

В. Ф. Кондрат, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співр., доцент
(Національна Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,
Я. Й. Лопушанський, канд. фіз.-мат. наук, доцент, *М. М. Семерак*, д-р техн. наук, професор
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ТОРНАДО В УКРАЇНІ

Впродовж останнього десятиріччя в Україні зафіксовано понад 200 випадків виникнення катастрофічних природних явищ метеорологічного походження зі значними матеріальними збитками. Торнадо - найменші за розмірами і найбільші за швидкістю обертання форми вихрових рухів повітря. Торнадо - доволі рідкісне атмосферне явище, характеризується величезною руйнівною силою і непередбачуваністю; часто супроводжується величезними економічними збитками і людськими жертвами. В статті наводяться дані про рідкісні смерчі, які лютували в Україні впродовж останнього тисячоліття та їх руйнівну діяльність. Більше уваги приділено смерчам в Україні за 1930 - 2015 рр. На гравітаційно-тепловій моделі торнадо виконано деякі розрахунки ефектів, викликаних торнадо.

Ключові слова: торнадо, воронка, вихрові рухи, хмара, стовп, хобот, швидкість, тиск, потужність, енергія.

V. Kondrat, J. Lopushanskyj, M. Semerak

TORNADOES IN UKRAINE

During the last decade in Ukraine 200 cases of catastrophic natural phenomena of meteorological origin with considerable material damage have been recorded. Tornado is smallest of air vortex forms by size and greatest by the speed of movement. Tornado is a quite rare atmospheric phenomenon, characterized by enormous destructive power and unpredictability; often accompanied by huge economic losses and casualties. The article shows the rare tornadoes that raged in Ukraine during the last millennium and their destructive activities. More attention has been given to tornadoes in Ukraine during 1930 - 2015. Some calculations of the tornadoes effects has been made due to the gravitational-thermal model.

Keywords: tornado, funnel, vortex motion, cloud, column, trunk, velocity, pressure, power, energy.

В. Ф. Кондрат, Я. И. Лопушанский, М. М. Семерак

ТОРНАДО В УКРАИНЕ

За последнее десятилетие в Украине зафиксировано более 200 случаев возникновения катастрофических природных явлений метеорологического происхождения со значительными материальными убытками. Торнадо маленькие по размерам и самые большие по скорости вращения формы вихревых движений воздуха. Торнадо достаточно редкое атмосферное явление, характеризуется огромной разрушительной силой и непредсказуемостью; часто сопровождается огромными экономическими убытками и человеческими жертвами. В статье приводятся данные о редких торнадо, которые свирепствовали в Украине на протяжении последнего тысячелетия и их разрушительную деятельность. Больше внимания уделено торнадо в Украине в 1930 - 2015 гг. На гравитационных-тепловой модели торнадо выполнено некоторые расчеты эффектов, вызванных торнадо.

Ключевые слова: торнадо, воронка, вихревые движения, облако, столб, хобот, скорость, давление, мощность, энергия.

Вступ. Торнадо (іспанське tornado від tornar – повертатися - так називають це явище в Америці, в Європі воно зветься тромбом (італійське tromba, букв. – труба). В Україні це явище називають також смерч („смерк, смеркання” - напівтемрява, яка настає після заходу сонця), оскільки смерч з’являється із чорних грозових хмар, що застеляють небо. Надворі темніє. Торнадо можуть створювати непередбачувані ефекти. За свій паскудний характер отримало назви: „пиловий диявол”, „чорний диявол”, „чудовисько”, „монстр”, „убивця”, „роги диявола” та ін.

Торнадо можуть набувати різноманітніших форм: колона, кошик, перевернутий конус, лійка, бокал, бочка, подібна до бича мотузка, змія, піщаний годинник, щільна протяжна маса, роги, слоноподібна глиба і т. ін. Найчастіше торнадо мають форму хобота, що обертається, труби або вирви, що звисає із материнської хмари. Виглядає як темний стовп між хмарами і землею (деколи із зігнутою, нахиленою до горизонту, віссю обертання), який розширюється вгорі і вниз. Така форма пояснюється тим, що вихор втягує згори хмару, а знизу пил або воду; крім того, при сильному зниженні тиску всередині вихору відбувається конденсація водяної пари. Діаметр хобота - десятки і сотні метрів. Найбільше зафіксоване (1971 р.) торнадо мало діаметр 3 км. Якщо воронка не досягла землі або земля дуже тверда, то торнадо може бути і невидимим. Але зазвичай вихор при своєму русі захоплює воду, пил і воронка стає добре видимою. Існує недовго, переміщуючись разом із хмарою.

Звичайний смерч складається з трьох частин: горизонтальних вихорів в материнській хмарі, воронки, додаткових вихорів, що створюють каскад і футляр. Смерчова хмара, як і будь-яка інша грозова купчасто-дощова хмара, характеризується неоднорідністю і високою турбулентністю.

Нижче на фотографіях показано три смерчі в США: у формі хобота (рис.1 а), колони (рис.1 б) і стовпа (рис.1 в) в момент торкання ними поверхні землі, покритої травою.



а)



б)



в)

Рисунок 1

В середньому за рік у світі спостерігається від 1000 до 1500 смерчів, із них половина у США. Смугу території США між Скелястими горами і гірською системою Аппалачі, де спостерігається найбільша частота смерчів, називають „Алеєю торнадо”. Тут щорічно буває декілька сотень смерчів, а в деякі роки - понад тисячу (від найслабших F1 до найпотужніших F5 за шкалою Фудзіті). Часто виникають торнадо у Канаді, Європі, Західній Азії, Бангладеш, Японії, Австралії, Новій Зеландії, Китаї, Південній Африці та Аргентині. Руйнівна сила торнадо залежить від його розміру, часу його контакту із землею, а також від того, чи вдаряє він по густонаселених районах. Тривалість існування торнадо – від декількох секунд до декількох годин (у виняткових випадках). Середня швидкість пересування торнадо по землі 40-50 км/год (в рідкісних випадках може сягати 210 км/год), а от швидкість вітру може сягати 500 км/год. Швидкість потоків у смерчі сягає звукових і навіть надзвукових швидкостей. Абсолютна більшість смерчів обертаються проти годинникової стрілки в північній півкулі і за годинниковою – у південній [10].

Енергія типового смерчу радіусом 1 км і середньою швидкістю 70 м/с, за деякими оцінками, дорівнює енергії еталонної атомної бомби в 20 кт тротилу. Щороку у всьому світі від смерчів гинуть близько 400 осіб. Так тільки за останні 50 років в США від торнадо загинуло більше 5 000 людей. Торнадо щорічно завдають економіці країн збитків на сотні мільярдів доларів.

Торнадо – досі до кінця нерозгадане явище; прогнозувати його поки що не вдається і тому його поява здебільшого буває несподіванкою. Має жахливу руйнівну силу, здатне пересуватися по землі з швидкістю кур'єрського поїзда, і тому воно смертельно небезпечно., однак навіть за такий період свого існування смерч може спричинити величезні руйнації.

Торнадо часто спостерігалися і в Україні [3, 5, 7, 11], а останнім часом у зв'язку з глобальним потеплінням на планеті вони почастішали.

Орієнтовні параметри смерчів:

Параметри	Мінімальне значення	Максимальне значення
Висота видимої частини смерчу	10—100 м	1,5—2 км
Діаметр біля землі	1—10 м	1,5—2 км
Діаметр біля хмари	1 км	1,5—2 км
Лінійна швидкість стінок	20—30 м/с	100—300 м/с
Товщина стінок	3 м	
Пікова потужність за 100 с	30 ГВт	
Тривалість існування	1—10 хв	5 год
Довжина шляху	10—100 м	500 км
Площа руйнування	10—100 м ²	400 км ²
Вага піднятих предметів		300 т
Швидкість пересування	0	150 км/ч
Тиск всередині смерчу	0,4—0,5 атм	

Торнадо в Україні у IX-XIX століттях.

Грізні атмосферні явища у вигляді торнадо відомі із сивої давнини. Ось короткі відомості про деякі з них, які лютували в Україні впродовж останнього тисячоліття.

860 рік. На чорному морі „вста буря зелна, и лодия безбожные Руси к берегу приверже, и вси избьени быша. Паде же в кое время и пепел с небесе, подобен крови...” [2].

В 1159 році в Києві в день смерті київського митрополита Костянтина і в наступні чотири дні відмічалася страшна негода із грозами, підсиленнями вітру і смерчами: “яко не видети солнечных луч, но бысть тьма, точию молниям блистающим, и громные шибения и трескания страшно зело, и ветри, и бури, и вихри многи храмины от основания преложи, и двор княжий разби, и многих человек изби”...„Многие впали в страх и трепет”. [2].

В 1612 році у хроніках описана буря із вітром небувала, яка вивертала із землі будинки, дерева, дуби і сосни, як коноплю; захоплювала людей, худобу, багатьох побила або у воді потопила. Рухалась від Стиру до Дніпра біля Києва, ширина бурі становила півмилі.

1614 рік. „Буря була великая, йшла мимо Острог от Жаславля [Заславля] о полудні, яко ноч, в жнива: пуші крушила, сади ломила по селах — в Борисові, в Плужном і по інших селах. В тих краях, куда йшла буря тая, пашня в копах княжая кілька сот коп рознесло не знати где, так теже і людська; навіть і людей, котрі в полі того часу робили, носило поверх дерева, мертвих познаходили, а інії за дерево ухватившись, і держалися mocno і так живими позоставалися. А інії на полі за стернь mocno взявшись і держалися, еслі не пустили вітру под себе, а которії пустили вітр под себе, то не сдержався, понесло, не знати где. І церкви ломило. В селі Борисові церков була з трима верхи; знесло верхи всі, стелею займаючи зрубую і позаношовало не знати где; так теже і звони, аж не борзо пастухи познаходили в полі розно звони; так теже і маковиці, котрі були обиті білим желізом, познаходили на чотири часті поколото; і іное все покрушило.” [1].

1836 рік. „17 липня туча насовувалася із південного заходу, вдарила жажливим вихором і градом вдвічі і втричі більшим від грецького горіху, поблизу Харкова і там, де починаються великі ліси” [5].

1844 рік „У багатьох місцях лютували руїницькі бурі, які супроводжувалися градом і бушували із силою і люттю майже неймовірними.

12 червня – смерч у Дніпровському повіті Таврійської губернії, 14 червня руйнівна буря у Полтавській губернії, 15 червня - в Катеринославській, 17 червня – в Херсонській, 19 червня – в Подільській губернії.

Бурею, яка лютувала 21 і особливо 22 червня у губерніях Волинській, Чернігівській і Смоленській, силою вітру кидало людей на десятки сажнів, підіймало із землі і вбивало коней, ламало вікові дерева десятинами, носило у повітрі колоди... Пошкоджені сотні будинків, тисячі дерев”.

22 червня в Городницькому повіті (Чернігівської губернії), в селі Мощонці, вихор, який супроводжував бурю, був такий сильний, що в одного селянина, який перебував у полі на роботі, коня декілька разів „підкидувало” у повітря і потім вбило до смерті об землеробські знаряддя, які, так само як і віз селянина, потім розбило на дрібні частини і занесло верстви за три.” [5].

9 серпня 1845 року сильна буря із проливним дощем і градом пронеслась від Австрійської границі через містечка і селища Подільської губернії. Град був величиною як куряче яйце. Збитків від цього градобиття завдано на 17 тис. руб. ср. [2].

1 травня 1851 року, Харків. „Весь день був досить похмурий; деколи, втім, сонце якось слабо накидало свої ріденькі промені; до третьої години небо вкрилося тучами; с третьої до п'ятої тучі ці утворили якийсь доволі грізний темно-бурий із зеленими полисками навіс; колір його був до такої степені страшний і новий, що не дивно, якщо багато із трепетом чекали ефектних наслідків. Треба сказати, очікування було тривалим, і враження було тим більше сильне. Нарешті вся ця грізна туча вибухнула грозою, вихором, сильним дощем і градом. Стало раптом так темно, що за три кроки не можна було нічого розрізнити. Буря ця тривала, по крайній мірі, хвилин зо двадцять; не тільки що на вулиці, але і в кімнаті сидіти було неприємно: суччя дерев, уламки парканів, дахи ламалися, все це вертілося, крутилося, перекидалося із одного місця на інше. На довершення всього ці градини були такої величини (в $\frac{3}{4}$ фунта), що скла у вікнах всі розлетілися в друзки і кімнати представили досить невітшне видовище: все перемокло, понівечилося, забруднилось; спасти що-небудь, стоячи біля вікна, можна було, пожертвавши одним із своїх членів. На вулиці паніка була ще більша: бідні перехожі, не знаючи, що діяти, всі вбігали у незнайомі будинки, ховалися куди попало. Словом, ці двадцять якихось хвилин обійшлися не дешево, тим більше, що декілька чоловік вбило громом; пропало багато худоби, озимий хліб весь зіпсувався, у ботанічному університетському саду загинуло багато дорогих і рідкісних рослин, хвала Богу, буря ця обійшлася без пожежі [7].

1851 рік. „На Чорному морі поблизу від Севастополя 2 вересня о 5 годині вечора із західної сторони неба із-за горизонту почали з'являтися віхтиками сірі тучі, які поступово підіймалися в напрямку на схід: о $6\frac{1}{2}$ годині вони з'єдналися і утворили собою одну густу масу темно-бурого кольору, яка ніби ледве трималася за небо широкою основою, спускаючись похмурим конусом низько до моря і рухалася то в одну, то в другу сторону, вивергаючи із себе бризки. Це явище було не чим іншим, як водяний смерч, що загрожує зазвичай страшною бурею. Чекали проливної дощу; але вітер змінив напрям і погнав цей смерч на північ, у море.” [7].

1856 рік. У Волинській губернії Житомирського повіту у лісах і садах поламано до 30 тисяч різного виду дерев [2].

1892 рік. В районі Ковно (*Каунас*) випав атмосферний пил. У Бердянському повіті пиловими бурями знищено 60 тис. десятин хліба. „ Вид спустошених полів викликає гнітюче враження, око не зустрічає ніде живої білинки; все висушено, вирвано і забрано безпощадним вітром”. 1 травня у районі Мелітополя подув пекучий вітер. Наступила імла. Пісок і пилюка засипали очі, вітер рвав дахи. Буря тривала 5 днів і завдала багато збитків. „Величезні площі посівів видуло, засипало або спалило”.

Атмосферний пил відмічали у багатьох містах від Одеси до Вільнюса, Петербурга, Ярославля. У Стокгольмі випав запилений дощ.

1902 рік. 7 липня незвичайної сили ураган і злива у Києві. Загинуло 20 людей [2].

1914 рік. Незвичайний ураган вночі із 12 на 13 березня, який почався „у Чорному морі, учинив страшні біди населенню ” (до 2 тисяч людських життів забрав цей циклон”) [2].

Торнадо в У країні в новітні часи.

1933 року навесні торнадо, що нагадувало водяний стовп, висмоктало воду з місцевого озера поблизу села Римачі Любомльського району на Волині. У сільській реєстраційній книзі зостався запис, що тоді над селом випав „рибний дощ”. З неба зі зливою падала риба та раки. Пастухи залишили худобу, бігали по пасовищу і збирали улов.

26 травня 1948 року над селами Білогорівка та Берестове Донецької області промчав смерч, діаметр якого в основі становив близько 30 м. Смерч обрушився на пасажирський потяг та скинув 7 вагонів із полотна залізниці.

7 липня 1960 р. на село Хорів Локачинського району на Волині налетів смерч, який пам'ятають досі. Парило. Раптом насунула чорна хмара, ніби стовп від землі до неба. Її закрутило, як вихор. Почалася злива — краплі такі, що одна наповнювала долоню. Почувся свист і потужний гул. Стовп смерчу висмоктував з меліоративного каналу воду до самого дна, вихором піднімаючи її вгору. Навколо літали гілки, дрібна риба і водорості. Смерч наздогнав 30-річну жінку і підхопив у повітря, засмоктав її всередину, відніс повітрям за 50 м уздовж каналу і жбу-рнув на землю. Небачений стовп вихору позривав дахи будинків, повалив бетонні опори електроліній. У селі смерч зруйнував півсотні хат, вирвав із корінням дерева. На пасовищі засмоктав кілька корів і відніс їх на декілька кілометрів; їх трупи потім звозили до села.

30 травня 1985 р. Смерч о 16.30 у Дніпропетровській області Синельниківського району. „Спочатку біля поверхні землі під чорною хмарию висотою 800-1000 м, яка займала 2/3 горизонту, з'явилася тонка ниточка, що з'єднувала хмару із землею, вона швидко збільшувалася в діаметрі і перетворилася у стовп. Справа з'явився другий стовп, потім обидва стовпи злилися в один”. Смерч повільно зигзагоподібно зміщувався на північний захід. Зовнішній вигляд стовпа змінювався, в нього всмоктувалися листя, кора, трава, ґрунт, невеликі дерева. Смерч знищив п'ять лісосмуг шириною 20 м із акацій і клену віком 25-30 років, посіви кукурудзи і озимої пшениці на площі близько 800 га. Радіус пошкоджень 500-700 м, протяжність 15 км. Деревя були поламані, викорчовані (розміри коріння 1,5-2 м), листя і кора зняті. Вони мали вигляд давно загиблих. Вітки були абсолютно сухими, крихкими. Деревя були звалені проти годинникової стрілки. У другій половині дня випав град розміром як голубине яйце.

30 травня 1985 р. Смерчі у Київській області. В Дніпровському районі, у північно-східній частині м. Києва (на лівому березі Дніпра), смерчі спостерігалися о 20.35-20.47 і о 21.10-21.15. Спочатку серед хаосу хмарності виділився різко окреслений еліпсоподібний масив хмарності темно-синього кольору із яскраво-червоним відтінком. На 300 м нижче цієї хмари спостерігалася бурхлива кільцеподібна хмара (смерч), яка переміщувалася поступово одночасно із еліпсоподібною хмарию. В кільцеподібній хмарі спостерігалися кругові рухи вздовж кільця. „Хобот” розміщувався на протилежній від місця спостереження стороні кільця. Верхня частина „хобота” виглядала як стовп майже чорної (подібної на дим) хмари, яка клубочилася і переміщувалася проти годинникової стрілки вздовж кільцеподібної смерчової хмари. На рівні дахів 9-поверхових будинків за 200 м від точки спостереження появився стовп пороку, який прийняли за дим від пожежі. При наближенні до „стовпа” було чути гул низького тону. В області стовпа високо над землею було видно вітки дерев, частину дощаного паркану, листи шиферу і т. ін. В процесі переміщення смерч підняв у повітря пісок, при цьому діаметр смерчу збільшився в 2-3 рази, він став більш світлим. За свідченнями очевидців, проходження смерчу супроводжувалося зливою, градом і гулом, що нагадував гул реактивного двигуна [4, 11].

Найбільш небезпечним був смерч 20 липня 1987 року в с. Шельвів Локачинського району Волинської області. Тоді загинуло чотири людини, 30 постраждало. Було пошкоджено більшу половину будинків у селі — 94 із 168. Цей смерч належить до третьої категорії за шкалою інтенсивності смерчів. Очевидці пригадують, що перед смерчем було спекотно й безвітряно. Раптом небо стало темно-бордове. У повітрі розірвало на шматки трактор з причепом. Будинки зривало з фундаменту. Дивно, що смерч летів прямолінійно [6].

11 червня 2001 року спостерігався смерч у Фастові. Смерч виник на Житомирщині. Причиною тому був різкий контраст температур, вологості і тиску: арктичний циклон приніс холод - температура на півночі Житомирщини опустилася до 15 °С, а в сусідніх районах повітря прогрілося до 27-30 °С. На межі холодної і теплої повітряних мас утворився смерч. Сліди цієї стихії: зламаний ліс укладено по колу, зруйновані будинки, поскручені опори ЛЕП, занесені автомобілі і трактори, поламані, як сірники, дерева. На Житомирщині вирва, як помпа, висмоктала ставок площею в 3 га разом із рибою. Приблизно за годину-півтора до цього над містечком запанував постійний зловісний гул, який нагадував безперервну артилерійську канонаду і не припинявся, поки не пройшов смерч. При його наближенні стало темно, майже як вночі, почалася гроза, яка супроводжувалася штормовим вітром.

15 червня 2002 року о 4.35 у Ширяєвському районі Одеської області проходження смерчу супроводжувалося ураганим вітром і градом діаметром як голубине яйце.

22.07.2002 року смерчі над Кримом. О 14.53 почалось спостереження за конвекційними хмарами. Розвиток деяких хмар був настільки бурхливим, що в перші 6-9 хв визначити параметри їхнього обертання було неможливо через швидкі зміни їх геометричної форми. Система „Антиград” на висоті 2 км зафіксувала град діаметром до 5 см і більше. Об’єднана структура хмар, яка потім „вбирала” в себе й інші периферійні конвекційні утворення, розвинулася у потужну систему купчасто-дошових хмар, верхня межа якої після 15.20 перевищувала 15-16 км, проникнувши таким чином у нижню стратосферу на 4-5 км. Максимальні значення кутової швидкості обертання центральної частини хмарної системи на висотах 7-10 км сягали 9-12 град/хв. Кілька „хоботів”, які то сходилися, то розходилися, внизу об’єдналися уже в один смерч, діаметр якого досяг 400-500 м.

У с. Томашівка смерч пройшов точно по вулиці і зніс дахи з двох будинків. У с. Випасне із 150 будинків було пошкоджено 81, 30 із них не підлягали відновленню. Будинки та господарські будівлі падали на очі у людей. У повітрі літали листи шиферу, цілі дахи, багатометрові балки і вирвані з корінням дерева; собачі будки із псами віднесло на 2-3 км; Двоє мешканців села отримали травми. Одну жительку віднесло на 150 м, гепнуло об землю на городі. У жінки повідривало ребра від хребта. У сусідньому селі Лобанове повністю знесло купол місцевої церкви. Обстеження зон дії смерчів показало, що за класифікацією Фуджіти смерч у селі Випасне можна віднести до першої-другої категорії, а в селі Лобанове – до нульової. Їх проходження супроводжувалося грозами та зливами, причому площа, зайнята цими явищами, була у багато разів більшою, ніж зона самих смерчів [9].

У 2003 році смерч був аномально рано — 1 березня. Це сталось на Дніпропетровщині. Вихор перекинув автомобіль, в якому знаходилась жінка, і вона загинула.

29 вересня 2006 року, Одеса. Смерч, який спостерігався, тривав близько години з 10.30 до 11.20. За цей короткий проміжок часу він „пройшовся” по набережній міста, за лічені хвилини вихором було повністю зруйновано на Приморському бульварі літнє кафе, перевернуто холодильне обладнання і торгові палатки. Смерч також пошкодив декілька дерев. А з театру ім. Луначарського зірвав бляшані кріплення. Декілька чоловік отримали легкі травми.

В Україні великої шкоди народному господарству Львова та 14-ти районам області завдав ураганний вітер, швидкість якого становила 34 м/с, та потужні зливи у червні 2008 року. Буревій повалив 2800 дерев, пошкодив 1047 дахів у приватних житлових будинках і об’єктах соціально-культурної сфери та 32 тисячі гектарів сільськогосподарських угідь. Стихійне лихо охопило також Івано-Франківську, Тернопільську, Чернівецьку області.

Вночі 23 травня 2013 року потужний ураган швидкістю 17 м/с прокотився містом Суми та Сумською областю. Шквальний вітер повалив десятки дерев, позривав дахи з будівель, пообривав лінії електропередач, зупинив рух транспорту в місті.

У результаті короткочасного, але руйнівного урагану, що стався 31 травня цього року на Одещині – тисячі повалених дерев, без світла понад 250 населених пунктів, паралізовано рух транспорту, є загиблі та постраждали.

15 травня 2014 року, Умань. Ніби з-під землі винирнув гігантський стовп, який пронісся над територією Христинівського і Монастирищенського районів. Вирва, яка шалено крутилася, на льоту хапала і розкручувала в своєму череві обломки дерев, шиферу, віток; як клаптики паперу, літали у повітрі вулики із бджолами, а залізобетонні опори ЛЕП падали, як сірники. Жахливої сили вихор зривав дахи з будинків, викорчовував вікові дерева і навіть зсунув із бетонної основи трансформаторну станцію вагою 15 т, підняв у повітря рейсовий автобус „Еталон” із 12 пасажирами на автодорозі Умань – Монастирище і закинув у поле за кілька десятків метрів від шосе. Збитків мінімум на півмільйона гривень.

22 вересня 2014 року. Потужний смерч накрив місто Костопіль. Торнадо за 20 секунд пошкодило майже 50 будинків. Вітер ламав кам'яні загорожі, паркани та зривав дахи, повиривав дерева у садах.

25 червня 2015 року, Луганськ. Ураган прийшов зі сторони селища Металіст приблизно о 15:00 і пройшовся через центр міста. Стихія бушувала всього декілька хвилин, але за цей час були пошкоджені дерева, комунікації і лінії електропередач. Вивернені з корінням дерева, вітки падали на проїжджу частину. Постраждала зупинка міського транспорту, обірвана лінія електропередач. Пошкоджена кривля і вибиті вікна у приватних будинках. Пошкоджена школа, купол, хрести і частина стіни кафедрального собору. Ураган пройшов чіткою лінією, за якою жоден листочок з дерева не впав.

27 липня 2015 року. По околицях Дніпропетровська вдарив торнадо. Все потемніло і почався страшний рев. Смерч діаметром 100 метрів піднімав у повітря людей, розривав металеві петлі на парканах, зривав дахи і валив стіни будинків; дах одного із них знайшли аж за 6 км. З Дніпра смерчем підняло рибу і викинуло її на дорогу. Газові труби не просто вирвало із землі, але й погнуло. Стихія бушувала не більше 15 хвилин.



Смерч на Дніпропетровщині 27 липня 2015 р.

В селі Пронозівка на Полтавщині торнадо за лічені хвилини зривав дахи, викорчував дерева і поваляв бетонні загородження. Стихія зносила все на своєму шляху - від будинків до дерев. Дереву ламало як сірники, підхоплювало і закидало на десятки метрів. Смерч прийшов з Кременчуцького водосховища, саме на березі цього водоймища розташоване село. Стихія була настільки сильною, що бетонні огорожі та дерева ламалися як іграшкові. Внаслідок негоди, близько півсотні домівок лишилися без дахів, дісталася і місцевій школі.

Цього ж спекотного літа спостерігали торнадо в багатьох регіонах України: на Тернопільщині, Львівщині, Запоріжжі, в Одесі, Криму, Вінницькій, Полтавській, Миколаївській областях.



Смерч на Полтавщині 12.09.2015.

Гравітаційно-теплова модель торнадо.

У термодинамічному відношенні торнадо можна представити як гігантську гравітаційно-теплову машину, в якій вниз падає холодне повітря, виконуючи роботу A_1 , а вгору піднімається тепле повітря, на підйом якого треба затратити роботу A_2 . Оскільки густина холодного повітря більша, то $A_1 > A_2$.

У термодинамічному відношенні торнадо розглядають [8] як гравітаційно-теплову машину, яка працює за рахунок різниці температур ΔT біля поверхні землі і на вершині смерча. Корисна робота цієї теплової машини йде на збільшення кінетичної енергії смерча. За одиницю часу це збільшення можна визначити за формулою [8]

$$\Delta E_k = \eta \Delta E_p,$$

де $\eta = \frac{\Delta T}{T}$ - коефіцієнт корисної дії ідеальної теплової машини; T - температура біля поверхні землі; $\Delta E_p = \rho_0 S_0 v_0 g H$, ρ_0 - густина повітря, S_0 - площа перерізу вирви, v_0 - швидкість висхідного повітряного потоку, H - висота торнадо; g - прискорення вільного падіння. Таким чином

$$\Delta E_k = \rho_0 S_0 v_0 g H \frac{\Delta T}{T}.$$

Використовуючи цю формулу, оцінимо потужність торнадо. Нехай висота торнадо $H = 12$ км, діаметр вирви $d = 80$ м, а швидкість повітряного потоку, який рухається вгору вирви, $v_0 = 200$ м/с; $\rho_0 = 1,3$ кг/м³, $g \approx 9,8$ м/с²; $\Delta T = 25$ К; $T = 300$ К. Отримуємо, що потужність такого торнадо порядку 12,8 ГВт. Зауважимо, що це вдвічі більше від потужності найбільшої в Європі - Запорізької АЕС.

При зіткненні торнадо із перешкодою, у його стінці утворюється пролам. За законом Бернуллі можемо оцінити швидкість потоку повітря, яке вривається всередину торнадо вна-

слідок перепад тиску всередині і зовні стінки торнадо Δp . Оскільки $\Delta p = \frac{\rho_0 v^2}{2}$, то $v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_0}}$.

Для $\Delta p = 0,6$ атм, отримуємо $v = 306$ м/с.

Якщо вирва смерчу має масивні стінки, їх обертання має призводити до розширення воронки і зниження тиску повітря всередині неї через дію відцентрових сил. Розширення триває доти, поки перепад тиску Δp зовні і всередині не зрівноважить дію відцентрових сил.

Якщо виділити із стінки площинку $S = 1$ м², то зовні на неї буде діяти сила $F = \Delta p S$. Якщо різниця тисків $\Delta p = 0,6$ атм, то на одиничну площинку діє сила $F \approx 60$ кН, тобто таке торнадо може пересувати у просторі вантажі масою 6 т на 1 м² лобової площі. Рівновага із відцентровими силами настане за умови:

$$\Delta p \cdot S = \frac{m_0 v^2}{2},$$

де m_0 — маса, яка припадає на одиницю площі стінки, v — швидкість стінки, R — радіус вирви.

Нехай густина стінки торнадо $\rho = 8$ кг/м³, товщина стінки $h = 3$ м. Отримуємо значення лінійної швидкості обертання $v = 316$ м/с. За такої швидкості (деякі автори показують, що ця швидкість може бути навіть надзвуковою) стають можливими ефекти, коли соломинка протикає дерев'яну дошку, дерев'яні тріски пробивають металеві пластинки, камінчики, як кулі, вибивають у вікнах отвори без розтріскування і т. ін.

Неважко підрахувати, що за густини стінки $\rho_0 = 8$ кг/м³, вміст води у стінці такого торнадо $m \approx 72$ тис. т.

Висновки:

1. Грізні прояви природи у виді торнадо відомі із сивої давнини. Не рідко вони суттєво впливали не тільки на господарське життя країн, а й змінювали хід історії людства.

2. В результаті глобального потепління в Україні повітряні коловороти зачастили через нестійкий температурний режим. Торнадо залишаються одним з жахливих прикладів екстремальних погодних умов. Вони викликають максимальні руйнування і їх надзвичайно важко передбачити. Смерчі завдають значних збитків господарству і призводять до людських жертв. За масштабами руйнувань деякі торнадо порівнянні із ядерним вибухом. Частина гігантської енергії грозової хмари в тропосфері раптом чомусь концентрується в об'ємі повітряного вихору діаметром декілька сотень метрів.

3. Смерч, як правило, супроводжується грозою, дощем, градом і, якщо досягає поверхні землі, майже завжди завдає значних руйнувань, вбираючи в себе воду та предмети, що зустрічаються на його шляху, піднімаючи їх високо над землею і переносючи на значні відстані. Площа, зайнята цими явищами, буває багато разів більшою, ніж зона самих смерчів.

4. В Україні максимальна повторюваність смерчів припадає на червень - серпень. Над акваторією Чорного моря смерчі формуються переважно осінню, коли повітря із охолодженої суші переноситься на більш теплу поверхню води.

5. Потрібно розробляти заходи щодо мінімізації негативних наслідків екстремальних погодних умов. Важливим є розробка заходів щодо захисту та експлуатації інженерних споруд інфраструктури за аномальних умов, зокрема, атмосферних буревіїв.

Література

1. Бевзо О.А. Львівський літопис і Острозький літописець. — Київ, 1971. — 200 с.
2. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. — 528 с.

3. Будилина Е.Н., Прох Л.З., Снитковский А.И. Смерчи и шквалы умеренных широт. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 32 с.
4. Васильев А. А., Песков Б. Е., Снитковский А. И. Смерчи 9 июня 1984 г. — Л.: Гидрометеоздат. 1985. – 40 с.
5. Веселовский К.С. О климате России. – СПб., 1857. – 326 с.
6. Волеваха В.А., Токарь Н.Ф. Шквалы и смерчи на Украине в 1984–1985 гг. // Тр. УкрНИГМИ. – 1987. – Вып. 225. – С. 46–55.
7. Журнал Министерства Внутренних Дел, 1851.
8. Кушин В.В. Смерч. М.: Энергоатомиздат. 1993. -127 с.
9. Лесков Б.Н., Пірнач Г.М., Сирота М.В., Шпиг В.М. Смерчі у Криму липня 2002 року. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2007. – Vol. – Вип. 256. – 75-91 с.
10. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. – Л.: Наука, 1969. - 487 с.
11. Ромов А.И., Шишкин Н.С., Сосновская Р.П. Смерчи на Украине 30 мая 1985 г. // Метеорология и гидрология. – 1987. – № 2. – С. 27-36.
12. Fujita T. Formation and Steering mechanisms of tornado cyclones and associated hook echoes // Mon.Weath.Rev. 1965. – Vol. 93. – P. 67-78.

References

1. O.A.Bevzo. (1971). Lviv Chronicle and Ostrozky Chronicle. – Kyiv, 1971. — 200 p. (In Ukr.)
2. Borysenkov E.P., Pasettskyu V.M. (1988). Millennial Chronicle unusual natural phenomena. Moscow: Mysl (In Russ.)
3. Budilina E.N., Proh L.Z., Snitkovskyy A.I. (1976). Tornadoes and Flurry temperate latitudes. Leningrad: Hidrometeoizdat. (In Russ.)
4. Vasiliev A.A., Peskov B.E., Snitkovskyy A.I. (1985). Tornadoes 9 June 1984 y. Leningrad: Hidrometeoizdat. (In Russ.)
5. Veselovskyy K.S. (1857). Climate of Russia. SPb. (In Russ.)
6. Volevaha V.A., Tokar N.F. (1987). Flurry and Tornadoes in Ukraini in 1984–1985 yy.//Tr. NIHMI. – Vol. 225. – s. 46-55 (In Russ.)
7. Journal Ministerstva vnutrennich del, 1851.
8. Kushin V.V. (1993). Tornado. Moscow: Enerhoizdat. (In Russ.)
9. Leskov B.N., Pirnach, G.M.Syrota M.V., Shpyh B.M. Tornadoes in Crimea on July 22, 2002. //Sciect pr. UkrNDHMI, 2007, vol. 256. s. 75-91.
10. Nalivkin D.V. (1969). Hurricanes, storms and tornadoes. Geographical features and geological activity. Leningrad: Nauka,. -487 s.
11. Romov A.I. Shishkin N.S., Sosnovskaya R.P. (1987). Tornadoes in Ukraini in May 30,1985. Meteorology and Hydrology.– № 2. – s. 27-36.
12. Fujita T. Formation and Steering mechanisms of tornado cyclones and associated hook echoes // Mon.Weath.Rev. 1965. – Vol. 93. – p. 67-78.

