обсуждалось с рабочей группой на ее совещании в мае 1993 года. Хотя она сослалась на это предположение с интересом в своем предварительном отчете в сентябре 1993 года, в отчете 1999 года они не упомянули ни о предположении, ни об его обсуждении.

²¹ В ряде случаев рабочая группа отбрасывает целые классы событий на основании того факта, что в каждом случае число рассматриваемых событий мало. К ним относятся рассмотрение соударений «Скадов», при которых они не разваливаются (они предполагают, что число событий мало, но не имеют прямых доказательств – страница 5 и сноска 7); огненные шары «Патриотов», которые появляются впереди световых пятен, которые принимаются за «Скады» (страница 27); «Скады», которые соударяются и медленно сгорают (страница 27); и столкновения, которые классифицируются Армией как «поражения миссии» (страница 31). К сожалению, число столкновений, анализируемых Пил, с самого начала было невелико, а специфические классы видеодоказательств, на которые опираются Пил при своих оценках, также невелико (например, связанных с промахами – четыре, с выходящими быстро движущимися объектами – три; с наземными вспышками – двенадцать). В такой проблеме с малыми наборами образцов следует очень осторожно относиться к отбрасыванию целых классов событий на основе «малого количества».

промахи могут фактически быть успешными попытками перехвата. В следующем разделе мы рассмотрим этот вопрос.

ВИДЕОИНФОРМАЦИЯ О КОНЕЧНОЙ СТАДИИ СТОЛКНОВЕНИЯ И «ЯВНЫЕ ПРОМАХИ»

Гораздо более убедительным по сравнению с выходящими яркими пятнами, по крайней мере, с их причинной интерпретацией, представляется анализ коммерческих видеоизображений Пил на той стадии, где происходит взрыв боеголовки «Патриота». Из видеозаписи длиной в доли секунды Пил делают выводы при помощи геометрических аргументов о том, что некоторые перехваты (четыре²², по нашим критериям – два) были неудачными в основном из-за кажущегося разделения между «Скадом» и огненным шаром «Патриота» на видеоизображении в приблизительный²³ момент детонации. В этом разделе мы покажем, что Пил благодаря своему излишнему упрощению геометрии перехвата создали методологию оценки видеоизображений, которая обладает потенциалом (в отдельных случаях) трактовать успешные попытки перехвата как «явные промахи», а вслед за этим рабочая группа поддержала эту методологию.

В своем анализе Пил представили упрощенную модель геометрии перехвата «Скада» «Патриотом». Во-первых, они не приняли во внимание угол атаки²⁴ «Патриота» на последних стадиях перехвата. Поскольку алгоритмы «оптимального управления» «Патриота» определяют, что оставшееся время приближается к нулю, а расстояние промаха остается конечным, система управления будет пытаться достичь максимального поперечного ускорения в самом конце (и поэтому, в зависимости от высоты и скорости, автопилот будет устанавливать большие углы атаки). Это изменяет положение угла конуса подрыва и угла разброса боеголовки по отношению к вектору скорости ракеты «Патриот» и на деле может либо увеличить, либо уменьшить летальность на последней стадии, в зависимости от направления угла атаки по отношению остальной геометрии конечного участка перехвата. Этот эффект не учитывался в анализе Пил. Во-вторых, модель перехвата Пил является двумерной с антипараллельными траекториями, в то время как фактическая геометрия обычно трехмерна, а траектории могут пересекаться, иногда под значительными углами. Мы покажем, что если исправить эти ошибки, связанные с упрощением, то может получиться существенно отличная оценка видеоизображений, в которой «явные промахи» Пил фактически станут успешными поражениями.

Анализ рабочей группой геометрии конечного участка перехвата включает несколько единиц длины для описания относительного положения «Скада» и «Патриота». Среди них есть «расстояние промаха» и параметр, который назван рабочей группой как MDT – расстояние, разделяющее «Скад» и «Патриот» в момент детонации боеголовки. Похоже, что рабочая группа использует эти расстояния как взаимозаменяющие²⁵, когда в действительности эти расстояния различаются существенными способами.

²² Фактически Пил включили восемь событий с «явными промахами». Мы обращаем особое внимание на эти четыре, поскольку остальные четыре связаны с обширными наземными разрушениями (наша первая категория), гораздо более надежным критерием для оценки неудачи перехвата, и не являются предметом разногласий между Пил и Армией.

²³ Мы говорим «приблизительный», поскольку реальная детонация боеголовки «Патриота» может произойти в любой момент в течение типичной продолжительности второго кадра видеокамеры, 1/30 секунды. За эти 1/30 секунды второго временного интервала ракеты «Скад» и «Патриот» могут переместиться друг относительно друга более, чем на сто метров. Поскольку в терминах определения успеха или неудачи относительные расстояния порядка десятка метров играют важную роль, перемещение между кадрами должно быть компенсировано, наряду с другими факторами. В этой области Постол и Льюис провели наиболее обширную работу.

²⁴ Угол атаки – это угол между осевой линией ракеты и вектором ее скорости. Углы атаки ракеты «Патриот» на последних стадиях перехвата нередко достигают 30 градусов. Как Пил, так и рабочая группа игнорировали влияние угла атаки на конечный исход перехвата.

²⁵ На странице 14 рабочая группа заявляет «...Постол и Льюис ввели кажущееся расстояние промаха, проводя прямую линию на кадре 1 от секции боеголовки «Скада» до центроида огненного шара, и они измеряли эту длину в единицах длины видеоскачка. Мы будем назы-

Разработчики систем управления ракетами используют термин «расстояние промаха» для описания расстояния, разделяющего цель и перехватчик, когда они могли бы находиться в точках на минимальном расстоянии друг от друга. Мы говорим «могли бы», поскольку боеголовка может быть подорвана не доходя до этой точки (этот факт был отмечен Пил²⁶), что приведет к «появлению» максимального сближения только после того, как перехватчик уничтожит себя. На этом определении основаны наведение, подрыв, управление ракетой и летальность боеголовки.

Расстояние, на котором детонирует боеголовка (MDT по терминологии рабочей группы) заметно различается от расстояния промаха. Этот параметр определяется как длина прямой линии, соединяющей боеголовку «Патриота» и боеголовку «Скада» в момент детонации боеголовки «Патриота». По определению оно всегда больше, а иногда и намного больше расстояния промаха. Почему это так, показывает рассмотрение последних моментов перехвата.

При типичном перехвате (не прямом попадании) «Скад» и «Патриот» проходят друг от друга на некотором поперечном расстоянии. Поскольку осколки боеголовки не выбрасываются с бесконечной скоростью, для них потребуется некоторое время, чтобы пройти путь до приближающегося «Скада». Именно наличие этого периода времени (главной функции взрывателя) заставляет подрывать боеголовку до достижения ближайшего подхода. В зависимости от особенностей перехвата (более всего от реального расстояния промаха и скорости сближения) и угла атаки «Патриота», это разделяющее расстояние для высокоскоростных перехватов «Скадов» «Патриотами» в операции «Буря в пустыне» может быть более чем в два раза превышать расстояния промаха. За исключением самых малых расстояний промахов, определенное Пил и рабочей группой расстояние MDT должно значительно превышать расстояние промаха, поскольку любое другое должно означать, что осколки были выброшены слишком поздно, и что они просто проходили за выбранной целью.

Второй вопрос связан с принятием рабочей группой предположения или излишнего упрощения о том, что траектории «Скада» и «Патриота» антипараллельны, т.е., их вектора скорости параллельны, но направлены в разные стороны. Вообще говоря, это никогда не достигается точно, и это в особенности неверно для многих перехватов в войне в Персидском заливе. Хотя, при идеальных обстоятельствах, алгоритм управления ракетой «Патриот» на среднем участке траектории стремится достичь почти антипараллельного курса²⁷, комбинация двух факторов мешала возможности системы добиться этого в войне в Персидском заливе. Во-первых, многие попытки перехвата происходили на сравнительно малых

вать длину этой линии расстоянием промаха Постола-Льюиса (*MDPL*).» Далее они заявляют: «...Мы определим истинное расстояние промаха Постола-Льюиса (*MDPLT*) как длину трехмерного вектора, соединяющего центроид огненного шара «Патриота» с положением «Скада» на кадре 1... Следовательно, $MDPL = MDPLT \cdot \sin \alpha$ », т.е. реальное расстояние по прямой линии (после исключения двумерного геометрического сокращения, вызванного углом зрения камеры) от положения боеголовки «Патриота» до положения «Скада» на первом видеокадре после детонации. Также, на странице 16 они заявляют: «*Истинное расстояние промаха (MDT)* - это длина линии, проведенной от центроида огненного шара Патриота к положению боеголовки Скада...в момент подрыва перехватчика Патриота». (Этот параметр не может быть определен из видеоизображений.) Все эти заявления иллюстрируют неверное понимание рабочей группой равенства расстояния промаха и расстояния между боеголовкой и «Скадом» в момент детонации.

²⁶ Lewis, George N., and Theodore A. Postol, «Video Evidence on the Effectiveness of Patriot during the 1991 Gulf War», *Science and Global Security*, Vol. 4, (1993), pp. 1-63.

²⁷ Желаемая геометрия для конечной стадии перехвата зависит от многих факторов и включает в себя сложный компромисс между характеристиками системы управления (предпочтительна антипараллельная геометрия), характеристиками боеголовки (предпочтителен большой угол пересечения для достижения большого угла удара осколков по отношению к продольной оси ракеты-мишени), способностью ракеты к маневрированию (предпочтительна антипараллельная геометрия), и ограничениями на подрыв (предпочтительны средние значения углов пересечения). Компромисс обычно приводит к оптимальной геометрии перехвата, которая приблизительно, но не совсем, совпадает с антипараллельной, с относительно широкой областью хороших характеристик около оптимальных значений.

высотах из-за высокой скорости цели, желая расширить зону обороны «Патриотов» по сравнению с проектными характеристиками, и, в некоторых случаях, эффектами ручного управления и сопутствующим ему увеличением времени реакции системы. Во-вторых, во многих случаях пусковая установка «Патриота» находилась под большим углом к вертикальной плоскости, содержащей траекторию «Скада», что было дополнительным следствием стремления расширить обороняемый системой район. Совместное действие этих факторов сокращало комбинацию времени, пространства маневра, поперечного ускорения и длительности поворота, выделяемых для ракеты «Патриот» для поворота в нужную позицию и выхода на антипараллельную траекторию. Это приводило к тому, что векторы скорости в некоторых случаях отклонялись от антипараллельного направления на угол до 30 градусов – небольшой эффект с точки зрения летальности, но принимающий иногда серьезное значение для понимания и интерпретации видеоизображений Пил.

Для того, чтобы оценить влияние этого более сложного определения геометрии перехвата в интерпретации видеоизображений Пил, мы введем в анализ Пил два новых только что обсуждавшихся геометрических фактора – ненулевой угол пересечения и расстояние MDT, большее расстояния промаха. Это приведет к тому, что критерий «неудачи» в анализе Пил для «однозначного» кажущегося промаха на видеоизображении (наш второй номер) станет не «однозначным», как они заявляли, а некорректным. Для иллюстрации потенциальной неоднозначности мы приведем пример успешного перехвата, который, при анализе с помощью методологии Пил, может быть неправильно оценен как «неудачный»²⁸.

Мы рассмотрим сценарий, показанные на рисунках 1а и 1б. В этом сценарии представлены два случая – неудачный перехват на первом рисунке и успешный перехват²⁹ на втором рисунке. Если их рассматривать рядом как двумерные изображения («Видеоплоскость - нормальный вид» на рисунках 1а и 1б, и моделированное изображение телеэкрана на рисунке 2), то они кажутся неразличимыми, и оба выглядят как «явные промахи» по терминологии Пил. Сценарий определяется следующим образом. В обоих случаях мы моделируем перехват на малой высоте, в котором опускающийся «Скад» замедлился до скорости в 1 км/с³⁰, ракета «Патриот» поднимается к «Скаду» со скоростью 1 км/с, а огненный шар с ис-

²⁸ Мы не собираемся утверждать, что методология оценки исхода перехвата Пил по видеоизображениям всегда, или даже в большинстве случаев, неправильна. Мы просто показываем, что существуют ситуации, возможно, похожие на два успешных перехвата, классифицированные как «явные промахи» и обсуждавшиеся ранее, в которых методология Пил способна привести к неверному ответу.

²⁹ Мы определили «успешный перехват» в том контексте, что он является одним из тех, в которых осколки боеголовки «Патриота» поразили уязвимые места вооружения цели с достаточной энергией и углом падения для проникновения. Сценарий на рисунке 1а не удовлетворяет указанному критерию, а сценарий на рисунке 1б – удовлетворяет. Моделирование проводилось против унитарной боеголовки «Аль-Хусейна» (т.е., без кассетных снарядов) при помощи модели «Рейтеона», которая включает скорость сближения, угол пересечения, дальность подрыва, угол зрения взрывателя, количество осколков на цели, и угол атаки «Патриота». Поскольку многие из этих параметров не могут быть опубликованы, здесь представлено только их суммарное действие.

³⁰ Это не является типичной скоростью «Скада», используемой при моделировании Пил, но она лежит в интервале реальных скоростей «Скадов», наблюдавшихся в операции «Буря в пустыне» для интервала реальных высот перехвата. Невозможность рассматривать такие нестандартные ситуации представляет собой одно из многих излишних упрощений, ограничивающих применение работы Пил. Фактически, в противоположность общему случаю, из которого Пил определяют скорость цели, и тому, что они предполагают на странице 62 в Приложении В «Видеодоказательств», может быть более эффективно осуществлять перехват на малых высотах, и большинство перехватов «Патриотами» происходило на высотах, значительно меньших «типичной» высоты Пил от 10 до 12 км. Так происходит из-за скорости ГЧ (большей, чем проектные характеристики ПАК-2), увеличения длительности реакции из-за ручного управления в Израиле (доктрина проекта предусматривала автоматическое управление), и попыток (в Израиле) расширить обороняемый район, чтобы включить в него городские кварталы Тель-Авива. На высоте в 5 км даже объект со сравнительно малым аэродинамическим торможением, такой, как отделенная боеголовка без поперечного ускоре-

тинным диаметром 25 м образуется при детонации боеголовки «Патриота»³¹. В случае успешной попытки перехвата «Патриот» приближается под углом пересечения 30 градусов с расстоянием промаха 10 м³². В случае неудачной попытки ракета «Патриот» приближается по антипараллельному курсу (такой вариант обычно моделировался ПиЛ) с истинным расстоянием промаха, много большим 10 м³³. В обоих случаях при моделировании угол зрения принимался равным 7 градусам, камера располагалась на поверхности в 1,4 км дальше точки падения и в 170 метрах поперечного смещения.

На левой стороне каждой части рисунка 1 представлены основные сведения о трехмерном столкновении, показывающие относительное положение при перехвате, проекции точек удара «Скадов» и направление наблюдения видеокамеры. В правой верхней части каждой картинке представлен вид перехвата, в котором, согласно символике рабочей группы, положения «Скадов» на каждом видеокadre показаны кружками до детонации и квадратами после детонации. Положение «Скада» на видеокadre сразу же после детонации показано сплошным квадратом. Положение «Скада» в момент детонации (которое обычно происходит между видеокadрами) отмечено косым крестиком на линии траектории «Скада». Положения изображений «Скада» и огненного шара «Патриота», аналогичные тем, которые были бы видны на видеозаписи, получены при помощи проекции положений «Скада» и «Патриота» на плоскость видеоизображения, ориентированную под указанным углом зрения и повернутую в трехмерном пространстве прямо на точку столкновения. И, наконец, плоскость видеоизображения поворачивается в плоскости страницы таким образом, чтобы она соответствовала изображению на телеэкране³⁴. Две последовательности видеокadров, соответствующие изображению на телевизоре перед устранением панорамных эффектов и дрожания, показаны на рисунке 2 для обсуждавшихся выше удачной и неудачной попыток перехвата.

ния, без моментов вращения вокруг центра тяжести, замедлится до скорости в 1 км/с только за счет нормального аэродинамического торможения. Мы обсудим это позже в разделе «Ошибки и пропуски».

³¹ Один из нас (Циммерман) оценил истинный диаметр огненного шара как 10 м в своем отчете (Report for the House Committee on Governmental Operations Legislation and National Security Subcommittee on Patriot Effectiveness (Rev. 1) and Other Related Subjects Concerning Patriot ATBM Performance During Operation Desert Storm). Оценка Циммермана была основана на энергии взрывчатого вещества в боеголовке и объеме воздуха и остатков боеголовки, которые могут быть нагреты до свечения. Рабочая группа сообщила эту величину в сноске 38, где они сообщили: «Несекретная фотография была сделана во время испытаний на ракетном полигоне «Уайт-Сэндз» при перехвате ракеты «Лэнс» «Патриотом» PAC-2 показывает, что диаметр огненного шара равен 25 м.» Как много из этих 25 м следует отнести на свойства видеокамеры, даже в дневное время, неизвестно. Здесь, для того, чтобы быть консервативными, мы выбрали большее значение истинного диаметра в 25 м для нашего примера сценария.

³² Реальные требования летального радиуса промаха для ракеты «Патриот» не могут быть опубликованы. Для этого примера мы используем значение летального радиуса, опубликованное рабочей группой на странице 13 как величину от 5 до 10 метров, и затем установили, что исход перехвата привел к удовлетворению критерия удара осколков из приведенной выше сноски 29.

³³ До тех пор, пока отношение между расстоянием промаха и расстоянием на видеокамере до точки перехвата остается малым, величина истинного расстояния промаха значения не имеет. Что важно для того, чтобы последовательность ТВ-кадров «неудачного» перехвата походила на «удачный» перехват, это то, чтобы точка неудачной детонации лежала на той же самой линии зрения от камеры до огненного шара, как и для удачной. Этому критерию удовлетворяет бесконечное антипараллельных траекторий «Патриота», у каждой из которых может быть произвольно большое расстояние промаха.

³⁴ Хотя проекция изображения на видеоплоскость фактически состоит из слабо сходящихся лучей, расстояние от точки перехвата до камеры (примерно 7 км), малая поперечная протяженность области перехвата (от 40 до 50 м перпендикулярно лучу зрения камеры), и ограниченное разрешение на таком виде печатных материалов приводят к тому, что на рисунке проецирующие лучи выглядят параллельными.

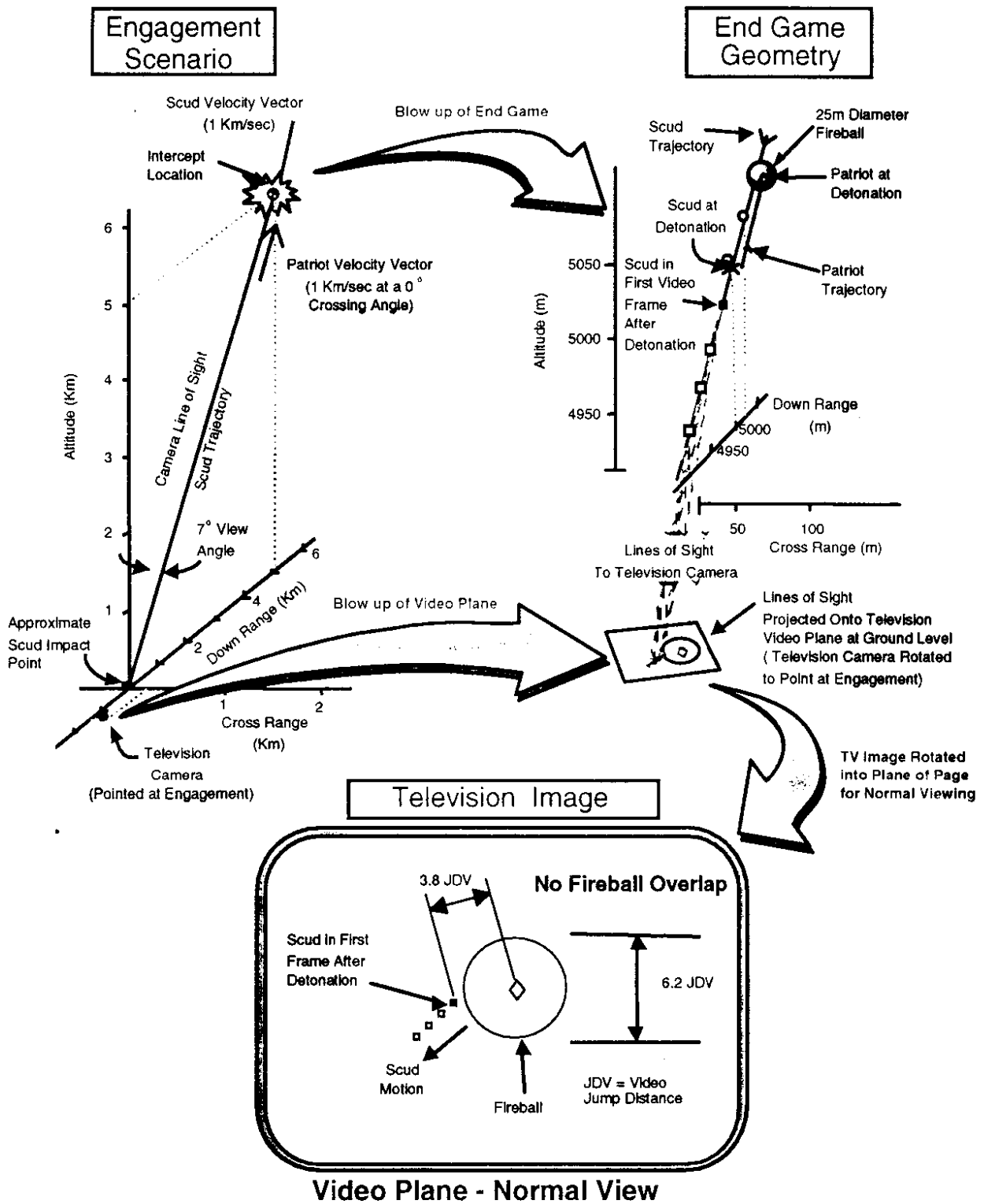


Рисунок 1а. Геометрические основания для видеоизображения неудачного перехвата «Патриота».

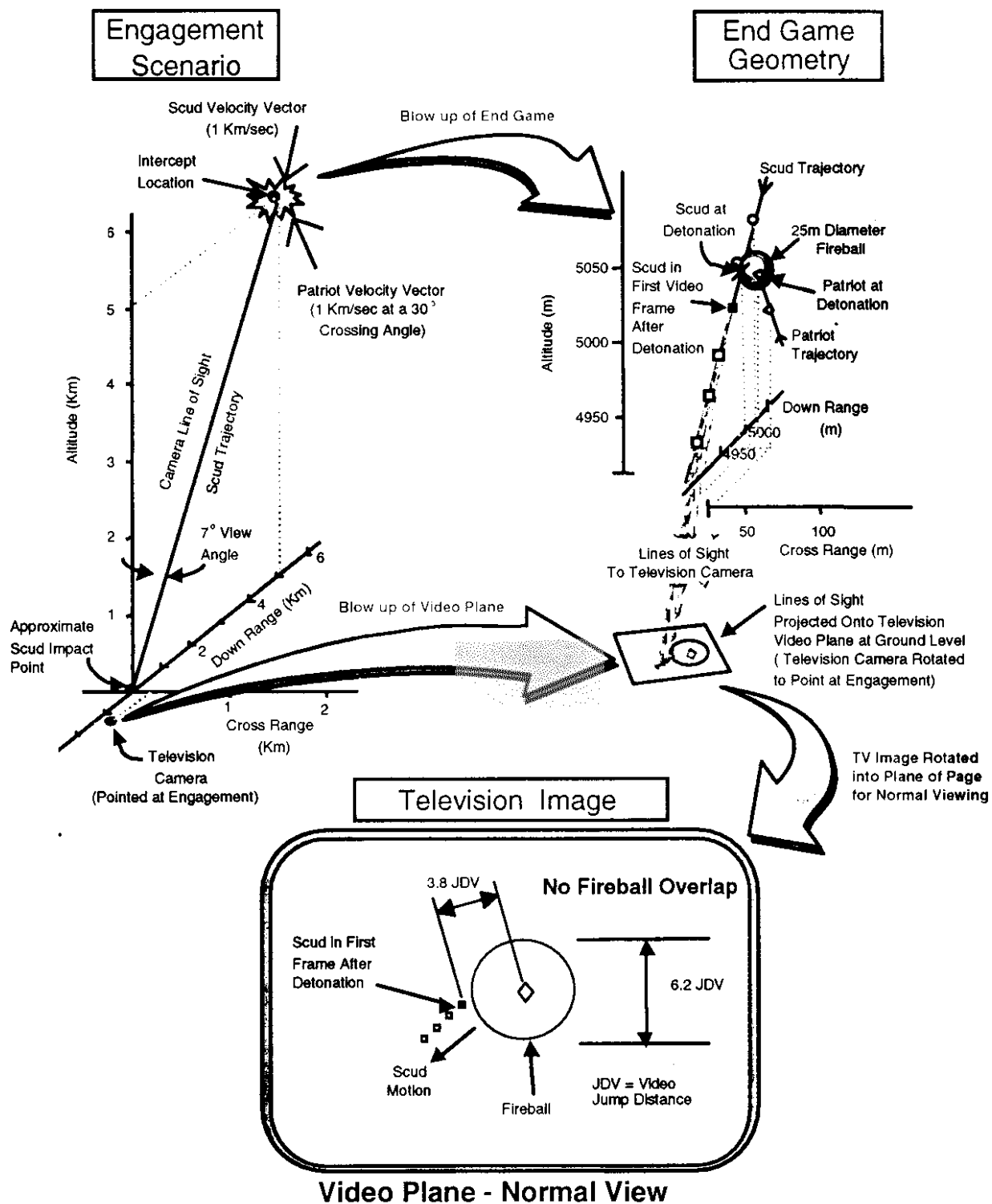


Рисунок 16. При определенных условиях успешная попытка перехвата на видеоизображении может показаться неудачной.

Наиболее удивительной особенностью изображений является то, что как для явного промаха, так и для успешного перехвата, они выглядят совершенно одинаково; они неразличимы. В этих двух случаях, когда изображения получают только от одной камеры, различия неудачного перехвата от удачного добиться нельзя. Более того, огненные шары не перекрывают «Скад» и появляются ниже и сбоку, как для удачного, так и для неудачного перехвата. Для удачного перехвата этот отставший огненный шар, очевидно, является иллюзией, созданной благодаря непараллельным траекториям и особому углу зрения. Но наиболее

важно то, что удачный и неудачный перехваты выглядят абсолютно одинаково, с непрерывающимися огненными шарами, следующими за «Скадом», с кажущимся промахом, в обоих случаях равными 3,8 единиц видеоскачка, с расстоянием MDPL в верхней части бимодального распределения, которая рассматривается рабочей группой как явный промах³⁵.

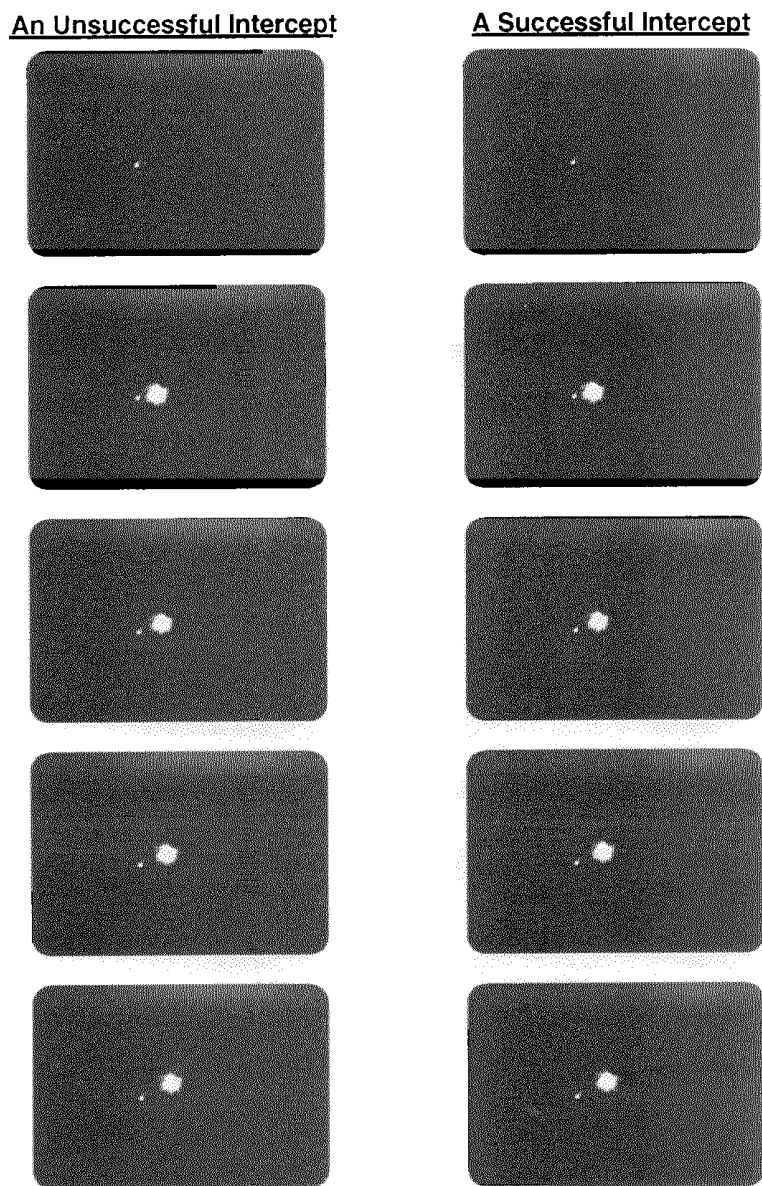


Рисунок 2. Моделированная последовательность телевизионных кадров (слева неудачная попытка, а справа – удачная).

Наконец, в связи с этим сценарием интересно пересчитать кажущийся диаметр огненного шара «Патриота» на видеоизображениях. Согласно рабочей группе, кажущийся

³⁵ На странице 17 рабочая группа утверждает: «В частности, Постол и Льюис оценивают попытку перехвата как «явный промах» и делают вывод о том, что «Патриот» не мог нанести поражения боеголовке «Скада» только если MDPL было в три или более раза больше, чем длина видеоскачка...Рабочая группа соглашается с этим утверждением, добавляя свое собственное заявление, что...распределение MDPL является бимодальным - *каждый явный промах имеет MDPL, большое по сравнению со значением соответствующей длины видеоскачка*». На нашем рисунке 16 MDPL в 3,8 раза больше расстояния видеоскачка, перекрытия огненного шара нет, огненный шар велик по сравнению с радиусом поражения «Патриота» (и по расчетам будет еще больше), а перехват был успешным!

диаметр огненного шара на видеоизображениях при использовании техники измерения ПиЛ, и предполагаемых ими параметрах, лежит в пределах от 50 до 400 м, хотя они и признают, что эти величины необъяснимо велики³⁶. Мы, так же, как и они, не понимаем, почему диаметры огненных шаров так велики, и соответственно настороженно, фактически более настороженно, чем рабочая группа, относимся к применению того, что может быть свойством видеокамеры или неточной методики измерений, для любых аналитических целей, включая *любые предположения в абсолютных терминах о ситуациях, в которых «должно» произойти перекрытие огненных шаров*. Однако, ниже мы отметим, как можно полностью согласовать истинный диаметр огненного шара с большими кажущимися на видеоизображениях значениями, о которых сообщает рабочая группа, используя набор предположений, несколько отличающийся от их модели.

В методе, используемом ПиЛ и рабочей группой для оценки диаметров огненных шаров на видеоизображениях, применяется расстояние видеоскачка «Скада» вместе с предположениями о его скорости и угле зрения камеры. Они используют простое соотношение:

$$\text{Диаметр огненного шара} = \#JDV * V_{SCUD} * \sin(\alpha) / 30 \quad (1)$$

где #JDV – это кажущийся диаметр огненного шара, измеренный в единицах видеоскачка, V_{SCUD} - скорость «Скада», и α - угол зрения, который вызывает геометрическое растяжение и должен быть скомпенсирован. Очевидно, что эта оценка диаметра не может быть более точной, чем оценки V_{SCUD} и α (ясно, что если мы вычислим уравнение 1 с измеренным #JDV в нашей модели истинными значениями V_{SCUD} и α (т.е., 6,2; 1 км/с и 7 градусов), мы получим правильное значение диаметра в 25 м). Никогда не бывает ясно, когда ПиЛ используют «типичные» значения, когда они используют оценки для индивидуальных случаев, и насколько точными являются те оценки, которые ими используются. Однако, как рабочая группа, так и ПиЛ ссылались ранее на типичные значения V_{SCUD} в интервале от 2,0 до 2,2 км/с (верхняя граница боевого пространства «Патриота» и стабильное значение для боеголовки «Скада» с увеличенной дальностью, летящей не по спиральной траектории), и значения α в области от 6 до 37 градусов³⁷. Диаметр огненного шара, измеренный на экране в нашем примерном случае, равен 6,2 единицы видеоскачка. Если мы используем сейчас средние значения для V_{SCUD} и α , т.е., 2,1 км/с и 21,5 градуса, то уравнение 1 заставляет нас поверить в то, что мы видим огненный шар диаметром 159 м, в то время как мы реально наблюдаем на экране истинный диаметр огненного шара в 25 м³⁸. Более того, если мы вычислим уравнение 1 для предельных значений углов и скоростей, упомянутых ПиЛ, мы получим оценочный интервал диаметров огненных шаров от 43 до 274 м; все с существенной ошибкой (до более чем в десять раз превышающей не только истинный наблюдаемый диаметр, не говоря уже о реальном диаметре), но согласующийся с представленным рабочей группой диапазоном наблюдаемых диаметров.

Мы не утверждаем, что все восемь событий, наблюдавшихся как «явные промахи» в анализе ПиЛ конечных стадий перехвата, на самом деле являются успешными перехватами

³⁶ На странице 13 рабочая группа заявляет: «Видимые размеры огненных шаров «Патриота», наблюдаемых на видеокдрах (поперечные размеры в интервале от 50 до 400 м)...», и затем «Однозначного объяснения различия между реальными и видимыми на видео размерами огненных шаров дано не было». И, наконец, они заявляют в сноске 37: «Мы говорим об ярких областях, видимых на видеозаписях после подрывов перехватчиков «Патриот», как об «огненных шарах на видео», чтобы отличить их от реальных огненных шаров, размеры которых намного меньше.»

³⁷ Смотри страницу 13 отчета Салливена и страницы 4 и 10 статьи Lewis, George N., and Theodore A. Postol, «Video Evidence on the Effectiveness of Patriot during the 1991 Gulf War», *Science and Global Security*, Vol. 4, (1993), pp. 1-63.

³⁸ Мы не намерены утверждать, что все объяснение большого диаметра огненных шаров вытекает из ошибок в оценке скорости и угла зрения. Очевидно, что это не так, и что ошибки действуют в обеих направлениях. Иногда также вступают в дело другие факторы, включая систему камеры, так, как это предполагает рабочая группа. Но какие факторы действуют, на каких кадрах, и в какой степени – это неизвестно никому из заинтересованных лиц – ни рабочей группе, ни Постолу и Льюису, ни нам.

(смотри нашу сноску 19). Очевидно, что четыре из них, связанные с обширными наземными разрушениями, таковыми не являются. Но два из оставшихся четырех, на основании достаточно убедительных доказательств, обсуждавшихся выше, представляются успешными, и наш анализ ясно объясняет, как излишнее упрощение или небольшие ошибки в предполагаемой геометрии перехвата могут создать это кажущееся разногласие. Могут существовать также и другие проблемы, которые обусловлены фундаментальными ограничениями вида данных, используемых Пил. Однако, очевидна одна вещь. Предположение Пил и рабочей группы о том, что огненный шар «Патриота», видимый на расстоянии более трех единиц видеоскачка от «Скада», т.е., в верхней части объявленного бимодального распределения расстояний промаха, не может привести к успешному перехвату, неверно.

ОШИБКИ И ПРОПУСКИ В ОТЧЕТЕ САЛЛИВЕНА

В этом разделе мы исправим некоторые из наиболее важных ошибок в отчете и добавим некоторую информацию, которая хотя и не вошла в отчет Салливана, необходима для достижения более полного и сбалансированного понимания дебатов по характеристикам «Патриота» в 1991 году.

Записывающие устройства. На странице 3 отчета утверждается, что «многие радары противовоздушной обороны включают в себя встроенные записывающие устройства в качестве стандартного оборудования». Это неправильно. До недавних пор записывающие устройства с достаточным объемом памяти для записи длительных сеансов с большим объемом данных, с достаточно малым размером для установки на наземных станциях управления ракетами, и с достаточной прочностью для перемещения на поле боя, просто не существовало. Теперь такие устройства доступны, и «Патриот» - это первая действующая система тактической противовоздушной обороны, на которой они установлены. Несмотря на то, что такой системы не было во время войны в Персидском заливе, операторы «Патриота» записали достаточно большое количество данных вручную³⁹.

Описание системы «Патриот». Дальность ракеты «Патриот», указанная на странице 4, ошибочна. Реальная дальность ракеты во много раз больше указанной в отчете. Заявление на странице 5 о том, что «Патриот» обладает ограниченными возможностями выполнения высокоточных вычислений, вводит в заблуждение⁴⁰. Описание самостоятельного радара взрывателя, его работы, и схемы управления «Патриотом» ошибочно, и более соответствует системе управления при помощи команд, чем радиолокационной системе наведения⁴¹.

³⁹ Они делали это, нажимая клавишу на консоли управления «Патриотом», которая делает распечатку того, что называется «Этикетка усиления трека» на экране их дисплея. Среди прочих данных, этикетка усиления трека содержит цифровую информацию о состоянии цели. При повторном нажатии клавиши операторы получают выборку траекторий цели, показывающую в некоторых случаях драматические изменения в направлении и/или скорости после перехвата. Однако, она не содержит детальных сведений о функционировании «Патриота». Другие записи были получены в Израиле при записи на ПК (которая использовалась редко, потому что иногда она приводила к общему отказу системы) и в Саудовской Аравии при видеосъемках экранов дисплея. Набор полученных данных используется и сегодня для описания аэродинамики «Скада» и его поведения при разрушении.

⁴⁰ Неверно предполагать, как это делается в отчете, что из-за того, что компьютер «Патриота» базируется на разработках 70-х годов, его возможности по проведению точных измерений недостаточны. По мере развития компьютерной технологии микросхемы памяти и процессоров в компьютере управления оружием «Патриота» заменялись пять раз, и сейчас скорость обработки и объем памяти превосходят проектные характеристики соответственно в четыре и в двадцать раз. Все эти изменения, кроме последнего, проводились до войны в Персидском заливе, но еще до этого во всех необходимых подпрограммах точных арифметических расчетов использовались вычисления с двойной точностью.

⁴¹ Управление командами применяется в системе «Патриота» только на среднем участке траектории. Это происходит тогда, когда система пытается направить ракету «Патриота» на антипараллельный курс ракете цели. Однако, наиболее критичной для управления является конечная стадия перехвата, длящаяся около нескольких секунд полета. По время этой ста-

Разрушение ракеты «Аль-Хуссейн». Неверно делать вывод о том, что модифицированные Ираком «Скады», как это утверждается на пятой странице отчета, «обычно разрушаются при входе в атмосферу». Такой вещи, как «типичная», не бывает. Некоторые «Скады» разрушаются при входе в атмосферу, другие разрушаются во время спуска, а некоторые из них не разрушаются вообще, как показывают данные, собранные при помощи этикеток усиления трека, записей на ПК, и видеозаписей, упоминавшихся в нашей сноске 39. Аналитическое использование «типичных» и «средних» скоростей цели на малых высотах⁴² ПиЛ не согласуется с этими хаотичными и сильно переменными явлениями разрушения. Кроме того, поскольку боеголовки «Скада» не проектируются для отделения от корпуса ракеты, от них не следует ожидать «чистого» входа в атмосферу с малым аэродинамическим торможением.

Потери и наземные повреждения в Израиле. Представление об этих ранних дебатах в отчете неполно. Хотя рабочая группа представляет сводку позиции Постола (страница 7 и сноска 16), они не представляют ответов на эту позицию, за исключением слов о том, что ее высказал Стейн (сноска 17) и ряд других критиков. Однако, некоторые из этих ответов являются более, чем критическими замечаниями. Используя те же самые исходные данные, что и Постол, но применяя правильную интерпретацию наземных разрушений они пришли к совершенно противоположным выводам, а именно, к тому, что все поверхностные наземные разрушения в Израиле *на самом деле уменьшились после начала применения «Патриота»*. В зависимости от того, какая статистика использовалась, уменьшение потерь и разрушенных зданий составляло от 33 до 57 процентов, что согласуется с оценкой Армии о доле успешных попыток перехватов в «более, чем 40%»⁴³.

В отчете не упоминается также о том, что сам Постол в конце концов отошел от своих ранних высказываний, как было замечено и отмечено другими исследователями, которые включились в эти дебаты⁴⁴. Рабочая группа ссылалась на более позднее исследование Фет-

дии бортовой датчик наведения ракеты «цепляется» за энергию, отраженную от цели, получая все более точную информацию об относительном положении по мере уменьшения расстояния разделения, значительно уменьшая расстояния промаха по сравнению с тем, которого можно было бы добиться при помощи управления командами. Этот бортовой датчик наведения отделен и отличен от «самостоятельного радара взрывателя». Он вступает в действие только на самой последней доле секунды и используется только для определения момента детонации боеголовки.

⁴² ПиЛ часто употребляют выражения «средних» и «типичных» параметров для описания конечной стадии перехвата «Скада» «Патриотом». При этом возникают две проблемы. Во-первых, многие из этих параметров зависят друг от друга – например, при перехвате на малой высоте на границе обороняемого района скорость «Скада» будет малой, угол пересечения будет велик, скорость ракеты «Патриота» будет мала, а угол атаки велик. От комбинации этих параметров сильно зависит летальность на конечной стадии перехвата, и параметры являются не независимыми, а коррелирующими. Поэтому «средняя» ситуация может либо вообще не существовать, либо иметь весьма ограниченную полезность (вроде среднего номера телефона, который Том Лерер привел аудитории МТИ в 1971 году как пример наиболее бесполезной статистики). Вторая проблема в использовании средних значений состоит в том, что задача конечного участка перехвата является крайне нелинейной – малые изменения одного из этих критических параметров в ту или другую сторону могут оказать существенное влияние на успех или неудачу перехвата. Поэтому, «средняя» ситуация, даже если она существует, не даст среднего результата.

⁴³ Подробности их анализа наземных повреждений обсуждались рабочей группой и Стейном на однодневном совещании в мае 1993 года, но, к сожалению, как отмечалось выше, не были подытожены рабочей группой. Кроме того, как отличалось в отчете Салливена, Циммерман и покойный Чарльз Зракет выступали в мае 1992 года на слушаниях в Конгрессе с подробным разъяснением различий между использованием статистических данных о разрушениях от «Скадов» Постолом и Льюисом, и их корректным использованием. К сожалению, их позиция также не была отмечена.

⁴⁴ Грегори Джоунс из Американского института стратегического сотрудничества, описывая недостатки анализа Постолом наземных разрушений, написал: «Учитывая эти проблемы, не удивительно, что в последней публикации Постол отступил со своей прежней пози-

тера, Льюиса и Гронлунд (опубликованная вначале как рабочий материал Программы исследований по обороне и контролю над вооружениями Постола (программа ДАКС)), в котором утверждалось, что их результаты «поддерживают выводы раннего исследования Постола». Однако, это не совсем так. В исследованиях Постола, как отмечалось рабочей группой, утверждается, что статистика разрушений демонстрирует отсутствие успеха «Патриотов». С другой стороны, в статье Феттера делаются несколько иные выводы – что статистика наземных разрушений в Израиле не доказывает, что «Патриоты» добились успеха. («Имеющиеся сведения не поддерживают утверждений о том, что противоракетная система «Патриот» существенно понизила потери в Израиле») ⁴⁵. Это гораздо менее сильное утверждение, чем у Постола. Рабочая группа не информирует читателей о том, что исследования Феттера и др. само стало предметом критического анализа, и что его выводы активно оспариваются другими исследователями. Робин Рейнджер, научный сотрудник центра исследований по обороне и международной безопасности Ланкастерского университета (Великобритания), написал: «...британский опыт (с ракетами «Фау-2») показывает, что весьма низкий уровень потерь в Израиле и Саудовской Аравии может быть объяснен только совместными результатами активной и пассивной обороны...попытка анализа, объясняющего низкий уровень потерь в Израиле действием факторов, отличных от успешного перехвата системами противоракетной обороны «Патриот», неверны» ⁴⁶.

Исследования Армии. Рабочая группа обсуждает анализ наземных разрушений, использованный в армейских оценках, и повторяет точку зрения, высказанную большинством наблюдателей, что база данных в Израиле готовилась более методично и полно, чем в Саудовской Аравии. Отметив это, рабочая группа утверждает затем, что они «не знают, использовались ли израильские данные в армейском анализе». Фактически, как было заявлено публично на слушаниях в Конгрессе в апреле 1992 года ⁴⁷, и на собрании рабочей группы в мае 1993 года, израильские данные и последующий израильский анализ сыграли большую роль в оценках Армии США по Израилю.

В отчете Салливена обсуждается обзор Главного финансового управления (ГФУ) от сентября 1992 года с оценкой исправленных армейских оценок. На странице 10 рабочая группа заявляет: «В обзоре ГФУ утверждается, что только 4 из перехватов «Скадов», оцененных Армией как высоконадежные поражения боеголовок поддержаны «сильными» доказательствами». Вывод рабочей группы, намеренный, или нет, очевиден – «Патриот» уничтожил не более, чем 4 «Скада» (что соответствует доле успеха в 9%). Однако, такая интерпретация обзора ГФУ как неправильная, так и весьма обманчива, поскольку ключевое слово «сильные» никогда не использовалось ГФУ ⁴⁸. ГФУ никогда не говорило, что другие оценки

ции...Однако, вместо того, чтобы признать свое отступление, он попытался скрыть его, изменив свой анализ таким способом, который не стали иметь под собой методологической основы. Он не улучшил и своей математики.». Gregory S. Jones, "The Iraqi Ballistic Missile Program: The Gulf War and the Future of the Missile Threat", *American Institute for Strategic Cooperation* (Summer 1992), Appendix 2.

⁴⁵ Fetter, S., G.N. Lewis, and L. Gronlund, «Why were Scud Casualties so Low?», *Nature*, (1993), v. 361, pp. 293-296.

⁴⁶ R. Ranger, "Theater Missile Defenses: Lessons from the British Experience with Air and Missile Defenses.", *Comparative Strategy* (October – December 1990: 12 : 4 : 408), и сноска 65. В этой сноске особо отмечается статья Феттера и др. в журнале «Нейчур».

⁴⁷ Performances of the Patriot Missile in the Gulf War», слушания от 7 апреля 1992 г. подкомитета по законодательству и национальной безопасности комитета по правительственной деятельности палаты представителей; заявление генерал-майора Джея Гарднера, 1993.

⁴⁸ Значение в 9% (из которого рабочая группа выводит количество 4 «Скадов») появилось из оценки ГФУ подразделений общего количества в 60% успешных перехватов, полученных в армейском анализе и указанном затем тогдашним министром обороны Ричардом Чейни в 1992 году (смотри нашу сноску 54). Первое подразделение 60% было на две группы: «поражение боеголовок» - 52% и «поражение задачи» - 8%. ГФУ анализировало только поражение боеголовок. Второе подразделение заключалось в классификации поражения боеголовок на три уровня достоверности, установленных Армией. Около половины из 52% поражений боеголовок относились к наивысшему уровню достоверности Армии (25% от общего числа перехватов). ГФУ анализировало только эту группу. ГФУ установило, что среди этих 25% при-

Армии основаны на «слабых» или не поддержанных доказательствах (влияние неправильно цитированного слова «сильные»), никогда не устанавливала своей собственной доли оценки, и никогда не утверждало, что армейские цифры неверны⁴⁹. Весь этот вопрос, включая важность дословного цитирования слов, использованных ГФУ, длительно обсуждался шесть лет назад на однодневном совещании рабочей группы. Мало того, что это обсуждение не упоминается в отчете рабочей группы, но и важность того, что именно сказало ГФУ, полностью игнорируется, а рабочая группа принимает ту же самую обманчивую формулировку, которая была предметом серьезной критики шесть лет назад.

Два «неизвестных» по оценкам Армии исхода перехвата «Скадов». Комментируя оценки Армии, рабочая группа на странице 10 отчета Салливена утверждает: «Два исхода перехватов были оценены как «неизвестные»». К сожалению, хотя это и обсуждалось на совещании рабочей группы 1993 года, в отчете не упоминается, что эти два события на самом деле были засчитаны как неудачные. Доля успехов в оценках Армии определялась как результат деления полного числа успехов на полное количество «Скадов», которые «Патриот» мог перехватить. Пытаясь быть более консервативной, Армия *включила эти два события в знаменатель при расчете доли успеха*, когда на деле было бы вполне оправдано исключить их и повысить долю успехов на несколько процентов.

Баллистический коэффициент, времена падения «Скадов» и высота перехвата. На странице 27 рабочая группа сообщает, что «Ведущий видимый объект на видеоизображениях падает со скоростью, ожидаемой от некувыркающейся секции боеголовки Скада». Они определяют эту скорость, как определяемую из длительности падения порядка 10 с с начальной высоты 11 км. Далее, ПиЛ сообщают в их статье 1993 года по этому вопросу⁵⁰ похожие наблюдаемые длительности падения от 8,9 до 15,5 с для группы в 12 перехватов, временная привязка которых определялась по видеозаписям. Затем рабочая группа подтвердила расчеты, сделанные ПиЛ, показав, что эти высоты и длительности падения согласуются с ожидаемыми значениями баллистического коэффициента боеголовки. Все это использовалось для вывода о том, что лидирующий видимый объект на деле является боеголовкой, что первые попытки перехвата происходили на высоте 10 – 12 км, и что скорость боеголовки примерно равна 2,2 км/с; все эти параметры, в свою очередь, обеспечивали грубую калибровку расстояния видеоскачка.

В своих комментариях рабочая группа в основном ограничивает свое внимание подтверждением того, что анализ и выводы ПиЛ согласуются с фактами. Однако, они снова отказываются рассматривать существование других одинаково согласованных сценариев. Здесь мы представим пропущенную оценку, рассматривая совокупность сценариев перехвата, и затем покажем, что существует широкий интервал реалистичных условий, которые все согласуются с наблюдениями длительности падения ПиЛ, включая меньшие высоты перехвата и меньшие скорости головных частей.

Используя набор стандартных средств аэродинамического предсказания и источников данных, мы оценили свойства торможения при нулевой подъемной силе как для целого корпуса «Скада», так и для отделенной боеголовки. Для сравнения, мы преобразуем коэф-

мерно одна треть (9% от общего числа перехватов) обладала тем, что оно рассматривало как «наиболее сильные доказательства». Слово «наиболее сильные» появилось в отчете ГФУ (General Accounting Office, «Operation Desert Storm: Data Does Not Exist to Conclusively Say How Well Patriot Performed», GAO/NSIAD-92-340 (Sep. 1992)), за которым последовало определение двух типов доказательств, которые считаются ГФУ наиболее сильными (найденный «Скад» с осколками «Патриота» или отверстиями от осколков, или данные радиолокаторов, показывающие наличие обломков «Скадов» после перехвата). По-видимому, беспечная замена рабочей группой слова «наиболее сильные» из публикации ГФУ на «сильные» полностью изменило как контекст, так и значение заявления ГФУ.

⁴⁹ Рабочая группа отмечает на странице 10: «другие 7 «Скадов» (16%), оцененные Армией как высоконадежные поражения боеголовок не поддержаны «наиболее сильными» доказательствами», что ясно указывает упомянутые выше два типа «наиболее сильных» доказательств ГФУ. Факт, что такие доказательства отсутствуют для других 16% самоочевиден – если бы это было не так, то ГФУ не разделило бы группы из 16% и 9%.

⁵⁰ Lewis, George N., and Theodore A. Postol, «Video Evidence on the Effectiveness of Patriot during the 1991 Gulf War», *Science and Global Security*, Vol. 4, (1993), p. 56.

коэффициент торможения в баллистический коэффициент, используя определения рабочей группы, и покажем результаты на рисунке 3. Масса и диаметр целого корпуса и отделенной боеголовки равны значениям, приведенным рабочей группой в их Приложении Б (300 кг для боеголовки, 2100 кг для целого корпуса и диаметр 0,88 м для обеих).

Хотя рабочая группа характеризует приблизительные баллистические коэффициенты для целого корпуса (3000 – 3500 фунтов/фут²) и некувыркающейся секции боеголовки (1200 фунтов/фут²) одиночными цифрами⁵¹, в действительности баллистический коэффициент сильно зависит от числа Маха, и, в меньшей степени, от высоты (через число Рейнольдса). Эта зависимость очевидно проявляется на рисунке 3. Наши оцененные значения баллистического коэффициента в целом согласуются с отдельными числами, представленными рабочей группой, при больших числах Маха, но сильно отличаются при малых числах Маха, где происходит конечная часть входа в атмосферу, в особенности, для отделенной боеголовки⁵². Эти большие вариации баллистического коэффициента во время входа в атмосферу вызывает серьезные сомнения в возможности любых полетных предсказаний, которые представляют баллистический коэффициент одиночным постоянным числом во время всего полета, *в особенности предсказаний времени падения и скорости в потенциально широком интервале высот*. Ни Пил, ни рабочая группа не представили достаточных подробностей для определения того, действительно ли они использовали постоянные значения для характеристики баллистических коэффициентов, но их результаты заставляют предположить, что так они и делали.

Мы использовали нашу переменную модель баллистических коэффициентов для целого корпуса и отделенной боеголовки для надежного моделирования полета и предсказания типичных траекторий входа. Отдельный график зависимости скорости от высоты показан на рисунке 4 для случая некувыркающейся боеголовки, которая отделилась от «Скада» на высоте 50 км⁵³. Относительно малый баллистический коэффициент секции боеголовки вызывает быстрое торможение после достижения плотной нижней атмосферы (20 км и ниже), приводя к скорости падения всего в 0,3 км/с. Более того, скорость боеголовки в 1 км/с должна достигаться на высоте около 5 км, или условия полета, выбранного для нашего примера перехвата на видеозаписи в предыдущем разделе «Видеоинформация о конечном участке перехвата и явные промахи».

И, наконец, было проведено моделирование серии полетов для определения параметрических кривых времени падения в зависимости от начальной высоты для четырех различных ситуаций входа «Скада» в атмосферу: целого «Скада» и трех случаев отделенных боеголовок с высотами разрушения в 5, 12 и 50 км как верхнего предела. Из этих параметрических кривых, показанных на рисунке 5, ясно, что хотя приведенные Пил времена падения в 8,9 и 15,5 с очевидно согласуются с падением боеголовки «Скада» с высоты 10 – 12

⁵¹ Одиночные фиксированные значения представлены как в Приложении Б, так и на странице 26. Мы использовали диапазон в 3000 – 3500 фунтов на квадратный фут (15 – 17 тонн на квадратный метр) для описания неразрушившегося «Скада», поскольку они представляли одно значение в тексте, а другое – в приложении.

⁵² Некоторые могут попытаться сравнить зависимость коэффициента трения, моделированного здесь, с представленной в книге Sutton, Rocket Propulsion Elements, p. 100 зависимости для «Фау-2». Однако, характеристики торможения «Фау-2» не точно соответствуют характеристикам «Скада». Носовая секция и задняя часть корпуса «Фау-2» характеризуются гладкими контурами с необычно большим отношением длины к диаметру, составляющие вместе около двух третей длины корпуса. Этот фактор существенно сокращает торможение по сравнению с корпусами типа «Скада» с короткой конической носовой частью и неаэродинамичной хвостовой частью. Эти различия сами по себе не позволяют оценивать торможение «Скада» по данным о «Фау-2». Более того, отношение околосвукового максимального коэффициента торможения к коэффициенту торможения при малой скорости обычно не имеет смысла, поскольку физические механизмы торможения в этих двух режимах обтекания полностью различны и ведут себя совершенно по разному для различных форм корпусов.

⁵³ Мы использовали 50 км как рабочий верхний предел для высоты разрушения. В терминах «длительности полета до земли» для широкого диапазона высот перехвата и видеонаблюдений предмет интереса данного обсуждения, различие между высотой разрушения в 50 км и отделением боеголовки «Скада» на спуске несущественно.

км, эти времена падения согласуются также с гораздо более широким набором сценариев, от целого «Скада», падающего с высоты более 21 км, до отдельной боеголовки, падающей с высоты менее 3 км. Фактически, времена падения перекрывают каждую возможность перехвата в операции «Буря в пустыне», и более того, для каждой мыслимой ситуации разрушения «Скада». Тот факт, что измеренное время падения согласуется с выбранной Пил для анализа ситуации, неудивителен – времена падения согласуются с практически любой ситуацией, которую можно выбрать для анализа.

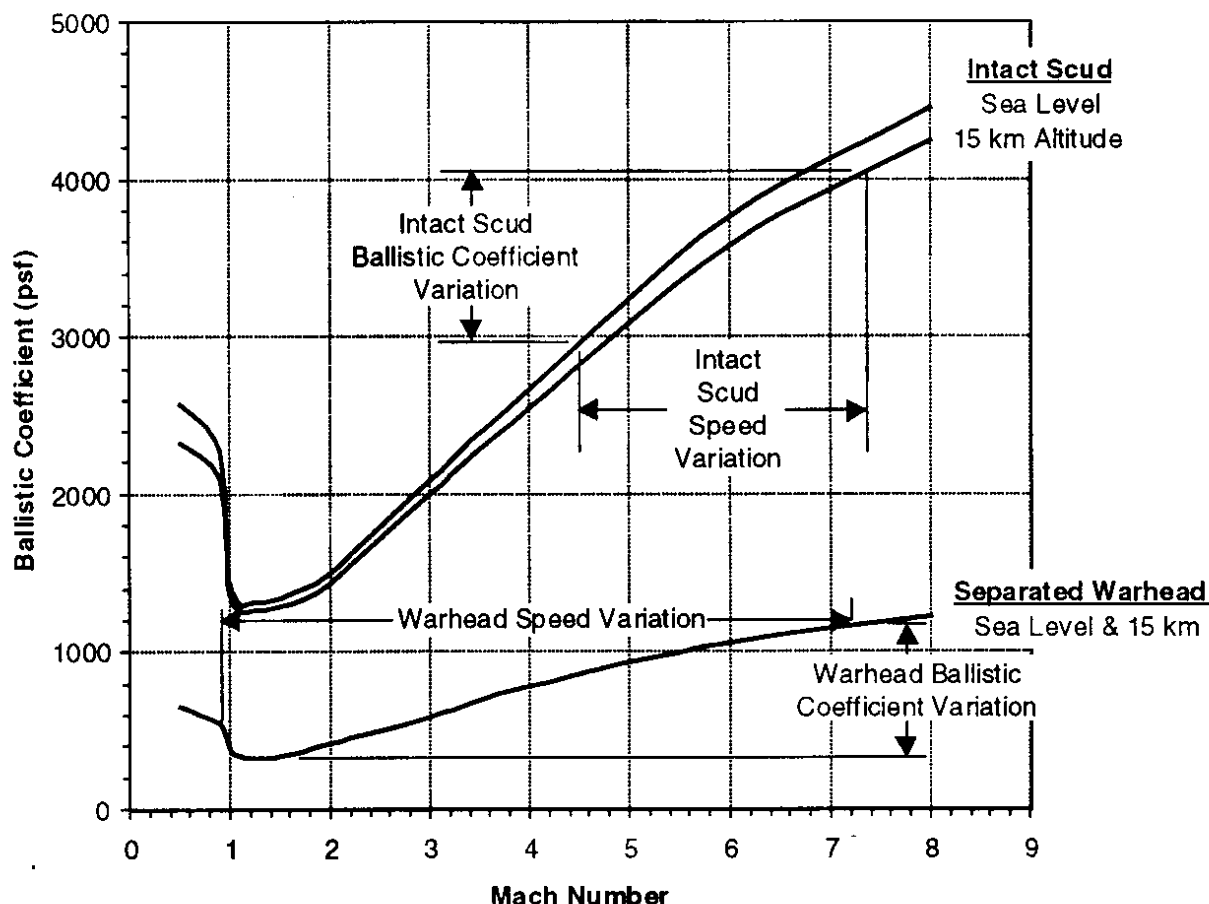


Рисунок 3. Оценка вариаций баллистического коэффициента для целого «Скада» и отдельной боеголовки во время входа в атмосферу в зависимости от числа Маха.

Фрагменты боеголовки «Патриота» и повреждение боеголовок «Скада». Существуют ли возможные механизмы повреждения боеголовки «Скада» «Патриотом» во время полета? Да, конечно. У боеголовок «Скада» есть уязвимые места, такие, как взрыватель, батарея, и связанная с ними электроника, не считая взрывчатого вещества. Если отдельный осколок «Патриота» ударит по одной из этих критических компонент и повредит ее, то боеголовка не взорвется. Иногда может быть повреждено и само взрывчатое вещество при нарушении целостности корпуса, загорания в полете, или предотвращения его полноценной детонации при ударе. Похоже, что рабочая группа приняла аргументы Пил, что, несмотря на находку «Скада», боеголовка которого обезврежена, и у которого на видеозаписи наблюдалось перекрытие огненным шаром при отсутствии связанной наземной вспышки, «что маловероятно, что осколки боеголовки «Патриота» могли достичь механизма подрыва, расположенного позади боеголовки, не пройдя сквозь взрывчатое вещество и не вызвав его детонации в «Скаде»»⁵⁴. (Фактически Пил выражались несколько менее определенно и характери-

⁵⁴ Описание аргумента Пил рабочей группой можно найти на странице 19 отчета Салливена. Единственное замечание, сделанное рабочей группой, находится в их сноске 43, где они утверждают, что у них есть независимая информация по данному вопросу. Однако, независи-

зовали это как «малую вероятность») Именно этот аргумент привел ПиЛ к классификации даже этого перехвата, удовлетворившего всем другим критериям успеха ПиЛ, как «неудачного». Однако, аргумент ПиЛ неправилен, и, тем не менее, рабочая группа не критиковала его.

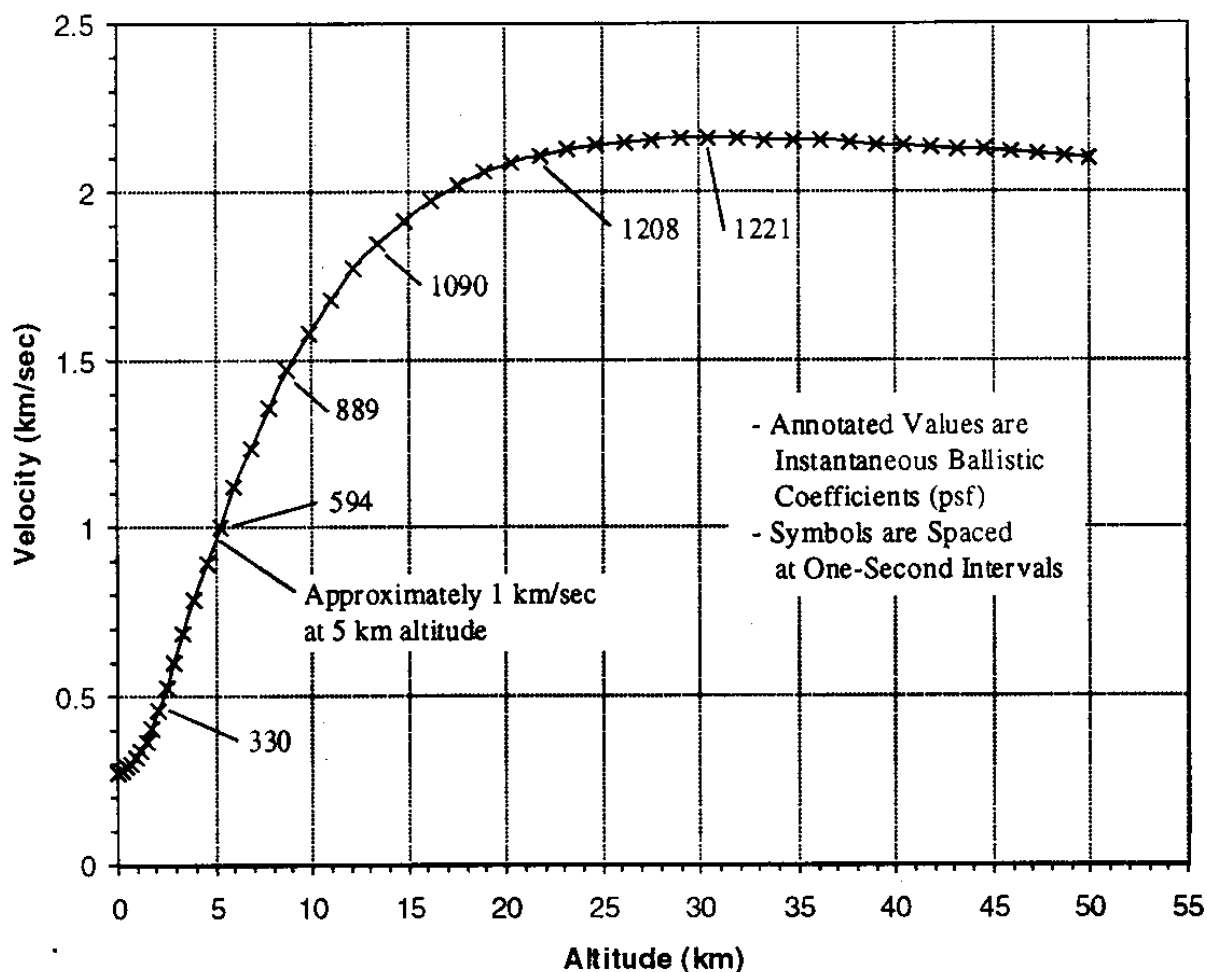


Рисунок 4. Отделенная боеголовка «Скада» в свободном падении с высоты 50 км (зависимость скорости от высоты).

Аргумент ПиЛ подробно представлен в Приложении В его работы «Видеодоказательства» (смотри нашу ссылку 26). В этом приложении они рассматривают совокупность осколков боеголовки «Патриота» в системе покоя «Скада» как конус с половинным углом раскрыва в 46 градусов. Однако, совокупность осколков «Патриота» в системе покоя «Скада» обычно представляет собой более сложный объем, описываемый как пространство, ограниченное двумя конусами, необязательно коллинеарными, и необязательно выстроенными вдоль оси ракеты «Патриота». Подробности формы этого объема определяются рядом факторов, включающих скорость ракеты «Патриота», скорость «Скада», угол пересечения при перехвате (который не обязательно антипараллелен) и углом атаки «Патриота» в момент детонации боеголовки. Вообще говоря, только одна малая область из этого динамического кругового образования направлена на мишень, и специфика этой области будет зависеть от деталей каждой отдельной конечной стадии перехвата. Определяющими являются особенности вектора разделения при максимальном сближении (так называемые «ранние пташки»,

мая информация могла быть получена в результате неких «вычислений на задней стороне конверта» о возможных углах удара осколков и простом отслеживании лучей возможных путей внутри «Скада».

«поздние пташки», «правые пташки» и «левые пташки»⁵⁵) вместе со спецификой геометрии конечного участка перехвата. Из-за сильно нелинейной причинной связи между этими условиями и геометрией, и летальностью конечного участка нельзя определить набор индивидуальных средних значений или представительных случаев (например, нулевой средний угол пересечения, нулевой угол атаки, и т.д.) и собрать их вместе для получения «типичной» ситуации для конечного участка (смотри сноску 42). Итоговым результатом всего этого является, что случай ПиЛ со средним углом соударения в 46 градусов, на котором они основывают свои аргументы, ничего не значит. Реальные углы соударения осколков могут лежать в пределах от 0 до 80 градусов в диапазоне реальных и игровых ситуаций, представляющих операцию «Буря в пустыне».

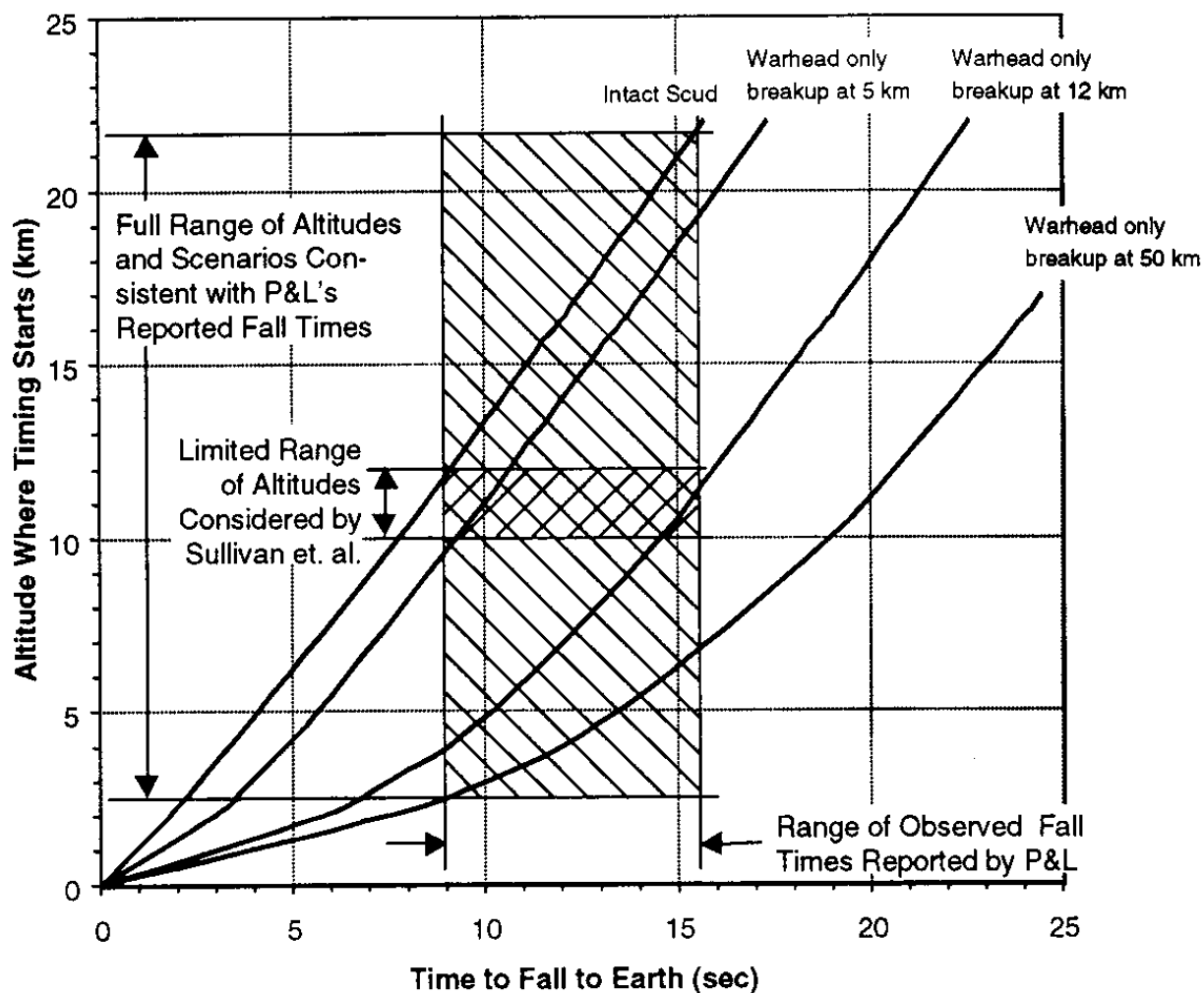


Рисунок 5. Полный диапазон высот и сценариев, согласующихся с наблюдаемыми длительностями падения заметно превышает тот, который рассматривался рабочей группой Салливана.

⁵⁵ «Ранней пташкой» называют перехват, в котором цель и перехватчик находятся в одной плоскости, а точка максимального сближения достигается после того, как перехватчик пересекает траекторию цели, т.е. перехватчик появляется там слишком рано. «Поздняя пташка» соответствует обратной ситуации, а «правая» и «левая» пташки соответствуют аналогичным условиям для своевременных перехватов вне плоскости. На практике большинство геометрий промаха являются комбинацией ранней и поздней, правой и левой. Эти особые случаи важны, потому что они существенно влияют на комбинацию форм разлета боеголовки, углов удара и параметров взрывателя. Влияние всех этих факторов игнорировалось ПиЛ и рабочей группой.

Заявление о малой вероятности вывода компонент боеголовки из строя без детонации взрывчатого вещества также неверно. Уязвимые электронные компоненты «Скада» расположены как за взрывчатым веществом, так и спереди его. Те, которые находятся перед ним, могут быть уничтожены любым из осколков «Патриота» из возможного диапазона углов падения осколков шириной до 80 градусов, а те, которые находятся сзади, могут быть уничтожены осколками из примерно двух третей возможного диапазона углов падения. Таким образом, многие попытки перехвата фактически обладают возможностью поражения уязвимых компонент боеголовки «Скада» без прохождения сквозь взрывчатое вещество. Мы утверждаем поэтому, что отказ рабочей группы от критического обсуждения таких моментов работы Пил, как неполное исследование параметров, слишком упрощенная геометрия, пропуск важных факторов, моделирование уязвимых участков «Скада» и общие выводы о летальности, наносят вред пониманию столь важного предмета⁵⁶.

ЗНАЧЕНИЕ ДЕБАТОВ ПО «ПАТРИОТАМ» И ПОЛЕЗНОСТЬ АНАЛИЗА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСТОЛОМ И ЛЬЮИСОМ

Рабочая группа в разделе отчета «Общие выводы по анализу видеозаписей» на странице 32 утверждает, что «Армия должна использовать техническую информацию, имеющуюся на коммерческих видеозаписях...». Фактически, Армия использовала коммерческие телевизионные и инфракрасные видеозаписи в своей оценке характеристик «Патриота» *в той степени, в которой Армия считала видеозаписи технически полезными*. Что технически полезного в том, что на видеозаписях иногда видно, что боеголовка «Патриота» взрывается поздно? Может быть и есть, но факт того, что боеголовка и взрыватель «Патриота» использовались в более широкой области против более быстрых ракет, чем это было предусмотрено проектом, что иногда приводило к запаздывающему подрыву, был впервые признан Армией за два года *до того, как появилась первая статья Поста и Льюиса по данному вопросу*. Что технически полезного в том, чтобы видеть, что иногда «Патриот» выбирает ложную цель из-за того, что не был предусмотрен развал мишени? Может быть и есть, но этот факт был сразу же обнаружен на поле боя, и в течение недель были придуманы, спроектированы, испытаны и установлены необходимые модификации. Что технически полезного в том, чтобы иногда видеть, что быстро движущееся световое пятно выходит из огненного шара, световое пятно, физическая природа которого так и не была объяснена через девять лет? Может быть и есть, но никто ни в Армии, ни в промышленности и не ожидал, что перехват «Патриотом» даже при успехе приведет к развалу «Скада» весом в две тонны. Что технически полезного в том, чтобы увидеть несколько видеок кадров световой наземной вспышки после попытки перехвата «Патриотом»? Может быть и есть, но даже причины этих вспышек и возможность использовать их для различия между детонацией взрывчатого вещества и взрывами топлива в воздухе и кинетическими столкновениями до сих пор ставится под сомнение известными физиками. И может ли кто-нибудь на самом деле поверить, что эти несколько кадров со вспышками неизвестного происхождения могут быть более информативными, чем изучение наземных разрушений на месте, которое, пусть и не совсем точно,

⁵⁶ Тот факт, что перехваты в операции «Буря в пустыне» проводились в диапазоне скоростей сближения, для которого «Патриот» не проектировался, и что, в свою очередь, взрыватель работал на границе своих возможностей, не оспаривается. Это неоднократно появлялось в различных источниках, включая Армию США, и было причиной двух различных модернизаций ракеты, проведенных после войны. То, против чего вы выступаем здесь, связано с тем, что представление Пил о эффективности системы вооружения на «представительной» ситуации конечной стадии неверно из-за высокой степени нелинейности этой проблемы и фактов, не включенных ими в свой анализ. Они включают угол пересечения, угол атаки, относительно широкий диапазон скоростей цели и «Патриота», и т.д., все из которых присутствуют в реальных перехватах и все из которых фундаментально изменяют соотношение между конусом подрыва, динамическим углом разброса боеголовки, и их соотношения со всеми векторами скоростей, которые вступают в действие при анализе комбинации эффективности взрывателя и боеголовки. Нас беспокоит не то, что Пил упростили свой анализ, а то, что рабочая группа не стала комментировать те неопределенности, к которым привело такое упрощение.

но почти ежедневно проводилось израильскими, армейскими и арабийскими группами. Детонация взрывчатого вещества может выглядеть неоднозначно на видеозаписях, сделанных за мили от взрыва, но взрыв «Скада» в Тель-Авиве, Дахране или Эр-Рияде ни с чем не спутаешь.

Оценки Армии определяют общую долю успешных перехватов «Патриотом» как 60% при суммировании результатов на обоих театрах военных действий⁵⁷. На основании уроков, полученных в этом конфликте, и желания лучше подготовиться к новым угрозам, американское правительство провело две массовых модернизации «Патриотов» и в настоящее время развертывает третью. «Патриот» с точки зрения оперативных характеристик уже не тот, которым он был в 1991 году. Кроме того, разрабатываются три других системы противоракетной обороны на театре боевых действий и в течение следующего десятилетия они дополняют возможности «Патриота». Эти системы в совокупности обеспечат при необходимости развертывание обороны на суше или на море и применение по крайней мере двух независимых возможностей противодействия, основанных на фундаментально различных технологиях, режимах высоты перехвата и феноменологиях, которые могут быть использованы против любой угрозы баллистических ракет на театре военных действий в обороняемом районе. Происходила бы такая эволюция по другому, если бы доля успеха «Патриота» была несколько меньше, или даже существенно меньше армейских оценок? Скорее всего, нет. Эта эволюция возможностей ПРО ТВД определяется, исходя из наличия реальной угрозы, реальной уязвимости, реальных военных нужд и доступного финансирования.

В последнем разделе отчета Салливена делается попытка подняться над спорами и подытожить то, что для рабочей группы представляется наиболее важными полученными уроками.

- *В оценках возможностей должны участвовать как осведомленные, так и независимые специалисты.* Очевидно, мы согласны.
- *Сбор данных об эффективности системы оружия должен производиться так тщательно, как это возможно.* Конечно, и в «Патриоте» и других системах этот процесс был автоматизирован.
- *Нужно, чтобы при необходимости на поле боя были доступны специалисты с техническим образованием для помощи военным операторам «высокотехнологичных» систем.* Абсолютно верно, и фактически такие специалисты осуществляли во время операции «Буря в пустыне» необходимую техническую поддержку военных операторов многих систем, включая «Патриот»⁵⁸.
- *Процесс разработки сложных систем должен быть менее «линейным» и должен позволять осуществлять непрерывную обратную связь по результатам как летных испытаний, так и боевого опыта.* Конечно, и современные тенденции технических де-

⁵⁷ 60% успешных перехватов в официально опубликованных данных складываются из более чем 70% в Саудовской Аравии и более 40% в Израиле. Этот комбинированный результат был впервые доложен министром обороны Чейни на ежегодном обеде АДПА в Вашингтоне 9 апреля 1992 года, а также на слушаниях комиссии по правительственным операциям палаты представителей двумя днями ранее. Рабочая группа заявила, что они не понимают, «что выражает термин “более” в опубликованных данных». Здесь мы можем помочь им понять, что это такое. Армия стремится представить публике несекретные данные на основании более точной секретной информации. Они решили округлить их до ближайших десятков процентов. Таким образом, “более 40%” означает, что величина лежит в пределах от 40% + е до 50% - е.

⁵⁸ Чарльз А. Фаулер написал в своей статье «Приобретение обороны – хватайся за топор.»: «Более 4000 контрактников и многие сотрудники правительственных лабораторий ринулись в Персидский залив...исправляя материальную часть и программное обеспечение, и улучшая их...». Charles A. Fowler. “Defense Acquisition: Grab the Ax”, *IEEE Spectrum*, (October, 1994: 57). Среди 4000 контрактников было около 30 инженеров-ракетчиков и управленцев фирмы «Рейтеон», которые добровольно отправились в трудный путь к Персидскому заливу и помогли в тренировке, организации и подготовке ответов на неизвестные угрозы и расширение задач, которые были характерны для использования “Патриота” в начале войны.

монстраций передовых концепций, массовых модернизаций и боевой адаптации в почти реальном времени направлены именно на это.

- *Неожиданности еще будут.* Конечно. Мы должны предугадывать их, насколько это возможно, понимать их, когда они появятся, и быть готовыми к быстрому и эффективному ответу, когда это понадобится.

Это важные вопросы, и они выделены в последнем разделе отчета Салливена «Полученные уроки».

ВЫВОДЫ

Мы никогда не утверждали, что каждый перехватываемый «Скад» был уничтожен противоракетной системой «Патриот». Напротив, мы знали, что неповрежденные «Скады» достигали поверхности в Израиле и Саудовской Аравии, где они взрывались и приносили обширный, а иногда и значительный, ущерб. Мы согласны с рабочей группой в том, что оценки Пил по исследованному ими ограниченному числу перехватов существенно отличаются от наших собственных выводов о доле успешных перехватов «Патриотов».

Мы не согласны с рабочей группой по вопросу о том, является ли анализ Пил в каждом случае, или даже в большинстве случаев, более вероятным, чем альтернативы, предложенные нами или другими. Очевидно, что некоторые из событий, которые Пил считали неудачами, являются таковыми; известно, что «Скады» взрывались на земле. Однако, мы не соглашаемся с выводами рабочей группы о том, что исходы конкретные события всегда, в основном, или даже часто оказывались правильными.

Например, мы согласны с тем, что некоторые из записанных на видеокамерах наземных вспышек показывают, что боеголовки «Скадов» взрывались. За некоторыми исключениями, мы согласны с тем, что все видеоизображения наземных вспышек согласуются с тем, чего можно ожидать от таких событий, учитывая ограничения видеокамер и пленок. Но соответствие изображений событий с одним объяснением не означает, что это объяснение истинно, или что изображения не согласуются с другими объяснениями. Мы показали, что события, которые связаны Пил исключительно с «явными промахами» (отсутствуют перекрытия огненных шаров), могут на деле быть успешными перехватами. И мы показали, что записанное время достижения «Скадом» земной поверхности может быть согласовано с очень широким диапазоном представительных высот начала наблюдений, высот перехвата и баллистических коэффициентов, а не только с тем набором параметров, который был представлен рабочей группой.

Другим примером являются события, для которых отсутствуют доказательства существенных наземных разрушений, или в которых найденные обломки «Скада» показывали, что они были поражены осколками боеголовки «Патриота», а боеголовка «Скада» не детонировала. Поскольку известно, что такие события имеются, гипотеза Пил, поддержанная рабочей группой, о том, что наземная вспышка означает детонацию боеголовки «Скада», не верна.

Напротив, наше фундаментальное разногласие с рабочей группой состоит в том, что они в основном интересовались согласием выводов Пил с информацией, записанной на видеозаписях телевизионных новостей. Если анализ Пил казался согласующимся с записями, то рабочая группа принимала выводы Пил.

Однако, битва в космосе над Израилем и Саудовской Аравией – одна из тех, в которых общий объем данных по любому отдельному столкновению часто не достаточен для того, чтобы выделить правильный ответ среди двух или трех совершенно различных возможных объяснений. Каждый вывод опирается на набор данных, и несколько возможных объяснений являются правильными, но по отношению к различным выборкам данных. Рабочая группа не смогла распознать, что два или более взаимно исключающих аргумента могут согласоваться с доступными данными видеозаписей, и что телевизионной информации может не хватить для того, чтобы сделать вывод.

Доказательства, имеющиеся для некоторых событий, побуждают аналитика к выводу о том, что «Скад» был поврежден, например, при извлечении остатков «Скада», в которых имеются следы-отверстия от осколков боеголовки «Патриота», пробивших оболочку, и для которых не было сообщений о наземных разрушениях. Такая информация достаточно убе-

дительно для того, чтобы решить, что не каждая вспышка, сопровождающая падение «Скада», связана с детонацией тритонала.

Напротив, наличие обширных наземных повреждений должно направлять аналитика в сторону принятия выводов о том, что «Скад» преодолел оборонительный барьер.

Было бы глупо утверждать, что, например, все события, связанные с наземными вспышками, представляют собой неудачные попытки перехвата «Патриотов», также как и утверждать обратное, что все эти события представляют успешные перехваты со связанными вспышками, обусловленными механизмами, отличными от детонации боеголовки «Скада». Мы не принимаем таких крайних выводов, и мы поддерживаем Салливена и его сотрудников в пересмотре их выводов о том, что все события, согласующиеся с анализом Постола и Льюиса, обязательно правильно объясняются их аргументами.

Несмотря на все указанное выше, рабочая группа пришла, тем не менее, к некоторым важным и имеющим широкое применение выводам из действий «Патриотов» в Персидском заливе. Они не зависят от любого конкретного исхода, они не зависят от любой конкретной интерпретации, они не зависят даже от видеозаписей. Они основаны на здравом смысле, и мы полностью соглашаемся с ними.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Распознавание успешных и неудачных перехватов на видеоизображениях. Из-за того, что рабочая группа, и, ранее, ПИЛ, уделяли большое внимание световому пятну в области траектории «Скада», перекрываемому огненным шаром «Патриота», важно исследовать возможное появление события на коммерческих видеозаписях, в котором осколок «Патриота» либо серьезно повредил, либо на самом деле подорвал боеголовку «Скада». Давайте рассмотрим сначала вопрос о детонации боеголовок «Скада».

Первый вопрос, который должен задать себе исследователь, анализирующий видеоизображение, таков: отслеживает ли наблюдатель объект, который содержит боеголовку «Скада» (например, корпус «Скада» с присоединенной боеголовкой, сопровождаемый сгоранием вытекающего топлива для обеспечения необходимой для наблюдения подсветки). Как отмечалось в сноске 11, отделенная от корпуса боеголовка вряд ли будет светиться на высотах, где обычно происходит перехват. Поскольку весь анализ ПИЛ зависит от реконструкции траектории самой боеголовки, в последующем предполагается, что видимы след принадлежит объекту, который прикреплен к боеголовке.

Было бы полезно отслеживать траекторию «Патриота» так же, как и траекторию «Скада», но «Патриот» не движется так быстро, чтобы светиться благодаря аэродинамическому трению. После выключения ракетного двигателя «Патриот» становится темным, и о его положении можно будет судить только после момента детонации, когда продукты взрыва образуют световое излучение, достаточное для обнаружения. Поэтому, для видеокadra, записанного в первые несколько миллисекунд после детонации, мы должны знать, будет ли разделение между вспышкой света от взрыва и светящимся следом «Скада» достаточно различимым для того, чтобы считать их различными объектами. Мы будем предполагать «лучший случай», т.е. ТВ-камеру с линейным откликом, почти идеальную оптику, и отсутствие «расплывания» на ПЗС-матрице, приводящего к изменению темного тока прибора с зарядовой связью в окрестности освещенной области.

Видеокамера хорошего качества имеет около 40 элементов ПЗС-матрицы на миллиметр, что соответствует разрешению в 20 линий на миллиметр в фокальной плоскости. Такой элемент изображения (пиксел) представляет собой квадрат со стороной 0,025 мм. Разумной оценкой фокусного расстояния камеры является 100 мм для ручной камеры или 500 мм для камеры на штативе. Расстояние от камеры до точки взрыва неизвестно, но разумная оценка лежит в области от 7 до 15 км в зависимости от высоты перехвата и расстояние от камеры до намеченной цели баллистической ракеты. Увеличение оптической системы m равно отношению фокусного расстояния объектива к дальности d . Для оптимальной комбинации длинного фокусного расстояния и малой дальности имеем:

$$m = 0,5/7000 = 7 \cdot 10^{-5}$$

Для наименее благоприятной ситуации, короткого фокусного расстояния и большой дальности,

$$m = 0,1/15000 = 7 \cdot 10^{-6}$$

Если «Патриот» подрывается на расстоянии 10 м от «Скада», и если геометрия не сжата из-за угла зрения, то разделение между изображениями детонации «Патриота» и «Скада» в фокальной плоскости камеры лежит в пределах от 0,7 мм до 0,07 мм. В первом случае замешано много пикселей, и задача будет простой. Во втором случае задача будет сложнее и различить два объекта будет можно только при математически идеальной камере, отсутствии влияния дифракции и рассеяния.

Однако, ситуация не так проста. В расчете подразумевается, что вспышка при детонации «Патриота» освещает не более одного пикселя, и то же самое относится к «Скаду». Это маловероятно, даже если изображение вспышки было получено сразу же после детонации. Несмотря на то, что диск Эйри любого хорошего объектива с переменным фокусным расстоянием должен быть сравним с размером пикселя, хотя обычно он больше, это не тот случай, когда можно пренебречь угловым разрешением объектива. Напротив, конечный размер изображения точечного источника очевидно покрывает больше одного пикселя, в зависимости от его положения в фокальной плоскости. Принимая во внимание дифракцию, мы увидим, что некоторая часть света от детонационной вспышки должна осветить несколько примыкающих пикселей, даже если пренебречь «размыванием» в ПЗС-матрице. Точно так же излучение от «Скада» будет размыто по нескольким пикселям, даже если оно будет сконцентрировано на одном.

Еще большее значение могут иметь другие аберрации объектива. Объективы видеокамер редко обладают разрешением лучше 20 пар линий на миллиметр в фокальной плоскости, поскольку таков размер датчиков, в отличие от 80 пар линий на миллиметр, которые могут быть получены на проявленной фотопленке при использовании высококачественного объектива для 35-мм кинокамер. В большинстве видеокамер используются объективы с переменным фокусным расстоянием, состоящие из многих деталей, и поэтому нельзя пренебрегать возможностью внутренних бликов от ярких источников, когда источник наблюдается на фоне темного неба, что и происходило в нашем случае.

Поэтому, мы делаем вывод, что возможно, но маловероятно, что детонация «Патриота», изображение которой было получено в течение первых нескольких миллисекунд, до того, как огненный шар расширится до метровых размеров, действительно будет выглядеть как яркая точка, явно отделенная от «Скада». Учитывая малую вероятность получения изображения огненного шара «Патриота» на такой ранней стадии (в особенности, если временная константа интегрирования сравнима с интервалом между кадрами в 33 мс), наиболее вероятно, что «Скад» и детонация «Патриота» повлияют на перекрывающийся набор пикселей. Следовательно, если «Патриот» вызвал катастрофическую детонацию боеголовки «Скада», то определенно, что при записи на видеокамере эти оба явления будут перекрываться.

Единственным способом отождествления катастрофической детонации «Скада» при наблюдении огненных шаров «Патриота» и «Скада» будет определение размера комбинированного огненного шара, который должен казаться больше, чем тот, который образуется при взрыве одной боеголовки «Патриота». Однако, Пил описывали кажущиеся размеры огненных шаров, как достигающие сотен метров в диаметре, с минимальными размерами, существенно большими физического огненного шара с диаметром в 25 м. Поскольку физический диаметр огненного шара зависит от плотности энергии внутри него (внешние слои огненного шара должны быть нагреты до температуры свечения), из этого следует, что удвоение реального диаметра потребует восьмикратного увеличения высвобожденной энергии взрыва. Энергия боеголовки «Скада» не в восемь раз больше, чем у боеголовки «Патриота», а кажущийся диаметр огненного шара на видеокадре не связан с его физическим диаметром каким либо масштабируемым соотношением.

Кажущийся диаметр огненного шара на видеокадре можно частично объяснить наличием горящих частиц взрывчатого вещества или рассеянием света на выброшенных горящих частицах, но если бы это было так, то только высокоскоростная часть распределения частиц по скорости сможет иметь отношение к кажущемуся размеру огненного шара, потому

что частицы останавливаются на конечном расстоянии, зависящем от плотности атмосферы и начальной скорости, а не от полной энергии взрыва. Фактически, они экспоненциально теряют скорость с расстоянием от взрыва, и поэтому тормозятся на расстоянии, не зависящем от характеристик взрыва. Из этого следует, что при таком объяснении кажущийся диаметр на видеоизображении должен возрастать значительно медленнее, чем кубический корень из энергии, и разница между диаметрами огненных шаров одного «Патриота» и «Патриота» со «Скадом» будет еще менее заметной.

Если кажущийся диаметр огненного шара в основном зависит от электрооптической истинные различия сглаживаются под влиянием электрооптических свойств камеры. Это и является наиболее вероятным случаем.

Мы делаем вывод, что невозможно различить эти случаи на основании внешнего вида огненного шара. Поэтому остается одно средство отождествления катастрофической детонации по сравнению с перехватами «Патриотами», которые только повреждают «Скад» настолько, что боеголовка баллистической ракеты не сможет взорваться при ударе, или с «явными промахами» - это исследование остатков, вылетающих из огненного шара.

Постол и Льюис, так же, как и рабочая группа, уделяют большое внимание тому факту, что наблюдается яркий объект, выходящий из огненного шара примерно по той же траектории, что и входящий объект. Однако, «Скад» не будет ни аннигилирован, ни испарен взрывом своей боеголовки весом примерно в 200 кг, а многие детали «Скада» достаточно массивны, чтобы пережить взрыв. Кроме того, импульс, передаваемый выжившим тяжелым объектам (например, камере сгорания, соплу, турбонасосам и т.д.) не вызовут заметного отклонения от траектории входа на первых нескольких кадрах после детонации. Напротив, отклонения, когда они появляются, очевидно вызваны изменениями аэродинамических свойств «Скада».

Поэтому, мы приходим к выводу, что невероятно, а, может быть, и невозможно, чтобы Постол и Льюис отождествили вызванную «Патриотом» детонацию боеголовки «Скада» на основании изображений, записанных на видеолентах во время перехвата. Более того, мы делаем вывод о том, что само присутствие быстрого яркого объекта, выходящего из области видимого изображения огненного шара не демонстрирует неудачу «Патриота» в нанесении существенных повреждений, достаточный для предотвращения детонации, и не имеет отношения к оценке успеха или неудачи перехвата. Если либо траектория, либо внешний вид выходящего яркого объекта (не обязательно оба, как требуют Пил) изменяются после перехвата «Патриотом», то это следует рассматривать как убедительное доказательство удара (хотя обратное не обязательно верно, т.е., отсутствие изменений не обязательно должно быть приравнено отсутствию удара). И если это изменение сопровождается отсутствием заметных наземных разрушений, то это следует рассматривать как убедительное доказательство успешного перехвата.

Тем не менее, на самом деле не ясно, как много «Скадов» взорвалось в полете после ударов осколков боеголовки «Патриота» (как мы обсуждали, видеозаписи не служат надежными индикаторами). Многие, а, может быть, и большинство механизмов повреждения настолько тонки, как мы обсуждали в основном тексте статьи, и они не могут видимо проявиться даже на изображениях высокого качества. Коммерческие видеоизображения области перехвата не предоставляют достаточную информацию для отождествления каждого из трех возможных вариантов – детонации «Скада», нейтрализации боеголовки «Скада» и близкого, но явного промаха – от любого другого.