

Оценка на косите дъждове за района на Карлово

Цветан Димитров, Тихомир Денев

Национален институт по метеорология и хидрология,
Българска академия на науките
бул. Цариградско шосе 66, 1784 София

Abstract. The results from research show that cases with driving rain in Karlovo region are an average of 19 per year. For the period 1981-2010, the adverse are the orientations of the driving rain from the west and with a secondary maximum from northwest. The prevailing wind direction is with west components to 26% of the cases and a secondary maximum of 20% from northwest. It was analyzed the regime of driving rains in Karlovo region and obtained an annual course with a maximum in the spring and early summer.

1 Увод

Косият дъжд е комплексно метеорологично явление, което се наблюдава при валеж придружен с вятър със скорост над 6 m/s. В процеса на валежа дъждовните капки се навяват и омокрят фасадите на сградите. Дъждът прониква през процепите и фугите във външните стени, като с течение на времето разрушава целостта на мазилката на сградите. Въздействието на това явление е неблагоприятно и поради поглъщането на влага от ограждащите стени, което повишава тяхната топлопроводност и увеличава разходът на топлина за поддържане на здравословен и комфортен микроклимат в тях. Намалява енергийната ефективност на сградите и нарастват разходите за експлоатация и поддръжка.

Индивидуалното проявление, а още повече съвместната комбинацията от обилни денонощни валежи ($\geq 20 \text{ l/m}^2$) и големи скорости на вятъра ($\geq 16 \text{ m/s}$) също е неблагоприятно, защото е в състояние да причини материални щети и да доведе до аварийни ситуации. Отчитането на тези явления още на етап проектиране на сградите спомага да безопасната им експлоатация. Това прави обозначаването на районите, в които те често се срещат от голямо значение за строителната практика и архитектурното планиране на населените места.

2 Обилни валежи

Обилните валежи са значимо метеорологично въздействие върху конструкциите и отчитането им е важно за строителната практика. Режимът на обилните денонощни (≥ 20 mm) валежи в Карловското поле е изследван на база данните от метеорологични станции Розино (дъждомерна) и Карлово (климатична). Анализирано е влиянието върху този режим на климатичните условия през периода 2003–2012 г. на фона на режима им през референтен период от 30 години (1981–2010 г.). Изчислени са граничните стойности (над 90 процентил) от статистическото разпределение на валежите, над която денонощните валежни количества са екстремни. Анализът на данните показва, че за западната част на Карловското поле (Розино) екстремни са всички валежи с денонощни суми ≥ 22.3 mm (през юли) и ≥ 27.5 mm (през август). В централната част на котловинното поле (Карлово) само през месец юли валежите над 20 mm са под прага на 90 процентил, екстремни са валежи ≥ 24.8 mm за 24 часа. Вътрешногодишното разпределение (по месеци и сезони) на броят дни с денонощни валежни суми ≥ 20 mm е представено в Табл. 1. Установено е, че валежи с денонощна сума ≥ 20 mm се явяват екстремни по своя характер, тъй като попадат над границата от 90 процентил за Карловското поле (с изключение на описаните по-горе за двете станции единични случаи).

Табл. 1: Брой дни с денонощен валеж над 20 mm

Станция (период)	Сезон				Годишен
	Зима	Пролет	Лято	Есен	
Розино (1981-2010)	46	45	83	45	219
(2003-2012)	15	18	37	22	92
Карлово (1981-2010)	20	41	70	35	166
(2003-2012)	8	18	28	12	66

Максималният брой дни (N) с обилни валежи (≥ 20 mm) в района се наблюдава през лятото. Средната многогодишна стойност (норма) на N за референтния период (1981–2010) е с максимум през юни, както следва: Розино (30) и Карлово (28). Сезонът с най-малко обилни валежи е зимният с минимум през февруари – 3 дни (Розино) и без регистрирани случаи в Карлово.

Разпределението на средногодишния брой дни (N) с обилен валеж (≥ 20 mm) през десетилетието 2003–2013 г. е представен в Табл. 2. В западната част на Карловското поле (Розино) поднормативни стой-

Оценка на косите дъждове за района на Карлово

Табл. 2: Брой случаи N с денонощен валеж ≥ 20 mm през десетилетието (2003–2013 г.)¹ и референтния период (1981–2010 г.)²

Станция	Година												Общо ¹	Средно ¹	Общо ²	Климатична норма 1981–2010
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013					
Розино	7	3	17	13	16	8	6	12	4	6	2	94	9	219	7	
Карлово	7	7	11	1	5	5	5	7	5	11	1	65	6	166	6	

ности се наблюдават през 2004, 2009, 2011 и 2012, наднормативни са 2005, 2006, 2007, 2008 и 2010 около (150–200%), а нормативни – 2003. През 2013 N е под климатичната норма, но е разглеждан периодът само до края на април. В централната част на котловинното поле (Карлово) през последното десетилетие наднормативни стойности на N се наблюдават през 2003, 2004 (110%), 2005 (180%), 2010 и 2012 г. (близо 200%). За повечето години положителните отклонения във валежните суми са около 15–20% над нормата, а само за годините 2005 и 2010 г. превишението достига до около 190–200%. Поднормативни стойности се наблюдаван през 2006 (84%), 2007 (17%), 2008, 2009 и 2011, както и 2013 г. Най-значимо е това намаление спрямо климатичната норма през 2006 и 2013 г. (около 75–80%) и с около 40% през 2007, 2008, 2009 и 2011 г.

3 Максимални пулсации в скоростта на вятъра

Максималните пулсации в скоростта на вятъра са значимо метеорологично натоварване върху сгради и покривни конструкции. Отчитането им е предпоставка за безопасна експлоатация на техническите съоръжения. Режимът на силните ветрове със скорост на максималните пулсации ≥ 16 m/s в Карловското поле е изследван на база данни от климатична (трисрочни наблюдения в 7, 14 и 21) станция Карлово. През референтния период дните с подобни пулсации са 5% от общото време през годината. Те са неизменна част от режима на вятъра в района, макар и рядко наблюдавани. Нормата на броя дни с подобни ветрове и средният (за десетилетието 2003–2013 г.) брой в една година по месеци е представен в Табл. 3. Анализът показва, че вятърът със скорост ≥ 16 m/s представлява 93% (1981–2010 г.) и 88% (2003–2013 г.) от всички случаи със силен вятър (≥ 14 m/s). Установено е, че екстремни са ветрове със скорост ≥ 20 m/s (52% от общия брой случаи с пулсации за периода 1981–2010 г.) в следствие на това, че тези стойности на скоростта попадат над 90 процентил (дефиниращ границата за екстремните стойности в метеорологич-

Цветан Димитров, Тихомир Денев

ните полета). Ветровитото време през референтния период е 88.1%, а тихото 11.9% от общото време през годината.

В Табл. 3 са представени броят случаи на максимална и средна скорост ≥ 16 m/s (от срочните наблюдения), както и тяхната средна скорост по месеци. Средногодишно случаите със средна скорост на вятъра ≥ 16 m/s са около 0.2% от общият брой случаи, а тези за максималната скорост на вятъра – 2.7% (през периода 1981–2010 г.). Съгласно проведеният анализ екстремни са средни скорости на вятъра > 4.7 m/s, както и тези > 8.0 m/s за максималната скорост на вятъра от срочните наблюдения. Получени резултати от изследване за режима на вятъра в цяла България [1] показват, че максималната скорост на вятъра възможна веднъж на 50 години в района на Карловското поле е 36.8 m/s при десет минутен период на осредняване, като ветровото натоварване може да достигне 0.8 kN/m². Общо за целия

Табл. 3: Брой дни* (N) и средна скорост (V_{av}) на вятър със скорост над 16 m/s, средно за година

Характеристика		Месец												Год.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$V_{пульсации}$														
1981 – 2010	N	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	18
2003 – 2013		1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	10
V_{max} (от срочните наблюдения)														
1981 – 2010	N	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	10
	V_{av}	2.9	3.6	3.8	3.8	3.6	4.1	4.1	3.6	3.3	2.5	2.7	2.7	3.4
2003 – 2013	N	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	7
	V_{av}	3.0	3.4	4.3	4.0	3.9	4.2	4.3	3.8	3.0	2.3	2.3	2.0	3.4
$V_{ср}$ (от срочните наблюдения)														
1981 – 2010	N	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	V_{av}	1.6	2.0	2.1	2.1	1.9	2.3	2.3	1.9	1.7	1.3	1.5	1.5	1.8
2003 – 2013	N	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	V_{av}	1.6	1.9	2.3	2.1	2.0	2.2	2.3	1.8	1.4	1.1	1.2	1.0	1.7

* Стойностите на N в таблицата са закръглени.

Табл. 4: Общ брой дни (N) и максимална скорост (V_{max}) на вятър със скорост ≥ 16 m/s за период от 30 години

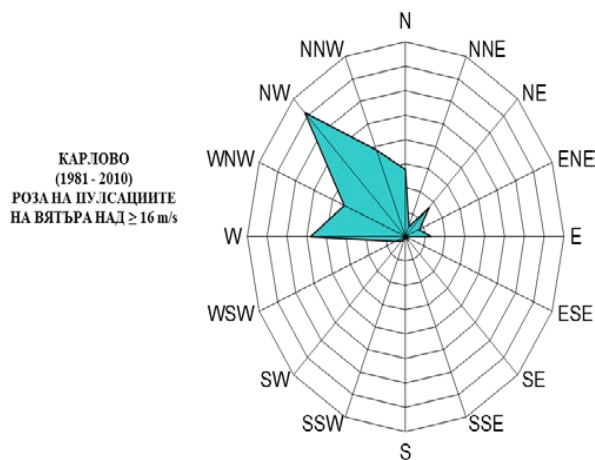
Характеристика		Месец												Год.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$V_{пульсации}$														
1981 – 2010	N	55	64	55	34	28	64	52	35	32	35	36	54	544
1991 – 2013		44	50	44	19	17	37	34	22	18	25	28	33	371
2003 – 2013		12	16	10	5	6	9	5	6	7	7	3	12	98
V_{max} (от срочните наблюдения)														
1981 – 2010	N	34	40	33	19	15	30	25	15	20	18	25	30	304
2003 – 2013	N	13	8	5	1	4	7	5	5	7	6	4	9	74
$V_{ср}$ (от срочните наблюдения)														
1981 – 2010	N	1	4	3	0	0	4	1	0	0	1	2	7	23
	V_{max}	20	20	17	15	13	20	20	14.3	15.3	19	20	20	17.8
2003 – 2013	N	1	2	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	7
	V_{max}	20	18	16	13.3	10	12.7	20	10	12.7	12.7	20	16	15.1

Оценка на косите дъждове за района на Карлово

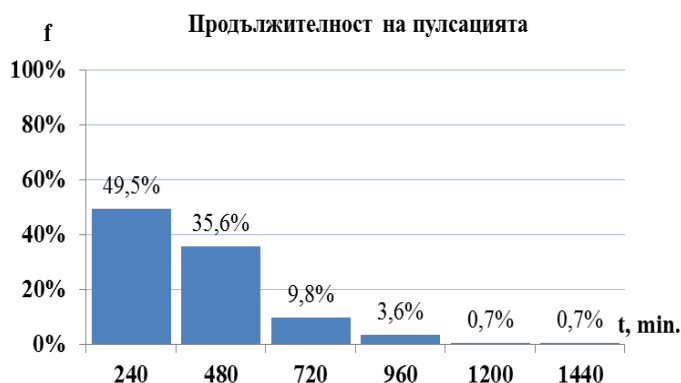


Фиг. 1: Честота по посоки на максималната (от срочните наблюдения) скорост на вятъра за 30-годишен период (1981–2010).

референтен период най-много случай с такъв силен вятър се наблюдават през зимата и началото на лятото (февруари и юни по 64), а най-малко пред май (28) и септември (32) – за 30-годишен период (Табл. 4). Допълнително в станция Карлово са регистрирани и общо 117 случая със скорост над 20 m/s през целия период от 30 години (с неизмерена скорост поради конструктивни особености на ветромера). Тихото време през референтния период е 11.9%.

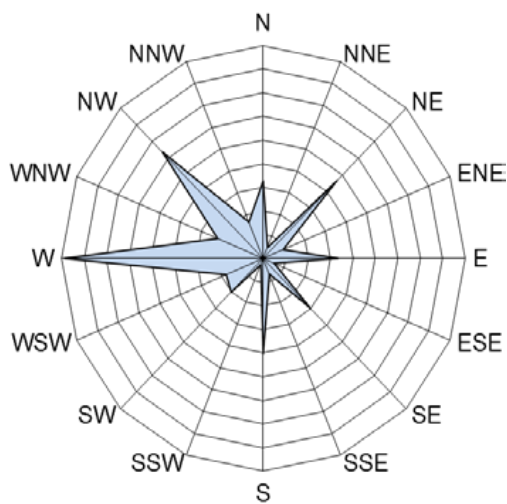


Фиг. 2: Честота по посока на пулсациите със скорост ≥ 16 m/s.



Фиг. 3: Честота по градаци на продължителността на пулсациите със скорост ≥ 16 m/s по данни за периода 1981-2010 г.

Честотата по посоки на максималната скорост на вятъра (от срочните наблюдения) е представена на Фиг. 1. Вижда се, че преобладават ветрове от запад, северозапад и североизток. Розата на ветрове със скорост ≥ 16 m/s е представена на Фиг. 2, наблюдават се основно ветрове със западна и северозападна компонента. Общо за периода от 1981 до 2013 г. тихото време е 12.2%, ветровете от NW – 11.9%, W – 19.1%, а тези от NE – 8.9%.



Фиг. 4: Роза на вятъра (максималната скорост от срочните наблюдения) по данни за референтния период (1981–2010). Карлово.

Оценка на косите дъждове за района на Карлово

Определена е средната продължителност на пулсациите със скорост на вятъра ≥ 16 m/s. При анализа са използвани само случаите с точно измерени моменти на начало и край на явлението. Техният брой е 418 (76.8% от общия брой на регистрирани пулсации) през 30-годишен период (544 случая). Останалите 126 (23.2% от общия брой) случая са с приблизително определени моменти на начало и край – те са разгледани самостоятелно при последвалия анализ. Средната продължителност на пулсацията през посочения референтен период е 298 min (4 часа и 58 мин). Минимална продължителност на пулсацията от 10 min, представени на Фиг. 3, но са регистрирани и периоди със скорости на вятъра ≥ 16 m/s продължили 17 и дори 23 часа (около 2% от общия брой случаи).

На Фиг. 4 е представена розата на максималната (от срочните наблюдения) скорост на вятъра в Карловското поле. Преобладават силни ветрове от NW с вторичен максимум от W. Прави впечатление, че вторичният максимум от розата на вятъра става първичен при силните ветрове със скорост ≥ 16 m/s. Общият брой случаи със скорост на максималните пулсации ≥ 16 m/s в Карловското поле през десетилетието 2003–2013 г. са представени в Табл. 5. Нормата за референтният период е 18 случая годишно. Повече случаи се наблюдават през студеното полугодие (60%) и по-малко през топлото (40%). През периода 2003–2013 г. средномесечно се наблюдават по 8 случая. През 2013 (до април) няма регистрирани случаи със скорост на пулсациите ≥ 16 m/s.

Табл. 5: Месечен и годишен брой дни на вятър със скорост на максималните пулсации ≥ 16 m/s

	Месеци												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2003	—	3	2	1	1	2	2	1	1	3	—	5	21
2004	1	7	—	—	2	2	—	3	—	—	1	—	16
2005	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2
2006	—	—	—	Няма данни				—	—	—	—	—	0
2007	6	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	8
2008	1	—	—	1	1	—	1	1	2	1	1	1	10
2009	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	3
2010	—	1	2	—	2	—	—	—	2	2	—	3	12
2011	1	—	3	2	—	2	—	—	1	—	—	1	10
2012	3	4	1	1	—	1	2	1	1	—	—	2	16
2013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ср. стойност	12	16	10	5	6	9	5	6	7	7	3	12	98

Със символа “—” са означени месеците, в които няма регистрирани случаи.

Прави впечатление, че при отчитане на целия спектър от максимални скорости на вятъра преобладаващите ветрове са от W с вторичен максимум от NW, последвани от ветрове с направление от S и NE посока.

4 Коси валежи

В България не се извършват регулярни инструментални измервания на количеството на косия дъжд. Разработени са сравнително надеждни косвени методи [2-4], които позволяват определянето на косия валеж с достатъчна за практиката точност.

Количеството на косия дъжд P_V през вертикално сечение в несмутен въздушен поток може да бъде определено по формулата:

$$P_V = P_H \frac{V}{V_R}, \quad (1)$$

където P_H е количеството валеж върху хоризонтална повърхност, V – средна скорост на вятъра по време на валежа, а V_R – средната скорост на равновесното падане на дъждовните капки.

Средната скорост на равновесното падане на капките зависи от големината им (спектралното им разпределение), интензитета и продължителността на валежа. Определя се по формулата [3]:

$$V_R = \frac{\int_0^{r_{\max}} N_d r^3 V_R dr}{\int_0^{r_{\max}} N_d r^3 dr}, \quad (2)$$

$$N_d = N_0 e^{-ad}, \quad (3)$$

където N_d е броят на капките с диаметър d в единица обем, N_0 – константа ($0,08 \text{ cm}^{-4}$), I – интензитетът на валежа [mm/h], r – радиус на капките, r_{\max} – максималният възможен радиус на капките, а параметърът a се определя по формулата $a = 41 \cdot I^{-0,21} \text{ cm}^{-1}$. Тъй като разпределението на капките по големина за всеки конкретен дъжд е неизвестно, са установени емпирични зависимости, които позволяват определянето на V_R в зависимост от интензитета на дъжда. Богданова предлага графична зависимост [3], получена при предположение, че спектърът на капките се подчинява на разпределението на Маршал-Палмер.

За определянето на количеството на косия дъжд е използвана информация от трисрочните наблюдения (климатични) в станция Карлово. За долна граница на скоростта на вятъра при кос дъжд е приета

Оценка на косите дъждове за района на Карлово

стойността 6 m/s [5]. Изследвана е топлата част от годината (март-ноември), като в преходните месеци са разглеждани само случаите с течен валеж. В Табл. 6 е представена скоростта на вятъра по градации по данни от референтния период (1981–2010 г.).

Табл. 6: Брой на случаи (N) със скорост на вятъра по градации

V (m/s)	6–8	8.1–10	10.1–12	12.1–14	14.1–16	16.1–18	18.1–20	> 20
N	320	153	84	29	0	53	70	54

Около 42% от общият брой случаи с вятър са в интервала от 6 до 8 m/s. Силните ветрове със скорост над 14 m/s представляват около 23% от ветровитото време в района. Най-често косите дъждове в района се наблюдават през пролетта и началото на лятото (Табл. 7). Най-значим дял на косите дъждове, като процент от дните с валеж се наблюдава през март (21) и юни (23) и юли (31). Практически интерес представлява познаването на повторемостта на косите дъждове по посока (Табл. 8).

Табл. 7: Относителна честота f [%] от общия брой случаи с кос валеж и процентно отношение F на случаи на кос валеж спрямо общия брой на дни с течен валеж на косия дъжд за периода (1981–2010 г.)

	Месец									
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
f	10.5	14.2	11.1	16.4	13.8	8.4	9.2	7.6	8.8	
F	21.3	19.2	13.2	23.4	30.9	18.4	18.6	14.3	17.5	

Табл. 8: Брой случаи N с кос дъжд по посока средно за година

Посока	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
N^*	2	2	0	1	0	1	5	8

* Стойностите са закръглени

В района на Карловското поле най-често кос дъжд вали върху стените с W ориентация, като вторичен максимум се наблюдава и върху тези със NW изложение. Средногодишният брой на случаи с кос дъжд за района на Карлово е 19 по данни за референтния период. В Табл. 9 е представена честотата на вятъра по посока и скорост при кос дъжд за Карлово. Преобладаващата посока на вятъра (максимална скорост на вятъра от срочните наблюдения) е W в 26% от случаите с вторичен максимум от NW – 20%, WNW – 16% и N – 11%. Средното месечно количество на валежа върху хоризонтална повърхност в

Табл. 9: Честота [%] на вятъра по посока и скорост при валеж

Посока	V, m/s				Сума
	6–8	9–11	12–14	> 14	
N	6.7	3.5	2.2	4.9	17.3
NE	3.2	0.4	0.2	1.6	5.3
E	2.4	1.4	0	0.4	4.1
SE	2.3	0	0.9	0.1	3.3
S	0.7	0.2	0	0	0.9
SW	2.2	0.4	0	0.7	3.3
W	15.7	8.3	4.1	6.6	34.7
NW	10.3	7.0	3.9	9.9	31.1
Сума	43.6	21.1	11.2	24.1	100.0

Карлово е представено в Табл. 10. Някои климатични характеристики за района са представени в Табл. 11.

Една от най-важните характеристики на косия дъжд за строителното проектиране е розата косия дъжд средно за година (Фиг. 5). Тя позволява да се открият неблагоприятните направления откъдето косите дъждове са най-вероятни и да се вземат необходимите предпазни мерки.

Неблагоприятни са W ориентации, с вторичен максимум от NW за коси дъждове.

Табл. 10: Средно количество на валежа P_H [l/m^2] върху хоризонтална повърхност и P_V [l/m^2] върху вертикална повърхност при $V \geq 6$ m/s

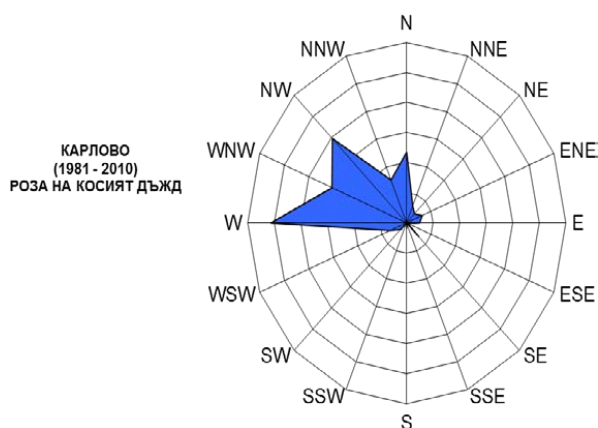
	Месец								
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
P_V	23	28	35	47	40	22	22	17	22
P_H	39	47	64	73	61	40	45	40	45

Табл. 11: Средномесечни климатични характеристики (1981–2010 г.)

	Месец								
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
$T, ^\circ C$	6.6	11.9	16.9	20.9	22.9	22.7	18.4	12.7	6.8
$V, m/s$	2.1	2.1	1.9	2.3	2.3	1.9	1.7	1.3	1.5
e, hPa	6.5	8.8	12.7	15.5	16.7	16.4	13.2	10.5	7.7
$N, \text{брой}$	7(2)	11	13	11	10	7	8	8	8(1)

B () са дадени случаите с валеж от сняг.

Оценка на косите дъждове за района на Карлово



Фиг. 5: Роза на косия дъжд по данни от 30-годишен период, Карлово ($V \geq 6$ m/s).

Най-много валежни дни има през пролетта и началото на лятото. Средният месечен интензитет на валежа върху вертикална повърхност е получен по методиката представена в [6], а резултатите за Карлово са представени в Табл. 12.

Табл. 12: Среден месечен интензитет на валежа върху хоризонтална повърхност I_H , [mm/h] и върху вертикална повърхност I_V [mm/h]

	Месец									
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
I_H	0.6	0.8	1.3	1.7	1.9	1.2	1.1	0.6	0.5	
I_V	0.3	0.4	0.6	0.9	1.0	0.5	0.4	0.2	0.2	

Индексът на косия дъжд е параметър, който позволява да се оцени относително степента му от поява в даден район. За района на Карлово подобна оценка е направена посредством усъвършенствания за територията на нашата страна индекс на косите дъждове IDR_{BG} [6] по данни за периода (1981–2010 г.). Стойността му за Карлово по данни за 30-годишен период е $1.6 \text{ m}^2/\text{s}$.

5 Заключение

Изследвано е влиянието на съвременният климат върху режима на обилните денонощни валежи ($\geq 20 \text{ mm}$) през десетилетието 2003–2013 г. и е направено сравнение с разпределението им за референтния период от 30 години (1981–2010 г.). Показано е, че денонощни

валежи ≥ 20 mm попадат в екстремно високите стойности за района. Получен е годишният ход на броя дни с обилни валежи за 24 часа (максимум през юни и минимум през февруари) и средногодишният им брой за последното десетилетие и нормата за 30-годишен период (7 дни).

Изследван е режимът на силни ветрове (със скорост на максималните пулсации ≥ 16 m/s) в Карловското поле през последното десетилетие на фона на климатичната норма за референтния период. Установено е, че подобни ветрове духат през около 5% от общото време през годината. Получен е годишният ход на броя дни с подобни силни ветрове (максимумът им е през зимата и вторичен през първата част на лятото). Средногодишният им брой е 18 за референтния период и 10 през последното десетилетие. Установено е, че ветрове ≥ 16 m/s представляват около 90% от случаите на силен вятър (≥ 14 m/s). Средната продължителност на пулсациите (4 часа и 58 минути), а неблагоприятни са секторите със W и NW компонента.

Изследвам е режимът на косите дъждове в Карловското поле. Получен е годишният им ход (максимум през пролетта и началото на лятото). Установено е, че средногодишно случаите с коси дъждове са около 20% от случаите с валеж през топлата част на годината. Определени са най-неблагоприятните направления по отношение на косите дъждове (външни стени с W ориентация, с вторичен максимум върху тези със NW изложение). Средногодишният брой на случаи с кос дъжд за района на Карлово е 19, по данни за референтния период. Изчислено е средномесечното количество на валежа и интензитетата му върху вертикална повърхност. Получена е годишната роза за косия дъжд и е изчислен е индексът на косия дъжд за района на Карловското поле.

Литература

- [1] Александров В., П. Иванов (2009) "Определяне на националните параметри за климатични въздействия от сняг, вятър и температури включени в Еврокод 1 – Въздействия върху строителни конструкции". Договорна задача с Министерство на регионалното развитие и благоустройството, София;
- [2] Prohachzka J. (1988) Quantity of precipitation incident on vertical variously orientated surfaces in Czechoslovakia. *Proceedings of the 2nd International Symposium "Building climatology", May 12-15, 1987, Moscow, Part 3, Moscow*;
- [3] Богданова Э. Г. (1975) Методика разчета сумы осадков проходящих через вертикальное сечение. *Тр. ГГО, вып. 341*;
- [4] Садагашвили Г. Р., Картвелишвили П. Г. (1982) Методика ороботки метеорологических наблюдении с целью оценки параметров косых дож-

Оценка на косите дъждове за района на Карлово

дей. Симпозиум “Строительная климатология”, 20-24 септември 1982, Труды ГГО, част II, Москва;

- [5] Методы по расчету климатических параметров косой дождь. (1985) МС ГДР, Потсдам;
- [6] Моралийски Е. (2007) Метеорологични въздействия върху сградите, формиране на микроклимата в тях и енергийният им баланс на територията на България. Дисертация за получаване на научната степен “доктор на науките”, София;