

## ОПУСТИТЬ «ПРИТВИ» НА ЗЕМЛЮ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНДИЙСКОЙ РАКЕТЫ «ПРИТВИ»

З. Миан, А.Х. Найяр, и М.В. Рамана

В последние годы разработка, испытания, и неопределенный статус развертывания индийской ракеты малой дальности «Притви» вызывали большие опасения в Пакистане, и ускорили ракетную гонку в Южной Азии. В этой статье приводится сводка описаний «Притви» из открытой литературы и проводится оценка военной эффективности «Притви» при ее использовании для ударов по пакистанским аэродромам, командным центрам и радарным установкам с обычными боеголовками. Показано, что современная точность «Притви» такова, что для повреждения или уничтожения таких целей потребуется очень большое число ракет. Учитывая большой размер индийских ВВС, малое число заказанных индийской армией ракет «Притви», и значительное количество ракет, необходимое для представления дополнительной военной угрозы Пакистану, оправданность «Притви» остается открытым вопросом. Предполагается, что внедрение «Притви» с ее современными ограниченными возможностями является в основном результатом институционального давления со стороны Индийской организации оборонных исследований и разработок, ответственной за ракетную программу, чем требованиями вооруженных сил.

*Примечание: Данная статья была написана до испытаний ракеты «Гхаури» в Пакистане в апреле 1998 года и до испытаний ядерного оружия в Индии и в Пакистане в мае 1998 года.*

З. Миан – научный сотрудник по программе международных визитов Союза обеспокоенных ученых, Кембридж, штат Массачусетс, США, и научный сотрудник Центра по исследованию энергии и окружающей среды Принстонского университета, Принстон, штат Нью-Джерси, США.

А.Х. Найяр – ассистент физического факультета университета Куайд-эль-Азам в Исламабаде, Пакистан.

М.В. Рамана – исследователь по стипендии фонда Мак-Артура по международному миру и безопасности в Программе исследований по безопасности в Центре международных исследований Массачусетского технологического института, Кембридж, штат Массачусетс, США.

### ВВЕДЕНИЕ

Гонка вооружений между Индией и Пакистаном переместилась от их соответствующих возможностей в создании ядерного оружия<sup>1</sup> в область баллистических ракет. В докладе от июня 1997 г. утверждается, что Индия переместила некоторое количество своих ракет «Притви» на базу вблизи города Джалландар у границы с Пакистаном<sup>2</sup>. Хотя индийский премьер-министр отрицал, что ракеты «Притви» были развернуты и заявлял, что они были только перемещены в хранилище<sup>3</sup>, правительство Пакистана выразило свои опасения, а начальник штаба армии объявил, что Пакистан может развивать свою собственную ракетную программу<sup>4</sup>. В июле 1997 г. появились сообщения об огневых испытаниях пакистанской ракеты «Хатф-3», которая, как говорят, имеет дальность 600 км при весе боеголовки в 250 кг<sup>5</sup>. За этим последовали заявления, что Индия возобновляет проект ракеты средней дальности (РСД) «Агни» и рассматривает предложение об интегрированной системе противоракетной обороны<sup>6</sup>. (6 апреля 1998 г. Пакистан испытал ракету «Гхаури» с заявленной дальностью<sup>7</sup>).

Ответные действия безусловно подразумевают военную полезность «Притви» и ракет малой дальности в целом, несмотря на сильные аргументы в пользу противоположной точки зрения. Например, технический анализ возможной роли советских тактических ракет как части неядерного превентивного удара по авиабазам, базам ПВО, командным и коммуникационным центрам и хранилищам ядерного оружия НАТО показал, что эта угроза невелика, если только не используются сотни, или даже тысячи ракет<sup>8</sup>. Точно так же, исторический опыт применения таких ракет малой дальности с обычными боеголовками показывает, что «их воздействие подвержено сильному влиянию их ненадежности и неточности, выбора целей, географии, количества, моральных качеств противника и возможности принимать контрмеры»<sup>9</sup>.

В этой статье мы последуем этим предыдущим исследованиям и проведем техническую оценку эффективности применения ракет «Притви» против Пакистана. Статья построена таким образом: в следующем разделе мы приведем некоторые из соответствующих характеристик «Притви». В следующем разделе мы опишем повреждение, вызываемые ракетами с обычными боеголовками типов, предлагаемых для «Притви». В следующем разделе мы предположим, что «Притви» будет использо-

ваться в превентивном ударе против пакистанских сил и возможностей, которые представляют наиболее серьезную угрозу индийским силам, и оценим ее военную эффективность. Наша работа показывает, что если «Притви» будет оснащена обычными боеголовками и будет использована для атаки военных целей, то ее военная полезность будет минимальной. Затем мы предлагаем некоторые возможные причины продолжения программы «Притви» Индией, несмотря на ее недостатки. В последней секции мы сделаем некоторые выводы.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ РАКЕТЫ «ПРИТВИ»

Сообщают, что существует две версии «Притви»<sup>10</sup>, с разными полезными нагрузками и дальностями. «Притви-1» развертывается армией, и говорится, что она несет полезную нагрузку в 1000 кг на максимальную дальность в 100 км, а «Притви-2», предназначенная для ВВС, несет полезную нагрузку в 500 кг на максимальную дальность в 250 км. Сообщают, что разрабатывается третья версия с дальностью 350 км<sup>11</sup>. Однако, моделирование ракеты показывает, что две версии «Притви» фактически используют одну и ту же конструкцию с различным весом боеголовок, и, следовательно, с разными дальностями<sup>12</sup>. Эта модель предполагает также, что и третья версия имеет ту же конструкцию с полезной нагрузкой массой в 250 кг.

На «Притви» установлена связанная инерциальная система управления<sup>13</sup>, и, как сообщают, может маневрировать при помощи стабилизаторов, управляемых бортовым компьютером<sup>14</sup>. Круговое вероятное отклонение (КВО)<sup>15</sup> «Притви» часто считают равным 250 м<sup>16</sup>. Это согласуется с простым правилом (0,1 процента от дальности), часто применяемом для таких ракет малой дальности с подобной системой наведения. Это подтверждается другим сообщением, в котором говорится, что у «Притви» «подтвержденная точность равна одному метру на километр», т.е. 0,1 процент<sup>17</sup>. Следовательно, при максимальной дальности в 250 км «Притви» должна иметь КВО в 250 м. Говорится, что «Притви» будет, скорее всего, применяться на дальностях от 100 до 150 км<sup>18</sup>, и, вероятно, меньших 200 км<sup>19</sup>. Из этого может следовать, что реальное КВО будет составлять от 100 до 200 м. Однако, предполагают, что более надежные оценки КВО «Притви» равны 300 м при дальности 150 км, и 500 м при дальности в 250 км, т.е. 0,2 процента от дальности.

сти<sup>20</sup>. В недавней статье предполагается, что значительная часть индийских артиллерийских офицеров считает, что точность «Притви» в полевых условиях, скорее всего, будет ближе к последней оценке, и что это мнение, вероятно, образует основу доктрины их развертывания<sup>21</sup>. Были сообщения о том, что Индийская организация оборонных исследований и разработок (ИООИР) планирует установить на «Притви» систему глобального позиционирования (СГП), чтобы повысить ее точность; ИООИР утверждает, что это уменьшит КВО примерно до 75 м<sup>22</sup>.

«Притви» работает на жидком топливе. В большинстве сообщений говорится, что окислителем является ингибированная дымящая красная азотная кислота, а горючим — смесь ксилидина и метиламина в отношении 50 на 50<sup>23</sup>. Эта комбинация очень летуча и должна заправляться незадолго до запуска.

Первый полет «Притви» состоялся 25 февраля 1988 г.<sup>24</sup> После этого было проведено еще 13 испытаний «Притви-1»<sup>25</sup>. Они в основном были успешными, за исключением шестого испытания, в котором ракета развалилась в полете<sup>26</sup> при выполнении маневра с большим ускорением<sup>27</sup>, хотя в другом сообщении говорится, что ракета просто отклонилась от своего курса<sup>28</sup>. Было проведено два войсковых испытания в индийской армии: первый, назначенный на 13 мая 1994 г., был отложен из-за неисправного клапана в системе подачи топлива, из которого топливо попадало на корпус двигателя. В конце концов войсковые испытания были проведены 4 и 6 июня 1994 г. Сообщалось, что во время этих испытаний представители армии жаловались на то, что замена боеголовки на «Притви» затруднена<sup>29</sup>. «Притви-2» испытывалась всего один раз, 27 января 1996 г., войсковых испытаний до сих пор не проводилось<sup>30</sup>.

Сообщалось, что за производство «Притви» отвечает фирма «Бхарат Динамикс Лимитед», серийное производство планировалось начать в январе 1991 г. с ежегодным изготовлением 40-50 ракет<sup>31</sup>. Но в сентябре 1992 г. появилось предположение, что «Бхарат Динамикс» может не изготовить требуемого количества ракет из-за ограничений по некоторым критическим компонентам<sup>32</sup>. Кажется, что «Притви» была готова к производству и развертыванию только с июня 1994 г.<sup>33</sup> Важно, однако, что начальное количество частей, которые должны были тренироваться с «Притви», было сокращено с 4 до 1, и в июне 1994 г. 333-я ракетная группа, военная часть, которая считается обученной и экипированной ракетой «Притви», имела на вооружении всего 6 ракет<sup>34</sup>. Даже в апреле 1995 г. сообщалось, что серийное производство «Притви» еще не стабилизировалось, и что «Бхарат Динамикс» производит стрелковое оружие для индийских резервных частей из-за отсутствия достаточных заказов на ракеты<sup>35</sup>. По другой оценке, производство ракет в это время составляло 3 ракеты в месяц<sup>36</sup>. Говорилось, что в июле 1997 г. серийное производство «Притви» было приостановлено<sup>37</sup>. В недавнем сообщении говорится, что полные запасы «Притви» в Индии составляют 60 ракет<sup>38</sup>.

Сообщают, что «Притви» развертывается в ракетных полках, в каждом из которых по четыре ракетных батареи всего с 16 ракетами, с 4 транспортерами-подъемниками-пусковыми установками (ТППУ) и 6 вспомогательными машинами для обслуживания, перевозки, заправки и связи<sup>39</sup>. Однако, может быть, только на нынешнее время, в 333-й ракетной группе принята другая схема развертывания. Сообщается, что она оснащена 12 ТППУ, поделенными на 3 батареи по 4 ТППУ в каждой<sup>40</sup>. Каждая батарея оснащена машиной для подачи и загрузки ракет, топливозаправщиком, машиной обслуживания, и пунктом управления огнем.

Сообщается, что процедура запуска включает передачу информации о цели и месте запуска в ракетную группу, заправку ракеты, перемещение ТППУ в точку запуска и сам запуск. Говорится, что вся процедура длится от менее двух часов<sup>41</sup> до трех часов<sup>42</sup>. Это кажется сравнимым с ракетой на жидком топливе «СКАД-Б», время подготовки которой к стрельбе оценивается в 1 – 1,5 часа<sup>43</sup>.

Возможные трудности со сливом жидкого топлива из баков ракеты назад в заправщик<sup>44</sup>, потеря ресурса, кото-

рая может последовать от коррозии от небольших остатков после слива топлива, и сообщения о том, что после одной заправки ресурс хранения ракеты не будет превышать 5 лет<sup>45</sup>, ограничивают количество учений с использованием реального топлива. Можно предположить, что опасения по поводу жидкого топлива и системы заправки задержали развертывание «Притви» и что для полного развертывания ожидается версия ракеты с твердым топливом<sup>46</sup>.

Согласно большинству сообщений, «Притви» намереваются использовать только с обычными боеголовками<sup>47</sup>. Говорят, что существует пять типов боеголовок: обычная унитарная боеголовка с взрывчатым веществом, драпнельная боеголовка, с касетными вооружениями<sup>48</sup>, и, возможно, боеголовка объемного взрыва<sup>49</sup>. Значение разнообразия типов боеголовок можно оценить по их возможности поражения различных целей<sup>50</sup> (которые обсуждаются в следующем разделе). Было проведено по меньшей мере два испытания боеголовок: статическое испытание в марте 1990 г. на полигоне Похаран<sup>51</sup> и второе испытание в Чандипуре-на-море в июне 1997 г.<sup>52</sup>

### ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИТВИ НАНОСИТЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Говорят, что военная цель существенно повреждена, если она не может быть использована для своего назначения вскоре после атаки. Для цели с заданной прочностью<sup>53</sup> и боеголовки с заданной мощностью взрыва можно определить характерную длину, известную как летальный радиус  $R_L$ , для которой при взрыве на расстоянии  $R_L$  от цели она будет существенно повреждена. Очевидно, что летальный радиус уменьшается с повышением прочности цели и уменьшением мощности взрыва боеголовки. Таким образом, вероятность существенного поражения цели боеголовкой является производением двух факторов: вероятности того, что ракета достигнет окрестностей цели неповрежденной и вероятности того, что она взорвется на расстоянии от цели, меньшем  $R_L$ . Первый фактор является произведением вероятности успешного запуска, вероятности выживания во время полета, и вероятности проникновения через оборону. В случае касетных боеголовок или боеголовок объемного взрыва следует принимать во внимание вероятность того, что боеголовка распределит свое содержимое нужным образом; мы делаем консервативное предположение, что эта вероятность равна единице. Второй фактор называется вероятностью поражения и зависит от летального радиуса комбинации цели и боеголовки и точности (КВО) ракеты. Символическая запись этого такова:

$$P(\text{повреждение}) = P(\text{запуск}) \times \\ P(\text{выживание во время полета}) \times \\ P(\text{проникновение обороны}) \times P(\text{поражение})$$

Первая составляющая,  $P(\text{запуск})$ , вероятность успешного запуска, зависит от того, как успешно была развернута ракета в поле и как она прошла последовательность запуска. Против того, что ракета «Притви» будет запускаться в боевых условиях с эффективностью 100 процентов, действует много факторов. Поскольку она развертывается вблизи Пакистана (действующее хранилище на базе в Джалланпуре расположено менее, чем в 100 км от границы), батареи «Притви» находятся под наблюдением; как разведывательных самолетов, так и разведчиков Пакистана, особенно во время кризиса. Большое требуемое скопление, возможно, достигающее 4 ТППУ и еще 6 машин в каждой батарее, делает их уязвимыми для упреждающей атаки, в особенности, во время длительной заправки, если их положение известно.

Ограниченный опыт эксплуатации ракетных систем Индией увеличивает эту уязвимость, и создает также отдельные причины для неудач при запуске. Вероятно, что особой проблемой будет применение жидкого топлива. Помимо того, что оно весьма коррозионно и опасно, жидкое топливо требует специальных топливных баков, и сложных систем заправки, включающих насосы высокой скорости и давления, клапаны высокого давления, регу-

ляторы, соединения и трубопроводы, системы охлаждения камеры сгорания, каждая из которых снижают надежность и требуют постоянного обслуживания<sup>54</sup>. Учитывая, что эта ракета является новой, кажется надежным предположить, что «Притви» будет страдать от связанных с топливом механических и других системных отказов до запуска.

Вторая компонента вероятности повреждения цели ракетой является мерой того, как надежно функционирует ракета во время полета после ее запуска. Разрушение «Притви» во время шестого испытания служит примером отказа ракеты во время полета. Во время войны в Персидском заливе из 32 запущенных США ракет АТАСМ по крайней мере одна не долетела до назначенной цели. Для советских тактических ракет  $P$  (выживание во время полета) оценивается в интервале от 0,7 до 0,9<sup>55</sup>. У советской ракеты СС-Н-4, в которой используется то же топливо, как у «Притви», из 311 запусков успешными были 225, т.е. вероятность успеха была равна 0,72<sup>56</sup>. Морская версия советской ракеты «СКАД-А» имела 59 успешных запусков из 77, а СС-Н-5 – 193 успешных запуска из 228. Учитывая сходство «Притви» и советской ракеты «СКАД-Б», оценка в интервале от 0,7 до 0,9 может быть применима и к «Притви». Следует отметить, однако, что хотя  $P$  (выживание во время полета) в основном зависит от конструкции и летных испытаний ракеты, но чем больше количество испытаний, тем более вероятно, что все системы будут функционировать, как намечено. Ограниченное количество летных испытаний (до сих пор сообщалось только о пятнадцати испытаниях) предполагает, что надежность может быть большей проблемой, чем у советских ракет.

Отсутствие любого вида обороны от баллистических ракет в Пакистане, и неадекватность таких систем в тех случаях, даже когда они присутствовали<sup>57</sup>, позволяет предположить, что третья компонента вероятности, соответствующая тому, что ракета успешно преодолеет любую систему обороны вокруг цели, может быть положена равной единице<sup>58</sup>.

Исходя из этих причин, мы предположим, что произведение первых трех факторов примерно равно 0,8.

Оставшаяся часть,  $P$  (поражение), представляет собой вероятность того, что ракета приземлится на расстоянии от цели, меньшем  $R_L$ . Вообще говоря, вероятность того, что ракета (которая пережила запуск, полет и т.д.) приземлится на расстоянии  $X$  от точки нацеливания<sup>59</sup> определяется выражением:

$$P(X) = 1 - 0.5 \left( \frac{X}{KBO} \right)^2$$

Оно зависит только от точности ракеты (КВО). В нем предполагается, что положения цели и точки старта известны точно. Если какое-нибудь из них будет неточным, то ему можно будет приписать ошибку  $\delta$  и определить новое эффективное КВО следующим образом:

$$KBO_{эфф} = \sqrt{KBO^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2}$$

Есть серьезные причины считать, что  $\delta_4$  и, в особенности,  $\delta_5$ , не являются пренебрежимыми. Точное измерение положения точки запуска во время стрельбы может оказаться сложным и может увеличить уязвимость сил. Одной из альтернатив является стрельба с заранее разведанных площадок. Это ограничивает возможность выбора ракетных сил, а Пакистан может непрерывно наблюдать за этими площадками, опять же, это очевидно увеличивает уязвимость<sup>60</sup>. Однако, если стартовая команда будет использовать приемник СГП, то эта проблема может быть решена. Но это не окажет существенного влияния на  $\delta_4$ ; в виду ограниченных возможностей Индии по сбору информации эта величина может быть существенной, за исключением случаев крупных стационарных мишеней, таких, как командные центры или взлетно-посадочные полосы. Мы примем эту возможность во внимание, проводя наши расчеты в интервале значений КВО.

$R_L$  зависит от мощности взрыва, типа боеголовки, и

размеров и прочности цели, и мы рассчитаем их позже для различных типов целей и боеголовок. После того, как рассчитан летальный радиус, вероятность поражения рассчитывается подстановкой в уравнение для  $P(X)$ .

Теперь мы рассмотрим различные типы боеголовок, которые могут использоваться на «Притви». Как указывалось ранее, по сообщениям, на «Притви» могут использоваться пять разных типов боеголовок, и все они используют обычные взрывчатые вещества.

В унитарных боеголовках разрушительная сила велика, но локализована, и действие взрыва быстро уменьшается с расстоянием (весьма приблизительно как кубическая степень расстояния), а радиус действия возрастает медленно (весьма приблизительно как кубический корень) при увеличении веса взрывчатки<sup>61</sup>. Этот тип боеголовок самый распространенный и лучше всего приспособлен для сильно укрепленных целей, для повреждения которых нужно большое избыточное давление. Однако, как будет показано далее, поскольку КВО «Притви» велико по сравнению с летальным радиусом утильных конструкций, для надежного повреждения таких целей может потребоваться большое количество боеголовок.

В шрапнельные боеголовки включены металлические фрагменты, составляющие большую долю по отношению к взрывчатке. Это приводит к тому, что значительная часть энергии взрыва передается не в ударную волну, а в кинетическую энергию фрагментов. Поэтому распределение повреждений по цели будет неоднородным<sup>62</sup>. Более того, по сравнению с унитарной боеголовкой, из-за меньшего количества взрывчатки каждый фрагмент будет двигаться с меньшей скоростью. Такие боеголовки вряд ли будут эффективны против укрепленных целей или танков. Их главное назначение – это войска в поле.

Третий тип боеголовок, которые, согласно сообщениям, могут использоваться на «Притви» – это кассетные боеголовки. Этот тип боеголовок включает несколько снарядов, которые рассеиваются до взрыва. Эти снаряды сами по себе могут быть унитарными, шрапнельными, зажигательными и т.п. Теоретически боеголовка с  $N$  снарядами равного веса и однородно распределенными по площади, может обеспечить одно и то же избыточное давление на площади в  $N^{1/3}$  раз большей по сравнению с унитарной боеголовкой. На практике этот выигрыш в площади меньше из-за потери взрывной силы за счет добавления веса на необходимые индивидуальные корпуса, взрыватели и т.д. Тем не менее, этот тип боеголовок, когда он работает указанным способом, т.е. однородно распределяет и детонирует отдельные снаряды, может несколько скомпенсировать недостаточную точность и он наиболее полезен против относительно непрочных и распределенных целей, таких, как войска в поле, взлетно-посадочные полосы и радарные станции.

Разработка кассетных боеголовок непроста. Одна из серьезных проблем связана со способностью ракеты однородно распределить отдельные снаряды внутри строго определенного радиуса, называемого радиусом дисперсии. Это требует точного механизма распределения. Это требование приводит к дополнительному включению в боеголовку невзрывающихся компонентов, понижая доставляемую взрывную силу. Это приводит также к разделению возможностей ракеты или боеголовки, если они не смогут действовать указанным образом.

Зажигательные боеголовки могут быть использованы для инициирования пожаров в больших городах, но для этого потребуются большое количество таких боеголовок, в качестве которых обычно используются большие авиабомбы<sup>63</sup>. Их военная полезность ограничена, и их главное назначение – быть оружием террора в городских районах.

Оружие объемного взрыва разбрызгивает взрывчатый аэрозоль и затем подрывает его при помощи замедленного взрывателя. Когда они покрывают большую площадь, то избыточное давление, создаваемое такими взрывчатыми веществами, будет намного меньше. Поэтому авиабомбы с такой взрывчаткой в основном использовались, как, например, во вьетнамской войне,

против личного состава, и, возможно, для подрыва минных полей<sup>64</sup>. При использовании в ракетных боеголовках, движущихся намного быстрее скорости звука, при выполнении такой технической задачи возникают огромные трудности<sup>65</sup>. Одним из строгих ограничений, например, является то, что воздушно-горючая смесь может взрываться только в ограниченном интервале концентраций<sup>66</sup>. Фактически первые варианты бомб объемного взрыва создавались для доставки вертолетами и медленными самолетами, которые могли бы доставлять бомбы с малой скоростью. Следовательно, трудности проведения таких технических работ, вместе с малым достижимым избыточным давлением, ограничивают значение этой технологии для ракетных боеголовок<sup>67</sup>, и мы не будем рассматривать ее применения для «Притви». Кроме того, в большинстве сообщений упоминается только о разработке снарядов объемного взрыва в ИООИР, но не о их готовности к использованию.

По указанным выше причинам мы не рассматриваем эффектов боеголовок объемного взрыва, зажигательных или шрапнельных боеголовок.

### ВОЕННАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ «ПРИТВИ»

В открытой литературе имеются многочисленные описания намерений использования «Притви». В раннем сообщении упоминается использование боеголовок с обычными взрывчатыми веществами для «уничтожения скоплений войск, разрушения авиабаз, и больших стационарных военных сооружений и штабов»<sup>68</sup>. Поскольку невозможно узнать, какие цели будут атакованы, имеются причины полагать, что упор будет сделан на такие цели, как системы связи, склады аммуниции, железнодорожные узлы, и даже электростанции, предприятия нефтяной и газовой промышленности, и нефтехранилища — все они также упоминались как возможные цели для «Притви». Последнее исследование корпорации «РЭНД» предполагает, что война в Южной Азии, вероятно, будет короткой, с продолжительностью в 2-3 недели, и поэтому выбор целей в инфраструктуре будет «исключительно дорогостоящим и, может быть относительно непродуктивным», и что минимальными стратегическими целями будут «больше связанные с операциями военные установки»<sup>70</sup>. Аналогично, утверждалось, что с началом войны «главным приоритетом» индийского военного планирования будет уничтожение пакистанских авиабаз, что должно сделать неэффективными системы доставки ядерного оружия Пакистана<sup>71</sup>.

Похоже, что опыт индо-пакистанских войн 1965 и 1971 г.г. поддерживает такие предположения. В 1965 г. авиация использовалась в основном для поддержки наземных сил, с ограниченными попытками атак на авиабазы, в то время как в 1971 г. атаки на нефтяные и железнодорожные объекты, так же, как и на крупные пакистанские города, начались только после того, как индийские ВВС добились превосходства в воздухе<sup>72</sup>.

Мы предполагаем, что ядерные установки не будут входить в список целей на основании соглашения между Индией и Пакистаном 1988 г. об отказе от атак на ядерные объекты друг друга.

Насколько нам известно, не было никаких публичных заявлений о том, что «Притви» будут использовать с необычными боеголовками. В соответствии с нашими процедурами в дальнейшем анализе мы предположим, что это верно, и будем рассчитывать повреждения только от рассматривавшихся выше обычных боеголовок. Применение химического и биологического оружия также маловероятно, если предположить, что Индия будет придерживаться конвенций о химическом и биологическом оружии, которые были подписаны и ратифицированы ею.

На этом основании мы попробуем подсчитать полное количество ракет, необходимых для нанесения повреждений всем намеченным целям в ряде категорий, а именно, аэродромов, командных центров, и радаров ПВО. Если эти задачи будут решены, то Индия получит преимущество.

Для учета разброса данных по точности, приводя-

щихся в различных публикациях, и будущих улучшений, мы предполагаем интервал значений КВО «Притви»: 50, 100, 150, 200 и 300 м. Как отмечалось выше, это позволяет также принять во внимание некоторые неточности в знании положения цели из-за ограниченных средств сбора информации у индийской армии. Для каждого из этих значений мы рассчитаем количество ракет «Притви», необходимое для эффективного подавления трех классов целей, т.е. взлетно-посадочных полос на аэродромах, командных центров и бункеров, и стационарных радаров. В каждом случае мы перечисляем только минимальные количества, т.е. предполагаем наиболее оптимистические значения характеристик «Притви». Мы предполагаем также, что цели будут атакованы боеголовками весом по 1000 кг, а не 500 кг. Это опять же только недооценивает требуемое количество ракет.

Учитывая возможную точность «Притви», не имеет смысла атаковать сравнительно непрочные цели, подобные радарам и ВПП аэродромов, унитарными боеголовками. Радиус, на котором боеголовка может поразить цели с устойчивостью около 1,5 атм, равен примерно 35 м. Если вместо этого будет использована кассетная боеголовка весом 1000 кг со 100 снарядами, она может обеспечить насыщение на большей площади, если снаряды будут равномерно распределены внутри оптимально выбранного радиуса. Например, при выборе радиуса дисперсии в 60 м вероятность того, что будет поражена любая цель с устойчивостью около 1,5 атм внутри круга, будет превышать 0,8.

С другой стороны, унитарные боеголовки могут оказаться наиболее эффективными для поражения небольших укрепленных целей, таких, как командные пункты или убежища на аэродромах; кассетные боеголовки для этих целей относительно неэффективны. Летальный радиус кассетного снаряда весом 10 кг для цели с устойчивостью 7 атм равен 3 м, что намного меньше типичного размера защищенной конструкции. Выбранное требование в 7 атм соответствует избыточному давлению, необходимому для разрушения типичного неукрепленного здания. Однако, оно, по-видимому, окажется недостаточным для разрушения строения, укрепленного бетоном и сталью, такого, как ангар аэродрома или наземный бункер<sup>73</sup>. Выбрав такое заниженное требование для избыточного давления, мы переоценим возможности боеголовок «Притви». Трудно обеспечить, чтобы несколько отдельных снарядов попали в одну и ту же цель, поскольку снаряды имеют тенденцию к разбросу из-за их высокой скорости; это приведет к тому, что в лучшем случае может быть повреждена только малая часть строения.

### АЭРОДРОМЫ

На карте в *International Defense Review* (Vol. 8, 1995) показаны следующие пакистанские города и авиабазы на расстояниях до 250 км от индийской границы: Карачи, Бадин, Малир, Хайдерабад, Ларкана, Сукур Бахавалпур, Д.Г. Хан, Мултан, Файзалабад, Джханг, Лахор, Саргода, Гуджранвала, Сиалкот, Равалпинди, Исламабад, Наушера/Ризалпур, Пешавар, Абботабад, и Мардан. В другой статье перечислены также «важные авиабазы в Камре и Чаклале», находящиеся в пределах досягаемости «Притви-1»<sup>74</sup>. В пределах ее дальности находятся 10 авиабаз и 7 гражданских аэропортов, которые могут серьезно повреждены для понижения возможностей пакистанских ВВС.

Для того, чтобы вывести из строя аэродром, чтобы ни один самолет не мог взлететь или сесть на него, надо сделать так, чтобы на аэродроме не осталось ни одной пригодной взлетной дорожки. Наиболее эффективным способом для этого является применение специальных бомб, проникающих через покрытие ВПП, которые взрываются после заглупления под поверхность, обеспечивая максимальное повреждение полосы. При успехе после применения таких бомб на ремонт ВПП потребуются несколько дней, необходимых, чтобы убедиться, что под полосой не осталось никаких воронок. Если такие бомбы будут доставляться баллистическими ракетами, то для

того, чтобы взрывчатые вещества могли выдержать высокоскоростной удар по полосе, они должны быть сильно защищены. Кроме того, учитывая высокую скорость сближения боеприпасов с полосой, Угол между вектором скорости боеголовки или снарядов и поверхностью должен находиться в определенном интервале, чтобы не было рикошета. Если используются каскадные боеприпасы, это требование опять заставляет конструкторов использовать в каждом боеприпасе тяжелые металлы, чтобы переместить вниз центр тяжести и заставить их приземляться в определенной ориентации. Оба этих требования понижают вес реально доставляемого ВВ. Поэтому мы полагаем, что боеголовкой «Притви» доставляется только 70 снарядов с 10 кг ВВ в каждом.

Поскольку ожидается, что за каждой ракетной атакой последует другая авиационная или ракетная атака, будет безопасно предположить, что пилоты атакуемых аэродромов будут стараться взлететь с как можно более коротким разбегом, используя каждую доступную полосу так быстро, как это возможно. Современные самолеты с их высокой маневренностью и большим ускорением имеют резко пониженные требования к длине взлетной полосы. Пакистан в авиации первой линии опирается на американские самолеты F-16 и французские самолеты «Мираж». Им обычно для взлета требуется полоса менее 400 м длиной<sup>75</sup> и менее 10 м шириной<sup>76</sup>. Это означает, что обычная взлетная полоса, которая, как мы предполагаем, имеет 1,5 км в длину и 50 м в ширину, фактически состоит из 20 полос, каждая из которых достаточно широка и длинна для того, чтобы самолет мог взлететь. Ракетная атака должна повредить все эти полосы. Лучше всего этого достичь с помощью каскадных снарядов, которые могут создать много небольших воронок, достаточных для того, чтобы сделать эту секцию ВПП недоступной для военного использования; унитарная боеголовка образует одну большую воронку, которую проще обойти самолетам. Так что мы предположим, что используются каскадные боеголовки с оптимальным радиусом дисперсии. Обычно этот радиус превышает 50 м; поэтому более эффективно попытаться повредить всю ширину полосы одной боеголовкой, чем нацеливать боеголовки на каждую полосу шириной 10 м.

Для каждого КВО, используя процедуру, описанную в приложении, мы сначала рассчитаем  $P$ (поражение) – вероятность повреждения полосы длиной 400 м и шириной 50 м, достаточной для того, чтобы самолеты не могли подняться. После этого мы введем фактор 0,8 – предполагаемую вероятность успешного запуска, выживания в полете, проникновения через оборону и распределения снарядов в ожидаемом режиме для расчета  $P$ (повреждение), или  $P_d$ . Поскольку эти величины, как правило, довольно малы, то для обеспечения высокой вероятности повреждения полосы на каждую полосу должно быть нацелено несколько ракет. Количество ракет, необходимое для повреждения полосы с вероятностью  $P$ (уверенность), или  $P_c$ , должно быть больше, чем:

$$N = \frac{\log(1 - P_c)}{\log(1 - P_d)}$$

Мы требуем, чтобы каждая полоса была повреждена с вероятностью 0,95, т.е.  $P_c = 0,95$ . Хотя это и может показаться высоким, следует отметить, что на каждой авиабазе имеется 8 таких полос (предполагая, что на каждой ВПП есть 4 такие секции, а на авиабазе есть 2 ВПП), это требование приведет к вероятности повреждения всех секций, равной  $(0,95)^8 = 0,66$ . Следовательно, это означает, что остается 1 шанс из трех на то, что на авиабазе останется по крайней мере одна полоса, позволяющая взлететь самолету типа F-16 или «Мираж». Мы умножаем  $N$  на 8, чтобы получить  $N_d$ , или полное число ракет, которые должны быть нацелены на один аэродром. Результаты подытожены в Табл.1. Здесь и далее мы округляем количество ракет до ближайшего целого числа.

Очевидно, что эти значения слишком велики, и что требования по нацеливанию даже для одной авиабазы превышают современные индийские запасы, оцениваем

ые в 60 ракет<sup>77</sup>. Военная ценность использования меньшего количества ракет для атаки авиабазы, т.е. без обеспечения высокой вероятности разрушения авиабазы, сомнительно, большего эффекта позволит добиться внезапная авиационная атака. Нацеливание на одну авиабазу не может обеспечить превосходства в воздухе; это потребует, по крайней мере, атаки на все 17 авиабаз и аэродромов. При современном объеме производства в 3 ракеты в месяц<sup>78</sup> эта задача будет находиться за пределами индийских возможностей еще в течение некоторого времени.

Таблица 1. Требования по ракетам «Притви» для ВПП аэродромов.

КВО,м	$P_k$	$P_d$	N	$N_d$
50	0.2740	0.219	12	96
100	0.1650	0.132	21	168
150	0.1119	0.089	32	256
250	0.0580	0.046	64	512
300	0.0436	0.035	84	672

### КОМАНДНЫЕ ЦЕНТРЫ И БУНКЕРЫ

На каждой из 10 военных авиабаз вероятно находится по одному или более центров управления, и все они должны входить в состав целей «Притви» для обеспечения превосходства в воздухе. Кроме того, может иметься несколько других командных центров, которые не обязательно могут быть связаны с авиабазами, но могут быть включены в полный список целей.

Для расчета мы примем, что площадь типичного строения этого класса равняется примерно 400 кв.м. и что для прекращения операций необходимо повредить не менее 25% площади строения. Если предположить, что прочность строения равна 7 атм, то это преобразуется в требование падения боеголовки на расстоянии<sup>79</sup> примерно 20 м от центра строения. Исходя из этого была рассчитана вероятность поражения для различных значений КВО. Умножив эти значения на фактор 0,8 – предполагаемую вероятность успешного запуска, выживания в полете, проникновения через оборону – мы получаем вероятность повреждения. После этого мы рассчитываем количество ракет, необходимых для повреждения одной цели с вероятностью 0,75. Результаты расчетов приведены в Табл. 2.

Таблица 2. Требования по ракетам «Притви» для командных центров.

КВО,м	$P_k$	$P_d$	N
50	0,105	0,084	16
100	0,0273	0,02184	63
150	0,0123	0,00984	140
250	0,0044	0,00352	393
300	0,0031	0,00248	558

Грубо говоря, вероятность поражения уменьшается обратно пропорционально квадрату КВО. Следовательно, количество ракет, необходимых для обеспечения достаточной вероятности поражения, очень быстро возрастает с увеличением КВО. И снова, за исключением самых малых значений КВО, требования по выделяемым ракетам даже для одного командного центра значительно превышают существующие запасы «Притви». Даже предполагая, что в список целей будут включены только командные центры, находящиеся на авиабазах, общее количество командных центров составит не менее десяти. И опять это требование, в особенности для самых больших значений КВО, лежит далеко за пределами возможностей Индии, как в настоящее время, так и в обозримом будущем, если только производство ракет не будет драматически увеличено.

Значение устойчивости в 7 атм, по-видимому, недооценивает прочность командных центров, в особенности, если они могут быть расположены под землей. Считается, что по крайней мере некоторые из пакистанских ко-

мандных центров были построены под землей – например, сообщалось, что штаб командования пакистанских ПВО в Чаклале был построен на глубине от 5 до 10 м<sup>80</sup>. Для поражения таких структур понадобится избыточное давление более 15 атм, что намного увеличит требования к количеству ракет.

### РАДАРЫ

Пакистан обладает несколькими радарными как частью своей системы ПВО. Если ракетная атака будет предшественником авиационной атаки, то имеет смысл включить радары в список целей. Полагают, что Пакистан использует радары следующих типов: ТРС-2215 и ТРС-2230 (мобильная и стационарно/перемещаемая системы французской фирмы «Томсон-ЦСФ»), АН/ТПС-43 и АН/ФПС-100 американской фирмы «Вестингауз», и радары ПВО «Жираф» шведской фирмы «Эрикссон»<sup>81</sup>. Ряд старых систем включает американские радары ФПС-89/100 и AP-1/15, немецкие радары фирмы «Сименс» МПДР/45Е, китайские радары типа 514 и радары «Кондор» из Великобритании<sup>82</sup>.

Антенны радаров вряд ли будут функционировать после приложения избыточного давления в 0,7 – 1,5 атм. В отличие от атаки на ВПП, где должны использоваться дополнительно защищенные снаряды, мы предположим, что радары будут атаковаться боеголовками со 100 снарядами в каждой, и с 10 кг ВВ в каждом снаряде. Это приведет к некоторой переоценке ущерба от боеголовки.

Для уничтожения радара кассетными боеприпасами боеголовка должна приземлиться на расстоянии радиуса дисперсии  $R_d$  от радара<sup>83</sup>. Вероятность этого может быть рассчитана по формуле для  $P(X)$  с заменой  $X$  на  $R_d$ . После приземления боеголовки в этой области один из снарядов должен приземлиться на расстоянии летального радиуса  $R_L$  для комбинации «снаряд/радар» от радара. В соответствии с нашими предыдущими предположениями о наиболее оптимальном функционировании, мы положим, что для повреждения радара достаточно избыточного давления в 0,7 атм. Вероятность поражения радара будет равна:

$$P_D = 1 - \left( 1 - \left( \frac{R_L}{R_d} \right)^2 \right)^N$$

Требуемая вероятность повреждения радара для боеголовки, которая переживет запуск и полет, будет даваться произведением этих двух факторов. Включая фактор 0,8 – предполагаемую вероятность успешного запуска, выживания в полете, проникновения через оборону – мы получаем вероятность повреждения. После этого мы рассчитываем количество ракет, необходимых для повреждения одной цели с вероятностью 0,75. При проведении этих вычислений мы выбираем значение  $R_d$ , которое соответствует максимуму вероятности. Результаты расчетов приведены в Табл. 3.

Таблица 3. Требования по ракетам «Притви» для радаров.

КВО, м	$R_d$	$P_k$	$P_d$	N
50	90	0,7856	0,6285	2
100	125	0,4385	0,3508	3
150	155	0,2648	0,2118	6
250	195	0,1237	0,0989	13
300	220	0,0918	0,0735	18

Хотя эти количества существенно меньше предыдущих, следует помнить, что многие из этих радаров мобильны, и для их успешной атаки следует знать их точное положение. Для этого надо обладать широкими разведывательными возможностями.

Даже без учета всех этих отдельных требований очевидно, что у Индии отсутствует достаточное количество «Притви» для проведения полномасштабной атаки на те классы целей, которые упоминались в публичных

сообщениях.

### ВОЗМОЖНОСТИ АВИАЦИИ

Многие из задач, рассматриваемых здесь для «Притви», могут быть выполнены и ударной авиацией<sup>84</sup>. Этот факт понимается и индийскими ВВС, которые в течение нескольких лет проводят модернизацию, направленную в первую очередь для достижения возможности атаки пакистанских авиабаз, средств ПВО и связанной инфраструктуры<sup>85</sup>. Например, в конце 80-х г.г. индийские ВВС приобрели у Франции противорадарные ракеты «Армат», а в 1994 г. Индия закупила для установки на британских бомбах у американской фирмы «Тексас Инструментс» 315 наборов наведения «Пэйвуэй-2», которые использовались в США в войне в Персидском заливе для уничтожения укрепленных убежищ для самолетов<sup>86</sup>.

Помимо оружия, специально приспособленного для атаки ВПП, командных центров и радаров, ВВС обладают большим количеством самолетов и вооружений для подавления пакистанских авиабаз. Полная загрузка оружием 920 самолетов в одном вылете эквивалентна примерно 3000 «Притви-1» или 6000 «Притви-2». Сводка возможностей ВВС Индии<sup>87</sup> приведена в Табл. 4. Если мы примем во внимание большую точность (т.е. меньшее КВО) сбрасываемых авиабомб, в особенности бомб с лазерным наведением, которые были приобретены Индией, авиационные вооружения будут эквивалентны значительно большему количеству ракет. В этот список не включены истребители дальнего действия Су-30МК, первые из которых будут вскоре поставлены из России.

Таблица 4. Возможности индийской авиации.

Самолет	Кол-во	Бомбовая нагрузка, кг	Общая нагрузка, кг	Дальность, км
Миг-21	360	1145	412 200	390
Миг-23	140	4500	630 000	600
Миг-27	170	5000	850 000	750
Миг-29	96	3500	336 000	650
Мираж-2000	45	6300	283 500	750
Ягуар	109	4550	496 000	680-1000
Всего	920		3 007 700	

Хотя несомненно, что индийским ВВС будет противостоять пакистанская ПВО, большинство аналитиков считает, что Индия все еще обладает превосходством. Следует отметить, что у Пакистана нет больших зенитных ракет, способных сбивать высоколетящие самолеты<sup>88</sup>. Поэтому аргумент о том, что от ракет защититься нельзя, а от самолетов можно, хотя он в принципе и правилен, не ведет к выводу о том, что ракеты всегда предпочтительнее; напротив, следует взвешивать недостатки и преимущества обеих средств, с учетом возможности противодействия противника. Следует заметить также, что в одном исследовании<sup>89</sup>, в котором сравниваются ракеты и ударные самолеты, оценена стоимость доставки одной тонны взрывчатки, которая равна 1,25 млн. долл. для ракет и 0,74 млн. долл. для самолетов<sup>90</sup>. Следовательно, доставка взрывчатых веществ самолетами очевидно более экономична.

### ОБЪЯСНЕНИЯ И ВАРИАНТЫ

#### Почему «Притви»?

Принимая во внимание ограниченную военную полезность «Притви», если она не будет развернута в гораздо больших количествах по сравнению с указываемыми в сообщениях, резонно спросить, почему «Притви» не осталась «демонстрацией технологии»<sup>91</sup>, и, по видимому, рассматривается как операционная система. У этого есть несколько возможных объяснений.

Хотя можно подумать, что индийские военные хотят этих ракет, имеются некоторые указания на то, что по крайней мере в некоторых военных кругах было серьезное противодействие этому. В одном сообщении говорится, что «армию и ВВС пинками и криками заставляли купить «Притви», и даже сейчас индийские ВВС не про-

являют интереса к ракетам типа «Агни» или к средствам доставки ядерного возмездия для Китая»<sup>92</sup>. В другой статье говорилось, как премьер-министр Раджив Ганди лично вмкнулся, чтобы заставить армию принять «Притви»<sup>93</sup>. Одной из причин противодействия может быть опасение раскручивания затрат; это могло найти понимание у индийских военных, страдающих от сокращения бюджета<sup>94</sup>. Кроме того, имеются некоторые указания на то, что армия рассматривала возможности «Притви» и нашла их ограниченными; например, сообщалось, что один генерал заявил, что «они дают нам перчатки, которые не налезают на руки»<sup>95</sup>. И, наконец, было предположение о том, что, кажется, военные «намерены научиться лучше провоевать последнюю войну»<sup>96</sup>, т.е. они не заинтересованы научиться использовать ракеты, а хотят продолжать улучшать свои возможности применения авиации и танков. Таким образом, одно из возможных объяснений программы «Притви», что ее проталкивают военные, очевидно сомнительно.

Более вероятное объяснение приобретения ракеты «Притви» вооруженными силами и ее включения в военные планы заключается в давлении со стороны ИООИР. В отличие от космической программы, которая пользуется широкой поддержкой, ракетная программа ИООИР имеет ограниченную поддержку<sup>97</sup>. Кроме того, ИООИР сталкивается с проблемой утечки квалифицированных ученых и инженеров в более привлекательный частный сектор, в особенности последовавшей за проникновением многонациональных компаний на индийский рынок в начале 90-х г.г. На это указывает медленный прогресс программ РСД «Агни», «Притви-2» и ракеты с твердым топливом<sup>98</sup>. Более того, и это становится все более верным, каждый этап в ракетной программе оправдывается в глазах общественности указанием на какую-либо угрозу со стороны Пакистана – самым последним примером служит использование сообщения об испытании пакистанской ракеты «Хатф» для продвижения программы «Агни», или, иногда еще более сомнительных угроз от приобретения ракет такими далекими странами, как Саудовская Аравия. Такое давление со стороны организаций, разрабатывающих ракеты, хорошо знакомо из программ разработки ракет в других странах<sup>99</sup>.

Если рассматривать «Притви» в этом аспекте, то ее можно расценивать как зацепку: исходя из опыта других стран, если военных удастся убедить заказать и развернуть «Притви», то можно будет ожидать призывов к большому количеству, большей дальности, большей полезной нагрузке, большей точности, и т.д., что создаст спрос на продукцию и опыт ИООИР. Давление военных станет дополнительным фактором к техническим и институциональным действиям ИООИР в мобилизации политической поддержки ракетной программы. Учитывая, что для проведения любой значительной военной миссии требуется огромное количество ракет, ИООИР может получить влияние на дальнейшее военное планирование и распределение ресурсов. Поскольку уменьшение КВО в 5 или 6 раз может сократить количество ракет, необходимое для разрушения одного аэродрома, с 300 до менее, чем 50 (см. Табл. 1), ИООИР может потребовать, чтобы эти ресурсы были направлены на улучшение точности, т.е., на задачи ИООИР, а не на простое увеличение количества ракет. Однако, следует заметить, что сокращение КВО даже до нескольких десятков метров не является простой задачей.

Вполне возможно, что и военные, и, в особенности, ИООИР, понимают, что «Притви» неэффективна с военной точки зрения. В этом случае «Притви» может рассматриваться только как первая часть продолжающихся усилий ИООИР по разработке ракет. Очевидно, что создать «Притви» было достаточно просто, потому что она в основном базировалась на советской ракете СА-2<sup>100</sup>. Включение «Притви» в индийский арсенал является видимой демонстрацией усилий ИООИР и поможет организовать общественную и институциональную поддержку программе «Агни» и возможной будущей программе МБР.

Все сказанное выше не следует расценивать как доказательство отсутствия стратегического значения

«Притви». Это значение может быть косвенным. Ожидаемый отклик Пакистана может заключаться либо в производстве и развертывании ракет «Хатф», либо в развертывании ракет М-11, которые, как полагают, он получил от Китая. Это может привести к нескольким последствиям. Во-первых, Пакистан может оказаться втянутым в дорогостоящую гонку вооружений, которую он вряд ли сможет выдержать. Во-вторых, некоторые индийские аналитики надеются, что развертывание китайских ракет М-11 может привести к ухудшению отношений между Китаем, США и Пакистаном<sup>101</sup>. Это привлекательная ситуация для тех в Индии, кто с подозрением наблюдает за увеличением военного сотрудничества между Пакистаном и Китаем, ростом военной и дипломатической силы Китая, и дружбой Китая с США.

#### Варианты военного применения «Притви»

Если Индия решит продолжать программу разработки и производства «Притви», то вариантами повышения военной эффективности «Притви» могут быть увеличение объема производства и/или повышения точности, или же использование «Притви» с ядерной боеголовкой. Как показано выше, для того, чтобы «Притви» стала военно значимой в ближайшем будущем, объем производства должен быть увеличен очень сильно. Это будет очень дорогое мероприятие для индийских вооруженных сил, и так испытывающих нехватку в средствах, и может потребовать передачи средств от более надежных и знаковых военных программ. Увеличение точности «Притви» возможно, но нет уверенности в том, что ИООИР сможет обеспечить необходимую точность в ближайшем будущем.

Индия может также изменить структуру целей для «Притви», перейдя от атаки военных целей к атаке гражданской и военной инфраструктуры, или использовать ее как оружие террора для атаки городов с военной инфраструктурой или без нее. Как обсуждалось ранее, это более вероятно в случае протянутой войны, или в случае акции наказания, когда при минимальном риске Индия постарается разрушить военные возможности Пакистана, как это сделали США с Ираком во время войны в Персидском заливе. Хотя использование в качестве оружия террора вполне возможно, следует помнить, что сотни ракет, использованных Германией против английских городов во время второй мировой войны, не изменили ее течения. Третья альтернатива заключается в использовании «Притви» против скоплений войск. Однако, Индия уже обладает дальнобойной артиллерией, которая может быть использована для этой цели.

#### Варианты для Пакистана

Какие возможности имеются у Пакистана в аспекте приведенного выше анализа?

Одна из быстрореализуемых возможностей – это развертывание ракет М-11, которые, как говорят, приобретены у Китая. Однако, трудно предположить, что КВО М-11 намного меньше, чем у «Притви», и, скорее всего, она будет похожа на «Притви» в смысле военной эффективности. Более того, в пределах досягаемости М-11 окажется гораздо меньшее количество индийских целей; развертывая их, Пакистан только увеличит вероятность применения индийских ракет, и не выиграет ничего большего. Фактически, поскольку в Индии считают, что М-11 вооружены ядерными боеголовками, которые, как сообщают, созданы на базе боеголовок китайского производства, испытанных в качестве ракетных боеголовок в 80-х г.г., такое развертывание может подтолкнуть Индию к развертыванию ядерного оружия, требуемого индийскими требованиями.

Другим вариантом для Пакистана является инвестиция в дальнейшее развитие его ракет. Скорее всего, это будет слишком дорого, длительно и без гарантированного результата, учитывая ограниченные научные и технические возможности Пакистана и существующий уровень его ракетной программы. И, так же, как у «Притви», это вряд ли будет эффективно с военной точки зрения.

Наиболее практичным откликом для Пакистана, если не принимать в расчет возобновления поиска дипломатических решений развития отношений между двумя странами, была инвестиция в набор простых мер противодействия. Они относительно дешевы, и могут сделать атаки «Притви» еще менее эффективными. Примеры таких мер противодействия включают:

- Укрепление военных командных постов, которое может существенно ужесточить требования к точности «Притви».
- Инвестиция в металлические листы и быстрозатвердевающие бетонные смеси для авиабаз, которые позволят самолетам взлетать даже со среднеповрежденных аэродромов, и осуществлять ремонт ВПП в течение нескольких часов.
- Инвестиция в мобильные радары, что резко ужесточит требования к индийской системе сбора данных.

#### Эффективность будущих индийских и пакистанских ракет

Наш анализ также привел нас к некоторым выводам об эффективности индийских и пакистанских ракет, которые, как сообщают, находятся в стадии разработки.

**Индийские ракеты.** Если «Притви» с обычным вооружением не обладает военной эффективностью, то «Агни» и другие ракеты большой дальности будут еще менее эффективными, поскольку они, скорее всего, будут еще менее точными. Поэтому бояться их не должен не только Пакистан, который в любом случае находится в той или иной степени в пределах дальности «Притви», но и Китай. С военной точки зрения единственным способом эффективного использования «Агни» является доставка ядерного оружия.

**Пакистанские ракеты.** Так же, как и «Притви», пакистанские ракеты «Хатф» не будут обладать военной эффективностью, если только они используются с обычными боеголовками. Поскольку по крайней мере есть некоторые сообщения, что у ракет «Хатф» нет системы точного наведения<sup>102</sup>, они в лучшем случае могут быть оружием террора против городов. В свете больших возможностей ракетных и авиационных ударов Индии Пакистану будет невыгодно проводить подобные атаки.

#### ВЫВОДЫ

Существующие возможности индийской ракеты «Притви» и количество ракет, заказанных для вооруженных сил, таковы, что они не представляют значительной немедленной дополнительной угрозы для Пакистана. В настоящее время они вряд ли могут быть чем-то большим, чем выражение институциональных, политических и стратегических надежд и пожеланий. Однако эти надежды и пожелания вместе с плохо взвешенным откликом Пакистана могут инициировать процесс, который приведет обе страны к дорогой и разрушительной гонке вооружений, завершающейся подготовкой к использованию ракет с ядерным вооружением.

*Послесловие: После того, как была написана эта статья, и Индия, и Пакистан провели испытания ядерного оружия. До сих пор нет никаких свидетельств того, что это оружие развернуто. Кажется разумным предположить, что Индия или Пакистан развернули ракеты, то другие могут предположить, что они оснащены ядерным оружием и последуют вызову. Поэтому жизненно важно, чтобы существовало соглашение об отказе от развертывания ядерных ракет. В обмен на отказ от проведения дальнейших испытаний «Гхаури» Индия должна отвести существующие ракеты «Притви» от индо-пакистанской границы на расстояние, большее их дальности.*

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Мы хотим поблагодарить Теда Постола, Фрэнка фон Хиппеля, Павла Подвига, Дэвида Райта, Лисбет Грон-

лунд, и Джорджа Льюиса за комментарии и полезные предложения.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ ВПП ПРИ ПОМОЩИ КАССЕТНЫХ БОЕПРИПАСОВ

Каждая ракетная боеголовка, несущая отдельные снаряды, будет распределять их в круге радиусом  $R_d$ . Несмотря на потенциальные трудности однородного распределения снарядов, мы предположим, что они распределены однородно. Это находится в одном ряду с другими предположениями оптимального функционирования в части «Притви». Для того, чтобы ни один самолет не смог взлететь с поврежденной ВПП, нужно, чтобы на ней не осталось ни одной неповрежденной полосы длиной 400 м и шириной 10 м. Б. Морель и Т. Постол рассчитали число ракет, необходимое для обеспечения этого, рассчитав вероятное число снарядов, которые должны попасть на ВПП и предположили, что ВПП будет разрушена, если на нее попадет 20 или более снарядов.

Ширина полосы, необходимая для взлета самолетов пакистанской авиации передового базирования, меньше 10 м (как отмечалось выше, у них расстояние между колесами меньше 5 м, так что 10 м представляют примерно 100% запас). Поэтому мы предположим, что ВПП шириной 50 м разделена на 5 полос, ширина каждой из которых равна 10 м. Поскольку диаметр воронки от взрыва снаряда для разрушения ВПП массой в 10 кг равен примерно 3 м, мы можем считать, что для разрушения каждой полосы потребуется по крайней мере 3 снаряда. Для каждой ракеты с координатами точки падения  $(a, c)$  вероятность  $p$  того, что конкретный снаряд попадет в полосу, равна отношению площади перекрытия полосы и круга радиусом  $R_d$  с центром в  $(a, c)$  к площади самого круга.

Мы вводим здесь координаты  $(a, c)$ , чтобы определить зависимость вероятности от относительного положения полосы и точки падения ракеты.

Затем, вероятность попадания по крайней мере трех снарядов в полосу равна:

$$P_3(p, N) = \left( 1 - (1-p)^N - Np(1-p)^{N-1} - \frac{N(N-1)}{2} p^2(1-p)^{N-2} \right)$$

Здесь  $N$  – количество снарядов.  $P_3$  ввиду зависимости от  $r$  зависит от положения полосы и точки падения боеголовки.

Предположив, что ВПП является прямоугольником с центром в начале координат, мы можем рассчитать вероятность того, что при падении боеголовки в точке с координатами  $(x, y)$  каждая из пяти полос шириной 10 м будет поражена по крайней мере 3 снарядами. Назовем ее  $q(x, y)$ ; она будет сложной функцией  $P_3(p, N)$ , которые рассчитываются для всех пяти полос, поскольку у всех из них будут разные области перекрытия. Искомая вероятность того, что ВПП шириной  $w$  и длиной  $l$  будет повреждена настолько, что с нее не может взлететь ни один самолет, будет равна:

$$P_k = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \iint_S q(x, y) e^{-(x^2+y^2)/(2\sigma^2)} dx dy$$

где  $S$  – это прямоугольник длиной  $w$  и шириной  $2(R_d - w/2)$  с центром в начале координат, внутри которого приземляются все ракеты, способные повредить ВПП, и

$$\sigma = \frac{KBO}{\sqrt{2 \ln(2)}}$$

$P_k$  зависит от нескольких переменных – КВО, радиус дисперсии снарядов, количества разбрасываемых снарядов, и ширины и длины полосы, нужной самолету для взлета. Очевидно, что вероятность будет возрастать с уменьшением КВО, т.е. для более точной ракеты, и с увеличением ширины и высоты полосы. Для любой комбинации исходных параметров имеется оптимальный радиус разброса. С нижней стороны, уменьшение диаметра диспер-

сии меньше ширины ВПП приведет к тому, что некоторая часть полосы вообще не будет поражена никакими снарядами. Для значений несколько больших, даже когда радиус дисперсии будет превышать половину ширины ВПП, боеголовка должна приземлиться близко к центру ВПП, чтобы снаряды могли покрыть всю ширину полосы. Ввиду ожидаемых трудностей распределения снарядов, особенно при малых радиусах, мы не проводили детальной оптимизации и не проводили оптимизацию для каждого значения КВО. Для снарядов одинаковой взрывной силы вероятность увеличивается с ростом количества снарядов, доставляемых одной боеголовкой<sup>103</sup>. Однако, поскольку полезная нагрузка ракеты фиксирована, при увеличении количества снарядов взрывная сила будет уменьшаться из-за добавления отдельных корпусов, взрывателей и т.д. Поэтому для заданной ситуации имеется оптимальное значение. И снова, из-за трудностей, связанных с распределением, это не может быть решено из условий оптимальности, а будет определяться конструктивными соображениями. Поэтому, мы предполагаем, что боеголовки будут снабжены 70 отдельными снарядами. Для того, чтобы лучше представить себе эти вариации, в Табл. 5 мы приводим результаты расчетов для нескольких комбинаций входных параметров. Первые 5 строк показывают влияние изменения КВО, причем первая строка соответствует «основному варианту». Шестая строка иллюстрирует влияние сокращения длины полосы, нужной для взлета. В седьмой и восьмой строке показано влияние изменения радиуса дисперсии, а в двух последних строках показаны эффекты изменения количества снарядов (в предположении, что для повреждения каждой полосы шириной 10 м необходимо попадание трех снарядов). Расчеты проводились при помощи программы МатЛаб версии 5.0.

Таблица 5. Изменение вероятности в зависимости от исходных параметров.

КВО, м	R <sub>d</sub>	n	L, м	P
150	100	70	400	0.1119
100	100	70	400	0.1650
50	100	70	400	0.2740
200	100	70	400	0.0580
300	100	70	400	0.0436
150	100	70	300	0.1044
150	30	70	400	0.0608
150	150	70	400	0.0226
150	100	30	400	0.0004
150	100	100	400	0.2778

#### ПРИМЕЧАНИЯ И ССЫЛКИ

- Mian Z., and A.H. Nayyar, "A Time of Testing", *Bulletin of the Atomic Scientists*, (August/September 1996).
- Smith, R.J., "India Moves Missiles Near Pakistani Border", *Washington Post*, (June 3, 1997).
- Cooper, K.J., "India Denies It Has Deployed Missiles", *Washington Post*, (June 12, 1997).
- "Pakistan To Counter Indian Missile Threat", *The News*, (June 5, 1997).
- "Pakistan Missile Firing Triggers Indian Protest", *Aviation Week and Space Technology*, (July 21, 1997), p. 35.
- "India To Revive Agni Project", *The Hindu*, (July 31, 1997).
- Детали приведены в Wright, D.C., "An Analysis of Pakistani Ghauri Missile Test of April 6, 1998", *Science and Global Security*, Vol. 7:2, pp. 227-234.
- Morel, B., and T.A. Postol, "A Technical Assessment of Potential Threats to NATO from Non-Nuclear Soviet Tactical Ballistic Missiles, in New Technology and the Arms Race", eds. G. Schaerf, B.H. Reid, and D. Carlton, *St. Martin's Press*, (New York, 1989), pp. 106-160.
- Karp, A., *Ballistic Missile Proliferation*, (Oxford University Press, 1996), p. 46.

- Banerjee, I., "The Integrated Guided Missile Development Programme", *Indian Defense Review*, (July 1990), pp. 99-108.
- Mannshaiya, H.K., "India's Prithvi - Government Held Hostage to its Missile", *International Defense Review*, Vol. 8, (1995), pp. 23-25.
- Ramana, M.V., and D.C. Wright, "Modelling Prithvi and Agni", paper presented at the IX International Summer Symposium on Science and World Affairs, Cornell University, (July 24 - August 8, 1997).
- При инерциальном наведении ракеты используются только приборы, установленные на борту. Привязанная система не установлена на инерциальной платформе и поэтому испытывает ускорения ракеты.
- Joshi, M., "Missile program on Hold", *Asia-Pacific Defense Reporter*, (April-May 1994).
- КВО, мера точности ракеты, - это радиус воображаемого круга с центром в точке нацеливания, в который попадают 50% ракет.
- См. ссылку [10].
- Sawhney, P., "Prithvi: Advantage India", *Hyderabad Deccan Chronicle*, (June 7, 1994), in JPRS-TND94-015.
- См. ссылку [10].
- Gerardi, C.J., "India's 333<sup>rd</sup> Prithvi Missile Group", *Jane's Intelligence Review*, Vol. 7, No. 8, (1995), pp. 361-364.
- См. ссылку [9], p. 122.
- Sawhney, P., "Prithvi's Position: India Defends Its Missile", *Jane's International Defense Review*, Vol. 7, (1997), pp. 43-45.
- "Missile Program Intact", *Political Review*, (January 2, 1997).
- См., например, Mama, Hormuz, *Improved Prithvi Missile Launched*, *International Defense Review*, (August 1, 1992), p. 784. Банерджи<sup>10</sup> предполагает, что в качестве топлива используется НДМГ с окислителем на базе окислов азота, но, это, по-видимому, больше никем не поддерживается.
- См. ссылку [10].
- Chengappa, R., "Prithvi II - Boosting the Arsenal", *India Today*, (February 29, 1996), pp. 98-99.
- См. ссылку [23].
- Lampe, L., "A Flight Test Ban as a Tool for Curbing Missile Proliferation", in Peter Hayes (ed.), *Rockets for Peace, Space Regimes, and ICSM Proliferation*, (Westview, 1996).
- См. ссылку [19].
- Там же.
- См. ссылку [22].
- См. ссылку [10].
- Sidhu, W.P.S., "Tactical Gap - Army Yet To Find a Role for the Weapon", *India Today*, (September 15, 1992).
- См. ссылку [11].
- См. ссылку [19].
- Sawhney, P., "Prithvi and Pinaka will Change the Battlefield", *The Asian Age*, (April 13, 1995).
- См. ссылку [19].
- Cherian, J., "The Missile Controversy", *Frontline*, (July 11, 1997), pp. 100-102.
- Joshi, Manoj, "In the Shadow of Fear", *India Today*, (July 11, 1997), pp. 50-53.
- См. ссылку [11].
- См. ссылку [35].
- Там же.
- См. ссылку [19].
- Ottenburg, M., "Operational Implications of Middle East Ballistic Missile Proliferation", *Defense Analysis*, Vol. 7, No. 1, pp. 3-19, (1991).
- См. ссылку [23].
- См. ссылку [11].
- См. ссылку [19]. Применение твердого топлива означает, конечно, что это новая ракета, а не версия ракеты на жидком топливе.
- См. ссылку [10].

48. См. ссылки [10, 32].
49. См. ссылку [11].
50. См., например, ссылку [8].
51. См. ссылку [10].
52. "Prithvi Warhead Test Successful", *Bediff on the Net*.
53. Жесткость мишени обычно характеризуется избыточным давлением, при превышении которого она разрушается.
54. См. ссылку [9], pp. 102-103.
55. См. ссылку [8].
56. Podvig, P., ed., *Russian Strategic Nuclear Weapons*, (IzDat Publishers, Moscow, 1998). Авторы благодарны Павлу Подвигу за предоставление нам этих данных.
57. См., например, Altmann, J., "SDI for Europe?", *Technical Aspects of Anti-Tactical Ballistic Missile Defenses PRIF Research Report*, (1988); Lewis, G.N., and T. Postol, "Video Evidence on the Effectiveness of Patriot During the 1991 Gulf War", *Science and Global Security*, Vol. 4, (1993), pp. 1-63.
58. Сообщают также, что «Притви» способна маневрировать для противодействия системам ПРО, так что мы полагаем, что  $P(\text{проникновение обороны}) = 1$ , что не оказывает влияния на наш анализ.
59. Предполагается, что распределение точек падения гауссово, что является разумным предположением.
60. Kamrani, G., "Prithvi: The Case for No-First Deployment", *Rediff on the Net*, (July 11, 1997), [rediffindia.com/news/julseek2.htm](http://rediffindia.com/news/julseek2.htm)
61. Более точные формулы можно найти в [57], pp. 37-38.
62. Held, M., "Fragmentation Warheads: in Tactical Missile Warheads", ed. Joseph Carleone, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, (1993), pp. 387-464.
63. Kennedy, D.R., "Warheads: An Historical Perspective, in Tactical Missile Warheads", ed. Joseph Carleone, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, (1993), pp. 1-60.
64. См. ссылку [63].
65. См. ссылку [57].
66. *SIPRI: Anti-Personnel Weapons*, (Taylor and Francis, London, 1978), p. 173.
67. См. ссылку [8].
68. См. ссылку [10].
69. См. ссылки [17, 32].
70. Tellis, A.J., "Stability in South Asia", (RAND, 1997), p. 16.
71. Arnett, E., "Nuclear Stability and Arms Sales in India. Implications for U.S. Policy", *Arms Control Today*, (August 1997), p. 6.
72. Brzoska, M., and F.S. Pearson, *Arms and Warfare: Escalation, De-Escalation and Negotiation*, (University of South Carolina Press, 1994).
73. См. ссылку [8], pp. 116-118.
74. См. ссылку [32]. Чаклала – пригород Равалпинди.
75. Это расстояния по земной поверхности, оцененные по данным из *Jane's All the World Aircraft 1996-97*, Surrey, UK, и с использованием методов из главы 7 McCormick, B.W., "Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Mechanics", (John Wiley and Sons 1995). Наши оценки более консервативны, чем в ссылке [8].
76. Расстояние между колесами F-16 только 4 м, а у «Миража» – 4,87 м.
77. См. ссылку [38].
78. См. ссылку [19].
79. Круговая структура была принята для простоты, а также потому, что она обладает минимальной площадью перекрытия с радиусом поражения.
80. Singh, P., R. Rikhye, and P. Steinemann, "Fiza'ya – Psyche of the Pakistan Air Force", *The Society for Aerospace Studies*, New Delhi, (1991).
81. *Jane's Land-Based Air Defense 1992-93*, Surrey.
82. См. ссылку [80].
83. Мы используем методологию из ссылки [8]. Однако, нам кажется, что в одном из их графиков имеется численная ошибка, и мы пересчитали требования к радарам, используя программы, написанные на языке «Матлаб» версии 5.0.
84. Harvey, J.R., "Regional Ballistic Missiles and Advanced Strike Aircraft – Comparing Military Effectiveness", *International Security*, (Fall 1992), Vol. 17, No. 2, pp. 41-83.
85. Arnett, E., "Conventional Arms Transfers and Nuclear Stability in South Asia", paper presented at the IX International Summer Symposium on Science and World Affairs, Cornell University, (July 24 – August 8, 1997).
86. См. ссылку [71].
87. Из SP's *Military Yearbook 1995* и IIS, *The Military Balance 96/97*, London (1996).
88. См. ссылку [80], pp. 100-102.
89. Center for International Security and Arms Control, Stanford University, "Assessment Ballistic Missile Proliferation and its Control", (November 1991).
90. Эта оценка предполагает, что баллистическая ракета стоит около 1 млн. долл., что сравнимо со стоимостью «Притви», которая оценивается в открытой литературе в интервале от 0,85 до 1,14 млн. долл.
91. Термин, использованный Индией при описании испытаний РСД «Агни» для указания на то, что она не предназначена для развертывания; это аналогично тому, как Индия рассматривала ядерное испытание 1974 г. как мирный ядерный взрыв.
92. См. ссылку [38].
93. См. ссылку [17].
94. Pillai, A. And A. Babal, "It's Time to Start Worrying", *Outlook*, (January 29, 1997).
95. См. ссылку [32].
96. См. ссылку [38].
97. См., например, Flank, S.M., «Reconstructing Rockets – the Politics of Military Technology in Brazil, India and Israel», MIT Thesis, (1993).
98. В ссылке [32] цитируется выступление бывшего директора ДРДО д-ра Д.С. Аруначалама, сказавшего, что «Мы рассматриваем управление вектором тяги и используем двигатели на жидком топливе, по крайней мере до тех пор, пока не будет готово управление вектором тяги для твердотопливных двигателей». Учитывая опыт работы Индийской организации космических исследований с твердым топливом, задержка в развертывании версии «Притви» с твердотопливным двигателем может указывать только на отсутствие поддержки или на серьезный недостаток людских ресурсов.
99. См., например, MacKenze, D., "Inventing Accuracy", MIT, (1990).
100. См. ссылки [97, 12].
101. "Missile Diplomacy", *India Today*, (August 31, 1995), p. 36.
102. Отставной пакистанский офицер заявил, что «Пакистанские изделия «Хатф» – это просто ракеты. Однако принимаются определенные усилия, чтобы снабдить их системой наведения». См. Lt. Gen. (retd.) T. Masool, "Indian Missiles and Peace Process", *Dawn*, [rediffindia.com/news/julseek2.htm](http://rediffindia.com/news/julseek2.htm), (July 5, 1997).
103. Отметим, что  $P_{kill}$  не зависит непосредственно от мощности составляющих, эта зависимость, однако, заложена в нашем предположении того, что трех составляющих достаточно для нанесения повреждений 10-метровой секции посадочной полосы.