



УДК 551.515
ГРНТИ 37.21.39

СООТВЕТСТВИЕ СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЗЛИЧНЫМ ТИПАМ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

*В.П. ЗАКУСИЛОВ, кандидат географических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Т.Н. ЗАДОРЖНАЯ, кандидат географических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Г.В. БЕРЕСТЕВИЧ, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье представлен анализ взаимосвязи циркуляционных особенностей атмосферы и повторяемости сложных метеорологических условий над Восточно-Европейской территорией в холодный период года. Выявлены особенности пространственного распределения повторяемостей, обусловленные зональным типом и формами меридионального типа циркуляции.

Ключевые слова: повторяемость; типы циркуляции атмосферы; формы циркуляции атмосферы; сложные метеорологические условия; холодный период.

COMPLEX METEOROLOGICAL CONDITIONS CONFORMITY TO DIFFERENT TYPES OF ATMOSPHERIC CIRCULATION

*V.P. ZAKUSILOV, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)
T.N. ZADOROZHNYAYA, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)
G.V. BERESTEVICH, Candidate of Technical Sciences
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)*

The article presents an analysis of the relationship between the circulation characteristics of the atmosphere and the repeatability of complex meteorological conditions over the East European territory during the cold season. The peculiarities of the spatial distribution of the recurrences, due to the zonal type and the forms of the meridional circulation type, are revealed.

Keywords: occurrence frequency; the types of atmospheric circulation; atmospheric circulation; severe weather conditions; the cold period.

Введение. Высота нижней границы облаков (при определенном количестве баллов), в сочетании с величиной посадочной видимости определяют уровень сложности погодных условий для авиации. Одновременное определенное сочетание значений этих метеорологических величин, распределенных во времени и пространстве представляют конкретный уровень сложности метеорологических условий. Учет его при эксплуатации воздушных судов является обязательным, так как с этим напрямую связана безопасность летной деятельности. Из этого следует актуальность как прогноза отдельных метеорологических величин, определяющих сложность метеорологических условий, так и прогноз комплексной характеристики – ожидаемых уровней сложности метеоусловий, их повторяемости и продолжительности в период летной смены.

Известно, что на погодные условия существенное влияние оказывает характер общей циркуляции атмосферы [1], который обуславливает перемещение воздушных масс, с некоторыми



термогигрометрическими характеристиками, в определенные районы рассматриваемой территории.

Постановка задачи и описание исходных данных. Целью работы является анализ влияния особенностей циркуляции атмосферы на повторяемость сложных метеорологических условий (СМУ) над Восточно-Европейской территорией.

В работе рассмотрены ситуации СМУ, определяемые высотой нижней границы облаков 100 м и менее (при бальности 7 и более) и величиной горизонтальной видимости 1000 м и менее, которые наблюдались в дневное время суток (летная смена) в месяцах ноябрь, декабрь, январь (период минимальной продолжительности светлого времени) на 20 аэродромах рассматриваемой территории.

Для учета особенностей атмосферной циркуляции над территорией использовалась типизация атмосферных процессов А.Л. Каца [2]. Согласно ей, все циркуляционные процессы разделяют, с учетом интенсивности и направленности переноса тепла и влаги, на зональные и меридиональные. При этом разделение производится с учетом индексов соответствующей циркуляции (J_3, J_M). Данные индексы характеризуют удельную массу воздушного потока за единицу времени над определенной территорией соответственно вдоль широтных кругов и меридианов соответственно. В работе индексы рассчитывались для умеренных широт атлантико-евразийского сектора северного полушария ($\varphi = 35^\circ - 70^\circ$ с.ш., $\lambda = 50^\circ$ з.д. – 80° в.д.) по формулам:

$$J_3 = \sum_{i=1}^n (\Delta H / \Delta \varphi)_i, \quad (1)$$

$$J_M = \sum_{j=1}^m (\Delta H / \Delta \lambda \cos \varphi)_j, \quad (2)$$

где ΔH – разность геопотенциала на границах зон выбранных i -х меридианов и на границах секторов выбранных j -х параллелей; $\Delta \lambda$ – ширина сектора (градусы долготы); $\Delta \varphi$ – ширина зоны (градусы широты); $k = \frac{1}{\cos \varphi}$ – множитель, обеспечивающий перевод длины дуги в градусах на широте φ в длину дуги на экваторе.

Общий индекс атмосферной циркуляции J' рассчитывается по формуле:

$$J' = \frac{J_M}{J_3}. \quad (3)$$

При условии $J' \geq 0,75$ – ситуация относится к меридиональному типу циркуляции; при $J' < 0,75$ – к зональному.

По положению высотного гребня меридиональные процессы в данной типизации дополнительно разделяются на формы циркуляции:

если высотный гребень находится у западного побережья Европы – формируется западная форма циркуляции;

если высотный гребень зимой находится над западной, а летом над центральной частью Европы – формируется центральная форма циркуляции;

если высотный гребень находится над Восточной Сибирью – формируется восточная форма циркуляции;



если над первым естественным синоптическим районом находятся два высотных гребня: один у западного побережья Европы, а другой над Западной Сибирью – формируется смешанная форма циркуляции.

Указанные формы меридионального типа циркуляции определяются по соотношению разностей значений геопотенциала на изобарической поверхности АТ-500 над точками Лондон (Л), Киев (К), Оренбург (О). Различным сочетаниям соотношений соответствуют различные формы:

- при $H_L - H_K > 0$ и $H_K - H_O > 0$ – западная форма (З);
- при $H_L - H_K < 0$ и $H_K - H_O > 0$ – центральная форма (Ц);
- при $H_L - H_K < 0$ и $H_K - H_O < 0$ – восточная форма (В);
- при $H_L - H_K > 0$ и $H_K - H_O < 0$ – смешанная форма (С).

Проведение экспериментальных исследований и описание результатов. В работе выполнен анализ атмосферной циркуляции над Восточно-Европейской территорией. Выявлено, что в рассматриваемый период года чуть больше половины (53,8%) ситуаций приходится на меридиональный тип циркуляции, а на зональный, соответственно, приходится 46,2% случаев. При этом несколько чаще наблюдается центральная форма (16,8%) меридионального типа, повторяемость остальных форм сильно не различается и составляет: восточная форма – 11,6%, западная – 12,1% и смешанная – 13,3%.

Далее в работе установлено соответствие сложных метеорологических условий различным типам атмосферной циркуляции. Для этого по каждой станции рассматриваемой территории рассчитывались повторяемости дней со сложными метеорологическими условиями, наблюдающимися при зональном типе циркуляции и отдельно при различных формах меридионального типа циркуляции. Значения повторяемостей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Повторяемость (%) СМУ при зональном типе и формах меридионального типа циркуляции

№ п/п	Станция	Без учета циркуляции	Зональный тип	Формы меридионального типа			
				З	Ц	В	С
1	Таллинн	0,14	0,13	0,15	0,14	0,12	0,19
2	С.-Петербург	0,21	0,19	0,25	0,19	0,12	0,30
3	Череповец	0,08	0,07	0,06	0,11	0,10	0,11
4	Киров	0,14	0,12	0,06	0,07	0,36	0,19
5	Рига	0,17	0,17	0,17	0,14	0,12	0,25
6	Осташков	0,09	0,05	0,15	0,13	0,14	0,11
7	Иваново	0,11	0,09	0,08	0,06	0,30	0,14
8	Внуково	0,20	0,19	0,10	0,14	0,34	0,30
9	Н. Новгород	0,16	0,16	0,12	0,08	0,26	0,19
10	Казань	0,20	0,20	0,12	0,06	0,30	0,26
11	Вильнюс	0,31	0,32	0,38	0,24	0,30	0,33
12	Минск	0,16	0,13	0,19	0,17	0,22	0,18
13	Брянск	0,24	0,24	0,17	0,22	0,32	0,25
14	Самара	0,11	0,13	0,08	0,01	0,18	0,12
15	Курск	0,24	0,24	0,13	0,11	0,44	0,30
16	Воронеж	0,19	0,17	0,23	0,08	0,30	0,26
17	Киев	0,25	0,22	0,21	0,19	0,46	0,23
18	Уральск	0,19	0,22	0,21	0,07	0,12	0,25
19	Харьков	0,21	0,22	0,19	0,10	0,40	0,19
20	Донецк	0,38	0,44	0,40	0,17	0,36	0,39

Пространственное распределение над рассматриваемой территорией расчетных данных (таблица 1) в виде гистограмм повторяемостей дней со СМУ приведено на рисунке 1.

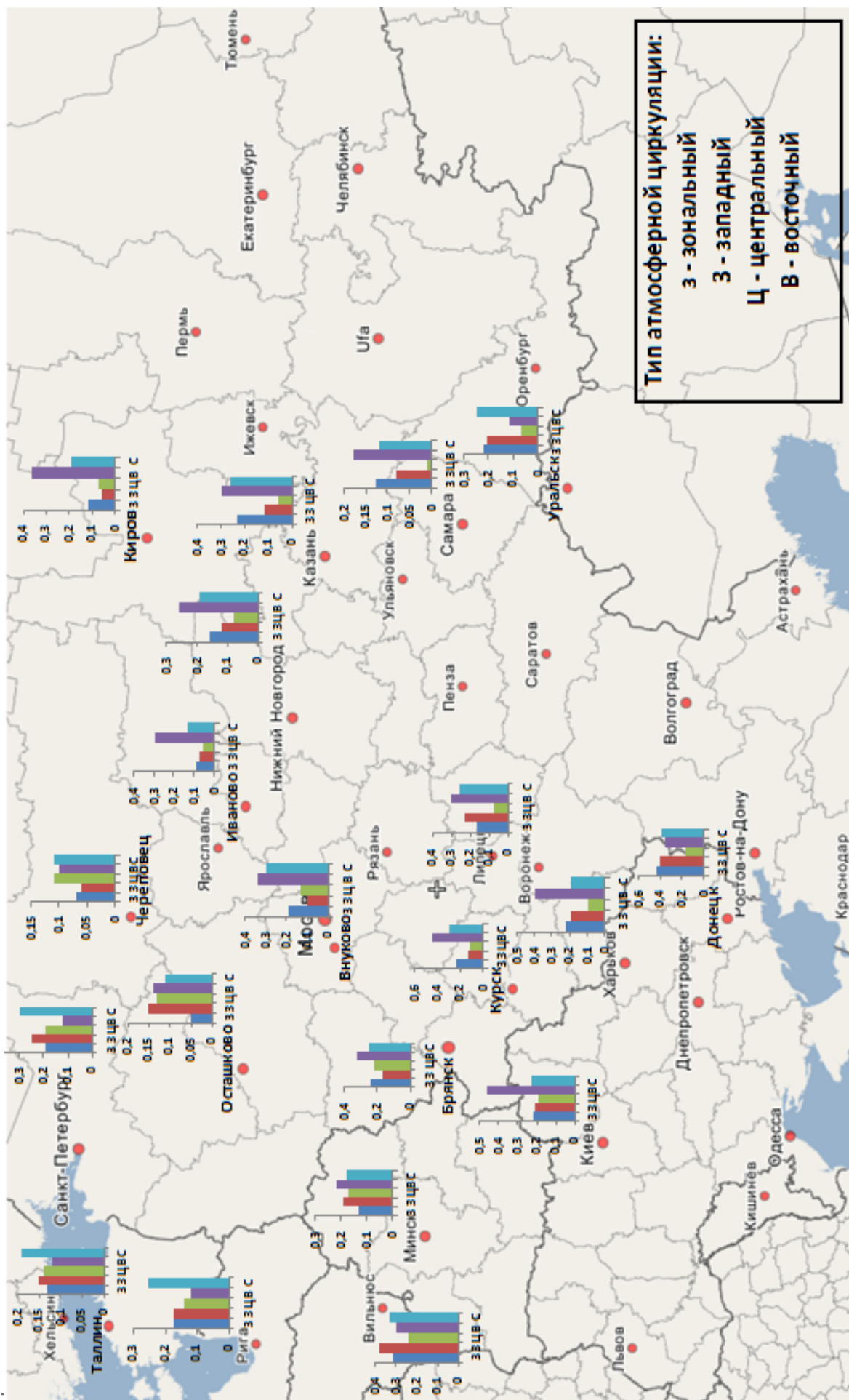


Рисунок 1 – Пространственное распределение повторяемости дней со сложными метеорологическими условиями



На рисунке видно, что зоны с минимальными и максимальными значениями повторяемости СМУ локализируются определенным образом. Это свидетельствует о том, что при каждом типе и форме циркуляции формируется специфическое поле сложных метеорологических условий со своими особенностями, характер которых приведен ниже.

При западной форме меридионального типа циркуляции в холодный период повторяемость СМУ почти над всей рассматриваемой территорией (центральные, северо-восточные и восточные районы) относительно небольшая, выше повторяемость сложных условий наблюдается в южных и юго-западных районах. Данное распределение СМУ обусловлено особенностями циркуляции данной формы [3], проявляющимися в формировании высотного гребня над Западной Европой с осью через Гринвичский меридиан. При этом западная и центральная Европа находятся под влиянием восточной периферии данного гребня, являющегося в данной ситуации по своим термодинамическим свойствам антициклогенетичным. В результате его влияния наблюдается перемещение приземных холодных антициклонов через Скандинавию, Прибалтику и север России, на районы Украины и юг ЕТР. В связи с чем, практически над всей рассматриваемой территорией происходит адвекция холодных арктических воздушных масс и, соответственно, формирование достаточно простых метеорологических условий (малооблачная погода с хорошей видимостью). Незначительное ухудшение видимости возможно лишь на оси гребня или под влиянием местных особенностей. В свою очередь, поступающий холодный воздух является причиной активизации Черноморских и Каспийских термических циклонов, перемещающихся на юго-восток ЕТР и юг Западной Сибири, в которых наблюдается избыточное увлажнение. Это и определяет, соответственно, повышенную повторяемость в этих районах СМУ.

При центральной форме меридионального типа циркуляции повторяемость СМУ над исследуемой территорией невелика. В западной части территории повторяемость их чуть больше, в восточной – чуть меньше. Данное распределение повторяемости сложных метеорологических условий обусловлено тем, что, согласно [3], для данной формы циркуляции характерно формирование высотного гребня над западными районами ЕТР и Скандинавией, ось которого проходит по линии Кишинев – Санкт-Петербург – Мурманск. Восточная периферия данного гребня антициклогенетична. Как и при западной форме, у поверхности Земли, имеет место развитие низкого холодного антициклона, но в этом случае траектория его смещения проходит немного восточнее, с Баренцева моря на юго-восток ЕТР, определяя в большинстве случаев простые метеорологические условия над восточной половиной рассматриваемой территории. На западную часть территории оказывает влияние передняя часть ложбины, что и определяет несколько повышенный фон повторяемости СМУ в этих районах.

При восточной форме меридионального типа циркуляции высотный гребень лежит еще восточнее, чем в ранее описанных формах [3]. В холодную половину года ось его проходит по линии Тбилиси – Самара – Нарьян-Мар. При этом западная ветвь высотного гребня циклогенетична, в связи с чем над центром, юго-западом и северо-востоком территории развивается циклоническая деятельность. С юга Западной Европы по западной периферии высотного гребня происходит вынос относительно теплого воздуха. Этим обусловлена повышенная продолжительность СМУ при данной форме циркуляции в центральных районах рассматриваемой территории, область которой вытянута с юго-запада на северо-восток. В то же время на северо-западе рассматриваемой территории, из-за усиления Азорского антициклона и юго-востоке, из-за усиления и распространения на запад Сибирского антициклона, отмечается снижение повторяемости СМУ. Минимальная продолжительность их отмечается в районах Санкт-Петербурга, Уральска, Самары.

Условия погоды при смешанной форме циркуляции определяются наличием двух высотных гребней [3]. Один из них располагается над Западной Европой, как примерно при западной форме циркуляции, второй – над Западной Сибирью, как примерно при восточной форме циркуляции. Между этими гребнями прослеживается хорошо выраженная высотная ложбина. Од-



нако, несмотря на значительное сходство по конфигурации высотных барических полей при западной и смешанной форах циркуляции, их термодинамические характеристики в западной половине первого естественного синоптического района, различны. В этом случае восточная периферия высотного гребня является циклогенетичной, вдоль которой вместо полярных антициклонов смещаются циклоны. Затоки холода в тылу смещающихся с южной составляющей циклонов усиливают над Западной Европой приземный гребень теплого азорского антициклона, по периферии которого в холодный период года отмечается интенсивный вынос на холодную подстилающую поверхность теплого влажного воздуха с северной Атлантики. За счет этого создаются условия для формирования СМУ, проявляющихся в формировании инверсионных слоев способствующих образованию низкой слоистой облачности с ограниченной видимостью над западными и северо-западными районами рассматриваемой территории. В тоже время заток холодного воздуха также способствуют активизации Средиземноморских циклонов, смещающихся на ЕТР по циклогенетичной ветви восточного гребня, вызывая при этом здесь повышенную продолжительность СМУ. Между этими районами располагается полоса с относительно низкой повторяемостью сложных условий (район Осташково, Череповца).

При зональном типе атмосферной циркуляции над исследуемой территорией отмечается некоторое увеличение повторяемости СМУ, что объясняется циркуляционными особенностью данного типа [3]: в средней тропосфере наличие циклонического вихря, который охватывает все северное полушарие с центром в районе полюса. При этом субтропическая зона повышенного давления оконтуривает северное полушарие и почти не расчленяется на отдельные ядра. В связи с этим ослабевает меридиональный воздухообмен и усиливается зональная составляющая атмосферной циркуляции, формируя преимущественно западно-восточное направление переноса воздушных масс. Это способствует в рассматриваемый период выносу теплого влажного воздуха с северной Атлантики на холодную подстилающую поверхность, что определяет образование низкой слоистой облачности и ухудшение видимости. Большая продолжительность СМУ при этом наблюдается в западных районах рассматриваемой территории. В связи с постепенной трансформацией поступающего воздуха повторяемость сложных условий по мере продвижения на восток уменьшается. Некоторое уменьшение повторяемости на юге территории связана с циклонами термического происхождения, располагающимися в холодное полугодие в этих областях с центрами в районе Средиземного, Черного и Каспийского морей. В северных (приполярных) районах, в связи с отрицательным радиационным балансом, происходит прогрессивное охлаждение воздуха, которое не компенсируется притоком теплого воздуха с юга. За счет этого происходит упрощение метеорологических условий по северу территории.

Выводы. В результате проведенного анализа выявлено, что над Восточно-Европейской территорией в холодный период года большая повторяемость СМУ в целом отмечается при зональных процессах, чем при меридиональных. Кроме того, определены особенности пространственного распределения повторяемости СМУ, обусловленные зональным типом и формами меридионального типа атмосферной циркуляции. Выявленный факт может быть использован в прогностических целях для уточнения климатического прогноза повторяемости сложных метеорологических условий над исследуемой территорией в рассматриваемый периода года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 248 с.
2. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 270 с.
3. Руководство по долгосрочным прогнозам погоды на 3-10 дней. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 351 с.



REFERENCES

1. Bagrov N.A., Kondratovich K.V., Ped' D.A., Ugryumov A.I. Dolgosrochnye meteorologicheskie prognozy. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 248 p.
2. Kats A.L. Sezonnye izmeneniya obshhej tsirkulyatsii atmosfery i dolgosrochnye prognozy. L.: Gidrometeoizdat, 1960. 270 p.
3. Rukovodstvo po dolgosrochnym prognozam pogody na 3-10 dnei. L.: Gidrometeoizdat, 1968. 351 p.

© Закусилов В.П., Задорожная Т.Н., Берестевич Г.В., 2018

Закусилов Вадим Павлович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры гидрометеорологического обеспечения, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, zakusilov04@yandex.ru

Задорожная Тамара Николаевна, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Берестевич Глеб Викторович, кандидат технических наук, начальник отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.