

## СИНОПТИЧНИ ОБСТАНОВКИ, ВОДЕЩИ ДО СЪЗДАВАНЕТО НА ОПАСНИ ЗА АВИАЦИЯТА УСЛОВИЯ НА ЛЕТИЩЕ БУРГАС

ЕЛЕНА ТОПУЗОВА<sup>1,2</sup>, НИКОЛАЙ РАЧЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Катедра „Метеорология и геофизика“

<sup>2</sup> ДП “РВД”, РЦ за ОВД София, ЕПЦ; София 1540 бул. „Брюксел“1

*Елена Топузова, Николай Рачев.* СИНОПТИЧНИ ОБСТАНОВКИ, ВОДЕЩИ ДО  
СЪЗДАВАНЕТО НА ОПАСНИ ЗА АВИАЦИЯТА УСЛОВИЯ НА ЛЕТИЩЕ БУРГАС

Разгледани са някои опасни за авиацията метеорологични явления (силен вятър, снежни виелици, гръмотевични бури) на летище Бургас за периода 2003–2016 г. Показано е, че опасните явления най-често са свързани с влиянието на преминаващи средиземноморски циклони. Анализирано е придвижването на средиземноморските циклони през периода 2004–2016 г.

*Elena Topuzova, Nikolay Rachev.* SYNOPTIC SITUATIONS RELATED WITH  
DANGEROUS CONDITIONS FOR AVIATION AT BURGAS AIRPORT

Some hazardous to aviation weather (strong winds, drifting snow, thunderstorms) at Burgas airport for the period 2003–2016 are considered. It is shown that dangerous phenomena are most often associated with the influence of Mediterranean cyclones. The movement of Mediterranean cyclones during the period 2004–2016 is analyzed.

**Keywords:** strong wind, thunderstorm, Mediterranean cyclones

**PACS numbers:** 92.60.-e, 92.60.Wc, 92.60.Gn

---

*За контакти:* Елена Топузова, Катедра „Метеорология и геофизика“, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“, бул. „Джеймс Баучър“ 5, София 1164, телефон: +359 2 9623157, факс: +359 2 962 52 76; E-mail: elipeter780@yahoo.com

## 1. УВОД

През последните десетилетия се отчита постоянно повишение на сигурността на полетите при всички типове авиационни услуги [1, 2]. Изследвания за периода 2003–2007 г. показват, че около 20 % от всички авиоинциденти в САЩ се дължат на опасни атмосферни условия [2]. В около 50 % от случаите опасните метеорологични явления не са довели до съществени проблеми при осъществяването на полетите, в 15 % от случаите последиците не са били сериозни, в 12 % – са били съществени, а в 24 % – с фатален край. Националният борд по безопасност на транспорта на САЩ идентифицира следните причини от метеорологичен характер, довели до нарушаване безопасността на полетите: вятър (51,7 %), видимост (18,1 %), турбулентност (5,1 %), обледяване на карбуратора на въздухоплавателното средство (3,9 %), възходящи и низходящи потоци (3,6 %), валежи (3,6 %), обледяване (2,9 %), гръмотевични бури (1,9 %), срез на вятъра (1,7 %), екстремни температури (0,6 %), мълнии (0,2 %) и други (0,4 %) [2]. Най-често вятърът (страничен, гръбен, с висока скорост, с внезапна промяна на посоката и т.н.) е причина за повреди на наземното техническо оборудване на летищата и/или на въздухоплавателните средства, особено на по-малките такива.

Много често причина за инцидентите е комбинираното въздействие на няколко метеорологични фактора както върху самите летателни апарати и наземното оборудване, така и върху персонала, обслужващ полетите. В този смисъл се търсят връзки между синоптичната обстановка и други фактори, като оперативни правила, процедури от наредбите за безопасност и квалификацията на полетния екипаж [2]. Разбира се, получените изводи за даден географски район не могат да се пренесат директно за друг район, характеризиращ се с различни метеорологични условия. Това е и един от основните мотиви за провеждането на настоящото изследване.

Основната цел на изследването е да бъде определена честотата на поява на някои опасни за авиацията метеорологични условия на летище Бургас и да бъде потърсена връзката им със синоптичните обстановки. В предишни изследвания [5, 6] са анализирани мъглите на летище Бургас и затова те не са обект на настоящото изследване, което е тяхно продължение. Разглежданият период е 2003–2016 г. Анализирани са следните опасни за авиацията условия на летище Бургас: силен приземен вятър със скорост над  $15 \text{ m s}^{-1}$ ; вятър с опасна посока; снежни виелици; гръмотевични бури с наличие или отсъствие на валеж. Разгледана е сезонната изменчивост в появата на споменатите опасни за авиацията условия и са идентифицирани синоптичните ситуации, благоприятстващи тяхната поява. Показано е, че съществено влияние върху метеорологичните

условия на летище Бургас има придвижването на средиземноморските циклони. Анализирани са траекториите на средиземноморските циклони за периода 2004–2016 г. и е направено сравнение с предишни изследвания на пътищата на тези циклони [3, 4].

## 2. ИЗПОЛЗВАНИ ДАННИ И МЕТОДОЛОГИЯ

За определяне на броя на случаите със силен вятър (със скорост  $\geq 15 \text{ m s}^{-1}$ ), снежни виелици и поземки, гръмотевични бури на летище Бургас за разглеждания период 2003–2016 г. са използвани редовните авиометеорологични сведения тип METAR на Световната организация за гражданска авиация (ИКАО) [7]. Те са свободно достъпни в интернет от 2005 г. [8]. За двугодишния период 2003–2004 г. е ползвана информацията на НИМХ към БАН, достъпна в интернет [9]. Сведенията SYNOP се публикуват на всеки три часа и съдържат богата метеорологична информация. Удобството на съобщенията METAR е, че се излъчват на всеки 30 минути и това позволява извършването на по-подробни анализи на изменчивостта на метеорологичните елементи и явления.

За идентифициране на синоптичните обстановки на летище Бургас, свързани с появата на опасни за авиацията условия, и за изследване траекториите на средиземноморските циклони са анализирани синоптични карти на Европа по архивни данни от числени модели за прогноза на времето [10–12], атмосферни реанализи на ECMWF [13] и NCEP [14], приземни синоптични карти [10, 11] и данни от анализирани и прогностични сондажи на атмосферата [15]. Изброените материали са със свободен достъп в интернет.

От приземните карти на Европа на метеорологичните служби на Германия [10] и Великобритания [11] са определени баричните образувания и свързаните с тях атмосферни фронтове. От комбинираните карти на приземното барично поле, на баричната топография на ниво 500 hPa и на относителната топография 500–1000 hPa са определени баричните образувания във височина, както и адвекцията на студ или топлина. На ниво 700 hPa се определя влажността на въздушната маса. От картите с атмосферни анализи [12] и реанализи [13, 14] се допълва информацията, необходима за изследване на случаите с комбинираните карти на приземно барично поле и геопотенциала на ниво 500 hPa и температура на 850 hPa. Определя се типът на въздушната маса – топла или студена, както и нейната стратификация – устойчива или неустойчива. Допълнително са разгледани и аерологични диаграми [15].

За периода 2003–2016 г. е анализирана всяка една от метеорологичните обстановки със силен вятър (248 случая) и снежна

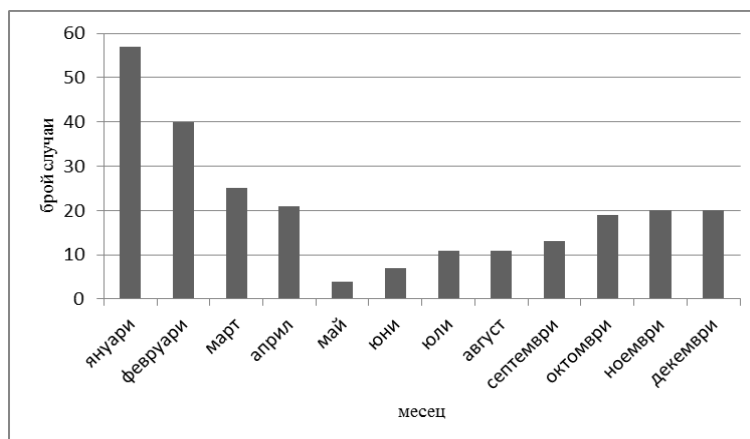
виелица или поземка (24 случая) на летище Бургас. Честотата на гръмотевичните бури (347 случая) и траекториите на средиземноморските циклони (555 случая) са разгледани за периода 2004–2016 г. Някои от анализите са обобщени за полугодия, които са определени, както следва: топло – от април до септември, и студено – от октомври до март.

### 3. РЕЗУЛТАТИ

#### 3.1. СИЛЕН ПРИЗЕМЕН ВЯТЪР СЪС СКОРОСТ $\geq 15 \text{ m s}^{-1}$

От направеното проучване за територията на САЩ за периода 2003–2007 г. вятърът е бил причина за авиоинциденти в 51,7 % от случаите с неблагоприятни атмосферни условия, като най-съществено е влиянието му при фазите на излитане (18,8 %) и кацане (57,7 %) на самолетите [2]. Най-опасни за авиацията се оказват поривистият вятър (33 %) и страничният (32,3 %), следвани от гръбния (19 %). С по-малко негативно влияние върху полетите са силните ветрове (7,5 %). Най-незначителен е процентът на ветрове с неблагоприятна ориентация за пистата (3 %), с внезапна промяна на посоката (2,4 %) и на последно място са неориентираните ветрове (1,7 %).

За разглеждания период 2003–2016 г. на летище Бургас са идентифицирани 248 случая със силен вятър (със скорост  $\geq 15 \text{ m s}^{-1}$ ). 181 от случаите (73 %) са през студеното полугодие, а 67 случая (27 %) са през топлото полугодие. Полугодията са определени, както следва: топло – от април до септември; и студено – от октомври до март.



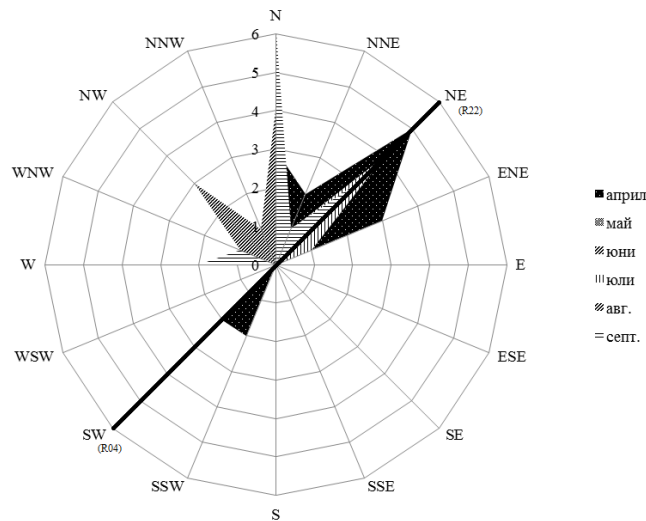
**Фиг. 1.** Месечно разпределение на броя случаи със силен вятър (скорост  $\geq 15 \text{ m s}^{-1}$ ) на летище Бургас за периода 2003–2016 г.

На фиг. 1 е представено месечното разпределение на идентифицираните 248 случая със силен вятър за летище Бургас. Най-чести са ситуациите със силен вятър през януари – 23 %, февруари – 16,1 %, март – 10,1 %, следвани от октомври – 7,7 %, ноември – 8,1 %, и декември – 8,1 %. Най-рядко е наблюдаван силен вятър през май и юни.

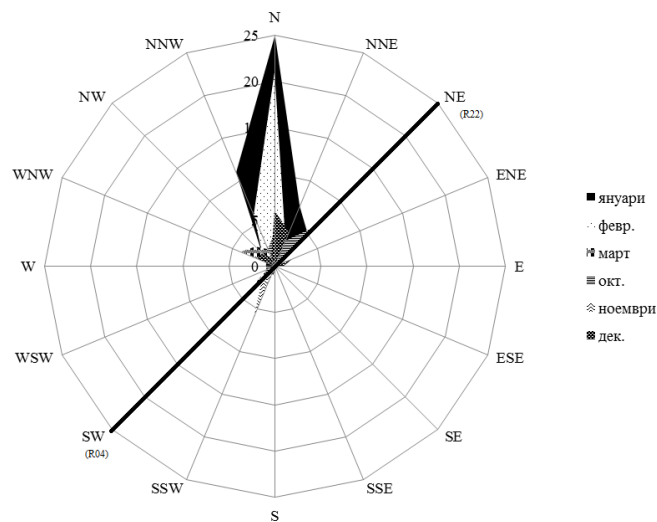
Построена е розата на силния вятър за летище Бургас за всички месеци за периода 2003–2016 г. Установено е, че най-чести са случаите със силен вятър, ориентиран от северния сектор (65,4 %), с компоненти от: север (33,5 %), североизток (12,1 %), север-северозапад (10,5 %) и север-североизток (9,3 %).

На фиг. 2 е представена розата на силния вятър само за топлите месеци. С плътна черна линия е изобразена ориентацията на пистата R04 и R22 (R04 – полосата е ориентирана на югозапад, R22 – на североизток). За изследвания период със силен вятър за топлото полугодие за летище Бургас отново доминира вятърът, ориентиран от север (28,4 %), следван от: североизток (19,4 %), изток-североизток (9 %) и северозапад (9 %).

За студеното полугодие на летището преобладаващият силен вятър (фиг. 3) също е от северния сектор (67 %) с компоненти от: север (35,4 %), север-северозапад (12,2 %), север-североизток (10 %), североизток (9,4 %). При сравнението на фиг. 2 и фиг. 3 трябва да се има предвид различният брой на случаите със силен вятър през зимното и лятното полугодие.



Фиг. 2. Роза на силния вятър за топлото полугодие за летище Бургас от 2003 до 2016 г.



**Фиг. 3.** Роза на силния вятър за студеното полугодие за летище Бургас от 2003 до 2016 г.

За летище Бургас страничен вятър е този, ориентиран от северозапад ( $310^\circ$ ) и от югоизток ( $130^\circ$ ). За изследвания период от розите на вятъра се вижда, че само през топлото полугодие при 9 % от случаите силният вятър е едновременно и страничен за пистата.

Изследвани са синоптичните обстановки на летище Бургас за топлото и студеното полугодие, благоприятстващи появата на силен вятър, като резултатите са представени на фиг. 4 и 5.

За топлия период най-честите случаи (41,8 %) са идентифицирани след преминал студен атмосферен фронт в югоизточната/южна периферия на антициклон; или след преминал студен атмосферен фронт на циклон.

За студеното полугодие (фиг. 5) най-чести са обстановките (45,3 %) на комбинирано влияние на източна/югоизточна/южна/югозападна (или баричен гребен от север) периферия на антициклон и средиземноморски циклон на североизток/изток/югоизток/юг/югозапад от страната; или след преминал студен атмосферен фронт в източната периферия на антициклон. Следващите типични обстановки, които благоприятстват силен вятър, са при топъл сектор на циклон (17,7 %) и източна/югоизточна/южна/югозападна периферия на антициклон (14,9 %).



**Фиг. 4.** Брой на синоптичните обстановки със силен вятър на летище Бургас за топлото полугодие за 2003–2016 г. Номерирането на синоптичните обстановки е: 1) след преминал студен атмосферен фронт в SE/S периферия на антициклон; или след преминал студен атмосферен фронт на циклон; 2) комбинирано влияние на E/SE/S/SW периферия на антициклон и тил на средиземноморски циклон на NE/E/SE/S; 3) E/SE/S/SW периферия на антициклон; 4) тил на средиземноморски циклон на NE/SE/S от страната; 5) термичен циклон (падане на налягането по дневен ход) или слабо изразена фронтална система; 6) топъл сектор на средиземноморски циклон



**Фиг. 5.** Брой на синоптичните обстановки със силен вятър на летище Бургас за студеното полугодие за 2003–2016 г. Номерирането на синоптичните обстановки е: 1) комбинирано влияние на E/SE/S/SW (или баричен гребен от север) периферия на антициклон и средиземноморски циклон на NE/E/SE/S/SW от страната; или след преминал студен атмосферен фронт в източната периферия на антициклон; 2) топъл сектор на циклон;

3) E/SE/S/SW периферия на антициклон; 4) циклонално барично поле – след преминал студен атмосферен фронт; или топъл атмосферен фронт на S/SW; 5) тил на средиземноморски циклон над Черно море на NE/SE от страната; 6) оклюдиращ средиземноморски циклон над Източна България

### 3.2. СНЕЖНИ ВИЕЛИЦИ

Снежна виелица може да се образува по време на валеж от сняг или от вече натрупан на земната повърхност сняг, издигнат от силен вятър. Тя представлява издигане на сняг от земната повърхност до 2 m и по-високо, вследствие на силен вятър, съпроводено с намаление на хоризонталната видимост през студеното полугодие. Когато издигането на снежинките е до височина 2 m над земната повърхност, се използва метеорологичният термин поземка, която често се свързва със снежната виелица [16].

За изследвания период 2003–2016 г. със силен вятър на летището са регистрирани 24 случая със снежна виелица (BLSN), нисконосец се сняг (поземка DRSN) или и двете явления. След анализ на синоптичните обстановки се достига до извода, че всяка една от тях се образува при комбинирано влияние на периферия на антициклон (от север-североизток) и тил на средиземноморски циклон (на североизток-югоизток или юг от България), изтеглящ се на североизток над Черно море или стационаращ над морето (табл. 1).

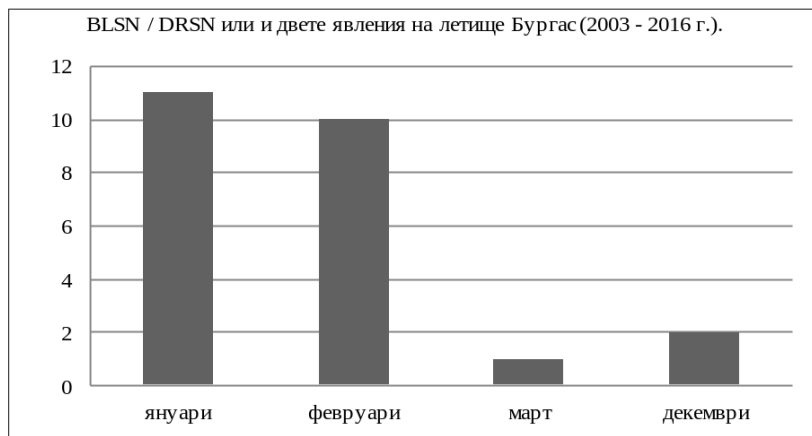
**Таблица 1.** Посока на вятъра при ситуации със снежна виелица или поземка на летище Бургас за периода 2003–2016 г.

Посока на вятъра при BLSN / DRSN на летище Бургас	N	NNW	NE
Брой случаи	17	6	1
%	70,8	25	4,2

Както се вижда от табл. 1, при всички обстановки със снежна виелица или нисконосец се сняг вятърът е ориентиран от северния сектор, като при 70,8 % от случаите доминираща е северната компонента, при 25 % от случаите вятърът е от север-северозапад и при 4,2 % – от североизток.

На фиг. 6 е представен броят на синоптичните обстановки със снежна виелица, поземка или и двете явления по месеци за студеното полугодие на летището за 2003–2016 г. Най-чести са случаите през януари (46 %) и февруари (42 %), незначителни са през месеците декември (8 %) и март (4 %).





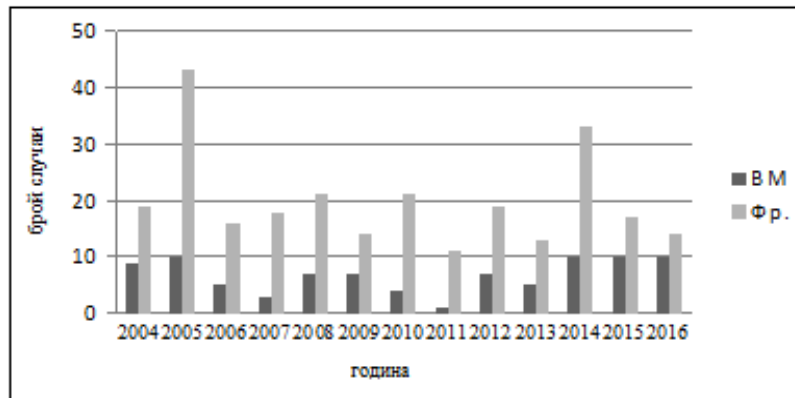
**Фиг. 6.** Брой на синоптичните обстановки със снежна виелица, поземка или и двете явления на летище Бургас за студеното полугодие за 2003–2016 г.

### 3.3. ГРЪМОТЕВИЧНИ БУРИ

Гръмотевичните бури са съпътствани с редица опасни за авиацията явления, като град, срез на вятъра, микробърст, обледяване, турбулентност торнадо, проливни валежи, поривисти ветрове, мълнии, намалена видимост. Негативното им влияние е най-съществено по време на полет (47,6 %), по-слабо при фазите на кацане (14,3 %) и излитане (11,9 %) на самолетите [2].

За развитието им са необходими следните условия: неустойчиво стратифицирана въздушна маса; висока влажност в приземния слой на атмосферата; отключващ механизъм (прегрев на земната повърхност, адвекция при фронтални системи, обтичане на орографски препятствия или конвергенция на потока); срез на вятъра при силните гръмотевични бури [17].

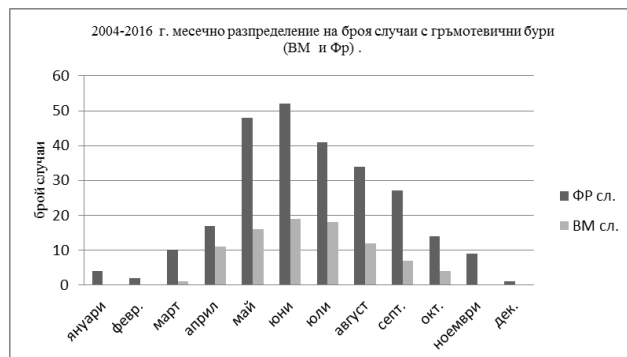
В настоящата работа са изследвани синоптичните обстановки с гръмотевични бури за летище Бургас от 2004 до 2016 г. Регистрирани са 347 ситуации, които са разделени на вътрешномасови – 88 случая (25,4 %), и фронтални – 259 случая (74,6 %). Броят на случаите с гръмотевични бури през разглеждания период е представен на фиг. 7. Очевидна е значителна междугодишна изменчивост на броя на регистрираните гръмотевични бури на летище Бургас, като най-много те са били през 2005 и 2014 г. За всяка една от годините броят на фронталните гръмотевични бури е съществено по-голям от броя на вътрешномасовите.



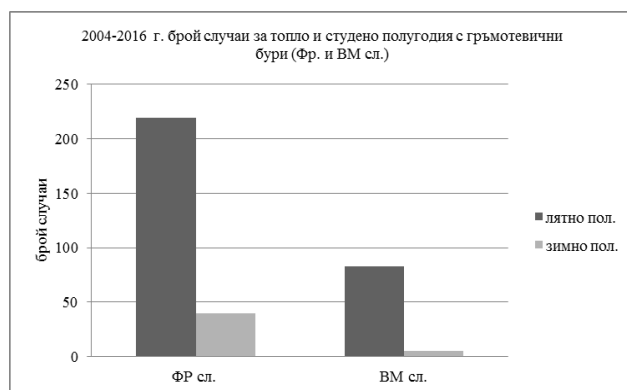
**Фиг. 7.** Годишно разпределение на броя случаи с вътрешномасови и фронтални гръмотевични бури на летище Бургас за периода 2004–2016 г.

Анализът на синоптичните обстановки, при които са наблюдавани гръмотевични бури с наличие или отсъствие на валеж на летище Бургас, показва, че най-често бурите са свързани с фронталните системи на средиземноморските циклони. За да не се претрупва изложението с графичен материал, не са представени синоптични карти на типичните обстановки.

На фиг. 8 и 9 са представени съответно месечното разпределение на броя случаи с гръмотевични бури на летище Бургас (вътрешномасови и фронтални) за разглеждания период, както и разпределението им за двете полугодия. Ясно се вижда доминирането на фронталните бури през топлото полугодие (84,6 %) в сравнение с тези през студеното (15,4 %), и по-конкретно през месеците май (18,5 %), юни (20,1 %), юли (15,8 %), август (13,1 %) и септември (10,4 %). Вътрешномасовите гръмотевични бури са главно през топлото полугодие (94,3 %), като през студеното са регистрирани изолирани случаи (5,7 %).



**Фиг. 8.** Месечно разпределение на броя случаи с вътрешномасови и фронтални гръмотевични бури на летище Бургас за периода 2004–2016 г.



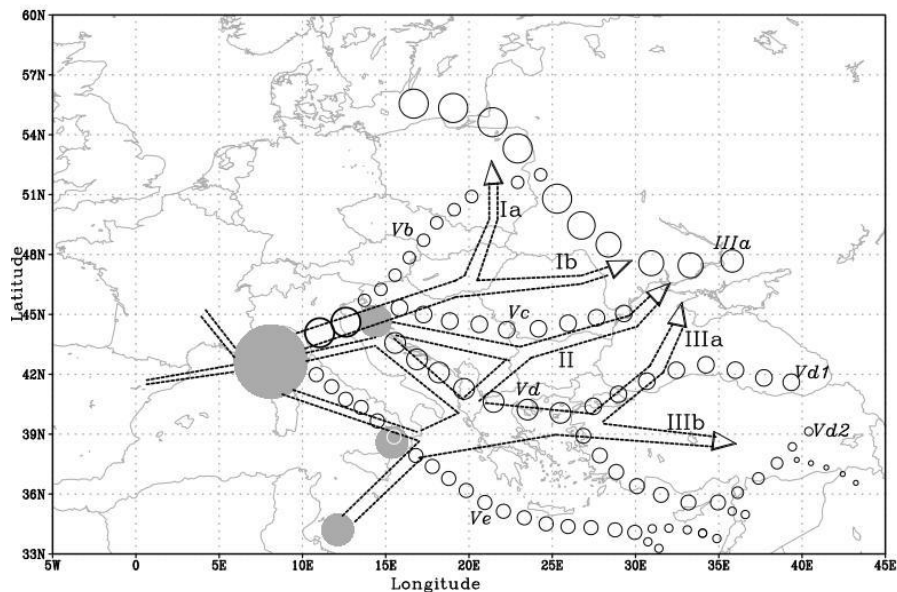
**Фиг. 9.** Брой случаи с вътрешномасови и фронтални гръмотевични бури на летище Бургас за топло и студено полугодия за периода 2004–2016 г.

#### 3.4. ТРАЕКТОРИИ НА СРЕДИЗЕМНОМОРСКИТЕ ЦИКЛОНИ

От особено климатично и прогностично значение за България са така наречените „пътища на средиземноморските циклони”, чиито траектории преминават през или са в близко съседство на страната ни.

Първото изследване на пътищата на средиземноморските циклони е представено от К. Киров през 1929 г. [3]. Използвани са означения на пътищата в близост до територията на България, предложени от други автори (*IIIa*, *Vb*, *Vc*, *Vd1*, *Vd2*, наклонен шрифт на фиг. 10). През 1956 г. Писарски [4] прави прецизна и професионална оценка на зараждането и

придвижването на средиземноморските циклони, като идентифицира пет пътя: Ia, Ib, II, IIIa, IIIb (фиг. 10).



**Фиг. 10.** Главни пътища на барометричните минимума по Киров [3] (окръжности), зони на образувание (сиви кръгове) и пътища на средиземноморските циклони по Писарски [4] (стрелки). Авторска репродукция по оригиналните схеми на [3] и [5]

Според класификацията на Писарски [4] циклоните, преминаващи по път I, се зараждат в района на Генуезкия залив или над Адриатическо море. Този път е ориентиран на североизток и се разделя на два клона съответно през Унгария до Полша (Ia) и до Украйна (Ib). Циклоните с траектория по път II се придвижват през територията на България и стигат до северозападните части на Черно море. Средиземноморските циклони по път III преминават през Гърция и Егейско море. Път III се разделя на два клона: първият от тях (IIIa) е през Мраморно и Черно море, а вторият (IIIb) – през Мала Азия на изток-югоизток.

От фиг. 10 може да се направи следното приблизително съответствие между пътищата на циклоните по Писарски [4] и Киров [3]: път II почти съвпада с път Vc; път III е подобен на път Vd, съответно IIIa и IIIb са подобни на Vd1 и Vd2, като последните са отместени в южна посока; пътища Ia и Ib са подобни на траекторията Vb, но последната е отместена

на север. Придвижването на средиземноморските циклони по тези траектории оказва съществено влияние на времето в България.

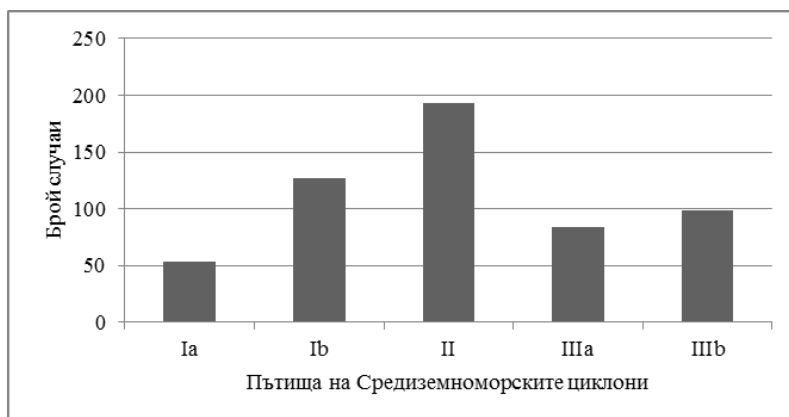
В настоящото изследване е проследено придвижването на средиземноморските циклони за периода 2004–2016 г. и е определена честотата им на преминаване по пътищата Ia, Ib, II, IIIa, IIIb по схемата на Писарски [4]. Направено е сравнение с честотите на преминаване на циклоните по съответстващите пътища от схемата на Киров [3], като разделение е направено за топлото и студеното полугодие.

По синоптични карти за Европа [10–14] са идентифицирани общо 555 синоптични обстановки с преминаване на барични депресии по пътищата от схемата на Писарски [4]. През топлото полугодие случаите са 257 (46,3 %), а през студеното – 298 (53,7 %).

На фиг. 11 е представен броят на случаите по петте пътища. Най-голяма е честотата на циклоните, движещи се по път II (34,8 %), следвани от тези по път Ib (28,9 %). С почти равен брой са пътищата IIIb (17,7 %) и IIIa (15,1 %), на последно място са циклоните по път Ia (9,55 %).

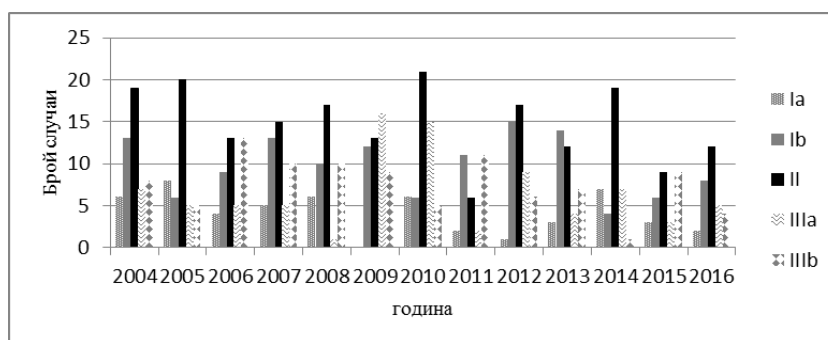
Други автори [18] изследват траекториите на средиземноморските циклони, като обединяват движещи се по път Ia и Ib в път I, а тези по път IIIa и IIIb, в път III.

В изследване направено за периода 1990-2001 г. [18] са регистрирани 101 случая, 84 от тях за студеното полугодие (октомври-март). 66 % от циклоните се предвиждат по път III, а 27 % по път II. Този резултат съответства на настоящото изследване, при направено обединените на траекториите на циклоните, както е описано по-горе, по път III се предвиждат 55 % , по път II – 37,6 %.



**Фиг. 11.** Брой средиземноморски циклони за периода 2004–2016 г., преминали по пътищата от схемата на Писарски [4]

Съществува значителна междугодишна изменчивост на броя средиземноморски циклони, преминали по отделните пътища (фиг. 12). Например, докато за целия разглеждан период най-много са циклоните, преминали по път II, то през 2009 г. най-много са циклоните по път IIIa, през 2013 г. най-многобройни са циклоните по път Ib, а през 2011 г. броят на циклоните по път II е необичайно малък. Общият брой на циклоните варира сравнително малко през годините, но през 2011, 2015 и 2016 г. са наблюдавани по-малко на брой циклони (30–32) от средния за разглеждания период (43).



Фиг. 12. Годишно разпределение на броя на средиземноморските циклони по петте пътища (по Писарски [4]) от 2004 до 2016 г.



Фиг. 13. Брой средиземноморски циклони за периода 2004–2016 г., преминали по пътищата от схемата на Писарски [4] през топлото и студенто полугодие

За студеното полугодие на изследвания период (фиг. 13) са идентифицирани 298 случаи с петте пътища на средиземноморските циклони, като най-чести са тези, преминаващи по път II (37,6 %), следвани от път IIIb (28,5 %) и IIIa (26,5 %). Едва 7,4 % от циклоните се движат по път Ib и 0,3 % по път Ia.

През топлото полугодие (фиг. 13) циклоните се движат най-често по път Ib (41,1 %), следвани от път II (31,9 %), от път Ia (20,1 %), а с най-малка честота са тези по път IIIb (5 %) и IIIa (1,9 %).

Получените резултати за топлото и студеното полугодие потвърждават основните изводи от предишни изследвания [3, 4, 18]. От фиг. 10 е видно, че най-южната траектория на циклоните  $Vc$  [3] отсъства в схемата на Писарски [4]. Пътищата IIIa и IIIb по [4] са отместени на север от техните аналози  $Vd1$  и  $Vd2$  от схемата на Киров [3]. В настоящото изследване максимална през годината е честотата на придвижване на циклоните по път II (табл. 2).

**Таблица 2.** Сравнение на резултатите за траекториите на средиземноморските циклони, получени от Киров [3], и настоящите за периода 2004–2016 г.

Пътища / брой случаи (%)	Студено полугодие		Топло полугодие	
	Киров [3]	2004–20 16г.	Киров [3]	2004–201 6г.
$Vc \sim II$	20 (12)	112 (37,6)	32 (25)	82 (32)
$Vd1 \sim IIIa$	77 (46)	79 (26,5)	42 (32)	5 (2)
$Vb \sim Ia+Ib$	12 (7)	22 (7,4)	15 (11,5)	157 (61)
$Vd2 \sim IIIb$	58 (35)	85 (28,5)	41 (31,5)	13 (5)

За студеното полугодие според Киров [3] най-чести са циклоните по път  $Vd1$ , докато за периода 2004–2016 г. максимална е повтаряемостта на преминаване на циклоните по път II. През топлото полугодие според Киров [3] депресиите, преминаващи по пътища  $Vd1$  и  $Vd2$ , са най-чести, а в настоящото изследване най-често циклоните преминават по пътища Ia и Ib. Най-значително през последните години е намаляването на относителния брой на циклоните, преминаващи по път  $Vd1$ .

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За периода 2003–2016 г. са разгледани случаите на летище Бургас с поява на някои опасни за авиацията атмосферни условия – силен вятър със скорост над  $15 \text{ m s}^{-1}$ , снежни виелици, гръмотевични бури. Направените анализи на синоптичните обстановки показват, че опасните условия на летището са свързани най-често с комбинираното влияние на периферията на антициклон с център, северно от територията на България, и тилната част на средиземноморски циклон, разположен над Черно море (пътища П и Ша по [4]). Такива обстановки са типични за студеното полугодие и именно при тях са наблюдавани снежни виелици и над 2/3 от случаите със силен вятър. Преминаването на средиземноморски депресии е свързано и с 2/3 от регистрираните на летището гръмотевични бури.

За периода 2004–2016 г. са изследвани траекториите на средиземноморските циклони. През студеното полугодие най-често те се придвижват по път П от класификацията на Писарски [4], а през лятното полугодие – по път Ъ.

Надеждното прогнозиране на придвижването на средиземноморските циклони би довело до своевременно определяне на опасни за авиацията условия и до повишаване сигурността на полетите на летището.

**Благодарности.** Настоящото изследване е осъществено с подкрепата на проект BG051 PO001-3.306-0057 „Изграждане на съвременна образователна и научно-изследователска среда за развитието на докторанти, постдокторанти и млади учени във Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Laroche, P, P. Blanchet, A. Delannoy, F. Issac. *AerospaceLab*, 2012, **5**, 1-13.
- [2] Federal Aviation Administration. *Weather-Related Aviation Accident Study 2003-2007*, 2010.
- [3] Киров, К. Т. Климатична скица на България. *Сборник на БАН*, 1929, **25**, 11, 57.
- [4] Писарски, П. *Хидрология и метеорология*, 1956, **6**, 3.
- [5] Топузова, Ел., Н. Рачев. *Ann. de l'Univ. "St. Kl. Ohridski"*, 2015, **108**, 115-132.
- [6] Топузова, Ел., Н. Рачев. *Ann. de l'Univ. "St. Kl. Ohridski"*, 2016, **109**, 80-92.
- [7] WMO, *Manual on Codes – International Codes, Volume I.1*, 2014, 306, 6.
- [8] [www.ogimet.com/metars.phtml.en](http://www.ogimet.com/metars.phtml.en)
- [9] [www.stringmeteo.com/synop/bg\\_stdday.php](http://www.stringmeteo.com/synop/bg_stdday.php)
- [10] [www2.wetter3.de/Archiv/archiv\\_dwd.html](http://www2.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html)
- [11] [www.wetter3.de/Archiv/archiv\\_ukmet.html](http://www.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html)



- [12] [www.wetterzentrale.de/topkarten](http://www.wetterzentrale.de/topkarten)
- [13] [www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim](http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim)
- [14] [www.meteociel.fr/modeles/archives.php](http://www.meteociel.fr/modeles/archives.php)
- [15] [www.ready.noaa.gov/READYamet.php](http://www.ready.noaa.gov/READYamet.php)
- [16] [www.weatheronline.co.uk/reports/wxfacts/Drifting-snow.htm](http://www.weatheronline.co.uk/reports/wxfacts/Drifting-snow.htm)
- [17] [www.navcanada.ca/EN/media/pages/publications-operational-weather-manuals.aspx](http://www.navcanada.ca/EN/media/pages/publications-operational-weather-manuals.aspx)
- [18] Bocheva, L., Ch. G. Georgiev, P. Simeonov. A climatic study of severe storms over Bulgaria produced by Mediterranean cyclones in 1990–2001 period. *Atmospheric Research*, 2007, **83**, 284.