

URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ



Z A Ś W I A D C Z E N I E

Tadeusz WAJDA

Kraków, Polska


złożył w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej dnia 13 sierpnia 2004 r. podanie o udzielenie patentu na wynalazek pt.: „**Sposób zabezpieczenia terenu przed niszczącymi skutkami tornad.**”

Dołączone do niniejszego zaświadczenia opis wynalazku, zastrzeżenia patentowe i rysunki są wierną kopią dokumentów złożonych przy podaniu w dniu 13 sierpnia 2004 r.

Podanie złożono za numerem **P-369592.**

Warszawa, dnia 24 stycznia 2005 r.

z upoważnienia **Prezesa**


mgr **Jowita Mazur**
p.o. Naczelnik Wydziału



Sposób zabezpieczania terenu przed niszczącymi skutkami tornad

Przedmiotem wynalazku jest sposób zabezpieczania terenu przed niszczącymi skutkami tornad, zwanych również trąbami powietrznymi.

Dotychczas nie określono wszystkich warunków i zjawisk atmosferycznych sprzyjających i powodujących powstawanie burz a szczególnie towarzyszących im niekiedy trąb powietrznych. Krótkotrwałość zjawiska i niebezpieczeństwo wykonywania nie tylko pomiarów parametrów fizycznych towarzyszących temu zjawisku, ale nawet filmowania z bliskiej odległości spowodowały, iż do tej pory zjawiska burzy, wyładowań atmosferycznych, huraganów i tornad nie są w pełni rozpoznane.

Wśród dotychczasowo znanych - a z uwagi na skalę problemu w większości pozostających w fazie koncepcji - aktywnych sposobów zabezpieczania lub zmniejszania szkód spowodowanych tornadami, najczęściej opisywane są metody działania w fazie początkowej, polegające na zakłócaniu warunków sprzyjających powstawaniu i narastaniu energii tornada. Według sposobu przedstawionego w niemieckim opisie patentowym DE 4109054 - w sytuacji stwierdzenia przez służbę meteorologiczną charakterystycznych dla powstawania trąby powietrznej parametrów klimatycznych i pogodowych - ponad przewidywanym centrum powstawania trąby zrzuca się z samolotów obciążone balony wypełnione gazem wybuchowym, zwłaszcza wodorem. Balony wyposażone są w zapłoniki uruchamiane czasowo, barycznie lub zdalnym sygnałem radiowym. Eksplozje balonów inicjowane warstwowo i w odstępach czasowych zakłócają tworzenie się wirującego lejka. Destruktywne oddziaływanie fali uderzeniowej powstającej wskutek eksplozji ładunku wprowadzonego w ós powstającego tornado wykorzystuje rów-

niez rozwiązanie przedstawione w brytyjskim opisie patentowym GB 2335342. W opisie DE 4220695 przedstawione jest rozwiązanie konstrukcyjne samolotu przystosowanego do realizacji takiego sposobu. Inne rozwiązanie przedstawione w niemieckim opisie patentowym DE1200603 polega na wprowadzaniu środków chemicznych do wnętrza tworzącej się trąby powietrznej, a po wytworzeniu się mieszaniny wybuchowej zainicjowaniu wybuchu zakłócającej ciśnieniową falą uderzeniową proces powstawania trąby. Wprowadzenia środków dokonuje się przez zrzucanie z samolotów - do przestrzeni tworzącego się centrum trąby - naboí ze zbiornikami środka chemicznego rozpylanego przez wirujące dysze. W cytowanym opisie DE 1200603 autor przedstawia własną hipotezę procesu tworzenia się trąb powietrznych, wskazując wyłącznie przesłanki parowania wody i kinematyki mas powietrza. Przy silnym, długookresowym nasłonecznieniu parowanie dyfuzyjne wody prowadzi do unoszenia się do góry znacznych mas pary wodnej w ogrzonym powietrzu, unoszenie wspomagane jest wypierającym z obu stron ruchem zimnych mas powietrza, skierowanym od góry w dół. W warunkach wystąpienia wiatru bocznego następuje zawirowanie mas powietrza z narastaniem energii.

Znane są również sposoby polegające na zmianie struktury chmur, przykładowo przez rozpylanie z samolotów lub wstrzeliwanie raketami jodku srebra w celu skroplenia pary wodnej i tym samym obniżenia masy i energii wirujących mas powietrza.

W dotychczasowych publikacjach na temat tornad nie uwzględnia się istotnych czynników warunkujących powstawanie tornad, którymi są: ziemskie pole magnetyczne i elektryzacja chmur burzowych. Linie sił pola magnetycznego ziemskiego, zarówno w atmosferze jak i na powierzchni ziemi nie mają kierunku poziomego, lecz są nachylone do niej pod kątem inklinacji magnetycznej. Również pole magnetyczne nie zmienia się jednolicie wraz z szerokością geograficzną. Na obszarach centralnych USA i Syberii natężenie pola magnetycznego jest większe, niż na leżących na tych samych szerokościach geograficznych obszarach Atlantyku czy Oceanu. Zwiększone wartości inklinacji magnetycznej linii sił pola magnetycznego ziemskiego, w centralnych i południowych stanach USA, są jednym z czynników sprzyjających powstawaniu na tych obszarach trąb powietrznych. Uzasadnia to analiza częstotliwości pojawiania się tornad na terenie

USA, która jest największa w centralnych i wschodnich stanach, tam gdzie zarówno natężenie pola magnetycznego jak i jego inklinacja magnetyczna są największe. Z zestawień dat i przebiegu tornad wynika, że powstają one zawsze po upalnych dniach. Woda parująca z powierzchni ziemi nasyca powietrze parą wodną tworząc gaz lżejszy od powietrza) co powoduje, iż ciśnienie baryczne w tym rejonie gwałtownie spada. Tworzą się chmury typu Cumulus, sięgające wysokości kilkunastu kilometrów. W czasie parowania wody następuje częściowa jonizacja powietrza. Na ogół gorące, wilgotne powietrze uzyskuje ładunek elektryczny dodatni, który jest wynoszony w górne warstwy atmosfery. W czasie skraplania się pary wodnej i zamarzania wody, następuje nie wyjaśniona do tej pory separacja ładunków elektrostatycznych w chmurze. Śnieżynki tworzące szczyt chmury wykazują właściwości cząstek naładowanych ujemnie i dzięki wypadkowi ujemnemu ładunkowi utrzymują się na dużych wysokościach, gdyż działa na nie siła przyciągania dodatnio naładowanej stratosfery.

W procesie powstawania chmury burzowej istotną rolę odgrywa również strumień wietrzny wiejący w sposób ciągły z zachodu, na wysokościach rzędu 10 - 15 km. Wiatr ten, powstający w strefach okołobiegunowych obejmuje swym zasięgiem znaczne obszary globu i na półkuli północnej dochodzi często do szerokości geograficznych północnej Afryki. Na swej drodze tworzy trudne do prognozy zawirowania, które wywierają istotny wpływ na stan pogody. Strumień wietrzny niesie z sobą duży elektryczny ładunek dodatni, który znacząco zaburza równowagę termiczną w atmosferze oraz intensyfikuje procesy burzowe. Tornado jest zjawiskiem stosunkowo rzadko występującym. Z obserwacji, zestawień i analiz wynika, że nad chmurą burzową, u podstawy której pojawia się trąba powietrzna, zawsze wieje silny strumień wietrzny powodujący powstawanie potężnych cumulonimbusów – chmur burzowych. Burza rozpoczyna się najczęściej serią wyładowań elektrycznych zachodzących zarówno wewnątrz chmury jak i pomiędzy chmurą a ziemią, po których pojawiają się gwałtowne opady deszczu i gradu. Tornado powstaje zawsze pod południowo zachodnią częścią chmury burzowej. Początkowo jako powoli obracające zawirowanie wewnątrz chmury objawiające się utworzeniem dużego dysku pod jej podstawą. Po pewnym czasie z centrum tego dysku wyłania się obracający się szybko lej, który dosięga powierzchni ziemi

i przesuwa się z chmurą w kierunku wschodnim. Charakterystycznym dla tornad w bezpośrednim sąsiedztwie jego pojawienia się jest brak wyładowań elektrycznych w formie błyskawic oraz opadów. Natomiast często obserwuje się punktowe rozbłyski na powierzchni gruntu, gdy lej tornada przechodzi przez linie energetyczne, metalowe ogrodzenia i inne konstrukcje metalowe. Na tej podstawie można stwierdzić, że tornado ma charakter elektrostatyczny. Stan ten przedstawiony jest na rysunku Pos.I. Pomiędzy podstawą chmury burzowej a powierzchnią gruntu istnieje duża różnica potencjałów elektrycznych. W ekstremalnych warunkach napięcie to osiąga wartości setek milionów volt. Jego efektem są pioruny – wyładowania elektryczne zachodzące pomiędzy chmurą burzową a powierzchnią ziemi. Zatem pomiędzy podstawą chmury burzowej a ziemią tworzy się silne pole elektryczne \underline{E} . Polaryzacja tego pola w centralnej części chmury burzowej jest w większości przypadków skierowana do góry. Podstawa chmury posiada ładunek ujemny, natomiast na skraju chmury, głównie w jej części zachodniej tworzy się pole elektryczne skierowane w dół z ładunkiem dodatnim \underline{q} w chmurze. Dodatni, skierowany w dół gradient napięcia elektrycznego tworzy się najczęściej na południowo – zachodnim skraju chmury burzowej, tam gdzie tworzy się wir tornada \underline{I} . Gradient tego pola elektrycznego jest mniejszy od ujemnego gradientu pod centralną i wschodnią częścią chmury. Jest on często za mały aby powstało "przebicie" elektryczne w formie błyskawicy, lecz na tyle duży aby wprawić w ruch zjonizowane cząsteczki pary wodnej i kropelki wody w ruch liniowy skierowany w dół. Poruszające się w polu elektrycznym naładowane cząstki powietrza napotyka na swej drodze opór obojętnych cząstek powietrza, co stanowi, że ich mała prędkość początkowa rośnie z upływem czasu.

Z prawa Lorenza wynika, iż na cząstkę naładowaną ładunkiem elektrycznym q , działa siła wypadkowa dwóch sił. $F = F_e + F_v = qE + qvB$. Siła F_e jest stałą siłą liniową, która powoduje ruch cząstki o ładunku q , zgodny z kierunkiem gradientu napięcia elektrycznego \underline{E} . Siła F_v jest siłą zależną od prędkości cząstki v i natężenia pola magnetycznego \underline{B} . Kierunek tej siły pola jest prostopadły zarówno do kierunku ruchu cząstki (wektor \underline{v}) jak i kierunku linii sił pola magnetycznego (wektor \underline{B}). Wartość tej siły jest równa $F_v = qvB$, zaś jej zwrot - zgodnie z rachunkiem wektorowym - jest lewoskrętny. Stan ten przedstawia rysunek Pos.II, na którym strzałką wskazano kierunek \underline{K} ruchu cząstki. Ruch cząstki,

na którą działa siła prostopadła do kierunku ruchu jest ruchem kołowym. Patrząc z góry, cząstka będzie zataczać okrąg i poruszać się ruchem obrotowym w kierunku K lewoskrętnym; przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Jak już wcześniej powiedziano kierunek sił pola magnetycznego ziemskiego na średnich szerokościach geograficznych, nie jest prostopadły do powierzchni ziemi lecz nachylony do niej pod kątem inklinacji magnetycznej a na cząstkę działa wypadkowa dwu sił F_e i F_v . W tym układzie siłowym trajektoria ruchu cząstki będzie więc spiralą skierowaną w kierunku powierzchni ziemi. Stan ten przedstawia rysunek Pos.III. Cząstka powietrza w jednorodnym polu magnetycznym ziemskim B poruszać się będzie ruchem spiralnym, skierowanym ku ziemi i o zwrocie przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Zjawisko to stanowi źródło powstawania tornada. Proces zaczyna się wewnątrz południowo – zachodniego skraju chmury burzowej. W porównaniu z ilością cząstek obojętnych, ilość cząsteczek wody posiadających ładunek elektryczny q jest niewielka. Ilość ta, przyjmując zawartość wody w 1 m^3 równą 1g , może wynosić około $0,5\text{g}$ lub mniej. Zjonizowane cząstki muszą zatem na swej drodze pokonać duże opory cząstek obojętnych. Pokonując ten opór wprawiają w ruch wirowy pewną część chmury burzowej, która w dolnej części przybiera kształt obracającego się powoli dysku. Działająca na cząstkę siła dośrodkowa F_v powoduje, że ruch cząstki jest ciągle przyspieszany a w miarę wzrostu prędkości, siła ta proporcjonalnie rośnie. Średnica spirali ruchu cząstki zmniejsza się a jej prędkość obwodowa rośnie. W czasie tego ruchu z uwagi na gradient pola elektrycznego skierowany ku powierzchni ziemi, w dolnej części dysku tworzy się stożkowy wir. Powstaje rodzaj dodatniego sprzężenia zwrotnego: im większa prędkość obwodowa cząstki tym większa siła dośrodkowa, mniejsza średnica okręgu ruchu i tym większa prędkość. Wirujące powietrze zachowuje się w leju tornada jak rozpędzany wirnik silnika elektrycznego zasilanego dużym gradientem napięcia elektrycznego E.

Na każde ciało poruszające się ruchem kołowym działa siła bezwładności. Ta bezwładność cząstki powoduje powstawanie siły odśrodkowej, której zarówno kierunek jak i zwrot są przeciwne do dośrodkowej siły elektromagnetycznej. Wielkość siły odśrodkowej zależy od prędkości w funkcji kwadratowej:

$$F_0 = mv^2/r, \text{ gdzie } m - \text{masa cząstki, } v - \text{prędkość, } r - \text{promień obrotu.}$$

Przy małych prędkościach v siła ta jest niewielka, lecz w miarę wzrostu prędkości jej wartość gwałtownie rośnie. Siła ta uniemożliwia dalsze zmniejszanie się średnicy spirali. Ustala się pewien stan równowagi efektem którego jest kształt trąby powietrznej, który można przybliżyć funkcją wykładniczą. Siła odśrodkowa powoduje, iż wewnątrz leja tornada \underline{I} ciśnienie jest o kilka procent mniejsze od ciśnienia na zewnątrz trąby i to jest główną przyczyną spustoszeń czynionych przez tornada. Gdy trąba dosięgnie powierzchni ziemi, zasysa wszystko co się na niej znajduje, głównie ładunki elektryczne o przeciwnym potencjale. Ładunki te, w stosunku do ładunków zjonizowanego powietrza w płaszczu tornada są ujemne i powodują powolną redukcję jego dużego dodatniego potencjału elektrycznego oraz postępującą redukcję potencjału elektrycznego chmury. Proces ten widoczny jest na styku leja tornada z gruntem, gdzie zobojętnione elektrycznie przedmioty takie jak gruz i pył odrzucane są na zewnątrz wiru z dużą siłą, tworząc wokół niego charakterystyczny stożek turbulencyjnych wiatrów. To wyjaśnia obserwowane często wyładowania punktowe, w formie krótkotrwałych rozbłysków przy przejściach wiru nad konstrukcjami metalowymi i liniami energetycznymi.

Tornado jest więc formą wyładowania elektrycznego, zachodzącego między chmurą a ziemią. Zjonizowane cząsteczki wody rozpędzane dużym gradientem potencjału elektrycznego między chmurą burzową a powierzchnią ziemi, poruszają się ruchem spiralnym, wymuszonym przez ziemskie pole magnetyczne, tworzą jednolity wir. Wewnątrz wiru następuje gwałtowne zasysanie ujemnych ładunków elektrycznych z powierzchni ziemi i unoszenie ich do góry a na zewnątrz powstawanie dużych sił odśrodkowych i turbulencji w postaci pustoszących wiatrów.

Czas trwania tornada jest stosunkowo krótki; trwa od kilku do kilkudziesięciu minut. Zdarzają się też sytuacje wyjątkowe, gdy tornado trwa kilka godzin. W tym czasie tornado \underline{I} rozładowuje zgromadzony w chmurze ładunek elektryczny stanowiący źródło jego zasilania. Po wyczerpaniu się ładunku elektrycznego, trąba rozpada się na kawałki i zanika. Dowodem poprawności takiego rozumowania jest fakt, iż na półkuli północnej zwrot ruchu mas powietrza zarówno w tornadach jak i w huraganach jest zawsze lewoskrętny, zaś na półkuli południowej – prawoskrętny. Zwrot spiralnego ruchu w wirze jest wymuszony tylko zwrotem linii sił ziemskiego pola magnetycznego w stosunku do powierzchni ziemi.

Przedstawiona analiza warunków i głównych przyczyn powstawania tornad pozwala ma stwierdzenie, że w celu ochrony terenu przed tornadem należy wyeliminować lub zmniejszyć wpływ jednego z opisanych czynników warunkujących jego działanie. Należy więc zmienić kierunek i/lub zredukować pole elektryczne E, i/lub pole magnetyczne B.

Istota wynalazku polega na tym, że strefę chronioną terenu obejmuje się cewką uzwojenia wykonanego z izolowanego przewodnika elektrycznego. Końcówki uzwojenia przyłącza się do źródła prądu stałego dużej mocy tak by, kierunek przepływu prądu przez uzwojenie cewki dla terenu położonego na półkuli północnej był lewoskrętny a na półkuli południowej prawoskrętny. Prąd w uzwojeniu włącza się ręcznie lub automatycznie na czas bezpośredniego zagrożenia tornadem.

Po włączeniu źródła zasilania wewnątrz cewki zostanie wytworzone pole magnetyczne skierowane przeciwnie do ziemskiego pola magnetycznego. Lokalne odwrócenie zwrotu ziemskiego pola magnetycznego spowoduje znaczące zaburzenie trajektorii ruchu zjonizowanych cząstek w wirze, wskutek czego dolna część leja tornada zmieni swój tor i chroniony teren ominie. Cewka uzwojenia elektrycznego może być zakopana pod powierzchnią ziemi lub zainstalowana na jej powierzchni. Z uwagi na konieczną dużą ilość zwojów (100 – 200), duży przekrój przewodu elektrycznego umożliwiający przepływ prądu o natężeniu kilkuset amperów i zasilanie napięciem rzędu 250 – 500 V, cewka musi być odpowiednio obudowana, izolowana i zabezpieczona przed uszkodzeniami mechanicznymi. Źródłem zasilania powinna być prądnica prądu stałego o mocy kilkudziesięciu do kilkuset kW. Dokładne parametry cewki takie jak ilość zwojów przewodnika, jego przekrój oraz wielkość napięcia elektrycznego podłączonego do końcówek uzwojenia zależą od wielkości chronionego obszaru oraz od spodziewanej intensywności tornad.

Cewka zostaje podłączona do źródła zasilania dopiero w przypadku bezpośredniego zagrożenia sygnalizowanego przez służby meteorologiczne. Do systemu włączającego może być wykorzystany komputer uwzględniający parametry fizyczne towarzyszące tornadom.

Wynalazek przedstawiony jest w przykładzie wykonania na rysunku przedstawiającym w ujęciu schematycznym sposób ochrony terenu z pojedynczymi

obiektami i zabudowaniami gospodarczymi. Linia przerywaną zaznaczono granicę strefy chronionej.

W przykładowym rozwiązaniu zastosowana została jednostkowa cewka do ochrony terenu w kształcie koła o średnicy około 100 m o następujących parametrach:

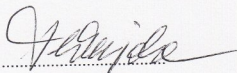
średnica cewki	90 m
średnica przewodu aluminiowego	10 mm
ilość zwojów	50
rezystancja uzwojenia	$R = 5,0 \Omega$
natężenie prądu stałego	$I = 100 \text{ A}$
napięcie zasilania	$U = I \times R = 500 \text{ V}$
moc jednostki	$P = U \times I = 50 \text{ kW}$

Jak przedstawiono na rysunku strefę chronioną P z pojedynczymi obiektami obejmuje się cewką C uzwojenia wykonaną z przewodnika elektrycznego, którego końcówki przyłączone są do spalinowego zespołu prądotwórczego G prądu stałego. Kierunek przepływu prądu I_N w uzwojeniu cewki zlokalizowanej na półkuli północnej jest lewoskrętny. Zastosowanie spalinowego zespołu prądotwórczego G jest optymalne w przypadku uszkodzonej w czasie tornada sieci energetycznej. Zespół prądotwórczy G uruchamiany jest sygnałem radiowym R nadanym przez służby meteorologiczne. Przepływ prądu przez uzwojenie cewki C wytwarza - skierowany przeciwnie do ziemskiego - strumień magnetyczny o wartości na powierzchni terenu około 1,5 Gaussa. Na wysokości około 45 m strumień ten zrównoważy ziemskie pole magnetyczne, a znacząca jego redukcja nastąpi do wysokości około 100 m.

Jednostkowa cewka zapewnia zabezpieczenie terenu przed małymi tornadami jakie występują w centralnej Europie, np. w Polsce, Niemczech. Według skali Fujity są to tornada, o wielkości 0 - 1. Dla zabezpieczenia przed większymi tornadami wokół strefy chronionej należy zainstalować większą ilość przykładowych jednostek. Ich szacunkową ilość i wymaganą moc urządzeń przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela

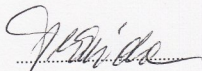
Moc tornada w skali Fujita	Wymagana ilość jednostek solenoidu [szt.]	Sumaryczna moc urządzenia [kW]
0	1	50
1	2	100
2	3	150
3	5	250
4	8	400
5	Wymagana większa średnica solenoidu	750 - 1000



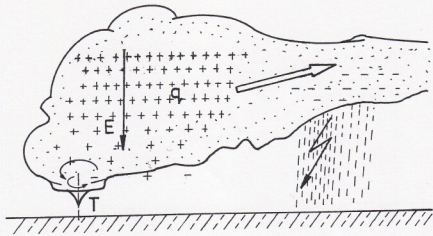
Wajda Tadeusz

Zastrzeżenie patentowe

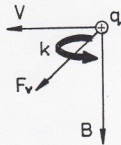
Sposób zabezpieczania terenu przed niszczącymi skutkami tornad, znamienny tym, że strefę chronioną (P) terenu obejmuje się cewką (C) uzwojenia wykonanego z izolowanego przewodnika elektrycznego, którego końcówki przyłącza się do źródła prądu stałego (G) dużej mocy tak, by kierunek przepływu prądu przez uzwojenie cewki (C) dla terenu położonego na półkuli północnej był lewoskrętny (I_N) a na półkuli południowej prawoskrętny (I_S), przy czym prąd (I_N , I_S) włącza się ręcznie lub automatycznie na czas bezpośredniego zagrożenia tornadem.



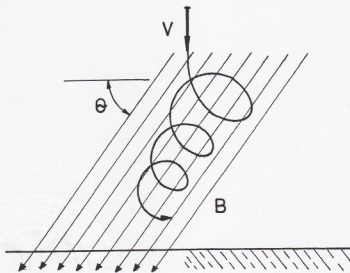
Wajda Tadeusz



POS.I



POS.II



POS.III

J. Smith

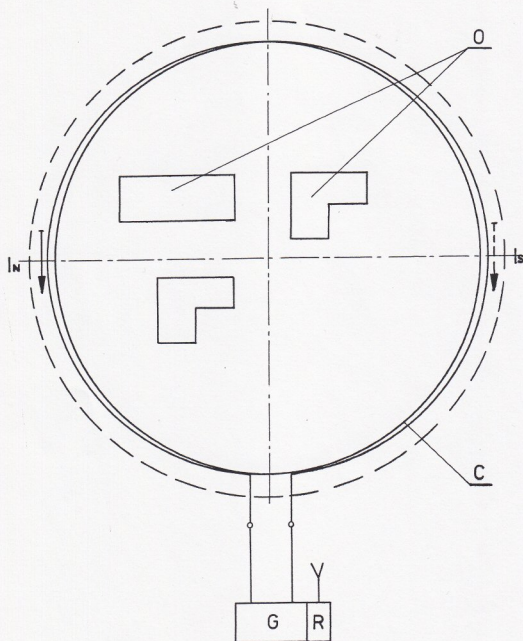


FIG.1

Vermeide