

# Paweł Przeździecki

---

## Zarys historii brytyjskich czołgowych pancerzy specjalnych : od prostych ekranów do układu grodziowego (1942-1946)

---

Przegląd Historyczno-Wojskowy 12 (63)/3 (236), 111-128

---

2011

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

PAWEŁ PRZEŹDZIECKI

## ZARYS HISTORII BRYTYJSKICH CZOŁGOWYCH PANCERZY SPECJALNYCH: OD PROSTYCH EKRAŃÓW DO UKŁADU GRODZIOWEGO (1942–1964)

Na potrzeby niniejszego tekstu przyjęto, że pancerze specjalne to osłony, których odporność na przebicie wynika z zastosowania niekonwencjonalnych materiałów, nadania układowi ochronnemu skomplikowanego kształtu lub złożonej struktury warstwowej. Zdolność ochronna pancerza specjalnego przeciwko określonym rodzajom zagrożeń – tzn. pocisków przeciwpancernych – nie jest wprost zależna od grubości i pochylenia pancerza, lecz stanowi synergiczny efekt wymienionych rozwiązań<sup>1</sup>. W artykule nie zajmuję się różnego rodzaju osłonami improwizowanymi (np. umieszczane na pancerzu worki z piaskiem, ogniwa gaśnic, bele drewniane itd.) ani fabrycznymi zestawami pancerza dodatkowego (tzw. pancerz *applique*), lecz opracowaniami dedykowanych ośrodków badawczych, spełniającymi kryterium „specjalności”.

\* \* \*

W latach II wojny światowej niezwykle dynamicznemu rozwojowi technicznemu broni pancernej towarzyszyły równie intensywne prace nad różnego rodzaju środkami przeciwdziałania. Pociskom starano się nadać większą prędkość początkową, wzrastał również kaliber armat. Opracowano różne rodzaje i typy amunicji przeciwpancernej pełno- i podkalibrowej; eksperymentowano z kształtem głowicy pocisku; stosowano czepce balistyczne i ochronne. W odpowiedzi konstruktorzy czołgów doskonalili układ ochronny, głównie poprzez zwiększanie grubości pancerza. Starano się również nadać osłonie możliwie korzystny kształt, wydłużając pociskowi drogę do pokonania oraz wywołując rykoszety. Konstruktorów broni pancernej i środków przeciwpancernych dotyczyły podobne ograniczenia, związane zarówno z nieuchronnym wzrostem rozmiarów i masy czołgów oraz armat przeciwpancernych i amunicji do nich.

---

<sup>1</sup> Termin „specjalny” jako podkreślenie niezwykłości eksperymentalnych osłon został wprowadzony przez Brytyjczyków i Amerykanów w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych. Moją intencją jest omówienie poszczególnych pomysłów także z lat wcześniejszych, dlatego rozszerzenie znaczenia tego terminu, choć anachroniczne, jest zabiegiem celowym.

Tę względną równowagę w pewnym stopniu zaburzyło pojawienie się broni kumulacyjnej oraz jej rozpowszechnienie na teatrach działań bojowych. Potencjał nowych głowic nie był wprost zależny od prędkości początkowej przenoszących je pocisków. Głowice kumulacyjne nie potrzebowały armat o długich lufach, mogły być miotane ręcznie lub z lekkich, przenoszonych i obsługiwanych nawet przez jednego żołnierza wyrzutni. Ówczesne pancerze, poza tymi najgrubszymi, z reguły nie były w stanie ochronić wozu przed pociskami amerykańskich „Bazook”, brytyjskich „PIAT-ów” czy niemieckich „Panzerfaustów” i „Panzershrecków”. Zmiana tego stanu rzeczy wymagała opracowania nowego rodzaju osłon o zwiększonej odporności na broń kumulacyjną. Na Wyspach Brytyjskich, osamotnionych po upadku Francji, poszukiwano rozwiązań, które mogłyby zniwelować niemiecką przewagę w broni pancernej. Stosunkowo wcześniej dostrzeżono potencjał pocisków kumulacyjnych, wdrożono również pociski z głowicą odkształcalną, których skuteczność również nie była w bezpośredni sposób zależna od energii kinetycznej. Jednocześnie Brytyjczycy zdali sobie sprawę, że nowe rodzaje amunicji mogą stać się potencjalnym zagrożeniem dla własnej broni pancernej.

### Pierwsze eksperymenty z ekranami pancernymi

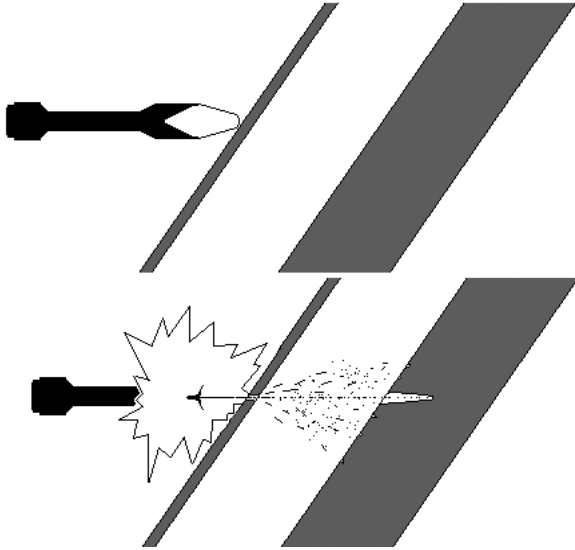
Impulsem do podjęcia starań poprawy odporności brytyjskich wozów bojowych było podejrzenie, że Niemcom udało się zdobyć pewną liczbę brytyjskich granatów kumulacyjnych Grenade no. 68<sup>2</sup>. W marcu 1942 r. Departament Badań nad Uzbrojeniem (Armament Research Department – ARD) zarekomendował opracowanie osłony przed wspomnianymi granatami oraz pociskami moździerzy Blackera (tzw. bombardy Blackera). Jednocześnie przedstawiono wyniki testów cienkich ekranów z miękkiej stali (*skirt plate*). Arkusze blachy o grubości od 1,5 do 12,7 mm osłaniały pancerz zasadniczy grubości 20 i 30 mm<sup>3</sup>. Ich obecność wymuszała przedwczesną inicjację głowicy kumulacyjnej. W znacznym stopniu ograniczało to zdolność penetracji pancerza zasadniczego przez strumień kumulacyjny. Badaczom udało się eksperymentalnie ustalić konieczną odległość pomiędzy ekranem a pancerzem zasadniczym, aby układ zapewnił skuteczną osłonę przed Grenade no. 68, pociskami do tzw. armaty Smitha kalibru 76,2 mm<sup>4</sup> oraz moździerzy kalibru 102 mm. Przydatność ekranów została jednak zakwestionowana przez Departament Projektowania Czołgów (Department of Tank Design – DTD), który wskazał, że dodatkowe osłony mogłyby w poważnym stopniu ograniczać pole widzenia, niemniej jednak zalecano kontynuowanie badań, przewidując rozpowszechnienie się broni kumulacyjnej w kolejnych latach wojny. Dłatego wiosną i latem 1942 r. odbyły się kolejne testy, których celem był czołg „Matilda”.

<sup>2</sup> Grenade no. 68 (granat nr 68) – przeciwpancerny granat nasadkowy z głowicą kumulacyjną zdolną przebić pancerz o grubości ok. 50 mm.

<sup>3</sup> Wszystkie wielkości fizyczne występujące w artykule zostały przeliczone na jednostki układu SI lub pochodne.

<sup>4</sup> Armata gładkolufowa zaprojektowana przez mjr. rez. Williama H. Smitha, w momencie wybuchu wojny dyrektora zarządzającego w jednej z wytwórni zabawek. Uzbrojenie wyróżniało się bardzo oryginalną konstrukcją. W położeniu marszowym transport armaty odbywał się na dwóch kołach dużej średnicy. Po przejściu w położenie bojowe, polegającym na przewróceniu armaty na bok, jedno z kół stawało się podstawą łoża. Obsługę od przodu chroniła niewielka tarcza, od góry – drugie z kół. Armata Smitha została przyjęta do uzbrojenia jako Ordnance Smooth Bore 3 inch i w liczbie kilku tysięcy egzemplarzy trafiła do jednostek Home Guard. Zob. S. P. Mackenzie, *The Home Guard: A Military and Political History*, Oxford 1995, s. 120–121. Do armaty opracowano także pociski kumulacyjne, które były powiększoną odmianą Grenade no. 68, zdolną przebić pionową płytę pancerną o grubości ok. 80 mm. Zob. The National Archive (dalej – TNA), Ministry of Supply (dalej – SUPP) 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 2.

Strzelano amunicją kumulacyjną do armat Smitha oraz granatnika „PIAT”. Pociski „PIAT-a” nie miały problemu z przebiciem 70–76 mm pancerza przedniego, nie były jednak w stanie pokonać osłony bocznej, którą tworzyły dwie płyty o grubości 25 i 40 mm, oddzielone od siebie liczącą ponad 430 mm przestrzeń zajmowaną przez układ jezdny<sup>5</sup>.



Sposób działania pancerza przestrzennego. Cienki ekran wydłuża drogę strumienia kumulacyjnego, zmniejszając szanse przebicia pancerza zasadniczego. Opracowanie własne

O wiele bardziej skuteczne były klasyczne pociski przeciwpancerne, zwłaszcza armat przeciwlotniczych kalibru 88 mm<sup>6</sup>.

Sytuacja uległa zmianie po wylądowaniu wojsk alianckich na Półwyspie Apenińskim we wrześniu 1943 r. Topografia włoskiego teatru działań wojennych oraz stopień urbanizacji sprzyjały efektywnemu wykorzystaniu lekkiej, przeciwpancernej broni piechoty. Choć powszechnie używane przez aliantów amerykańskie czołgi „Sherman” były niewrażliwe na ostrzał granatami nasadkowymi od czoła, to wkrótce zetknięto się z o wiele groźniejszym uzbrojeniem. W lutym 1944 r. we Włoszech zdobyto pierwszy egzemplarz nowej broni, określanej przez Niemców jako „Faustpatrone”, będącej w stanie przebić 150 mm pancerz. Jej pojawienie poprzedziło upowszechnienie się wśród niemieckich żołnierzy bardziej zaawansowanych typów uzbrojenia: granatników „Panzerfaust” oraz pancernic „Panzer-shreck”. Od tego momentu zabezpieczenie własnych pojazdów pancernych przed bronią kumulacyjną zyskało na ważności, a badania nabrały tempa<sup>7</sup>.

Na podstawie zebranych wiadomości wyróżniono dwa zasadnicze sposoby ochrony. Pierwszym było niedopuszczenie do uformowania się strumienia kumulacyjnego, drugi zaś polegał na takim zwiększeniu skali opancerzenia, aby przebicie nie było możliwe.

<sup>5</sup> *Ibidem*, s. 1–2.

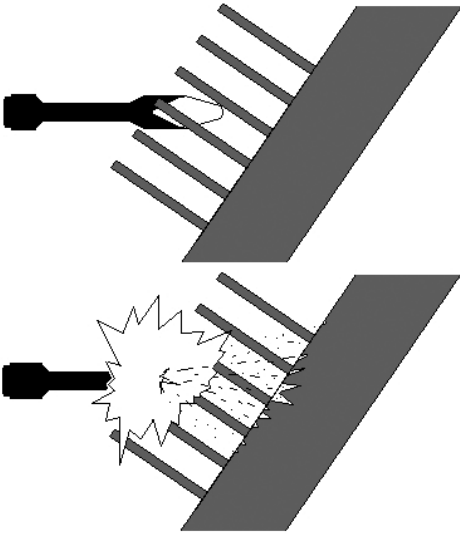
<sup>6</sup> *Ibidem*, s. 2–3.

<sup>7</sup> *Ibidem*, s. 3–4.

Testy dowiodły wartości układu przestrzennego (*spaced armour*) przeciwko ówczesnym głowicom kumulacyjnym znajdującym się na uzbrojeniu armii brytyjskiej. Doświadczenia kontynuowano w pierwszej połowie 1943 r., nie zdecydowano się jednak na praktyczne wykorzystanie rezultatów badań. Wprawdzie w trakcie walk w Afryce Północnej Brytyjczycy spotkali się z niemiecką bronią kumulacyjną, m.in. pociskami armat kalibrów 37, 50, 75, 88 mm oraz haubic 75 i 105 mm, a także granatami nasadkowymi wystrzelianymi z karabinów piechoty, lecz w warunkach pustynnych zagrożenie, jakie niesły te środki przeciwpancerne, nie było duże.

## „Pancerz kolczasty” i sprężysty

Pomysł opracowania układu ochrony, który zapobiegał właściwemu formowaniu się strumienia, zrodził się latem 1944 r. Zakładał on przytwierdzenie do pancerza zasadniczego stalowych prętów. W momencie trafienia w osłonę ekranowaną tym stalowym „jeżem” pręty miały przebić obudowę głowicy kumulacyjnej zanim jeszcze zadziałał jej zapalnik. Wkładka kumulacyjna zostałaby uszkodzona. W razie następującej po tym inicjacji zapalnika, z wkładki o zmienionej geometrii powstawałby silnie zaburzony strumień, który nie byłby w stanie przebić pancerza zasadniczego<sup>8</sup>. „Pancerz kolczasty” (*spiked armour*) wypróbowano przeciw pociskom 3,7 cm Stielgranate 41<sup>9</sup> oraz Panzerfaust 60. Testy nie potwierdziły spadku przebijałości. Wprawdzie pręty były w stanie przebić cienką skorupę i czepiec balistyczny głowicy pocisku Panzerfaust 60, lecz zanim zdążyły wniknąć odpowiednio głęboko i uszkodzić wkładkę kumulacyjną, wrażliwy zapalnik inicjował detonację<sup>10</sup>.



Sposób działania „pancerza kolczastego”. Pręty uszkadzają wkładkę kumulacyjną i zaburzają proces formowania się strumienia. Opracowanie własne

i „Panzerschrecków”, lecz użyli rodzimej „Bazooki”. Zdaniem brytyjskich badaczy,

Badania nad „pancerzem kolczastym” prowadzono także w Stanach Zjednoczonych. Emerson M. Pugh i Robert L. Eichelberger<sup>11</sup> z Instytutu Techniki Carnegiego (Carnegie Institute of Technology – CIT) opracowali układ przeciwko pociskom M6A3 Bazooka, w którego skład wchodziły pręty o średnicy 15,8 mm i długości 102 mm<sup>12</sup>. W ostatnim okresie wojny opracowano dla czołgów „Sherman” zestaw dodatkowego opancerzenia o masie 3,7 tony. Do pancerza zasadniczego, w odstępach 63,5 mm, przytwierdzono stalowe pręty o średnicy 25,4 mm i długości 195, 203 oraz 216 mm<sup>13</sup>.

Brytyjczycy uważnie śledzili dochodzące zza oceanu informacje na temat „pancerza kolczastego”. Zwrócono uwagę, że Amerykanie nie testowali pocisków „Panzerfaustów”

<sup>8</sup> Negatywny wpływ na proces formowania strumienia kumulacyjnego wywiera sama obecność „ciała obcego” we wnętrzu stożka wkładki kumulacyjnej, nawet jeżeli sama wkładka nie zostanie uszkodzona. Zob. C. Vaumard, H. Wisler, G. Bieri, *Investigation of several possibilities to disturb the jetting process of 40 mm/60s charges*, w: 19<sup>th</sup> International Symposium of Ballistics, 7–11 May 2001, Interlaken 2001, s. 797–802. Zjawisko to bywa wykorzystywane w niektórych osłonach przeciwko kumulacyjnym pod pociskom artyleryjskim, które można zaobserwować np. na niemieckich bojowych wozach piechoty „Puma” i armatohaubicach Panzerhaubitze 2000.

<sup>9</sup> 3,7 cm Stielgranate 41 był w istocie wyrzeliwanym z armat kalibru 37 mm pociskiem nadkalibrowym ze stabilizacją brzechwową. Głowica o kalibrze 160 mm była w stanie przebić pancerz o grubości ok. 180 mm.

<sup>10</sup> TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 18–19.

<sup>11</sup> Późniejszy dyrektor Laboratorium Badań Balistycznych (Ballistic Research Laboratory – BRL), amerykańskiej placówki badawczej zajmującej się rozwojem amunicji i pancerzy.

<sup>12</sup> TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 19.

<sup>13</sup> R. P. Hunnicutt, *Sherman. A History of American Medium Tank*, Novato 1978, s. 224–225. Autor kilkunastu tomów poświęconych dziejom amerykańskiej broni pancernej. Richard Pearce Hunnicutt, zmarł 29 IV 2011 r. w wieku 84 lat.

w przypadku tej ostatniej broni, strumień kumulacyjny silnie fragmentował, w związku z tym wyniki badań nie były wymierne dla uzbrojenia niemieckiego<sup>14</sup>. W Ameryce badania kontynuowano w ciągu kilku lat po wojnie, próbując znaleźć układ opancerzenia, który byłby w stanie skutecznie chronić załogę przed pociskami pancernic „Super Bazooka” kalibru 88,9 mm oraz czołgowymi pociskami 90 mm T108. Już na etapie przygotowań do eksperymentów napotkano jednak poważne problemy technologiczne. Przytwierdzanie prętów do pancerza zasadniczego poprzez wkręcanie ich w otwory, spawanie lub też odlewanie elementu jako całości okazało się bardzo kłopotliwe<sup>15</sup>. „Pancerz koleczasty” nie był rozwijany w kolejnych latach.

Od momentu wprowadzenia przez Niemców do linii nowych granatników, „Panzerfaust” stał się obiektem zainteresowania brytyjskich badaczy. Od jesieni 1944 do wiosny 1945 r. przeprowadzono we Włoszech liczne testy zdobytych egzemplarzy broni przeciwnika. Podczas prób jeden z pocisków został odpalony, podobno nieumyślnie, w kierunku ogrodzenia ze stalowego drutu. Ku zdumieniu zebranych pocisk odbił się od przeszkody i upadł przed nią, nie wybuchając. Kolejne cztery odpalenia, tym razem intencjonalne, potwierdziły niezwykle zachowanie amunicji na ogrodzeniu. Za każdym razem stalowy drut był trwale odkształcany, przy czym maksymalne ugięcie przeszkody wynosiło ok. 380 mm<sup>16</sup>.

Na podstawie tych rezultatów podjęto próbę opracowania ekranu nowej konstrukcji, który absorbowałby energię kinetyczną pocisku na tyle delikatnie, aby zapalnik pozostał niepobudzony. W trakcie testów z użyciem czołgu „Sherman” ekran z siatki umieszczono w odległości ok. 456 mm od bocznego pancerza. Wyniki tych prób były również zachęcające, choć po każdym trafieniu siatka była odkształcana na dużej przestrzeni<sup>17</sup>.

Następny etap badań został przeprowadzony przez DTD w Wielkiej Brytanii. Siatka została rozpięta na ramie w odległości 305 mm od płyty pancernej grubości 51 mm. Ekran skutecznie zatrzymał dwa pociski Panzerfaust Klein, ale masywniejszy Panzerfaust 30 przeprchnął siatkę w kierunku płyty i zdetonował. Na podstawie wyników wystosowano zaproszenia do trzech firm (Staples, Bruntons oraz Flexall Springs), aby sporządziły testowe ekrany, zdolne zatrzymać pocisk Panzerfausta 30 o masie 3,17 kg i prędkości 30 m/s<sup>18</sup>.

Narodowe Laboratorium Fizyki (National Physical Laboratory – NPL) zostało poproszone o opracowanie formy osłony zapewniającej najkorzystniejsze rozłożenie obciążeń w razie uderzenia pocisku o kształcie „pancernej pięści”. Do wiosny 1945 r. ustalono, że optymalny będzie ekran z siatki (drut o średnicy 2,6 lub 2,9 mm) rozpiętej na ramie z wykorzystaniem sprężyn spiralnych. ARD miało określić wielkość siły potrzebnej do inicjacji zapalnika „Panzerfaustów”. Podczas testów prowadzonych na równinie Shoeburyness materiał wybuchowy w głowicach zastąpiono substancją obojętną, pozostawiono jednak zapalnik. Poprzez eksperymenty ustalono, że zapalnik dotychczas używanych przez

<sup>14</sup> TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 19.

<sup>15</sup> Defense Technical Information Center (dalej – DTIC), AD752613, Present status of the tank armor program and proposed program for development of armor to defeat HEAT and HEP projectiles, Aberdeen Proving Ground 1951, s. 2–4.

<sup>16</sup> TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 19–20.

<sup>17</sup> *Ibidem*, s. 20.

<sup>18</sup> *Ibidem*.

Niemców „Panzerfaustów” jest inicjowany przy nacisku od 0,79 do 1,15 kg/cm<sup>2</sup>, a także jest możliwe zatrzymanie pocisku na drodze 305 mm bez spowodowania detonacji<sup>19</sup>.

Łącznie przetestowano kilka rodzajów ekranów. Oprócz siatki rozpiętej na ramie wypróbowano zachodzące na siebie zwoje drutu, również amortyzowane sprężynami. Zbadano zdolność ochronną płacht z gumy (grubości 1,5 i 4,7 mm), cienkich płyt aluminiowych (1,6 mm) i podwójnej warstwy tzw. mat Sommerfelda<sup>20</sup>.

Szansę opracowania skutecznego ekranu przeciw pociskom kumulacyjnym piechoty pogrzebało wprowadzenie przez Niemców doskonalszego Panzerfausta 60. Prędkość początkowa wzrosła z 30 do 45 m/s. Co ważniejsze, głowicę wyposażono w nowy, wrażliwy zapalnik, inicjowany już przy nacisku od 0,07–0,14 kg/cm<sup>2</sup>. Pomimo że przeprowadzono wiele testów, m.in. z dodatkowymi warstwami z bardzo cienkiego drutu lub sklejk, nie udało się opracować ekranu, który byłby w stanie skutecznie zatrzymać pocisk bez wywołania eksplozji. Po kapitulacji Japonii i zakończeniu II wojny światowej badania nad tego rodzaju osłoną zostały przerwane<sup>21</sup>.

## Materiały specjalne

Drugim ze sposobów obrony przed bronią kumulacyjną było zwiększenie grubości opancerzenia ponad poziom przebijalności głowic. Było to jednak nieosiągalne metodami konwencjonalnymi, tzn. przez pogrubienie stalowego pancerza, ze względu na niedopuszczalny wzrost masy czołgu. Stąd stosunkowo szybko zaczęto rozważać wykorzystanie innych materiałów niż stal pancerna.

W marcu 1944 r. do Wielkiej Brytanii dotarł raport Pugh'a dotyczący rezultatów prób z wykorzystaniem tzw. pancerza plastycznego (*plastic armour*), zwanego także plastycznym pokryciem ochronnym (*plastic protective plating*). Był to brytyjski wynalazek z początku lat czterdziestych. „Pancerz plastyczny” opracowano jako tani i prosty w produkcji zamiennik dla stali pancernej na potrzeby jednostek pływających. Przy jego pomocy osłaniano nadbudówki i stanowiska działek przeciwlotniczych. W skład pancerza wchodziła warstwa żwiru zatopionego w masie bitumicznej, umieszczona na pojedynczej płycie z miękkiej stali lub też zamknięta w wykonanej z miękkiej stali kasecie.

W Stanach Zjednoczonych produkcję „pancerza plastycznego” podjęła firma Flintkote Company. Nowym materiałem zainteresowali się naukowcy z CIT, którzy podjęli próbę adaptowania go do osłony czołgów. We współpracy z Flintkote powstał zestaw dodatkowego opancerzenia dla „Shermanów”. Składał się on z aluminiowych skrzyń o ścianach grubości 25,4 mm, wypełnionych 254 mm warstwą mieszanki żwiru kwarcowego i mastyksu (masy bitumicznej złożonej z asfaltu i pyłu drzewnego). Substancja nosiła nazwę HCR2 (*Hollow Charge Resisting*, „odporny na ładunki wydrążone”, czyli kumulacyjne) i składała się z: 82% żwiru z Lilesville (głównie kwarcu z ziarnami średnicy od 32 do 58 mm), 13,5% asfaltu oraz 4,5% pyłu drzewnego<sup>22</sup>. W ostatecznym wariantcie, testowanym pod koniec 1945 r., zestaw miał ciężar ok. 7,25 tony i jako uzupełnienie pancerza zasadniczego powinien zapewniać pewien stopień ochrony przeciwko Panzerfaustom 100 i „Panzerschreckom”<sup>23</sup>.

<sup>19</sup> *Ibidem*, s. 21.

<sup>20</sup> *Ibidem*, s. 22.

<sup>21</sup> *Ibidem*, s. 21–22.

<sup>22</sup> *Ibidem*, s. 17.

<sup>23</sup> R. P. Hunnicutt, *op. cit.*, s. 224–225.

Informacje o amerykańskich próbach zachęciły Brytyjczyków do własnych eksperymentów. Prowadzono je m.in. w Laboratorium Badań Drogowych (Road Research Laboratory – RRL) należącym do Departamentu Badań Naukowych i Przemysłowych (Department of Scientific and Industrial Research – DSIR), a zatem w placówce od początku biorącej udział w rozwoju „pancerza plastycznego”. Z powodu braku dostatecznej liczby niemieckich pocisków testy przeprowadzono z wykorzystaniem brytyjskiej kopii wykonanej w skali 1:2<sup>24</sup>.

Szybko ustalono, że „pancerz plastyczny” nie nadaje się jako materiał na cienkie ekrany i musi być wykorzystany w postaci grubej warstwy bezpośrednio na panczeru zasadniczym. Eksperymenty wykazały, że osłona przewyższa skutecznością stal o tej samej masie. Efektywność masowa<sup>25</sup> pokrycia z „pancerza plastycznego” wynosiła od 1,5 do 2,5. Grubość warstwy musiała być jednak blisko 2,5-krotnie większa niż stali. Zwrócono uwagę, że przewaga nowego materiału nie wynika wyłącznie ze wzrostu grubości osłony – a zatem drogi, jaką musiał pokonać strumień kumulacyjny – lecz dokładne mechanizmy działania pozostawały nieznanne<sup>26</sup>.

„Pancerz plastyczny” był jednak znacznie mniej odporny na działanie klasycznych pocisków przeciwpancernych oraz burzących. DTD określiło przydatność nowego materiału osłony jedynie w przypadku możliwej konfrontacji z głowicami kumulacyjnymi o niewielkiej przebijałości, minimalnie przekraczającymi odporność panczerza zasadniczego<sup>27</sup>. Ministerstwo Zaopatrzenia (Ministry of Supply) wydało opinię, że w obecnej postaci „pancerz plastyczny” jest nieprzydatny do ochrony czołgów i aby zastosować go w praktyce, masa dodatkowych osłon musiałaby być o połowę mniejsza. Wszystkie prace nad „pancerzem plastycznym” zawieszono ostatecznie w sierpniu 1945 r.<sup>28</sup>

Inną z przebadanych kombinacji materiałów była osłona przekładkowa z cienkich warstw sklejk i azbestu. Pomysłu do testów dostarczył w 1945 r. niemiecki jeńiec, który zeznał, że wspomniany układ znakomicie sprawdzał się w konfrontacji z głowicami kumulacyjnymi. Testy zostały zaaranżowane przez DTD wspólnie z RRL z wykorzystaniem standardowych głowic o średnicy 51 mm oraz osłon o łącznej grubości 76,2 oraz 152,4 mm, złożonych z 6,3 mm warstw sklejk i włókien azbestowych. Seria eksperymentów wykazała, że testowany materiał odpowiada skuteczności odrzuconemu wcześniej „pancerzowi plastycznemu”<sup>29</sup>.

W lipcu 1944 r. do Wielkiej Brytanii dotarły informacje o próbach przeprowadzonych w Australii, badając interakcje głowic kumulacyjnych i pokrywającej powierzchnię panczerza warstwy utleniaczy takich, jak azotany baru i amonu oraz materiałów wybuchowych i miotających: barotolu, heksogenu i kordytu. Według doniesień, te substancje fenomenalnie wręcz przeciwdziałały broni kumulacyjnej; warstwa azotanu baru o grubości 25,4 mm miała odpowiadać 76,2 mm stali<sup>30</sup>.

<sup>24</sup> TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 8–9.

<sup>25</sup> Efektywność masowa (*mass efficiency*) – stosunek masy panczerza stalowego do masy ekwiwalentnego pod względem odporności balistycznej panczerza (lub układu opancerzenia) z innego materiału. Liczba większa od 1 oznacza, że dana osłona zapewnia ten sam poziom ochrony, co panczerz stalowy, mając jednocześnie mniejszą masę. Zob. D. Użycki, T. Begier, S. Sobala, *Współczesne gąsienicowe wozy bojowe*, Warszawa 1996, s. 54.

<sup>26</sup> TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 14–15.

<sup>27</sup> *Ibidem*, s. 16.

<sup>28</sup> TNA, Department of Scientific and Industrial Research (dalej – DSIR) 27/71, D. B. Waters, The history of plastic armour and plastic protective plating research: the work of the Road Research Laboratory, cz. 2, *June 1944–August 1945*, Harmondsworth 1946, s. 4–5.

<sup>29</sup> TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 17.

<sup>30</sup> *Ibidem*, s. 17.



Do czasu nadejścia z Australii szczegółowego raportu Brytyjczycy ustalili, że warstwa azotanu baru (w formie niewielkiego odlewanego dysku) zmniejsza przebicie w o ponad połowę mniejszym stopniu, niż twierdzili Australijczycy. Rozważano także praktyczne zastosowanie badanej substancji. Jedną z możliwości było umieszczenie utleniacza w środku pikowanej tkaniny, osłoniętej dodatkowo lekkim ekranem. Eksperymentowano również z materiałami porównawczymi: azotanem potasu, „Perspexem” (komercyjna nazwa szkła akrylowego), suchym i mokrym piaskiem kwarcowym oraz mokrą gliną<sup>31</sup>. Najlepsze wyniki osiągnięto z nasączoną wodą sodą krystaliczną, która to substancja wykazała większą efektywność masową niż wszelkie testowane utleniacze i materiały wybuchowe<sup>32</sup>.

Brytyjskie eksperymenty nie potwierdziły informacji płynących z Australii, więcej, gdy raport dotarł do Wielkiej Brytanii, okazało się, że powstał w wyniku testów z użyciem głowic z aluminium wkładkami kumulacyjnymi. Tymczasem brytyjskie i niemieckie pociski były wyposażone we wkładki z miękkiej stali. Ponadto Australijczycy formułowali wnioski w oparciu o pojedyncze odpalenia ładunków. Późniejsze próby australijskich ośrodków z wykorzystaniem głowic Grenade no. 68 oraz amerykańskich M9A1 nie potwierdziły wcześniejszych doniesień<sup>33</sup>.

### Dalsze badania nad pancernem przestrzennym

Rozpowszechnienie się niemieckiej kumulacyjnej broni przeciwpancernej skłoniło Brytyjczyków do powrotu do doświadczeń z pancernem przestrzennym. Jeden z takich testów został przeprowadzony w Whitchurch. Na jego potrzeby przygotowano cele reprezentujące wozy A41 (prototyp późniejszego „Centuriona”), „Cromwell”, Churchill VII i VIII oraz projektowany czołg ciężki piechoty. Grubość płyt symulujących pancierz zasadniczy wynosiła 32–100 mm, grubość ekranów – 6–25 mm. Przestrzeń rozdzielająca obie powierzchnie wynosiła 381, 508 lub 762 mm, co było związane z wymogiem maksymalnego zmniejszenia rozmiarów dodatkowego opancerzenia, które nie mogło uniemożliwiać korzystania z mostów Bailey’a. Z powodu braku dostatecznej ilości amunicji niemieckiej, „w roli” „Panzerfausta” użyto „PIAT-a”, pociski kumulacyjne do armat kalibru 75 i 88 mm symulował pocisk do brytyjskiej haubicy kalibru 95 mm. Przygotowano również kopię 3-kilogramowego ładunku magnetycznego<sup>34</sup>.

Podczas testów ani pociski „PIAT-a”, ani haubicy 95 mm nie poradziły sobie z 50 mm płytą osłoniętą 6 mm ekranem, reprezentującą dodatkowy pancierz na A41. Z trzech strzałów z „PIAT-a” oddanych do „Cromwella” – 32 mm pancierz za 6 mm ekranem – tylko jeden przebił pancierz zasadniczy. Skuteczniejsze były 3 kilogramowe ładunki – jak się miało później okazać brytyjska kopia testowa przewyższała osiąganymi oryginał bojowy – oparł się im jedynie 100 mm pancierz z dodatkowym 25 mm ekranem oddalonym aż o 762 mm<sup>35</sup>.

<sup>31</sup> *Ibidem*, War Office (dalej – WO) 291/711, Note on some tests conducted to ascertain the effect of a layer of barium nitrate on the effectiveness of hollow charge jets, 17 VIII 1944.

<sup>32</sup> *Ibidem*, SUPP 22/69, Defence of AFV's against attack by hollow charge weapons, s. 17.

<sup>33</sup> *Ibidem*, s. 17–18. Australijskie i brytyjskie eksperymenty z materiałami wybuchowymi i energetycznymi budzą pewne skojarzenia z o wiele lat późniejszymi pancernami reaktywnymi. Podobieństwo to jest jednak pozorne. Konfiguracja wykorzystana podczas testów nie miała nic wspólnego z „klasycznym” pancernem reaktywnym – płaską kasetą o metalowych ścianach, zawierającą materiał wybuchowy, którego produkty detonacji powodują gwałtowny ruch płyt obudowy, co stanowi główny mechanizm działania tego rodzaju osłony.

<sup>34</sup> *Ibidem*, s. 7.

<sup>35</sup> *Ibidem*, s. 7–8.

Na podstawie tych doświadczeń stwierdzono, że dodatkowe osłony mogą zapewnić ochronę przeciwko określonym typom uzbrojenia, lecz nie mogą być traktowane jako odpowiedź na wszelkie zagrożenia. Obecność ekranu nie była wystarczająca, jeżeli pancierz zasadniczy miał niewystarczającą grubość lub przestrzeń między nim a ekranem była zbyt mała. Uwagę zwrócono zwłaszcza na ten drugi parametr. O ile po przebiciu nawet bardzo cienkiego ekranu strumień kumulacyjny z pocisków stabilizowanych obrotowo szybko się rozprasał w „warstwie” powietrza, o tyle w przypadku pocisków o stabilizacji brzechwowej, np. „Panzerfaust”, degradacja właściwości penetracyjnych strugi była znacznie mniejsza<sup>36</sup>.

Prowadzone w ostatnich latach wojny eksperymenty wykazały, że największy potencjał rozwojowy ma pancierz przestrzenny. Warunkiem skuteczności było umieszczenie ekranów jak najdalej od pancierza zasadniczego, minimum pięć średnic wkładki kumulacyjnej, której struga miała zostać zatrzymana. Nawet w przypadku przebicia przez strumień szczątkowy, obecność ekranów miała wpływ na redukcję osiągnięć nieprzyjacielskiej amunicji, a tym samym na wielkość wewnętrznych uszkodzeń w pojeździe. Oceniano, że żadna inna ze znanych ówczesznie metod ochrony czołgu nie wydaje się wartościowa do zastosowania w przyszłości<sup>37</sup>.

Prosty pancierz przestrzenny doczekał się praktycznego wykorzystania. Nowy brytyjski czołg średni „Centurion” otrzymał ekrany chroniące boki kadłuba i częściowo układ jezdny. Podobną osłonę zastosowano w ciężkim czołgu „Conqueror”<sup>38</sup>. Jednym z głównych powodów użycia ekranów, określanych jako płyty inicjujące (*burst plates*), była ochrona przed pociskami z głowicą odkształcalną. Wprawdzie zgodnie z wiedzą Brytyjczyków po drugiej stronie „żelaznej kurtyny” amunicja ta nie była wykorzystywana, lecz podejrzewano, że zalety tych pocisków (High Explosive Squash Head – HESH) zadecydują wcześniej czy później o jej przyjęciu. Wykorzystanie ekranów ograniczało się do powierzchni bocznych. W przypadku najbardziej narażonych na ostrzał strefy przedniej, wozy chronił konwencjonalny pancierz stalowy z płyt walcowanych lub odlew staliwny o korzystnym balistycznie kształcie.

Od 1952 r. dotychczas rozproszone placówki badań nad bronią pancerną połączono w Ośrodek Badań i Rozwoju Pojazdów Bojowych (Fighting Vehicles Research and Development Establishment – FVRDE) z siedzibą w Chobham Common<sup>39</sup> w południowej Anglii. Kontynuowano tam prace nad osłonami specjalnymi. Jednym z kierunków badań był dalszy rozwój koncepcji pancierza przestrzennego. Szybko się zorientowano, że nawet prosty ekran jest niezwykle skuteczny przeciwko amunicji HESH. Pocisk detonujący na płycie oddalonej od pancierza zasadniczego nie był w stanie zadziałać zgodnie z przeznaczeniem, czyli wygenerować w pancierzu zabójczych odprysków. Ponadto opracowano układ ochronny przeciwko pełnokalibrowej amunicji przeciwpancernej z czepcami ochronnym i balistycznym

<sup>36</sup> *Ibidem*, s. 23–24. Szybkość rozpraszania się strumienia kumulacyjnego nie zależała wyłącznie od sposobu stabilizacji. Brytyjczycy odkryli znaczną różnicę w osiągnięciach niemieckich i amerykańskich głowic. Strumień kumulacyjny „Bazooki” silnie fragmentował. Podczas testów pocisk nie był w stanie przebić płyty o grubości 30 mm osłoniętej 19 mm ekranem oddalonym o 203 mm od pancierza. Zob. *ibidem*, s. 19.

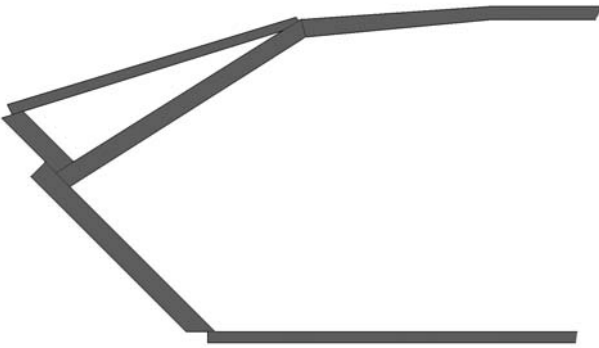
<sup>37</sup> *Ibidem*, s. 25.

<sup>38</sup> R. M. Ogorkiewicz, *Armoured Fighting Vehicles*, w: *Cold War, Hot Science. Applied research in Britain's defence laboratories 1945–1990*, Londyn 2002, s. 132–133.

<sup>39</sup> Chobham Common – w pobliżu m.in. miasteczka Cherstey oraz wiosek Chobham i Longcross. Od 1942 r. siedziba kolejno: DTD, FVDE (Fighting Vehicles Design Establishment – Ośrodek Projektowania Pojazdów Bojowych), następnie FVRDE. Zob. *ibidem*, s. 118–119.

(Armour-Piercing Capped Ballistic Cap – APCBC), składający się z trzech rozdzielonych płyt pancernych. Zadaniem pierwszej było zerwanie czepca ochronnego, drugiej – spowodowanie pęknięcia pocisku. Ostatnia warstwa miała zatrzymać rozproszone fragmenty skorupy i odłamki pancerza<sup>40</sup>.

Opracowanie pancerza, który byłby w stanie skutecznie powstrzymać amunicję przeciwpancerną różnego rodzaju, było ambitnym wyzwaniem. Zgodnie z oczekiwaniami nowe pociski kumulacyjne miały znacznie lepsze osiągi niż amunicja z czasów II wojny światowej. Nowy amerykański pocisk HEAT T108 kalibru 90 mm był w stanie przebić od 254 do nawet 330 mm stali. Zredukowanie tej przebijalności do poziomu 102 mm wymagało umieszczenia ekranu w odległości ponad 1,5 m od pancerza zasadniczego<sup>41</sup>. Na początku lat sześćdziesiątych powstał eksperymentalny układ, przeznaczony dla starzejących się „Centurionów”. Składał się z ekranu o grubości 25–51 mm, umieszczonego w pewnej odległości od przedniej płyty kadłuba. Konfiguracja ta okazała się w dużym stopniu niewrażliwa na pociski kinetyczne i HESH, uległa jednak amunicji kumulacyjnej<sup>42</sup>.



Przód kadłuba czołgu „Centurion” z dodatkowym ekranem. Opracowanie własne na podstawie: TNA, WO 194/546, Spaced armour for glacis plate of Centurion

Warto odnotować, że bezpośrednio po zakończeniu II wojny światowej Brytyjczycy nie postrzegali uzbrojenia z głowicami kumulacyjnymi jako szczególnego zagrożenia. Ich zdaniem, o wiele skuteczniejsze w zwalczaniu nieprzyjacielskich pojazdów pancernych były przeciwpancerne pociski podkalibrowe z oddzielającym się sabotem (Armour-Piercing Discarding Sabot – APDS) oraz pociski HESH. Ich trafienia generowały dużą liczbę zabójczych odłamków, znacznie przewyższających

masą i siłą rażenia rozproszone po przebiceniu osłony cząsteczki strumienia kumulacyjnego. Nie bez znaczenia było przystosowanie obu rodzajów pocisków do wystrzeliwania z armat o gwintowanych przewodach lufy. Tymczasem stworzenie efektywnie funkcjonującej amunicji kumulacyjnej, dedykowanej do wysokociśnieniowych armat czołgowych, było zadaniem dość trudnym i związanym z ryzykiem technicznym<sup>43</sup>.

Brytyjskie spojrzenie na broń kumulacyjną zaczęło się zmieniać bardzo powoli w połowie lat pięćdziesiątych. Miało to związek z burzliwym rozwojem przeciwpancernych pocisków kierowanych. W Stanach Zjednoczonych trwały prace nad systemami „Cannonball” oraz „Dart”. W 1952 r. Francuzi wprowadzili do uzbrojenia zestaw SS.10, który po kilku latach testów i odrzuceniu własnych konstrukcji został przyjęty przez Amerykanów

<sup>40</sup> *Ibidem*, s. 132.

<sup>41</sup> TNA, WO 194/373, The anti-tank lethality of hollow-charge warheads (including the French S.S.10), 1958, s. 3.

<sup>42</sup> *Ibidem*, WO 194/546, Spaced armour for glacis plate of Centurion, Chertsey 1962.

<sup>43</sup> Szerzej zob. P. Przeździecki, *Pociski-strzały i armaty gładkolufowe – eksperymentalny amerykański program uzbrojenia czołgowego (1951–1965)*, „Przegląd Historyczno-Wojskowy” 2010, nr 2, s. 123–124.

w 1957 r.<sup>44</sup>. W porównaniu z „PIAT-ami”, „Bazookami” czy „Panzerfaustami” pociski kierowane miały o wiele większy zasięg i były znacznie bardziej celne. Postępy w badaniach nad efektem kumulacyjnym przyniosły wzrost przebijalności.

Rozwój nowego rodzaju broni był w Wielkiej Brytanii uważnie obserwowany. W latach pięćdziesiątych przetestowano amerykańskie pociski „Dart” i francuskie SS.10. Potwierdzono dużą zdolność przebicia pancerza, jednocześnie w dalszym ciągu podając w wątpliwość możliwość skutecznego porażenia celu opancerzonego<sup>45</sup>. Jeszcze w 1954 r. zaprojektowano przeznaczony dla czołgów układ ochrony z 3 lub 4 płytami pancernymi, stosunkowo cienkimi, za to silnie pochylonymi i znacznie oddalonymi od siebie. Podczas penetracji osłony przednia, najszybsza część strumienia kumulacyjnego w dużym stopniu ulegała zjawisku erozji promieniowej (wówczas określanego mianem ablacji), co zmniejszało długość strumienia i tym samym głębokość przebicia<sup>46</sup>. Śledzono zagraniczne tendencje rozwojowe konstrukcji pocisków i odpornych na nie pancerzy, podjęto również prace nad własnymi układami chroniącymi przed bronią kumulacyjną.

### Badania nad właściwościami materiałów szklopodobnych

Podczas II wojny światowej alianci dzielili się wiedzą na temat nowych środków bojowych przeciwnika oraz metod przeciwdziałania. W 1950 r. Wielka Brytania zawarła ze Stanami Zjednoczonymi porozumienie, zakładające wolny przepływ zastrzeżonych informacji wojskowych<sup>47</sup>. Ponadto w drugiej połowie lat pięćdziesiątych odbywały się konferencje trójstronne z udziałem Amerykanów, Brytyjczyków i Kanadyjczyków, podczas których dochodziło do obiegu informacji na temat m.in. pomysłów wykorzystania broni pancernej oraz opracowania doskonalszych pancerzy.

W 1945 r. Robert von Heine-Geldern z CIT zwrócił uwagę na właściwości ochronne szkła i substancji szklopodobnych przeciwko strumieniowi kumulacyjnemu. Ich zachowanie wykraczało poza ramy tzw. prawa gęstości, sformułowanego niezależnie po obu stronach Atlantyku w 1943 r. Zgodnie z jego zasadą, z dwóch osłon o tej samej masie, lecz wykonanych z materiałów o różnej gęstości, w konfrontacji ze strumieniem kumulacyjnym skuteczniejsza była przeszkoda o mniejszej gęstości, z uwagi na większą grubość<sup>48</sup>.

Tymczasem eksperymenty prowadzone przez von Heine-Gelderna wykazały, że szkło, materiał o gęstości ok. 2,4–2,6 g/cm<sup>2</sup>, stawiało taki opór strumieniowi, jak ciało o gęstości

<sup>44</sup> R. M. Ogorkiewicz, *op. cit.*, s. 133; D. R. Kennedy, *History of the shaped charge effect. The first 100 years*, cz. 1, Mountain View 1983, s. 32–33; E. J. DeLong, J. C. Barnhart, M. T. Cagle, *History of the Shillelagh missile system 1958–1982*, Redstone Arsenal 1984, s. 7–8; DTIC, ADA434477, Mary T. Cagle, *History of the TOW missile*, Redstone Arsenal 1977, s. 7–10.

<sup>45</sup> TNA, WO 341/77, Fourth tripartite conference on armour. Brief for the United Kingdom delegation, Quebec 1957, s. 143–149.

<sup>46</sup> R. M. Ogorkiewicz, *op. cit.*, s. 133.

<sup>47</sup> TNA, Ministry of Defence (dalej – DEFE) 24/1685, Draft note for prime minister’s question time, Chobham armour, 8 XI 1976, s. 2.

<sup>48</sup> Według „prawa gęstości”, głębokość wnikania strumienia kumulacyjnego w cel jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego gęstości celu. Zob. DTIC, AD0048311, R. von Heine-Geldern, *Defeat of shaped charge weapons w: Critical review of shaped charge information*, Aberdeen Proving Ground 1954, s. 256; *ibidem*, AD0524050, Ch. B. Salter, H. Spiro, Evaluation of siliceous cored armor for the XM60 tank, s. 1; TNA, SUPP 22/69, Defence of AFV’s against attack by hollow charge weapons, s. 16. Wśród brytyjskich pionierów badań nad mechanizmami penetracji przez ładunki kumulacyjne wypada wymienić W. M. Evansa, R. Hilla, N. F. Motta i D.C. Packa. Określenie „efekt Hilla–Motta–Packa” stosuje się czasem zamiennie z „prawem gęstości”.

kilkunastokrotnie większej. Z setek przebadanych materiałów właściwości te zdradzały jedynie substancje szkłopodobne oraz ceramiczne. Sformułowana została teoria, według której za nadzwyczajne cechy szkła odpowiedzialny był tzw. efekt odbicia (*rebound effect*). Według badaczy, podczas procesu penetracji fala odbita kierowała strzaskany i sproszkowany materiał na drogę drążącego osłonę strumienia kumulacyjnego, powodując jego przedwczesną erozję i tym samym radykalne zmniejszenie zdolności przebijania<sup>49</sup>. Von Heine-Geldern udowodnił również, że zdolność do powstrzymania strugi materiału HCR2 wynikała z dużej zawartości ziaren kwarcu<sup>50</sup>.

Badacz zaproponował praktyczne wykorzystanie szkła do ochrony pojazdów bojowych. Do pancerza zasadniczego miały być przytwierdzone stalowe panele, w których wnętrzu umieszczono szklane tafle lub bloki. Naukowiec zalecał oddzielenie kruchego materiału od zewnętrznych ścianek grubości 12,7–25,4 mm cienką warstwą gumy lub innej substancji absorbującej wstrząsy<sup>51</sup>. Zbliżony układ do zaproponowanego przez von Heinego-Gelderna miał zestaw dodatkowego opancerzenia dla czołgów M48 Patton opracowany w latach pięćdziesiątych. Specjalne kasety zawierały dwie warstwy szkła, oddzielone od siebie i stalowych płytek powłoką z „Ensolitu” (pianki poliuretanowej)<sup>52</sup>.

Odkrycia von Heinego-Gelderna wzbudziły w Ameryce zainteresowanie materiałami szkłopodobnymi oraz ceramiką. Szkło było testowane m.in. przeciwko pociskom kumulacyjnym „Super Bazooki” oraz czołgowym T108 kalibru 90 mm<sup>53</sup>. Najbardziej zaawansowane były pancerze odlewane z rdzeniem z krzemionki topionej. Przewidywano wykorzystanie tego typu osłon w kilku projektach: dopancerzonego czołgu średniego M48 oraz w czołgach podstawowych T95 i XM60<sup>54</sup>.

Brytyjczycy byli świadomi eksperymentów ze szkłem i materiałami szkłopodobnymi prowadzonymi po drugiej stronie Atlantyku. W 1953 r. przeprowadzono testy z wykorzystaniem laminatu z włókna szklanego, potwierdzając przewagę tego materiału nad stalową osłoną o tej samej masie<sup>55</sup>. W lipcu 1959 r., w związku z pracami nad projektem FV 4201

<sup>49</sup> DTIC, AD0048311, R. von Heine-Geldern, *Defeat of shaped charge weapons w: Critical review of shaped charge information*, Aberdeen Proving Ground 1954, s. 260–264. W późniejszym okresie używano określenia „elastyczne odbicie” (*elastic rebound*). Zob. *ibidem*, AD0524050, Ch. B. Salter, H. Spiro, Evaluation of siliceous cored armor for the XM60 tank, s. 1–5. Obecnie zdolności ochronne substancji szkłopodobnych tłumaczy się występowaniem dwóch zjawisk: działaniu fali odbitej od granicy materiału (podobnie jak w przypadku materiałów ceramicznych) oraz skokowej zmianie objętości szkła w funkcji ciśnienia. Oba zjawiska powodują dośrodkowe zamykanie się krateru drążonego przez strumień kumulacyjny. Zob. W. Habaj, A. Wiśniewski, E. Włodarczyk, T. Zubik, *Pancerze pasywne*, „Problemy Techniki Uzbrojenia” 2003, nr 4, s. 18–20; M. Held, *Glass armour and shaped charge jets*, „Propellants, Explosives, Pyrotechnics” 1998, nr 23, s. 105–110.

<sup>50</sup> DTIC, AD0048311, E. M. Pugh, *Introduction w: Critical review of shaped charge information*, Aberdeen Proving Ground 1954, s. 11.

<sup>51</sup> *Ibidem*, AD0048311, R. von Heine-Geldern, *Defeat of shaped charge weapons w: Critical review of shaped charge information*, Aberdeen Proving Ground 1954, s. 263.

<sup>52</sup> R. P. Hunnicutt, *Patton. A History of American Main Battle Tank*, t. 1, Novato 1984, s. 124; DTIC, AD0524050, Ch. B. Salter, H. Spiro, Evaluation of siliceous cored armor for the XM60 tank, s. 1–5. Własny pomysł na pancerz zawierający elementy szklane przedstawił Robert Eichelberger, proponując panele zawierające szklane tafle, bloki, płytki lub kule w matrycy z masy bitumicznej, zamknięte pomiędzy dwoma płytami metalowymi. Zob. patent US 3324768 z 1950 r. ([www.google.com/patents](http://www.google.com/patents)).

<sup>53</sup> DTIC, AD752613, Present status of the tank armor program and proposed program for development of armor to defeat HEAT and HEP projectiles, Aberdeen Proving Ground 1951, s. 2–4.

<sup>54</sup> R. P. Hunnicutt, *Abrams. A History of American Main Battle Tank*, t. 2, Novato 1990, s. 23–90; *idem*, *Patton...*, s. 123; DTIC, AD0524050, Ch. B. Salter, H. Spiro, Evaluation of siliceous cored armor for the XM60 tank, s. 1–5.

<sup>55</sup> TNA, WO 194/1449, The performance of glass fiber board against hollow charge attacks, Chertsey 1953.

(późniejszy „Chieftain”), odbyło się próbne strzelanie pociskami HESH kalibru 183 mm do modelu chronionego pancerzem z rdzeniem krzemionkowym przedstawiającego przód kadłuba wozu<sup>56</sup>. W październiku 1961 r. testowano walory pancerza przeciwko 106 mm pociskom kumulacyjnym<sup>57</sup>. Kolejna próba odbyła się w sierpniu 1962 r. Przy okazji eksperymentów z sekcją kadłuba (będącym jednocześnie zbiornikiem paliwa), przed jego przednią płytą umieszczono 12 tafli szklanych o grubości 12,7 mm. Strumień kumulacyjny 152 mm głowicy bez przeszkód przebił tę osłonę oraz cały zbiornik<sup>58</sup>.

Badania nad materiałami szkłopodobnymi były jedynie krótkim epizodem w brytyjskich poszukiwaniach doskonalszej osłony.

### Pancerne zbiorniki paliwa

Pod koniec lat pięćdziesiątych przedmiotem badań FVRDE stał się nowy rodzaj osłony, stanowiącej kolejny krok ewolucyjny pancerza przestrzennego. Był nim tzw. pancerz grodziowy. W takim rozwiązaniu ekran stanowił integralną część struktury pancerza. Pustą przestrzeń utworzonej w ten sposób „skrzyni” Brytyjczycy postanowili przeznaczyć na zbiornik paliwa. Znacznie zwiększało to zasięg pojazdu, a obecność cieczy stanowiła dodatkową ochronę znajdującego się za jego tylną grodzią przedziału załogi. Zbiornik paliwa stanowiący integralną część przedniego pancerza został zaproponowany do projektowanego wówczas czołgu aeromobilnego, określanego roboczo jako FV 4401 lub „Contentious”<sup>59</sup>.

Głównym wymogiem stawianym nowemu rodzajowi osłony była odporność na wielokrotne trafienia różnymi rodzajami amunicji. Dążono do osiągnięcia niezmiennego poziomu skuteczności bez względu na to, czy zbiornik jest pusty czy pełny. Z uwagi na przeznaczenie układu do ochrony przedniej części wozu, płytom zewnętrznym można było nadać korzystne, znaczne odchylenie od pionu, powodujące destabilizację, a nawet pęknięcie pocisków. Zaobserwowano, że po przebiciu tak ukształtowanego ekranu rdzenie amunicji APDS wykonane z węgla wolframu silnie fragmentowały (wręcz zamieniały się w pył) i ich pozostałości były w łatwy sposób zatrzymywane przez położone głębiej części pancerza. Dużo bardziej odporne na pęknięcie były rdzenie ze stopów wolframu. Zaobserwowano, że obecność cieczy (w czasie testów wykorzystywano zarówno paliwo, jak i wodę) ma większy wpływ na lżejsze pociski podkalibrowe niż na pełnokalibrowe. Sekcje były niemal w ogóle niewrażliwe na ostrzał pociskami HESH. Spektakularne efekty uzyskano podczas ostrzału zbiorników amunicją kumulacyjną. Szacowano, że przeciwko tej broni warstwa oleju napędowego grubości 76 mm odpowiada 25 mm stali pancernej<sup>60</sup>.

<sup>56</sup> *Ibidem*, WO 194/448, Programme of trials arranged during 1959, Chertsey 1960, tab. 1, s. 2.

<sup>57</sup> *Ibidem*, WO 194/457, Programme of trials arranged during 1961, Chertsey 1963, tab. 1, s. 3.

<sup>58</sup> *Ibidem*, WO 194/413, Report on frontal protection of an A.F.V by an armoured fuel tank, zał. 17, s. 1–2. Uwagę zwraca, że niczym nieosłonięty stos szklanych tafli został po prostu na wół oparty, na wół położony na pochylonej ścianie pancerza. Jeszcze w 1954 r. Robert von Heide-Geldern wskazał, że brak stalowego ekranu znacząco zmniejsza skuteczność szkła w redukcji przebijalności strumienia kumulacyjnego. Można przypuszczać, że Brytyjczycy nie mieli pełnej wiedzy o dotychczasowych ustaleniach na temat testowanego materiału. Nie jest również wykluczone, że pojedynczą próbę przeprowadzono bez szczególnej dbałości o metodykę eksperymentu, a nawet bez głębszej refleksji co miałyby on wykazać.

<sup>59</sup> *Ibidem*, DEFE 194/406, Proposed armour configuration for Contentious, Chertsey 1960. Pewne informacje o tym programie zob.: R. Griffin, *Chieftain*, Ramsbury 2001, s. 9–13; R. M. Ogorkiewicz, *op. cit.* s. 129–134.

<sup>60</sup> TNA, WO 194/413, Report on frontal protection of an A.F.V by an armoured fuel tank, s. 1–3. Wiele lat później zbiorniki paliwa zostały włączone do chroniących załogę rozwiązań konstrukcyjnych izraelskich czołgów „Merkawa” oraz amerykańskich „Abrams”. W latach siedemdziesiątych, na podstawie eksperymentów, Izraelczycy określili,

W trakcie badań nad nowym rodzajem osłony natrafiono jednak na problemy. Pierwszym z nich był destrukcyjny wpływ nagłej zmiany ciśnienia hydraulicznego w wypełnionym zbiorniku na jego konstrukcję. Po pojedynczym trafieniu pełnokalibrowym pociskiem APBC zbiornik był rozrywany. Pękały zarówno spawy, jak i stosowane początkowo cienkie płyty z miękkiej stali. Nieco mniejsze uszkodzenia generowała amunicja APDS, natomiast w przypadku pocisków kumulacyjnych wpływ skoku ciśnienia był już niezauważalny. W celu uodpornienia osłony na niekorzystne zjawisko wypróbowano różne rodzaje struktur pochłaniających energię: przegród z przestrzenią wypełnioną powietrzem lub wodą, piłek tenisowych, wykładzin i materaców gumowych. Przedsięwzięcia te nie przyniosły jednak korzystnych rezultatów, obecność zaś dodatkowych elementów wewnątrz zbiornika powodowała zmniejszenie zapasu paliwa<sup>61</sup>.

Na dalszym etapie miękką stal ścian bocznych zastąpiono stalą pancerną. Przetestowano zaokrąglone połączenia płyt, część zbiorników wykonano jako odlewy staliwne. W 1960 r. uzyskano układ cechujący się wystarczającą odpornością na amunicję kinetyczną kalibru 84 mm. Kolejne prace koncentrowały się nad zapewnieniem lepszej jakości spawów. Stosowano także zaszewiające się połączenia płyt oraz wewnętrzne rurowe usztywnienia, dzięki czemu osiągnięto odporność konstrukcji na trafienie pociskami APDS i APBC kalibru 120 mm<sup>62</sup>.

W trakcie prac zdecydowano się na wypróbowanie stopów lekkich jako zamiennika dla stali pancernej. Testowano zarówno odlewy, jak i zbiorniki spawane z płyt. Mniejsza odporność balistyczna aluminium wymusiła zwiększenie grubości ścian z 25,4 mm do 76,2 mm. Przyczyniło się to zarazem do znacznego wzrostu sztywności konstrukcji bez konieczności stosowania dodatkowych elementów usztywniających. Jednocześnie względna lekkość stopów aluminium umożliwiała przystosowania wozu do transportu lotniczego<sup>63</sup>.

Drugą z kwestii skupiających uwagę badaczy były wątpliwości dotyczące wrażliwości paliwa na zapłon lub nawet eksplozję, która z kolei mogłaby doprowadzić do nieuchronnego zniszczenia czołgu. Ryzyko pożaru wewnątrz zbiornika szacowano jako nikłe. O wiele gorsze skutki przyniosłoby przebicie wewnętrznej ściany zbiornika i rozpylenie palnej cieczy w sнопie gorących odłamków pocisku i pancerza<sup>64</sup>.

Zagrożenie zewnętrznym pożarem oceniono jako niewielkie. W razie przebicia wyłącznie ściany zbiornika i zapłonu wylewającego się przez przestrzelinę paliwa czołg mógł się

---

że w konfrontacji ze strumieniem kumulacyjnym warstwa paliwa grubości 70 mm odpowiada 10 mm płycie stalowej. Por. M. Gelbart, *Merkava. A history of Israel's main battle tank*, Erlangen 2005, s. 13.

<sup>61</sup> TNA, WO 194/413, Report on frontal protection of an A.F.V by an armoured fuel tank, s. 3–4, zał. 3, 4. Niektóre strzelania były niezwykle widowiskowe. 19 III 1958 na poligonie Kirkcudbright przetestowano m.in. absorber złożony z 3000 piłek tenisowych. Umieszczono je w dwóch warstwach wzdłuż bocznych ścian zbiornika oraz na dnie. Piłki były utrzymywane za pomocą rusztowania z cienkiego stalowego drutu. Podczas testu pocisk APDS kalibru 84 mm wystrzelony z armaty 20-funtowej bez problemu przebił 8 mm ekran i 25 mm przednią płytę (obie płaszczyzny odchylone o 55°). Zanim pocisk dotarł do tylnej, pionowej 51 mm płyty, zbiornik się rozpadł. Płyty boczne i denna, wykonane z miękkiej stali o grubości 25 mm, rozsypały się, uwalniając ponad 1300 l wody i tysiące piłeczek. Zob. *ibidem*, zał. 4, 4a.

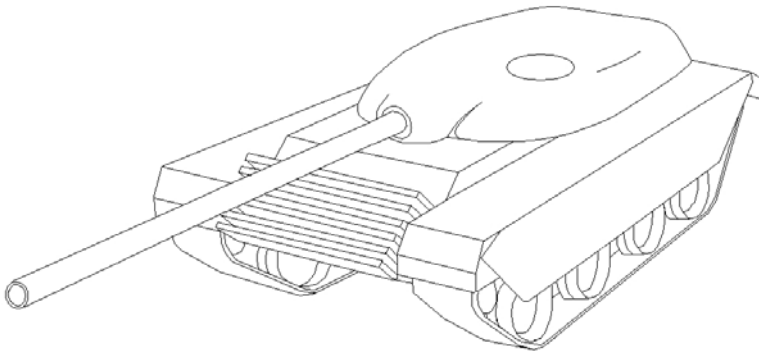
<sup>62</sup> *Ibidem*, s. 3–6, zał. 19a. Podczas testów wykorzystywano 3 typy pocisków kinetycznych kalibru 120 mm: brytyjskich APDS-T L1 (używane w czołgach ciężkich „Conqueror”) i L15 (czołg podstawowy „Chieftain”) oraz amerykański AP-T M358 (pocisk o masie blisko 23 kg, używany w ciężkich czołgach M103, oznaczenie testowe – T116). Na dystansie 914 m pociski te przebijały płytę pancerną odchyloną o 60° od pionu o grubości odpowiednio 125, 150 i 124 mm. Zob. *ibidem*; R. P. Hunnicutt, *Firepower*, Novato 1988, s. 219.

<sup>63</sup> TNA, WO 194/413, Report on frontal protection of an A.F.V by an armoured fuel tank, s. 5.

<sup>64</sup> *Ibidem*, zał. 1.

po prostu przemieścić z dala od płomieni. Rozważano konieczność zastosowania układu gaśniczego w tych zewnętrznych podzespołach wozu, które mogłyby się zająć ogniem<sup>65</sup>. Mimo to podjęto badania nad warstwami uszczelniającymi, zapobiegającymi ewentualnym przeciekom. Były one określane jako „biskwity” samouszczelniające (*self-sealing biscuits*). W ich skład wchodziła najczęściej warstwa silnie skompresowanej pianki poliuretanowej, zamknięta w obudowie z kompozytu szklanego i drewna, czasem dodatkowo osłonięta zewnętrznym ekranem. Po trafieniu pocisku pianka zwiększała objętość, wypełniając przestrzelinę. Wypróbowano również bezpośrednie zamknięcie warstwy uszczelniającej pomiędzy płytami stalowymi. Grubość „biskwitów” wynosiła najczęściej od 102 do 111 mm<sup>66</sup>. Testowano także układ z warstwą uszczelniającą o grubości do 146 mm umieszczoną wewnątrz zbiornika, przy powierzchni przedniej ściany<sup>67</sup>.

W większości opracowanych układów front zbiornika tworzyły dwie płaskie płyty lub odpowiednio ukształtowany odlew. Górna powierzchnia była odchylona od pionu o 55–60°, dolna – od 45 do 60°. W przypadku niektórych testowanych układów ze stopu aluminium przód był uformowany w tzw. łeb szczupaka, skopiowany z sowieckich czołgów IS-3<sup>68</sup>. Wypróbowano również dwa inne pomysły ukształtowania tej części kadłuba. Pierwszy z nich zakładał użycie tzw. pancerza żebrowanego (*ribbed armour*), w którym prostopadle do powierzchni płyty były ustawione listwy. Osłony tego rodzaju testowano przynajmniej od 1948 r. Uznano, że pancerz odznacza się przyzwoitą skutecznością przeciwko pociskom kinetycznym. W przypadku ostrzału amunicją z odkształcalną głowicą kluczowe było odchylenie powierzchni ochronnej o co najmniej 40° od pionu. Zastosowanie „pancerza żebrowanego” miało rozproszyć część energii uderzającego pocisku i tym samym zmniejszyć efekt nagłego wzrostu ciśnienia hydraulicznego w zbiorniku<sup>69</sup>.



Jeden z proponowanych wariantów konfiguracji czołgu „Contentious”. Opracowanie własne na podstawie: TNA, DEFE 194/406, Proposed armour configuration for Contentious

<sup>65</sup> *Ibidem*.

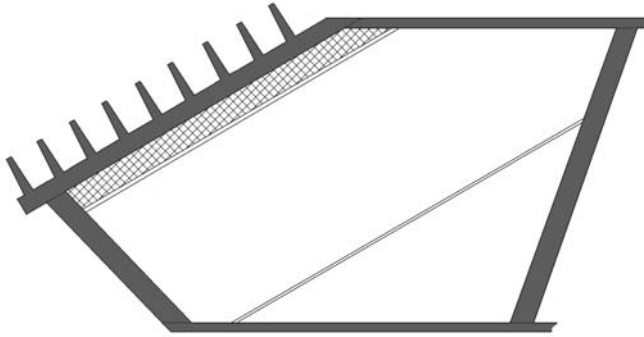
<sup>66</sup> *Ibidem*, zał. 7, 9–11, 14.

<sup>67</sup> *Ibidem*, zał. 17, 18a, 19.

<sup>68</sup> *Ibidem*, s. 5–6 oraz ilustracje.

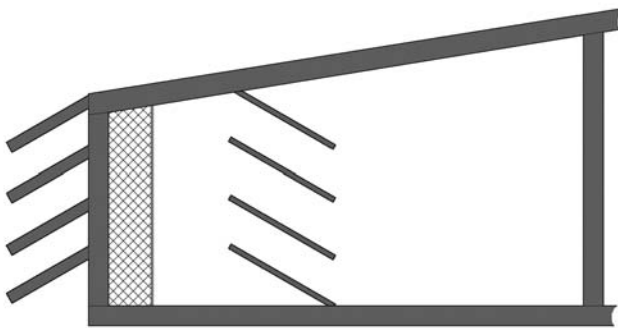
<sup>69</sup> *Ibidem*, s. 4; *ibidem*, WO 194/935, The performance of ribbed armour, Chertsey 1948; *ibidem*, WO 194/344, Performance of ribbed cast armour under attack, Chertsey 1956.





Jeden z wariantów sekcji przedniego pancerza-zbiornika opracowany dla czołgu „Contentious”. Przednia płyta kadłuba z poziomym ożebrowaniem, za nią – „biskwit” uszczelniający, w przestrzeni pomiędzy grodziami – dwa zbiorniki paliwa. Opracowanie własne na podstawie TNA, WO 194/413, Report on frontal protection of an A.F.V by an armoured fuel tank

Na potrzeby programu wozu „Contentious” wypróbowano również ekran listwowy w układzie żaluzji (*louvre slats*). Kilka silnie pochylonych płyt chroniło zasadniczy pancerz. Ekran mógł być wykorzystany do osłonięcia zarówno „tępego” przodu sekcji zbiornika, jak i pionowych powierzchni bocznych kadłuba pojazdu. Testowano różne kombinacje zewnętrznych listew, grubości od 15 do 50 mm i odchylonych o 60–70° od pionu, oraz dodatkowe listwy grubości 15 mm umieszczone wewnątrz zbiornika. Podczas prób poligonowych prowadzonych od 1962 do 1964 r. dowiedziono skuteczności nowego pancerza. Pociski kalibru 120 mm, zarówno amerykańskie APBC, jak i brytyjskie APDS pękały po uderzeniu w listwy, co w znaczący sposób zmniejszało ich zdolność przebijania pancerza. Oceniono, że sekcja zbiornika ze ścianami grubości 51 mm, z żaluzjami zewnętrzną i wewnętrzną o grubości i odchyleniu odpowiednio 30 mm i 70° oraz 15 mm i 60°, odpowiada walorami ochronnymi jednolitej 220 mm płycie pancernej o tej samej masie<sup>70</sup>.



Inny wariant rozwiązania przedniej części kadłuba „Contentiousa” z ekranem listwowym i wewnętrznym wkładem w układzie dwóch żaluzji oraz „biskwitem” uszczelniającym. Opracowanie własne na podstawie TNA, WO 194/413, Report on frontal protection of an A.F.V by an armoured fuel tank

<sup>70</sup> *Ibidem*, WO 194/413, Report on frontal protection of an A.F.V by an armoured fuel tank, zał. 15–19.

Do lipca 1964 r. Brytyjczykom udało się opracować pancerne sekcje, mogące powstrzymać pociski kinetyczne z głowicą odkształcalną kalibru 120 mm, niezależnie od obecności paliwa. Gdy zbiorniki były pełne, układ uzyskiwał odporność na trafienie pocisku kumulacyjnego kalibru 152 mm<sup>71</sup>.

Zebrane doświadczenia nie zostały jednak na tym etapie zastosowane w praktyce. Program wozu „Contentious” został przerwany, trwały za to intensywne wysiłki nad dopracowaniem przyszłego czołgu podstawowego FV 4201 Chieftain, chronionego pancierzem grubym i bardzo korzystnie ukształtowanym, lecz zarazem całkiem konwencjonalnym.

\* \* \*

W ciągu dwóch dekad po zakończeniu II wojny światowej najbardziej zaawansowane prace nad pancierzami specjalnymi były prowadzone w Stanach Zjednoczonych oraz Związku Socjalistycznych Republik Sowieckich. Współczesne brytyjskim przestrzenne osłony amerykańskie i sowieckie miały znacznie mniej wyszukaną budowę. W Stanach i ZSRS eksperymentowano z ekranami listwowymi lub prętowymi, których konstrukcja w sprzyjających warunkach powodowała uszkodzenie głowicy kumulacyjnej, a przynajmniej zwiększała dystans pomiędzy pociskiem a pancierzem<sup>72</sup>. W Ameryce kontynuowano badania nad materiałami szklopodobnymi oraz ceramicznymi<sup>73</sup>. Na wczesnym etapie prac pozostawały próby układów ochronnych zawierających materiał wybuchowy<sup>74</sup>. W ZSRS pod koniec lat pięćdziesiątych eksperymentowano z odlewami balistycznymi z integralnymi komorami wypełnionymi stopem aluminium lub materiałem ceramicznym w osnowie z tekstolitu szklanego lub staliwa. W niektórych ośrodkach trwały badania nad pancierzami reaktywnymi i aktywnymi systemami osłony<sup>75</sup>. Żadne z opracowanych w Ameryce i ZSRS rozwiązań pancierza specjalnego nie zostało jednak wówczas wdrożone.

Brytyjczycy wybrali inną drogę. Badania prowadzone na Wyspach od połowy lat pięćdziesiątych koncentrowały się na rozwoju pancierzy przestrzennych, w tym ich zaawansowanej formy – osłon o konstrukcji grodziowej. Testowano układy wielowarstwowe, o dużej objętości i grubości sprowadzonej, zbadano również zdolność ochronną cieczy wypełniającej przestrzeń zbiorników. Chociaż na tym etapie wysiłki badaczy nie zakończyły się praktycznym zastosowaniem rozwiązań, to obrona linia rozwojowa oraz zdobyte doświadczenia wywarły wpływ na nowy program, który doprowadził do opracowania w 1963 r. układu ochronnego znacznie przewyższającego osiąganymi wszystkimi innymi.

<sup>71</sup> *Ibidem*, WO 32/19950, *The armour protection of main battle tanks*, VII 1964, s. 1–2.

<sup>72</sup> DTIC, ADA954865, A. Hurlich, *Spaced Armor*, Aberdeen Proving Ground 1950; DTIC, AD752613, Present status of the tank armor program and proposed program for development of armor to defeat HEAT and HEP projectiles, Aberdeen Proving Ground 1951; M. Pawłow, I. Pawłow, *Otieczestwiennyje bronirowannyje maszyny 1945–1965 gg.*, „Technika i Woorużenje” 2009, nr 3, s. 43–56. Ekran listwowy i prętowy są wykorzystywane współcześnie jako lekka osłona przeciwko pociskom ręcznych granatników przeciwpancernych. Zob. P. Przędziecki, *Uwaga, RPG – lekkie ekrany przeciw granatnikom przeciwpancernym*, „Nowa Technika Wojskowa” 2010, nr 1, s. 38–46.

<sup>73</sup> R. P. Hunnicutt, *Abrams...*, s. 23–90; *idem*, *Patton...*, s. 124; DTIC, AD0524050, Ch. B. Salter, H. Spiro, Evaluation of siliceous cored armor for the XM60 tank.

<sup>74</sup> *Ballisticians in War and Peace. A History of the United States Army Ballistic Research Laboratories*, t. 2, 1957–1977, Aberdeen Proving Ground b.r.w., s. 140–143.

<sup>75</sup> M. Pawłow, I. Pawłow, *op. cit.*, 2009, nr 3, s. 43–56; nr 4, s. 43–56.

Informacje o tej rewolucyjnej osłonie, która weszła do historii techniki wojskowej jako pancierz typu „chobham”, znajdują się w kolejnym artykule na temat dziejów brytyjskich panczerzy specjalnych.

## SUMMARY

### **Paweł Przeździecki, The British History Outline of Special Tank Armour: from simple skirt plates to advanced spaced armour (1942–1964)**

In 1942, in Great Britain there was started work on specially designed armour systems for tanks, protecting from new types of armour-piercing ammunition.

During the World War II and in a few years after its completion in British research centers in the way of experiments, there were determined the protective capabilities among others skirt plates, spiked and resilient armour and containing various materials such as glass, „plastic armour” or explosives. On the basis of carried out tests spaced armour systems were the most prospective. This solution was applied in the case of the first generation of tanks: medium „Centurion” and heavy „Conqueror”.

Researches, which direction was determined during World War II, were continued in the 50s. They led to the development of an advanced spaced armour – the armoured hull section that is both an integral fuel part, which presence increased protective qualities of this system. There was planned the use of this solution for the project of a new tank called „Contentious”, designed at the turn of 50s and 60s.

### **Павел Пшездетски, Исторический очерк британской специальной танковой брони – от простых экранов до разнесённой брони (1942–1964)**

Работы над специальной танковой броней, которая должна была охранять машину от попадания различной противотанковой амуниции, начались в 1942 г. в Великобритании. Во время второй мировой войны, а также на протяжении нескольких послевоенных лет в британских исследовательских центрах проводились эксперименты позволяющие определить защитную способность танковой брони. На основании проведенных тестов в качестве наиболее перспективной была признана система пространственной брони. Данное решение нашло свое отражение в использовании нового типа брони во время продукции танков первого поколения – средних типа „Centurion” и тяжелых типа „Conqueror”.

Исследования, направление которым было задано во время второй мировой войны, продолжались в 1950-е гг., что привело к разработке высококачественной брони. Этот тип брони представлял собой бронированную секцию корпуса одновременно являющуюся интегральным топливным баком, присутствие которого увеличивало защитные качества системы. Использование данной системы планировалось во время разработки проекта нового танка под названием „Contentious”, который проектировался в 1950–1960-е гг.