

**В. В. БУЛАВА**викладач навчально-льотного центру  
Міжнародної акціонерної авіаційної компанії “УРГА”**ІЛЮЗІЇ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ПІЛОТА ТА ЇХ ВПЛИВ  
НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ АВІАФАХІВЦЯ ТА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТУ**

*У статті розглянуто небезпечні чинники професійної діяльності пілотів, зокрема ілюзії просторової орієнтації. Звернуто увагу на порушення просторового орієнтування авіафахівців і пов'язані з цим наслідки під час виконання польоту. Проаналізовано типи порушення просторової орієнтації та їх характеристика. Акцентовано на необхідності формування в пілотів необхідних психофізіологічних якостей у контексті безпеки польотів.*

**Ключові слова:** пілот, ілюзії, порушення просторової орієнтації, повітряне судно, зоровий аналізатор.

Авіація, як сфера професійної діяльності, значно відрізняється від інших видів діяльності людини, адже вона пов'язана з ризиками та небезпекою, насичена різними видами стресів, і, відповідно, висуває необхідні специфічні вимоги до своїх фахівців. На нашу думку, специфічність цієї сфери професійної діяльності можна пояснити тим, що людина за своєю фізіологією не була “передбачена” для діяльності на значній висоті від землі, в повітрі.

Повітряне середовище, навіть сьогодні, коли авіаційна техніка сягнула небувалого технічного рівня, вимогливе до пілотів, їх майстерності та досвіду. Воно не вибачає навіть дрібних помилок.

Вплив пілотажних перевантажень, раптове погіршення погодних умов та видимості в умовах виконання польоту, турбулентність та навіть порушення режиму праці й відпочинку можуть викликати в цілком здорових пілотів порушення сенсорної сфери та сфери сприйняття, що є небезпечними передумовами для виконання польоту. Найбільш небезпечною формою цих порушень є втрата просторової орієнтації в польоті.

Науковці постійно досліджують людський чинник в авіації, намагаючись знайти шляхи забезпечення якості підготовки авіафахівців до виконання професійних дій з високою вірогідністю безпеки польоту. Так, Б. С. Алякринський [1] вивчав причини аварійних ситуацій в польоті шляхом аналізу механізмів просторової орієнтації. Г. Т. Береговий, Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов, В. А. Пономаренко [2] проводили експериментально-психологічні дослідження в авіації та космонавтиці. А. А. Ворона, І. М. Жданько [3] свою наукову студію присвятили підвищенню надійності просторової орієнтації льотного складу через застосування психолого-педагогічних методів. Проте, залишається актуальним питання психофізіологічної підготовки авіаційних фахівців у контексті впливу на них негативних чинників професійної діяльності.

*Метою статті* є вивчення негативних чинників професійної діяльності авіафахівця, зокрема порушення просторового орієнтування та вплив останнього на організм пілота під час польоту.

Зауважимо, що майже кожен пілот під час льотної діяльності, щонайменш один раз відчув помилкове почуття свого просторового положення та руху відносно площини землі. Такі випадки пов'язані з важкими наслідками для безпеки польоту та фатальними результатами.

Відповідно до світової статистики, в період з 2002 р. по 2016 р. однією з причин втрати управління літаком (LOC-(LOC-I Loss of Control-In Flight) стало порушення просторового орієнтування, що призвело до 12 катастроф комерційних реактивних авіалайнерів, в результаті чого загинуло понад 1800 осіб [9].

За іншими даними 30% пілотів винищувальної авіації країни за все своє життя хоча б одноразово відчували в польоті тяжкі порушення просторового орієнтування, причому на кожні 300 000 годин сумарного нальоту літаків припадає одна трагічна подія, що викликана безпосередньо явищем ілюзії [5; 6; 7; 8].

Внаслідок втрати просторового положення досить часто відбуваються аварії і катастрофи. За різними джерелами, в тому числі закордонними, їх показник доходить до 75% [5; 6; 7; 8].

У ВПС і авіації ВМС США в 1980–1990 рр. на частку порушень просторового орієнтування льотчиків у польоті випадало 15–20% усіх льотних пригод класу А з загибеллю людей і обсягами збитків, що перевищує сотні мільйонів доларів. Хоча статистичні показники частоти льотних пригод з причини порушень просторового орієнтування в пілотів авіації загального призначення США становлять менше 5% всіх льотних катастроф, реальну частоту виникнення цієї причини експерти оцінюють на рівні приблизно в 15%, а питома вага втрати просторового орієнтування серед причин льотних катастроф сягає 20% [6; 8].

При цьому варто наголосити, що рівень аварійності з цих причин протягом десятиліть не зменшується. Більше того, аналіз практично 50-річного періоду польотів показав, що дезорієнтація в просторі як наслідок виникнення різної природи ілюзій залишається однією з основних причин авіаційних пригод та інцидентів. Зазначимо, що просторове орієнтування належить до тих проблем, які остаточно не вдалося вирішити в ХХ ст. й яка “плавно” перейшла у ХХІ ст.

Іншим різновидом названих порушень може бути виникнення хвороби руху в польоті. Зазначені стани можуть проявитися, наприклад, в зорових ілюзіях, викривленому сприйнятті пілотом напряму сили земного тяжіння або гравітаційної вертикалі, в розладі інтелектуальних функцій (наприклад, здатності вести в розумі рахунок часу), порушення регуляції рухових навичок (наприклад, умінь вибірково розподіляти зорову увагу при контролі параметрів польоту на дисплеях або виконувати цикл робочих операцій з органами управління в кабіні літака).

У найнесприятливіших випадках ці стани можуть перерости в повну безпорадність і неспроможність пілота ефективно та безпечно керувати літаком. Треба зазначити також, що проблема порушень просторового орієнтування в польоті за своєю значущістю та можливими небезпечними наслідками перебуває на одному щаблі з проблемою гіпергравітаційних розладів свідомості в льотного складу авіації.

Порушення просторового орієнтування (ППО) за Гіллінгемом [4] поділяють на 3 основні типи: I – охоплює неусвідомлені або нерозпізнані порушення, II – свідоме порушення, III – порушення просторового орієнтування з повною втратою працездатності льотчика.

Перший тип описує порушення просторового орієнтування, коли пілот, спираючись на свої відчуття, переконаний у тому, що пілотований ним літак знаходиться в стійкому просторовому положенні, на стабільній траєкторії польоту. При цьому показання основних пілотажно-навігаційних приладів про небезпечні відхилення літака від нормального режиму польоту, що суперечить внутрішнім соматичним відчуттям пілота про благополучний перебіг польотного завдання, можуть залишитися непоміченими через перевантаженість пілота або відволікання уваги від завдань пілотовання на інші завдання супутньої або суміщеної діяльності, неувважності або просто навмисного ігнорування інструментальної інформації про політ.

Статистика говорить про те, що на перший тип цього екстремального стану (ППО-I), що часто позначається як “пілотований політ технічно справного повітряного судна до зіткнення із землею”, припадає понад 50% усіх льотних пригод, викликаних порушеннями просторового орієнтування.

Другий тип порушень просторового орієнтування (ППО-II) описує стан усвідомленого льотчиком сенсорного конфлікту, коли він спостерігає невідповідність показань пілотажно-навігаційних приладів і свого суб’єктивного відчуття та сприйняття. Іноді пілот може відкидати такий прояв ППО, приписуючи розбіжності власного відчуття про просторове положення літака з показаннями пілотажно-навігаційних приладів відмові останніх (що практично малоімовірно при досягнутому рівні високої надійності і науково-технічному прогресі в сучасному приладобудуванні).

Третій тип (ППО – III) охоплює ті випадки порушень просторового орієнтування, коли пілот розуміє свій стан, але не здатний з нього вийти в результаті повної дезорганізації взаємодії зорового, вестибулярного і рухового аналізаторів в польоті, наприклад, при виникненні неконтрольованого ністагму очей через обертання літака в штопорі або нездатність виконати цілеспрямовану рухову дію, наприклад, під час переживання феномена “гігантської руки” – особливого психічного стану, яке відчуває льотчик як повний відрив від кабіни літака та втручання в управління польотом деяких потойбічних сил.

Хоча порушення просторового орієнтування II і III типів, на відміну від ППО I типу, загалом вважають менш імовірними подіями і причинами льотних пригод, порушення II типу продовжують фігурувати в авіамедич-

ній статистиці льотних пригод, як досить часті, а в винищувальній авіації ППО III типу становить навіть 10–15% усіх випадків льотних пригод, спровокованих порушеннями просторового орієнтування льотного складу.

Причини ППО різноманітні та містять в собі розлади низки сенсорних і перцептивних систем, а також інтелектуальних та рухових функцій пілота. Джерелом більшості ілюзій просторового положення є помилкова інтерпретація психікою пілота зорових, вестибулярних і тілесних сигналів-подразників. Когнітивні порушення, передусім, у формі втрати ситуаційної обачності, можуть прокладати дорогу ППО, тоді як виникнення рухового конфлікту між системами корковою (довільною) і підкірковою (мимоволі-рефлекторною) регуляції рухів може призвести до розвитку найбільш небезпечної форми ППО III типу з повною і раптовою втратою працездатності пілота.

*Зорові ілюзії як причина ППО.* Різні зорові ілюзії як причинні фактори ППО традиційно розглядають з позицій взаємодії центрального (фокусованого) і периферичного (навколишнього) полів зору пілота. Функцією центрального поля зору є виборча пошукова діяльність і розпізнавання об'єктів зовнішнього світу. Завданням периферичного зору, що охоплює всі зорові поля і його найбільш віддалені сегменти, є забезпечення людині (пілоту) оцінювання положення лінії природного горизонту та опорних візуальних орієнтирів на поверхні землі, які він сприймає в повітряному просторі нерухомими.

“Відсікання” периферичного зору льотчика від центрального викликане погіршенням погодних умов або астрономічною зміною режимів освітлення (день/ніч), змушує пілота заміщати втрату опорних точок лінії природного горизонту в оцінюванні просторового положення пілотованого літака власним уявним відображенням, яке він формує шляхом послідовного, виборчого і багатоступінчастого опитування показань пілотажно-навігаційних приладів у кабіні літака, використовуючи дискретні механізми переключення фокусованої уваги з одного параметра на інший через канал центрального поля зору.

Такий інструментально-синтетичний образ просторового положення керованого літака відрізняється підвищеною крихкістю, потребує безперервного підкріплення, пов'язаний з надмірною витратою ресурсів візуальної уваги, цього важливого потенціалу пілота, і часто нездатний забезпечити безумовне, незаперечне “домінування” зорового аналізатора над іншими незоровими (наприклад, вестибулярним) або неінструментальними стимуляціями просторового положення.

*Форми і види зорових ілюзій ППО.* Найпоширенішими формами та різновидами зорових ілюзій пілотів є ілюзії, викликані спотворенням або повною втратою картини периферичного поля зору, пов'язаної, насамперед, зі сприйняттям землі або лінії природного горизонту. Для пілотів особливу небезпеку становлять ілюзорне відчуття або помилкове сприйняття лінії горизонту або поверхні землі. Прикладами таких небезпечних ілюзій є зорові спотворення, коли пілот, приймаючи за лінію природного горизонту

нахил верхньої кромки, насувається з одного боку суцільного хмарного фронту, мимоволі вводить в крен літак. Такими є ілюзії помилкового горизонту, викликані сприйняттям нахилу рельєфу місцевості або нахилу лінії полярних сьайв.

Відомими прикладами сприйняття помилкового горизонту за кутом тангажа є пілотування літака в нічних умовах над береговою лінією, яка в горизонтальному польоті сприймається пілотом як така, що віддаляється під літаком аналогічно тому, як змінюється положення лінії природного горизонту при набиранні висоти в денних умовах. Це призводить до того, що вогні берегової лінії помилково приймаються пілотом за лінію горизонту і формують у нього помилкове відчуття виходу літака на великі кути тангажа.

Дуже небезпечними для пілотів є і повне зникнення зорових орієнтирів периферичного позакабінного простору. В денних умовах польотів у зоні пилу, пилова буря, здув піщаних частинок і утворення хмари пилу під напором повітряного потоку від обертових лопастей ротора вертольоту створюють ситуації незрозумілого просторового положення, іменовані пілотами “жовтою пеленою”. В північних районах аналогічні явища (заметіль, підйом маси сніжинок) провокують стан просторової невизначеності, що називається “білою пеленою”. В обох випадках порушується візуальний контакт льотчика з наземними орієнтирами і страждає функція глибинного окоміру.

Особливу складність представляє виконання заходу на посадку вночі, в безорієнтованому просторі, коли у льотчика виникає ілюзія “чорної діри”, яка проявляється в тому, що, спостерігаючи контури ізольованої злітно-посадкової смуги, він виконує посадку з недольотом до її торця.

*Вестибулярні ілюзії як причина ППО.* Вестибулярна система має безліч проєкцій і тісно пов’язана з периферичним полем зору в коркових представництвах центральної нервової системи. Вона є доповненням і продовженням периферичного зору людини, що забезпечує просторове орієнтування його тіла та пози стосовно площини земної поверхні та підтримує зір, перцептивно-рухову активність через гравітоінерціальну стимуляцію своїх рецепторів.

Вестибулярна система є ідеальним органом для забезпечення координації руху людини на землі, наприклад, під час ходьби і поворотів голови, які виконуються в частотному діапазоні вище 1 Гц. Але, на відміну від периферичного зору, вона не пристосована до сприйняття тривалих обертань голови або довготривалих лінійних прискорень. Наприклад, при кутовому русі тривалістю в 1 с півкруглі канали лабіринту ефективно інтегрують сигнал кутового прискорення і достовірно інформують вищі нервові центри про кутову швидкість руху голови. Однак, оскільки інерціальне запізнювання ендолімфатичної рідини загасає через 5–10 с від моменту, коли вона спочатку “обурюється”, лабіринтові канали можуть просигналізувати поворот голови в протилежну сторону при уповільненні константної швидкості кутового обертання.

Аналогічно півкруглим каналам отолитові рецептори правильно інформують вищі нервові центри людини про швидкість руху його голови в просторі, якщо сигнал лінійного прискорення триває менше 1–2 с, тоді як зміщення отолитової мембрани протягом більш тривалого інтервалу часу людина відчуває як відхилення голови від гравітаційної вертикалі. Таким чином, надмірна інерційність чутливих елементів вестибулярного органу пілота при тривалих впливах кутових і лінійних прискорень є основним джерелом вестибулярних ілюзій ППО в польоті.

*Форми і види вестибулярних ілюзій ППО.* К. Гіллінгем [4] розрізняє два різновиди вестибулярних ілюзій: такі, що викликані кутовими та лінійними прискореннями. Однак, варто зауважити, що в багатьох випадках вестибулярні ілюзії від впливу кутових і лінійних прискорень часто поєднуються з візуальними ілюзіями ППО.

Однією з найбільш грізних ілюзій, що провокуються впливом кутових прискорень, є так звана “соматогіральна” ілюзія необоротного або “траурного штопору”. В основі цієї ілюзії – нездатність півколових каналів адекватно інформувати вищі нервові центри просторового аналізатора пілота при виконанні тривалого розвороту. Наприклад, для виходу з тривалого лівого плоского штопора пілот може спробувати використовувати праву педаль і навіть в тому випадку, коли цей маневр вдався, припинення обертання літака моментально викликає в нього відчуття переходу літака в правий штопор (ілюзія зворотного крену), оскільки горизонтальні півкруглі канали відчувають гальмування в праву сторону.

Ілюзії ППО від впливу кутових прискорень поширені в пілотів авіації загального призначення, але вони вважаються менш небезпечними в пілотів високоманеврових літаків, у яких кутові швидкості розвороту нижче за аналогічні показники літаків малої авіації.

Найбільш характерні ілюзії ППО від впливу лінійних прискорень польоту викликані: відхиленням вектора результуючої гравітоінерціальної сили від положення істинної гравітаційної вертикалі та зміною величини вектора гравітоінерціальної сили.

Ці зміни можуть бути спровоковані впливом тривалих лінійних прискорень, наприклад, при зльоті або при обертанні пілотів на центрифусі з внутрішньої сторони розвороту або при виході літака з режиму горизонтального польоту. Однією з найнебезпечніших ілюзій ППО від впливу лінійних прискорень є “соматогравічна” ілюзія, яка відчувається пілотом в процесі зльоту і набору висоти як політ на надмірно високих кутах тангажу й атаки, а в процесі зниження, наприклад, при заході на посадку як політ у перевернутому положенні.

Якщо в першому випадку при наборі висоти пілот спробує зменшити кут тангажу, цей маневр штурвалом призведе до виникнення відцентрової сили, спрямованої через дно кабіни, і може спровокувати в нього відчуття перевернутого польоту.

Іншою небезпечною ілюзією є вже вищезгаданий “траурний штопор”, що провокується дією результуючої гравітоінерціальної сили, яка істотно відхилена від гравітаційної вертикалі. Ця ілюзія відчувається пілотом як горизонтальний режим польоту при виконанні тривалого маневру розвороту. Вона зумовлена двома основними факторами:

- нездатність вестибулярного органу відчувати еволюцію тривалого координованого розвороту протягом декількох секунд;
- накладенням на діючу силу тяжіння відцентрової гравітоінерціальної сили з внутрішньої сторони розвороту, що призводить до виникнення результуючого гравітоінерціального вектора, що проходить через літхар кабіни літака.

Під час виведення літака з розвороту в режим горизонтального польоту в пілота виникає відчуття зворотного крену (крену протилежного напрямку). Якщо він довіриться своїм тілесним відчуттям, то мимоволі поверне машину в положення початкового крену.

Ілюзія надлишкової пілотажного перевантаження (*G-excess*) вважається особливо небезпечною, коли пілот дивиться вгору з внутрішньої сторони виконуваного розвороту, оскільки надмірне перерозтягнення отолітової мембрани може витлумачитись як вихід літака з еволюції розвороту в режим горизонтального польоту. В результаті цього пілот, щоб зберегти відчуття координованого розвороту, може ненавмисно вивести літак на ще більші кути крену. До цього треба додати, що вплив інтенсивних пілотажних перевантажень високоманеврового польоту провокує зниження працездатності пілота через погіршення кровопостачання мозку, сітківки очей і обмеження обсягів рухів всієї м'язово-рухової сфери людини, включаючи такі великі інерційні маси, як голова і кінцівки пілота.

Динамічні порушення мозкового і сіткового кровообігу, що виникають при перевантаженнях, можуть спровокувати звуження периферичного поля зору, зміни кольоросприйняття в центральному полі зору, тоді як вестибулярні порушення проявляються у виникненні патологічних окорухових рефлексів, наприклад, пульсуючого ністагму і вже вищезгаданої ілюзії ППО через надмірне пілотажне перевантаження. Однак візуальні та вестибулярні ефекти впливу пілотажних перевантажень залишаються невивченими. Наразі можна лише стверджувати, що вони представляють основну загрозу для пілотів високоманеврової військової та спортивної авіації і меншою мірою – для пілотів цивільної авіації та авіації загального призначення.

Хоча надійні візуальні орієнтири просторового положення літака, що спостерігаються периферичним полем зору пілота, зазвичай знімають ілюзорні відчуття, викликані вестибулярними та іншими неінструментальними стимуляціями, цей механізм захисту не може компенсувати повністю погіршення умов видимості на борту літака. В цих умовах у пілотів зазвичай виникають комбіновані оковестибулярні розлади просторового орієнтування, іменовані окулогіральними ілюзіями – при впливі кутових приско-

рень, і окулограмними ілюзіями – при впливі лінійного прискорення, при яких настає сумація візуальних і вестибулярних обманів почуттів.

**Висновки.** Сенсорні розлади пілотів, що провокуються впливом екстремальних факторів польоту та несприятливих метеоумов, призводять до значного зниження їх працездатності, безпеки та ефективності пілотування.

При порушенні просторового орієнтування з неминучими проявами візуально-вестибулярного конфлікту, пілот може постраждати від дезорганізації своєї інтелектуальної діяльності з виснаженням психічних ресурсів уваги, розладами розрахунку часу, довільній регуляції керуючих рухів тощо.

Тому важливою є психофізіологічна підготовка авіаційного фахівця до виконання професійних дій у складних умовах діяльності. Подальше наше дослідження буде спрямоване на пошук шляхів формування в пілотів необхідних професійно важливих психофізіологічних якостей.

#### **Список використаної літератури**

1. Алякринский Б. С. О механизмах пространственной ориентировки в полете и некоторых причинах ее нарушения / Б. С. Алякринский // Косм. биол. и мед. – 1968. – Т. 2. – № 1. – С. 63–68.
2. Береговой Г. Т. Экспериментально-психологические исследования в авиации и космонавтике / Г. Т. Береговой, Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов, В. А. Пономаренко. – Москва : Наука, 1978. – 303 с.
3. Ворона А. А. Повышение надежности пространственной ориентировки лётного состава психолого-педагогическими методами / А. А. Ворона, И. М. Жданько // Авиакосмическая и эколог. медицина. – 2006. – Т. 40. – № 2. – С. 111–119.
4. Гиллингем К. Классификация нарушений пространственной ориентировки / К. Гиллингем. – 1992. – 96 с.
5. Коваленко П. А. Пространственная ориентировка пилотов: (Психологические особенности) / П. А. Коваленко. – Москва : Транспорт, 1989. – 230 с.
6. Коваленко П. А. Пилоту вертолета о полетах в безориентирных условиях / П. А. Коваленко, В. Л. Шаньков. – Москва : Транспорт, 1992. – 96 с.
7. Коваленко П. А. Пилоту о работе с авиагоризонтами / П. А. Коваленко. – Москва : Транспорт, 1989. – 80 с.
8. Коваленко П. А. Методические основы авиационной делиалогии / П. А. Коваленко // Материалы XXI Гагаринских научных чтений по авиации и космонавтике. – Москва : б/из., 1991. – 239 с.
9. Aviation Safety Boeing Commercial Airplanes “Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 – 2015”. – 22 p.

*Стаття надійшла до редакції 02.02.2017.*

---

#### **Булава В. В. Иллюзии пространственного положения пилота и их влияние на трудоспособность авиаспециалиста и безопасности полета**

*В статье рассмотрены опасные факторы профессиональной деятельности пилотов, в частности иллюзии пространственной ориентации. Обращено внимание на нарушение пространственной ориентировки авиаспециалистов и связанные с этим последствия во время выполнения полета. Проанализированы типы нарушения пространственной ориентации и их характеристика. Акцентируется на необходимости формирования у пилотов необходимых психофизиологических качеств в контексте безопасности полетов.*

**Ключевые слова:** *пилот, иллюзии, нарушение пространственной ориентации, воздушное судно, зрительный анализатор.*



**Bulava V. Illusions of the Spatial Position of the Pilot and Their Impact on the Ability of the Airman and the Safety of Flights**

*The article deals with the dangerous factors of professional activity of pilots, in particular with illusions of spatial orientation. Provided the estimation of the influence of the spatial orientation loss and its influence on the efficiency and safety of flights. A survey of violations of spatial orientation (NGOs) by Gillingham (1992) is given. It is revealed a detailed description of each of the three basic types: type I-that covers unconscious or unrecognized violations, type II – conscious violation and type III – violation of spatial orientation with a complete loss of operativeness of the pilot.*

*We consider the illusion of spatial position from the point of view of erroneous interpretation by the human psyche (pilot) of visual, vestibular and sensory (bodily) signals-irritants.*

*The article contains a description of the physiological component of the main known visual illusions in aviation. In particular, illusions caused by the distortion or complete loss of the picture of the peripheral field of vision, associated primarily with the perception of the land or the natural horizon line. It is also considered to be very dangerous for the pilots the complete disappearance of the visual reference points of the peripheral outside the cockpit space. In daylight flight conditions in the desert zone, dust storm, blowing up sand particles and forming a cloud of dust under the effect of airflow from the rotor blades rotations, arises the phenomenon called “yellow veil”. In the northern regions, similar phenomena (snow-storm, lifting the mass of snowflakes), are called the “white shroud” effect. Presented the consideration of the illusion phenomenon, which is known as the “black hole”.*

*The article considers vestibular illusions as the causes of spatial orientation loss. Given the description of the various forms and types of vestibular illusions of spatial orientation, using the classification of Dana Gillengem and Pevik, and their characteristics. The phenomenon known in aviation as a “funeral corkscrew” is considered. Given its physiological background, the factors that provoke it are also described. The article emphasizes the necessity for pilots to develop the indispensable psycho-physiological qualities in the context of flight safety.*

**Key words:** *pilot, illusions, violation of spatial orientation, aircraft, visual analyzer.*