

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Можливості людини та обмеження»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Аеронавігація
272 Авіаційний транспорт

за ТЕМОЮ № 7 – Принципи психофізіологічної підготовки льотного складу

Винниця 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації
протокол від 29.06.2023 р. № 14

Розробник:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст 2-й категорії Ємець В.В.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф

План лекції:

1. Атмосферний тиск організму
2. Основні етапи забезпечення захисту від впливу ілюзії
3. Зорові ілюзії як причина НВО
4. Форми і види зорових ілюзій НВО
5. Ілюзії приладового польоту при веденні пілотом просторового орієнтування по авіаційному горизонту
6. Вестибулярні ілюзії як причина НВО
7. Форми і види вестибулярних ілюзій НВО
8. Висновки і перспективи вирішення проблеми НУО

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна література:

1. В.П.Бабак. Безпека авіації. Київ, «Техніка», 2004.
2. Постанова Верховної Ради. Повітряний кодекс. Київ, 2004
3. Державіаслужба. Аналіз аварійності в ЦА 2011г.інформація. Київ, 2011
4. Державіаслужба. Правила розслідування АП з цивільними ПС в Україні.Наказ №565 від 03.08.2005 Київ, 2005

Текст лекції

1. Атмосферний тиск організму

Коливання атмосферного тиску організм людини відчуває при підйомах і зниженнях на літаках з негерметичними кабінами, а також при розгерметизації кабін на літаках, обладнаних герметичними кабінами в тих випадках, коли відбуваються перепади тиску. Під перепадом тиску в одних випадках розуміють зменшення або збільшення барометричного тиску, в інших - різницю між тиском навколишнього середовища і тиском в герметичній кабіні літака. Все залежить від того, який саме перепад розглядається. Залежно від спрямованості зміни тиску перепад називають декомпресійним або компресійним.

Декомпресійним перепадом тиску називають перепад, який походить від підвищено-ного тиску до зниженого. Такий перепад спостерігається при підйомі на висоту в літаку без герметичної кабіни або при розгерметизації кабіни на великій висоті в літаку, обладнаний-ном герметичною кабіною.

Компресійним перепадом тиску називають перепад від зниженого тиску до підвищеного. Такий перепад спостерігається при зниженні літака з висоти. При зниженні барометричного тиску можуть виникнути різного роду процеси дісбарізма, які залежать від ряду умов, і в тому числі, від часу зміни тиску, різниці і кратності його перепаду. Всі ці процеси дісбарізма, виходячи з особливостей і механізмів їх появи, прийнято поділяти в основному на три групи.

До першої групи найчастіше відносять всі явища, пов'язані з розширенням газів і виникненням надлишкового тиску в порожнистих органах, а також з труднощами вирівнювання тиску до його величин навколишнього середовища. До цієї групи відносять явища висотного метеоризму, пов'язаного з розширенням газів в шлунково-кишковому тракті, закладання вух, болю у вухах, болі в області гайморових порожнин, лобових пазух і ін.

До другої групи відносять явища, пов'язані з утворенням в тканинах газових бульбашок з раніше розчинені в тканинах газів (висотні суглобові і м'язові болі, висотний кашель та інші декомпрессионні розлади).

До третьої групи відносять процеси, пов'язані з виникненням пароутворення («кипіння») рідких і напіврідких середовищ, зокрема, з виникненням висотної підшкірної емфіземи. При підйомі на висоту відбувається збільшення обсягу газів, що знаходяться в шлунково-кишковому тракті (висотний метеоризм), які в свою чергу тиснуть на стінки кишечника і зміщують його вгору, обмежуючи рухливість діафрагми при вдиху і видиху, зменшуючи глибину дихання і тим самим скорочуючи життєву ємність легких. Збільшений в обсязі шлунково-кишковий тракт через діафрагму механічно діє на стан серця, кілька повертаючи його з поздовжнього положення в поперечне, і створює деяке утруднення в кровообігу серця. Крім механічного впливу на внутрішні органи, систему кровообігу і дихання висотний метеоризм робить істотний рефлекторний вплив на інші органи і системи. При невеликому розширенні газів в шлунково-кишковому тракті людина відчуває неприємні відчуття з боку живота.

Повільне збільшення висоти польоту (зменшення тиску) практично не

викликає ка-ких-яких неприємних відчуттів або болів в лобових і верхньощелепних пазухах. Зазвичай вирів-Нівань тиску відбувається без особливих перешкод, якщо слизова оболонка з'єднують ка-лів знаходиться в нормальному стані. Однак в залежності від різних температурних умов зовнішнього середовища і в результаті захворювань іноді відбувається звуження або навіть злипання каналів за рахунок набухання слизової, а також закупорювання слизом їх стінок. У цих умовах людина може відчувати закладеність вух, болу у вухах, а також в області пазух. При тиску 760 мм рт. ст. (Висота 0 км) загальний стан, самопочуття людини і його працездатність хороші.

При тиску 690 мм рт. ст. (Висота 0,8 км) відбуваються функціональні зміни в організмі, перебудовується система дихання пристосовного характеру, змінюється зовнішнє дихання і умови, що визначають дифузію газів і транспорт кисню до тканин. Збільшується хвилинний обсяг дихання, при незакономірного зміні частоти дихання. Відбувається недонасичення киснем тканин організму, збільшення обсягу газів в кишечнику, залишкового повітря в легенях, дихальних шляхах і інших воздухосодержащих порожнинах організму. Відзначається деяке утруднення виконання м'язової роботи і більш виражена, ніж в наземних умовах, втома після її виконання. Залежно від індивідуальних особливостей у окремих осіб в цих умовах може спостерігатися деяке зниження продуктивності і якості виконання робіт інтелектуального характеру.

Фізіолого-гігієнічні характеристики умов кисневого забезпечення пілотів і пасажирів при підтримці абсолютного тиску повітря в кабіні екіпажу від 690 до 567мм.рт.ст.

Изменения физиолого-гигиенических показателей

Внешняя среда		Кислород в организме			
		Парциальное давление кислорода, мм рт. ст.		Насыщение крови кислородом, %	
Барометрическая высота в кабине экипажа, пассажирских салонах, км	Барометрическое давление воздуха в кабине экипажа, пассажирских салонах, мм рт. ст.	в атмосферном воздухе	в альвеолярном воздухе	в состоянии относительного покоя	при физической нагрузке 250 кгс/мин
0	760	519	104—108	98,6—98,3	94,5—89,6
0,8	690	145	96—93	98,2—98,0	94,2—89,1
1,0	674	141	94—90	98,0—97,8	93,8—88,5
1,2	657	137	89—88	97,8—97,6	93,4—88,0
1,4	642	134	88—86	97,4—97,2	93,0—87,4
1,6	626	131	85—82	97,0—96,8	92,7—87,9
1,8	611	128	81—79	96,5—96,2	92,2—87,1
2,0	596	125	80—78	96,0—95,0	91,6—86,4
2,2	581	121	76—72	93,2—93,0	90,3—85,6
2,4	567	118	68—65	92,7—91,2	89,2—84,5

При тиску 690 мм рт. ст. всі зміни в організмі людини в основному носять пристосувальний характер або пов'язані з фізичними законами розширення газів і є незначними. На цій висоті організм здорової людини добре справляється із зазначеним недоліком кисню і зберігає працездатність.

При тиску 626 мм рт. ст. (Висота 1,6 км) відбуваються подальші зміни. Всі

зміни в організмі посилюються. Зменшується світлова чутливість очей. Погіршується просторове зір. Значно збільшується частота дихання, легенева вентиляція і серцева діяльність. Хвилинний обсяг дихання зростає. Деякими людьми відзначається відчуття дискомфорту, відбувається деяке зниження інтелектуальної працездатності, виникають труднощі у виконанні м'язової роботи, іноді супроводжується задишкою. При тиску 567 мм рт. ст. (Висота 2,4 км) крім зазначених змін в організмі, які спостерігаються при тиску 690-626 мм рт. ст., додатково можуть виникати більш виражені емоційні зрушення: байдужість, сонливість, млявість, дратівливість (або навпаки самовдоволення, ейфорія), зниження самокритичності, зниження працездатності на 20-25%, збільшення обсягу легеневої вентиляції на 3-5% в порівнянні з наземними умовами. Людині, що знаходиться в умовах тиску 567 мм рт. ст., потрібні кілька великі вольові зусилля, ніж при виконанні однотипних завдань в наземних умовах. Можуть мати місце сповільненість мислення, загальмованість, труднощі запам'ятовування і інші явища, а також з'являються помилкові дії, зменшується здатність організму протистояти іншим чинним ззовні факторів.

Можуть сповільнюватися окремі дії, пов'язані з розумовою діяльністю, координацією рухів і ін. Може з'явитися відчуття дискомфорту, зниження здатності тривалого зосередження уваги на виконанні будь-якого завдання, погіршитися точність тонко координованих рухів. збільшення обсягу легеневої вентиляції на 3-5% в порівнянні з наземними умовами. Людині, що знаходиться в умовах тиску 567 мм рт. ст., потрібні кілька великі вольові зусилля, ніж при виконанні однотипних завдань в наземних умовах. Можуть мати місце сповільненість мислення, загальмованість, труднощі запам'ятовування і інші явища, а також з'являються помилкові дії, зменшується здатність організму протистояти іншим чинним ззовні факторів. Можуть сповільнюватися окремі дії, пов'язані з розумовою діяльністю, координацією рухів і ін. Може з'явитися відчуття дискомфорту, зниження здатності тривалого зосередження уваги на виконанні будь-якого завдання, погіршитися точність тонко координованих рухів. збільшення обсягу легеневої вентиляції на 3-5% в порівнянні з наземними умовами. Людині, що знаходиться в умовах тиску 567 мм рт. ст., потрібні кілька великі вольові зусилля, ніж при виконанні однотипних завдань в наземних умовах. Можуть мати місце сповільненість мислення, загальмованість, труднощі запам'ятовування і інші явища, а також з'являються помилкові дії, зменшується здатність організму протистояти іншим чинним ззовні факторів. Можуть сповільнюватися окремі дії, пов'язані з розумовою діяльністю, координацією рухів і ін. Може з'явитися відчуття дискомфорту, зниження здатності тривалого зосередження уваги на виконанні будь-якого завдання, погіршитися точність тонко координованих рухів. потрібні кілька великі вольові зусилля, ніж при

виконанні однотипних завдань в наземних умовах. Можуть мати місце сповільненість мислення, загальмованість, труднощі запам'ятовування і інші явища, а також з'являються помилкові дії, зменшується здатність організму протистояти іншим чинним ззовні факторів. Можуть сповільнюватися окремі дії, пов'язані з розумовою діяльністю, координацією рухів і ін. Може з'явитися відчуття дискомфорту, зниження здатності тривалого зосередження уваги на виконанні будь-якого завдання, погіршитися точність тонко координованих рухів. зменшується здатність організму протистояти іншим чинним ззовні факторів. Можуть сповільнюватися окремі дії, пов'язані з розумовою діяльністю, координацією рухів і ін. Може з'явитися відчуття дискомфорту, зниження здатності тривалого зосередження уваги на виконанні будь-якого завдання, погіршитися точність тонко координованих рухів. зменшується здатність організму протистояти іншим чинним ззовні факторів. Можуть сповільнюватися окремі дії, пов'язані з розумовою діяльністю, координацією рухів і ін. Може з'явитися відчуття дискомфорту, зниження здатності тривалого зосередження уваги на виконанні будь-якого завдання, погіршитися точність тонко координованих рухів.

Звичайно, у тренуваних і акліматизованих осіб психофізіологічні реакції в цих умовах будуть дещо іншими. Однак, незважаючи на ряд змін, які відбуваються в організмі нетренованої людини в умовах підтримки барометричного тиску, відповідного висот від 0,8 км і до 2,4 км, людина задовільно справляється з тим недоліком кисню, який має місце в зазначених умовах. Більшість реакцій організму людини носить пристосувальний характер, хоча на висотах 1,6-2,4 км організм людини знаходиться в більш напруженому стані, ніж на висотах 0,8-1,6 км, і його працездатність знижується також більшою мірою.

Висоти від 0 до 2,4 км багато дослідників вважають для здорової людини зонами повної компенсації.

Більш виражені функціональні зміни в організмі починають з'являтися на висотах 2,6-3,0 км. На зазначених висотах ще більше збільшується хвилинний обсяг легеневої вентиляції, частота серцевих скорочень, хвилинний обсяг крові, підвищується артеріальний тиск крові і настає ще ряд інших функціональних змін. Легенева вентиляція на висоті 3 км збільшується на 6-12%. Крім цього починають з'являтися більш виражені явища загальної млявості, сонливості, задишка при виконанні м'язової роботи, відчуття тяжкості в голові, іноді запаморочення і інші явища, т. Е всі ознаки так званої висотної хвороби. Людина відчуває труднощі проведення різних розрахунків, в рішенні задач і т. Д. Має місце відчуття дискомфорту Насичення крові киснем на висоті 2,6 км в стані спокою становить 90,1-89,5%, при фізичному нарузке- 85,2-83 ,

2. Основні етапи забезпечення захисту від впливу ілюзії

Повітряне середовище в ряді випадків піддає пілотів суворим випробуванням на зрілість і майстерність, що не прощаючи їм навіть малих помилок. Раптові погіршення погодних умов і видимості в польоті, вплив пілотажних перевантажень, турбулентних збурень атмосфери, порушення передпольотного режиму відпочинку в ряді випадків викликають у абсолютно здорових пілотів порушення сенсорної сфери і сприйняття. Найбільш

небезпечною формою цих розладів є втрата просторового орієнтування льотчика в польоті. Іншим різновидом названих станів може бути виникнення хвороби руху в польоті. Зазначені стани можуть проявитися, наприклад, в зорових ілюзіях, викривленому сприйнятті льотчиком напрямку сили земного тяжіння або гравітаційної вертикалі, 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 вилитися в повну безпорадність і неспроможність пілота ефективно і безпечно керувати літаком. Слід підкреслити також, що проблема порушень просторового орієнтування в польоті за своєю значимістю і можливим небезпечним наслідків стоїть в одному ряду з проблемою гіпергравітаційного розладів свідомості у льотного складу високоманевреної тактичної авіації. У найнесприятливіших випадках ці стани можуть вилитися в повну безпорадність і неспроможність пілота ефективно і безпечно керувати літаком. Слід підкреслити також, що проблема порушень просторового орієнтування в польоті за своєю значимістю і можливим небезпечним наслідків стоїть в одному ряду з проблемою гіпергравітаційного розладів свідомості у льотного складу високоманевреної тактичної авіації. У найнесприятливіших випадках ці стани можуть вилитися в повну безпорадність і неспроможність пілота ефективно і безпечно керувати літаком. Слід підкреслити також, що проблема порушень просторового орієнтування в польоті за своєю значимістю і можливим небезпечним наслідків стоїть в одному ряду з проблемою гіпергравітаційного розладів свідомості у льотного складу високоманевреної тактичної авіації.

В авіаційній психофізіології найбільш поширеним і загальноприйнятим визначенням порушення просторового орієнтування пілота в польоті є характеристика лікаря-льотчика Кента Гіллінгема (1992), який описав названий синдром як "помилкове відчуття льотчиком свого просторового положення і руху щодо площини земної поверхні". Це визначення охоплює всі випадки спотвореного і помилкового сприйняття льотчиком просторового положення свого літака по кутах тангажа, крену і висоті польоту. Досвід свідчить, що практично кожній здоровій льотчику протягом своєї льотної кар'єри доводилося переживати більш-менш м'які форми цього незвичайного стану в польоті. Однак в самих виражених проявах порушення просторового орієнтування (НУО) пов'язане з важкими наслідками для безпеки польотів і навіть фатальними наслідками. Дослідження голландських авіаційних лікарів (Куіперс, 1990) показали, що 30% льотчиків винищувальної авіації країни за всю свою жизнь, по крайній мере, одноразово відчували в польоті тяжкі порушення просторового орієнтування (НУО), причому на кожні 300 годин сумарного нальоту літаків цього відомства реєструвалося одна трагічна подія, викликане безпосередньо порушенням просторового орієнтування льотчика. У ВПС і авіації ВМС США в 1980 - 1990 роки на частку порушень просторового орієнтування льотчиків у польоті випадало 15 - 20% всіх льотних пригод класу А з загибеллю людей і обсягами збитків, що перевищує сотні мільйонів доларів.

Порушення просторового орієнтування (НУО) по Гіллінг (1992)

класифікуються на 3 основні типи:

- тип I охоплює неусвідомлені або непізнані порушення,
- тип II - усвідомлені порушення
- тип III - порушення просторового орієнтування з повною втратою

працездатності льотчика.

Перший тип описує порушення просторового орієнтування, коли льотчик по своїх відчуттів переконаний в тому, що пілотований їм 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, які суперечать внутрішнім соматичним відчуттям льотчика про благополучне ході польотного завдання, можуть залишитися непоміченими через перевантаженість пілота або відволікання уваги від завдань пілотування 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 (НУО-I),

Другий тип порушень просторового орієнтування (НУО-II) описує стан усвідомленого льотчиком сенсорного конфлікту, коли він виразно спостерігає невідповідність показань пілотажно-навігаційних приладів тому суб'єктивному відчуття і сприйняття, які відчувають він (вона), його (її) психіка, органи чуття і аналізаторні системи. У ряді випадків льотчик може відкидати такий прояв НВО, приписуючи розбіжності власних відчуттів про просторове положення літака з показаннями пілотажно-навігаційних приладів відмови останніх (що практично малоймовірно при досягнутому рівні високої надійності і науково-технічного прогресу сучасному приладобудуванню).

Третій тип (НВО - III) охоплює ті випадки порушень просторового орієнтування НУО, коли льотчик віддає собі звіт в цьому стані, але не здатний з нього вийти в результаті повної дезорганізації взаємодії зорового, вестибулярного і рухового аналізу-торів в польоті, наприклад, при виникненні неконтрольованого ністагму очей через обертання літака в штопор або нездатність виконати цілеспрямоване рухове дію, наприклад, при переживанні феномена "гігантської руки" - особливого психічного стану, котре випробовується льотчиком як повний відрив від кабіни літака і втручання в управління польотом деяких потойбічних сил. Хоча порушення просторового орієнтування II і III типів, на відміну від НПО I типу, в цілому вважаються менш ймовірними подіями і причинами льотних пригод,

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

3. Зорові ілюзії як причина НВО.

Різні зорові ілюзії як причинні фактори НПО традиційно розглядаються з позицій взаємодії центрального (фокусированного) і периферичного (окружаю-ного) полів зору пілота. Завданням центрального поля зору є виборча пошукова діяльність і розпізнавання об'єктів зовнішнього світу. Завданням периферичного зору, що охоплює всі зорове поле і його найбільш віддалені сегменти, є забезпечення пілота оцінки положення лінії природного горизонту і опорних візуальних орієнтирів на поверхні землі, які він сприймає в своєму поданні повітряного простору нерухожими. Периферичний поле зору, взаємодіючи з механізмами сприйняття, глазоувгательной регуляції і підтримання функцій рухового рівноваги і пози, сприяє збереженню в мозку льотчика вертикальної орієнтації об'єктів зовнішнього світу, незважаючи на постійну зміну картини зорового поля при переміщенні його власного тіла в різних напрямках. На відміну від цього центральне зорове поле, володіючи високою роздільною здатністю зору, забезпечує льотчику селективну переробку зорових сигналів, що залучають його / її увагу, зчитування букв і цифр, цветоразличение висвічується на дисплеях параметрів польоту, і глибинний окомір - визначення видалення до цілей на поверхні. В рамках "всеохватного" периферичного зору фундаментальним механізмом його виникнення і розвитку НУО є втрата або спотворення в умовах зниженої видимості сприйняття льотчиком "природних" опорних точок відліку свого просторового положення щодо земної поверхні, і, в першу чергу лінії природного горизонту. Сказане означає, що "відсікання" периферичного зору льотчика від центрального, викликане погіршенням погодних умов або астрономічної зміною режимів освітлення (день, ніч) змушує льотчика заміщати втрату опорних точок лінії природного горизонту в оцінці просторового положення пілотованого літака власним уявним поданням і відображенням, яке він формує шляхом послідовного,

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 льотчика, і часто нездатний забезпечити безумовне, незаперечне "домінування" зорового аналізатора над іншими незорових (наприклад, вестибулярними) або неінструментальними стимуляціями просторового положення.

4. Форми і види зорових ілюзій НВО.

Найбільш поширеними формами і різновидами зорових ілюзій пілотів є ілюзії, викликані спотворенням або повною втратою картини периферичного поля зору, пов'язаної в першу чергу 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. Подібними є ілюзії помилкового горизонту, викликані сприйняттям нахилу рельєфу пролетаємої місцевості або нахилу лінії полярних сяїв. Добре відомими прикладами

сприйняття помилкового горизонту за кутом тангажа є пілотування літака в нічних умовах над береговою лінією, яка в горизонтальному польоті сприймається пілотом віддаляється під літаком аналогічно тому, як змінюється положення лінії природного горизонту при наборі 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. Нахил однієї зі стін високогірного ущелини чималій площі і протяжності може викликати у пілота хибне сприйняття положення лінії природного горизонту або неправильну оцінку кута піднесення рельєфу місцевості. Нарешті, спотворені градієнти освітленості хмарного покриву, коли порушена звична сприйняття пілота структура розподілу освітленості зорового поля з домінуванням просвітлених зон у верхній частині повітряного простору і затемнених зон поблизу нижньої кромки хмари, можуть викликати у нього стійку і нездоланну ілюзію польоту в перевернутому положенні. Двома найбільш відомими різновидами ілюзій спотвореного градієнта освітленості зорового поля, що провокують подібні зорові ілюзії, є:

1) політ над водною поверхнею в напрямку хмарного фронту при низьких кутах піднесення сонця над лінією природного горизонту, коли на відміну від освітленого дзеркала води хмарним покривом затемнений небосхил і

2) політ в хмарах при низьких кутах піднесення сонця щодо лінії того ж горизонту з вираженим порушенням градієнта освітленості, коли також затемнена верхня частина небосхилу.

Дуже небезпечно для пілотів і повне зникнення зорових орієнтирів периферичного внекабінного простору. В денних умовах польотів в зоні пустель, пилова буря, Сдув піщаних частинок і утворення хмари пилу під напором повітряного потоку від обертових лопатей ротора вертольота створюють ситуації незрозумілого просторового положення, іменовані пілотами "жовтої пеленою". У 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. Слабо промальовані або нерегулярний рельєф місцевості може нейтралізувати позитивний ефект монокулярних орієнтирів глибинного окоміру льотчиків, якими є градієнти текстури ґрунту і злиття ліній перспективи, що допомагають пілотам правильно оцінювати висоту і видалення літака, наприклад, від виступаючих за курсом польоту гірських кряжів, екранованих падаючими під прямим кутом променями сонячного світла. Нічні умови польоту також можуть зруйнувати сприйняття опорних орієнтирів наземного простору за рахунок "розмивання" лінії природного горизонту, контурів рельєфу місцевості і злиття наземних вогнів освітлення зі світлом зірок. Знижені умови освітленості вночі можуть спровокувати НВО у пілотів при виробництві дозаправки в повітрі, польотах у складі групи, при використанні в польоті цветосігнальних пристроїв (ракет) і безлічі інших аналогічних ситуацій, коли пілот спостерігає візуальні орієнтири, які рухаються незалежно від лінії природного горизонту і площини

земної поверхні. Зорову роботу льотчика в нічному польоті ускладнюють і світлові відблиски на пілотажно-навігаційних приладах. Особливу складність представляє виконання заходу на посадку вночі, в безорієнтирною просторі, коли у льотчика виникає ілюзія "чорної діри", яка проявляється в тому, що, спостерігаючи контури ізольованою злітно-посадкової смуги, він виробляє посадку з недолітом до її торця. Ілюзія "чорної діри" під час заходу на посадку особливо небезпечна при поєднанні з злітно-посадковою смугою звуженого по ширині розміру, або побудованої з ухилом на піднесення її далекого торця, а також при наявності підноситься за межами далекого кінця злітно-посадкової смуги рельєфу місцевості. Складні метеоумови (дощ, туман) обтяжують цю ілюзію. Зорову роботу льотчика в нічному польоті ускладнюють і світлові відблиски на пілотажно-навігаційних приладах. Особливу складність представляє виконання заходу на посадку вночі, в безорієнтирною просторі, коли у льотчика виникає ілюзія "чорної діри", яка проявляється в тому, що, спостерігаючи контури ізольованою злітно-посадкової смуги, він виробляє посадку з недолітом до її торця. Ілюзія "чорної діри" під час заходу на посадку особливо небезпечна при поєднанні з злітно-посадковою смугою звуженого по ширині розміру, або побудованої з ухилом на піднесення її далекого торця, а також при наявності підноситься за межами далекого кінця злітно-посадкової смуги рельєфу місцевості. Складні метеоумови (дощ, туман) обтяжують цю ілюзію. Особливу складність представляє виконання заходу на посадку вночі, в безорієнтирною просторі, коли у льотчика виникає ілюзія "чорної діри", яка проявляється в тому, що, спостерігаючи контури ізольованою злітно-посадкової смуги, він виробляє посадку з недолітом до її торця. Ілюзія "чорної діри" під час заходу на посадку особливо небезпечна при поєднанні з злітно-посадковою смугою звуженого по ширині розміру, або побудованої з ухилом на піднесення її далекого торця, а також при наявності підноситься за межами далекого кінця злітно-посадкової смуги рельєфу місцевості. Складні метеоумови (дощ, туман) обтяжують цю ілюзію. Особливу складність представляє виконання заходу на посадку вночі, в безорієнтирною просторі, коли у льотчика виникає ілюзія "чорної діри", яка проявляється в тому, що, спостерігаючи контури ізольованою злітно-посадкової смуги, він виробляє посадку з недолітом до її торця. Ілюзія "чорної діри" під час заходу на посадку особливо небезпечна при поєднанні з злітно-посадковою смугою звуженого по ширині розміру, або побудованої з

ухилом на піднесення її далекого торця, а також при наявності підноситься за межами далекого кінця злітно-посадкової смуги рельєфу місцевості. Складні метеоумови (дощ, туман) обтяжують цю ілюзію. спостерігаючи контури ізольованою злітно-посадкової смуги, він виробляє посадку з недольотом до її торця. Ілюзія "чорної діри" під час заходу на посадку особливо небезпечна при поєднанні з злітно-посадковою смугою звуженого по ширині розміру, або побудованої з ухилом на піднесення її далекого торця, а також при наявності підноситься за межами далекого кінця злітно-посадкової смуги рельєфу місцевості. Складні метеоумови (дощ, туман) обтяжують цю ілюзію. спостерігаючи контури ізольованою злітно-посадкової смуги, він виробляє посадку з недольотом до її торця. Ілюзія "чорної діри" під час заходу на посадку особливо небезпечна при поєднанні з злітно-посадковою смугою звуженого по ширині розміру, або побудованої з ухилом на піднесення її далекого торця, а також при наявності підноситься за межами далекого кінця злітно-посадкової смуги рельєфу місцевості. Складні метеоумови (дощ, туман) обтяжують цю ілюзію.

В цілому центральне поле зору включається в процес просторового орієнтування пілота, коли утруднюється або виключається діяльність його периферичного поля зору. Однак, трапляються випадки, коли центральне поле зору домінує над незатруднене впливом метеофакторів або добових коливань освітленості діяльністю периферичного поля зору, що в авіаційній психофізіології позначається терміном "константність зорового сприйняття". Ця здатність забезпечує пілоту збереження глибинного окоміру, проте злітно-посадочні смуги звуженою ширини або лісистий покрив з атиповий низкорослих дерев можуть спровокувати порушення цієї важливої зорової функції

5. Ілюзії приладового польоту при веденні пілотом просторового орієнтування по авіаційному горизонту.

Вище було сказано, що просторова орієнтування льотчика в польоті є в значній мірі метеозалежних або метеочутливих функцією. Наземні візуальні орієнтири внекабінного простору є для пілота наочними, первопріоритетними, найважливішими сигналами оцінки свого просторового положення. Інструментальні сигнали польоту, адресовані когнітивної сфері (по І. П. Павлову - другосигнальних системі кори великих півкуль) пілота пілотно-навігаційними приладами і дисплеями, і нездатні стати повноцінною заміною сприймаються візуально первосигнальні стимули при визначенні-ня просторового положення літака, є штучною, нав'язаною умовами по-роки формою відображення повітряної обстановки, коли умови зниженої видимості затруд-ють або виключають його прямий візуальний контакт із землею,

Авіаційний горизонт є інструментальним аналогом, штучним замінником лінії природного горизонту і використовується пілотом при переході з режиму візуального пілотування в режим приладового польоту. За конструктивним рішенням шкал відліку кутів крену і тангажа розрізняють 2 основних типи

названого індикатора: прямий, з нерухомим індексом літака, відображуваного в площині поперечного перерізу (вид з хвоста) на тлі рухомий сферичної фігури, в якій небосхил кодований кольором світлих тонів, земля - кольором темних тонів, і зворотний, в якому лінія горизонту нерухомо фіксована, а індекс літака обертається по осі крену. Пряма індикація символічно відтворює картину змін лінії природного горизонту, яку пілот може спостерігати в візуальному польоті в процесі оцінки просторового положення свого літака по наземним опорним орієнтирам рельєфу місцевості. Зворотній індикація більшою мірою інтуїтивно відтворює льотчику в кабіні картину еволюцій керованого по осі крену літака на тлі нерухомої лінії природного горизонту. Концептуальне рішення зворотної індикації просторового положення літака апіорно ототожнює лінію природного горизонту з положенням лінії вододілу між прозорим ліхтарем (лобовим склом) і нижньої непрозорою частиною (приладової дошки і бортів) кабіни літака, а вертикаль кабіни - з нейтральним становищем ручки (штурвала) управління літального апарату. Розробники авіаційного приладобудування країн Заходу традиційно тяжіють до концепції прямої індикації кутових координат просторового положення літака, тоді як російські приладобудівники при обладнанні літаків військової авіації віддають перевагу зворотної, а точніше - змішаної або роздвоєною індикації авіагоризонту: з фіксованою лінією горизонту - для відліку в точках перетину з цифровими індикантами нерухомою шкали кутів крену лівого або правого "крилець" обертового індексу літака, і з рухомим, розщепленим від фіксованої лінії авіагоризонту центральним фрагментом, що переміщається разом з оцифрованими ризиками шкали тангажа барабана строго вгору або вниз щодо жорстко фіксованою осі обертання індексу індексу літака по крену - для відліку кутів тангажа.

Мініатюризація систем відображення польотної інформації, яка отримала широкий розвиток і повсюдне визнання в створенні та впровадженні на борт літаків коліматорних авіаційних індикаторів з напівпрозорих тканин, стимулювала до життя в авіаційній психології, особливо в останні роки, запеклі суперечки про переваги прямого і зворотного індикації просторового положення літака. Прихильники кожної з концепцій відстоюють переваги однієї і заперечують право на існування іншої, доходючи до тверджень про неможливість використання кожної з них у вирішенні завдань просторового орієнтування льотчика в польоті і вимог відстороняти від польотів авіаційних спеціалістів, схильних віддавати безкомпромісне перевагу і підтримку кожної з названих концепцій.

Суперечлива оцінка переваг і недоліків прямої і зворотної індикації кутових координат просторового положення літака, висловлювана різними льотчиками-випробувачами, професійними пілотами військової та цивільної авіації, авіаційними психологами, наводить на думку про те, що просторова орієнтування льотчика є непросте відчуття свого положення і руху в тривимірній повітряному середовищі, а складний, безперервний, динамічний і багатовимірний процес, в якому чітко вимальовуються, по крайній мере, два складових підпростору: одне - всередині кабіни і інше - за її межами (лінія

природного горизонту). Коли умови зниженої видимості виключають візуальний контакт льотчика з землею, його опорними орієнтирами горизонтального положення стає лінія вододілу між склінням (верх) і непрозорими елементами конструкції кабіни (приладова дошка, бортові щитки, підлога - низ) і доповнює їх вертикаль нейтрального положення ручки управління. Цей висновок підтверджується тим, в переобраним польоті припиняється пошуково-дослідницька діяльність пілота з визначення місця розташування лінії природного горизонту активними рухами шийної мускулатури і голова льотчика через виключення шийного оптико-кінетичного рефлексу перестає відхилятися по осях крену і тангажа, встановлюючи в нейтральне положення по зоровій вертикалі кабіни. Саме на ці орієнтири і переключається льотчик при відліку просторового положення пілотованого літака по розі крену. Даний факт знаходить багаторазове підтвердження в матеріалах розслідування льотних пригод зарубіжних дослідників, які описали чимало випадків, коли опинившись в складному або незрозумілому просторовому положенні в системі прямої індикації, пілот починає "ганяти" ручкою (штурвалом) рухому лінію авіагоризонту і виводить літак на режими повної втрати керованості. Цей же висновок підтверджується і в висловлюваннях вітчизняних випробувачів авіаційної техніки, які помітили, що пілотування по авіагоризонт зі зворотним індикацією просторового положення літака неминуче супроводжується феноменом "подвійної помилки" за кутом крену, коли на дисплеї індексом літака на авіагоризонт кут правого або лівого крену, скажімо в 25° , відповідає фактичному стану крену літака щодо земної поверхні в 50° , що льотчик виявляє миттєво при перенесенні погляду з приладової дошки на наземні орієнтири. Ця помилка закладена в самій інтуїтивною конструкції авіагоризонту зі зворотним індикацією крену, оскільки нерухома шкала крену, як і вся приладова дошка, відхиляються при введенні літака в крен, і рухливий індекс літака, дублюючи положення гіроскопічного дзиги, незмінно відображає занижені показання кута крену по приладу. Факт відліку льотчиками кутів крену в точках перетину лівого або правого "крилець" літакового індексу на круговій шкалі авіагоризонту зі зворотним індикацією був відстежено в моделюється польоті при використанні кінозйомки рухів очей льотчика за допомогою взглядоотметчика японської фірми NAC. Ця помилка закладена в самій інтуїтивною конструкції авіагоризонту зі зворотним індикацією крену, оскільки нерухома шкала крену, як і вся приладова дошка, відхиляються при введенні літака в крен, і рухливий індекс літака, дублюючи положення гіроскопічного дзиги, незмінно відображає занижені показання кута крену по приладу. Факт відліку льотчиками кутів крену в точках перетину лівого або правого "крилець" літакового індексу на круговій шкалі авіагоризонту зі зворотним індикацією був відстежено в моделюється польоті при використанні кінозйомки рухів очей льотчика за допомогою взглядоотметчика японської фірми NAC. Ця помилка закладена в самій інтуїтивною конструкції авіагоризонту зі зворотним індикацією крену, оскільки нерухома шкала крену, як і вся приладова дошка, відхиляються при введенні

літака в крен, і рухливий індекс літака, дублюючи положення гіроскопічного дзиги, незмінно відображає занижені показання кута крену по приладу. Факт відліку льотчиками кутів крену в точках перетину лівого або правого "крилець" літакового індексу на круговій шкалі авіагоризонту зі зворотним індикацією був відстежено в моделюється польоті при використанні кінозйомки рухів очей льотчика за допомогою взглядоотметчіка японської фірми NAC. незмінно відображає занижені показання кута крену по приладу. Факт відліку льотчиками кутів крену в точках перетину лівого або правого "крилець" літакового індексу на круговій шкалі авіагоризонту зі зворотним індикацією був відстежено в моделюється польоті при використанні кінозйомки рухів очей льотчика за допомогою взглядоотметчіка японської фірми NAC. незмінно відображає занижені показання кута крену по приладу. Факт відліку льотчиками кутів крену в точках перетину лівого або правого "крилець" літакового індексу на круговій шкалі авіагоризонту зі зворотним індикацією був відстежено в моделюється польоті при використанні кінозйомки рухів очей льотчика за допомогою взглядоотметчіка японської фірми NAC.

Таким чином, включення механізму внутрікабінної фіксації периферичного поля зору при погіршенні видимості змушує льотчика вести відлік просторового положення літака, зіставляючи положення всіх рухливих індексів і стрілочних елементів дисплеїв з положенням візуальної горизонталі і візуальної вертикалі кабіни, що підтверджується, як зазначалося вище, стабільної орієнтацією його голови і тулуба. У цій системі відліку льотчику зручніше працювати зі зворотним індикацією просторового положення. І, навпаки, переключення зорової уваги льотчика на визначення місця розташування лінії природного горизонту в візуальному польоті, коли він вирівнює положення голови і очей з лінією природного горизонту в межах доступної йому амплітуди відхилень голови $\pm 15^\circ$, полегшує йому оцінку просторового положення пілотованого літака по авіагоризонт з прямою індикацією, оскільки вона збігається з положенням і рухами лінії природного горизонту. Сказане вище дає підставу припустити і запідозрити, що при пілотуванні літака в складних метеоумовах по Коліматорні авіаційному індикатору з його мініатюрними і рухливими світяться індикантами, сфокусованими на нескінченність, льотчик також може вести відлік просторового положення літака по опорним візуальним орієнтирам рами або ліхтаря кабіни, що здатне завести його в скрутну ситуацію незрозумілого просторового положення.

Будучи інтуїтивними за своїм початковим задумом, обидві системи індикації просторового положення літака по авіагоризонт як з прямим, так і з зворотним відображенням лінії природного горизонту в польоті, не в змозі дати льотчику надійне, переконливе відображення просторового положення літака в складних метеорологічних умовах, коли необхідно вести безперервну просторове орієнтування, особливо при пілотуванні на великих кутах атаки. Можна припустити лише, що інтуїтивне уявлення просторового положення літака по авіагоризонт з прямою індикацією нахилу лінії природного горизонту

в більшій мірі відповідає ситуації виходу літака з приладового польоту в режим візуального, тоді як інтуїтивне відображення просторового положення літака по авіагоризонт зі зворотним індикацією відповідає ситуації переходу літака з візуального польоту в режим пілотування за приладами. Роботи американських дослідників (льотчик Уилльям Ерколайн і авіаційний психолог Фред Превік 1999), які проводили порівняльну оцінку ефективності обох систем індикації по виходу пілота з незрозумілого просторового положення, дають підстави для таких припущень. Експериментатори встановили, що авіагоризонт зі зворотним індикацією кутів крену дозволяє льотчику вже першим рухом ручки управління (завдяки сумісності її відхилень по боковому каналу з очікуваними льотчиком змінами кутового положення по крену) визначити справжнє поточний стан пілотованого літака, і в цьому криється його незаперечну перевагу. Дослідники, посиляючись на висновки своїх попередників, показали, що вихід з цього суперечливого положення може бути знайдений в реалізації принципу частотного поділу прямого і зворотного систем індикації лінії штучного горизонту. Сказане означає, що при частих і швидких втручаннях льотчика в керування літаком, інтелектуальна автоматика включає авіагоризонт в режим зворотної індикації, і, навпаки, при плавних, рідкісних втручаннях льотчика в систему управління, автоматика переводить авіагоризонт в режим прямої індикації.

Однак недосконалість двовимірного відображення просторового положення літака на авіагоризонт з прямого і зворотного індикацією кутів крену змушує льотчика звертатися до наземним орієнтирам для визначення справжнього стану свого літака, наприклад, по видаленню від мети або для звірки навігаційних орієнтирів прольотаємой місцевості. Сказане означає, що льотчик переходить на іншу систему відліку просторових координат пілотованого літака, перш за все, по лінії природного горизонту.

Слід зауважити, що сприйняття зміни просторового положення тіла і керованого літака в значній мірі може залежати і від висоти польоту. Наближення літака до землі і наземних орієнтирах перетворює її в потужний первосігнальний фон, на якому літак сприймається як окрема фігура. При фіксації погляду на наземних орієнтирах місцевості, з включенням механізмів глибинного окоміру, він буде відчувати еволюції літака по крену як своє власне і свого літака переміщення в просторі.

При фіксації же погляду на опорних орієнтирах всередині кабіни периферичний поле зору сприйматиме еволюції літака по розі крену як обертання лінії природного горизонту і наземних орієнтирів. Зі сказаного можна зробити висновок, що процес просторового орієнтування льотчика в польоті реалізується через послідовне чергування візуальних механізмів когнітивного опитування центральним полем зору пілотажно-навігаційних приладів з фіксацією периферичним горизонталі по вододілу між прозорими і непрозорими елементами робочої кабіни і візуальних механізмів далекого глибинного зору з фіксацією точок відліку просторового положення літака на нерухомій лінії природного горизонту. Таке переключення і чергування двох

систем відліку просторового положення літака і становить основний зміст просторового орієнтування льотчика, її істота і стрижень. Представлені міркування підкріплюються дослідженнями просторового орієнтування космонавтів в тривалих польотах, де домінуючу роль відіграє діяльність зорового аналізатора. Добре відома роль опорних орієнтирів природного горизонту в походженні зорової ілюзії Місяця, вперше описаної російським фізиком-оптиком С. І. Вавілова: поблизу лінії природного горизонту розміри небесного супутника Землі сприймаються у багато разів перевищує його справжні константні розміри в порівнянні з тим, коли він знаходиться в безорієнтирною просторі в зеніті. Представлені міркування підкріплюються дослідженнями просторового орієнтування космонавтів в тривалих польотах, де домінуючу роль відіграє діяльність зорового аналізатора. Добре відома роль опорних орієнтирів природного горизонту в походженні зорової ілюзії Місяця, вперше описаної російським фізиком-оптиком С. І. Вавілова: поблизу лінії природного горизонту розміри небесного супутника Землі сприймаються у багато разів перевищує його справжні константні розміри в порівнянні з тим, коли він знаходиться в безорієнтирною просторі в зеніті. Представлені міркування підкріплюються дослідженнями просторового орієнтування космонавтів в тривалих польотах, де домінуючу роль відіграє діяльність зорового аналізатора. Добре відома роль опорних орієнтирів природного горизонту в походженні зорової ілюзії Місяця, вперше описаної російським фізиком-оптиком С. І. Вавілова: поблизу лінії природного горизонту розміри небесного супутника Землі сприймаються у багато разів перевищує його справжні константні розміри в порівнянні з тим, коли він знаходиться в безорієнтирною просторі в зеніті.

Таким чином, авіаприборостроїтелям, авіаційним психологам і лікарям належить провести великий обсяг науково-дослідних робіт з визначення оптимальних режимів індикації просторового положення літака, вибору найкращих комбінацій приладовій і візуальної оцінки кутових просторових координат літального апарату, що пом'якшують або виключають розлад просторового орієнтування льотчика в польоті.

6. Вестибулярні ілюзії як причина НВО.

Вестибулярна система складається з 2 великих комплектів чутливих органів або датчиків просторового положення тіла людини: 6 півколових каналів (по одній парі в кожній з 3 взаємно перпендикулярних площин руху зліва і справа) і 4 отолітової органів (1 маточки і 1 мішечка з кожного боку). Півкруглі канали відіграють роль датчиків кутових прискорень при рухах голови людини. Вони стимулюються запізним переміщенням ендолімфатичної рідини, рух якої призводить до відхилення волосяних клітин, прикріплених до желеподібним освіти, званому купуле. Отолітової органи завдяки відносно щільним кристалам вуглекислого кальцію на своїх мембранах реагують на зміни лінійних прискорень або рухів голови щодо гравітаційної вертикалі. Вестибулярна система має безліч проекцій і тісно пов'язана з периферичних

полем зору в коркових представництвах центральної нервової системи. Вона по суті є доповненням і продовженням периферичного зору людини, що забезпечує просторове орієнтування його тіла і пози відносно площини земної поверхні і підтримує зір, перцептивно-рухову активність за рахунок гравітоінерціальної стимуляції своїх рецепторів.

Вестибулярна система є ідеальним органом для забезпечення координації руху людини по землі, наприклад, при ходьбі і поворотах 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 сек 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 секунд від моменту, коли вона початково обурення, лабіринтові канали можуть просигналізувати поворот голови в протилежну сторону при уповільненні константної швидкості кутового обертання. Аналогічно півкруглим каналах отолитової рецептори правильно інформують вищі нервові центри людини про швидкість руху його голови в просторі, якщо сигнал лінійного прискорення триває менше 1 - 2 секунд, тоді як зміщення отолитової мембрани протягом більш тривалого інтервалу часу відчувається людиною як відхилення голови від гравітаційної вертикалі. Таким чином, надмірна інерційність чутливих елементів вестибулярного органу льотчика при тривалих впливах кутових і лінійних прискорень є основним джерелом вестибулярних ілюзій НВО в польоті. тоді як зміщення отолитової мембрани протягом більш тривалого інтервалу часу відчувається людиною як відхилення голови від гравітаційної вертикалі. Таким чином, надмірна інерційність чутливих елементів вестибулярного органу льотчика при тривалих впливах кутових і лінійних прискорень є основним джерелом вестибулярних ілюзій НВО в польоті.

7. Форми і види вестибулярних ілюзій НВО.

Гіллінгем і Превік розрізняють 2 різновиди вестибулярних ілюзій: що викликаються кутовими прискореннями та лінійними прискореннями. Слід зауважити, однак, що в багатьох випадках вестибулярні ілюзії від впливу кутових і лінійних прискорень часто поєднуються з візуальними ілюзіями НПО.

Однією з найбільш грізних ілюзій, що провокуються впливом кутових прискорень, є так звана "соматогіральная" ілюзія необоротного або "траурного штопора". В основі цієї ілюзії лежить нездатність півколових каналів адекватно інформувати вищі нервові центри просторового аналізатора пілота при

виконанні тривалого розвороту. Наприклад, для виходу з тривалої лівого плоского штопора пілот може спробувати використовувати праву педаль і навіть в тому випадку, коли цей маневр вдався, припинення обертання літака моментально викликає у нього відчуття переходу літака в правий штопор (ілюзія зворотного крену), оскільки горизонтальні півкруглі канали відчують гальмування в праву сторону. Іншим прикладом вестибулярних ілюзій від кутових прискорень є Коріолісова або "перехресна" ілюзія просторового положення, при якій рух голови в процесі безперервного розвороту призводить до зупинки руху лімфи в каналі, який вийшов з площини руху і викликає ілюзію руху в площині, перпендикулярній площині "відключити" каналу (наприклад, нахил голови по осі тангажа під кутом в 90° при обертанні людини в горизонтальній площині нишпорення, може спровокувати відчуття крену, оскільки горизонтальні канали, які опинилися в площині крену, відчують стимуляцію від гальмування ендолімфи, як тільки вони виходять з площини обертання по осі нишпорення). Ілюзії НПО від впливу кутових прискорень вельми поширені у пілотів авіації загального призначення, але вони вважаються менш небезпечними у пілотів високоманеврових літаків, у яких кутові швидкості розвороту нижче аналогічних показників літаків малої авіації.

Найбільш характерні ілюзії НВО від впливу лінійних прискорень польоту викликаються:

1. Відхиленням вектора результуючої гравітоінерціальної сили від положення істинної гравітаційної вертикалі і
2. 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 НВО від впливу лінійних прискорень є "соматогравіческа" ілюзія, яка відчувається пілотом в процесі зльоту і набору висоти як політ на надмірно високих кутах тангажу і 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 днище кабіни, і може спровокувати у нього відчуття перевернутого польоту. Інший небезпечною ілюзією є вже згадувана вище "траурна спіраль", провоцируемая дією результуючої гравітоінерціальної сили, яка істотно відхилена від гравітаційної вертикалі. Ця ілюзія відчувається пілотом як горизонтальний режим польоту при виконанні тривалого маневру розвороту.

Вона обумовлена 2 основними факторами:

1. Нездатність вестибулярного органу відчувати еволюцію тривалого координованого розвороту протягом декількох секунд і
2. Накладенням на діючу силу тяжіння відцентрової гравітоінерціальної сили з внутрішньої сторони розвороту, що призводить до виникнення

результуючого гравітоінерціального вектора, що проходить через ліхтар кабіни літака.

При виведенні літака з розвороту в режим горизонтального польоту у льотчика виникає відчуття зворотного крену (крену протилежного напрямку). Якщо льотчик довіриться своїм тілесним відчуттям, він мимоволі поверне машину в положення початкового крену. Нарешті руху голови льотчика в польоті при впливі факторів макрогравітаційного поля можуть викликати ілюзію руху літака по осі тангажа або крену, оскільки на тлі інтенсивних пілотажних перевантажень при тому ж самому фактичному куті нахилу голови відбувається більш виражене розтягнення рецепторів отолитової мембрани.

Ілюзія надлишкової пілотажної перевантаження (G-excess) вважається особливо небезпечною, коли пілот дивиться вгору з внутрішньої сторони виконуваного розвороту, оскільки надмірне перерозтягнення отолитової мембрани може бути витлумачено як вихід літака з еволюції розвороту в режим горизонтального польоту. В результаті цього льотчик, щоб зберегти відчуття координованого розвороту, може ненавмисно вивести літак на ще більші кути крену. До цього слід додати, що вплив інтенсивних пілотажних перевантажень високоманевреної польоту провокує зниження працездатності льотчика за рахунок погіршення кровопостачання мозку, сітківки очей і обмеження обсягів рухів всієї м'язово-рухової сфери льотчика, включаючи такі великі інерційні маси, як голова і кінцівки льотчика. Динамічні порушення мозкового і сетчаточного 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 згаданої вище ілюзії НВО через надмірну пілотажної перевантаження. Однак візуальні і вестибулярні ефекти впливу пілотажних перевантажень залишаються невивченими. Поки можна лише стверджувати, що вони представляють основну загрозу для льотчиків високоманевреної військової та спортивної авіації і в меншій мірі - для пілотів цивільної авіації і авіації загального призначення. зміни кольоросприйняття в центральному полі зору, тоді як вестибулярні порушення проявляються у виникненні патологічних окорухових рефлексів, наприклад, пульсуючого ністагму і вже згаданої вище ілюзії НВО через надмірну пілотажної перевантаження. Однак візуальні і вестибулярні ефекти впливу пілотажних перевантажень залишаються невивченими. Поки можна лише стверджувати, що вони представляють основну загрозу для льотчиків

високоманевреної військової та спортивної авіації і в меншій мірі - для пілотів цивільної авіації і авіації загального призначення. Однак візуальні і вестибулярні ефекти впливу пілотажних перевантажень залишаються невивченими. Поки можна лише стверджувати, що вони представляють основну загрозу для льотчиків високоманевреної військової та спортивної авіації і в меншій мірі - для пілотів цивільної авіації і авіації загального призначення. Однак візуальні і вестибулярні ефекти впливу пілотажних перевантажень залишаються невивченими. Поки можна лише стверджувати, що вони представляють основну загрозу для льотчиків високоманевреної військової та спортивної авіації і в меншій мірі - для пілотів цивільної авіації і авіації загального призначення.

Хоча надійні візуальні орієнтири просторового положення літака, спостерігається-мі периферичних 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. У цих умовах у пілотів зазвичай виникають комбіновані глазовестибулярні розлади достатньо міської орієнтування, іменовані окулогіральними ілюзіями при впливі кутових прискорень і окулогравіческімі ілюзіями- при впливі лінійного прискорення, при яких настає суммація візуальних і вестибулярних обманів почуттів.

8. Висновки і перспективи вирішення проблеми НУО.

Сенсорні розлади пілотів, що провокуються впливом екстремальних факторів польоту і несприятливих метеоумов, призводять до значного зниження їх працездатності, безпеки та ефективності пілотування. Найкращим вирішенням цієї проблеми і щитом від цих загроз є ефективні пілотажно-навігаційні дисплеї, за якими високопрофесійні пілоти здатні пильно відстежувати складну повітряну обстановку польоту. Прикладом таких перспективних систем є бортова база даних топографічного рельєфу прольотаємой місцевості (цифрова геоінформаційна система), яка прив'язана до системи автоматичного залежного спостереження, супутникової навігації та інтелектуальної автоматиці. При попаданні пілотованого літака в складне просторове положення інтелектуальний автопілот виводить літальний апарат в безпечний режим горизонтального польоту і витримує його до повного відновлення нормального функціонального стану і працездатності пілота, забезпечуючи йому в кабіні повну візуалізацію повітряної обстановки і наземних орієнтирів в найнесприятливіших метеоумовах. Зазначена система вже почала впроваджуватися в винищувальної авіації ВПС Швеції і можна очікувати, що пізніше стане надбанням і цивільної авіації. Поки вразливим місцем системи залишається її нездатність завчасно впізнавати і відводити літак від зіткнення з високовольтними лініями електропередач (Уилльям Олбері, 2003). природно, що при проектуванні авіаційних приладів і систем управління конструктори повинні підходити до вирішення цього питання з урахуванням найгірших сценаріїв нестандартній ситуації польоту, а не з точки зору ідеально

підготовленого до польоту пілота. Сказане відноситься до дисплея, перемикачів, і інших елементів безпосередньої взаємодії пілота з літаком. При цьому розробники і фахівці авіаційного приладобудування повинні пам'ятати про те, що при порушенні просторового орієнтування з неминучими проявами візуально-вестибулярного конфлікту, пілот може постраждати від дезорганізації своєї інтелектуальної діяльності з виснаженням психічних ресурсів уваги, розладами усного рахунку часу, довільній регуляції керуючих рухів. Якщо в умовах лабораторного експерименту пілота для виходу зі складного просторового положення може знадобитися 1 секунда, в реальному польоті з пілотуванням по Коліматорній індикатору або пілотажно-навігаційних приладів в кабіні літаку аналогічна задача зажадає як мінімум від 5 до 10 секунд льотного часу. У таких ситуаціях з керуванням можуть і не впоратися навіть перенавчання пілоти-супермени, навички яких можуть деградувати до рівня малодосвідченого новачка-курсанта. Тому, основне завдання фахівців сучасного авіаприладобудування полягає в тому, щоб представити пілотові на дисплеї в найбільш наочному і інтуїтивному вигляді всю необхідну для ефективного і безпечного виконання польотного завдання інформацію, сумісну з природними механізмами її переробки в мозку льотчика. Необхідно розширити застосування на борту літаків систем невізуальні (наприклад, тактильної і звуковий) сенсорної інформації, а також рухової систем, які в найменшій мірі схильні до несприятливих ефектів і наслідків впливу гіпергравітаційного поля і візуально-вестибулярного конфлікту (наприклад, пальці рук). Саме створення оптимізованих систем індикації і управління польотом дозволить викоренити тяжкі наслідки НУО та пов'язаних з ними розладів сенсорно-перцептивної сфери льотчиків в польоті.

Далі розглянемо вплив польотних ілюзій на працездатність пілота.

Польотні ілюзії в хмарах спостерігаються найбільш часто.

Ілюзія наявності або відсутності крену виникає:

- при входженні вертолета в хмари або при виході з них, якщо лінія горизонту закрита великий хмарою, у якій верхня і нижня кромки схожі на накренився горизонт; виникненню даної ілюзії сприяє раптовість потрапляння в хмарність або виходу з неї, особливо в процесі виконання віражу з досить великим кутом крену;
- при парірованні крену в переобраним політі, коли увага пілота відвернута від спостереження за авіагоризонт іншими членами екіпажу (пасажирями) або будь-якими подіями і у него виникає відчуття польоту з креном, хоча вертолет практично знаходиться в режимі горизонтального польоту.

Подібні ілюзії можуть призвести до розвитку розгубленості і стресового стану пілота, втрати просторового орієнтування і неадекватним керуючим діям по створенню або парірування крену, що не соответствующего даному режиму політа вертольота.

ілюзія зміни положення хмарності різного кольору: пілота здається, що світлі хмари розташовані далі і вище, а темніе - ближче і нижче, ніж насправді.

при цьому можливі «піднирювання» під темне хмара і необґрунтований догляд з ешелону, а також ненавмисні потрапляння в хмарність.

ілюзія такого *розташування хмарності* можлива при візуальному пілотуванні на етапі польоту по маршруту. Якщо за курсом польоту знаходяться хмари, то пілот інстинктивно оцінює їх розташування над землею, і чим ближче підлітає вертолет до хмар, тим сильніше виявляється ілюзія більш низького розташування нижньої кромки хмарності але порівняно з її фактичним расстановищем. Справа в тому, що, перебуваючи далеко від хмар, пілот оцінює висоту їх розташування в системі відліку, в яку включена земля (лінія горизонту), а також горизонтальні обрізи лобового скла пілотської кабіни, а, наблизившись до хмар, пілот оцінює висоту одягненості переважно ведучи отсчет тільки від нижнього обвода скління. Найчастіше розглянута ілюзія виникає, якщо хмарність темна і як би «тисне» зверху, створювати враження зменшення висоти нижнього краю. При цьому можливий відхід з заданого ешелону, необґрунтоване зниження і зміна курсу, щоб обігнути хмарність.

Ілюзорне відчуття (помилкове сприйняття) лінії горизонту або поверхні землі, коли пілот, приймаючи за лінію природного горизонту нахил верхньої кромки насувається з одного боку суцільного хмарного фронту, мимоволі вводить вертолет в крен.

ілюзія *спотвореної освітленості* глядачного поля виникає в разі польоту в хмарах при низьких кутах піднесення Сонця щодо лінії горизонту з вираженим порушенням градієнта освітленості, коли затемнена верхня частина небосхилу. При цьому можливі мимовільні і несприятливі зміни кута тангажу і висоти польоту вертолета.

польотні ілюзії в горах особливо небезпечні.

Ілюзія збільшення висоти гір обумовлена тим, що більш темний об'єкт (гора) сприймається контрастним на світлому фоні (небо), чому гора як би збільшується в розмірі, в тому числі висота її стає більше. У міру наближення вертольота до гори вона починає займати все більше місце в полі зору пілота і здається йому більш високою, ніж насправді. При цьому можливий крутий набір висоти, потіря приборної швидкості з виходом параметрів підлогуєта за експлуатаційські обмеження.

Ілюзія зменшення ширини ущелини в залежності від його глибини - чим глибше летить вертолет в ущелину, тим менше його освітленість, тим воно здається вже, викликаючи враження приблизнення стіни ущелини. При цьому можливо метушнякноvení стресового стану пілота, недостатньо-точно про координування пілотування і в кінцевому рахунку - зіткнення з краями ущелини.

Ілюзія помилкового горизонту, викликана сприйняттям нахилу рельєфу прольотаємой місцевості, - нахил однієї зі стін високогірного ущелини чималій площі і протяжності може викликати у пілота хибне сприйняття положення лінії природного горизонту або неправильну оцінку кута піднесення рельєфу місцевості, що призведе до необґрунтованого крену, розвороту і знесенню вертольота в сторону перешкоди.

Ілюзія збільшення шляхової швидкості - при польоті в бік природного підвищення рельєфу місцевості відбувається збільшення швидкості набігання наземних орієнтирів внаслідок зменшення істинної висоти польоту, що без перевірки показань показчика швидкості сприйнятий-мається пілотом як збільшення шляхової швидкості. При цьому неточно визначається похила дальність до наземних орієнтирів, розташованих на схилі гори. Внаслідок такого помилкового сприйняття пілот здійснює надмірне гасіння швидкості відхиленням ручки управління «на себе», супроводжуване «осіданням» вертольота з опущеною хвостовій балкою і цілком можливим в цих складних умовах зіткненням зі схилом гори.

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВТРАТИ просторового орієнтування

Катастрофи з причини втрати просторового орієнтування льотчиками в польоті продовжуються. Практично щороку відбувається 2 - 3 катастрофи з цієї причини.

22	березня	1994	г.	А-310	під	Междуреченськом.
6	грудня	1995	р	під	Хабаровском	Ту-154Б.
11	березня	2006	р	Мі-8Т	а \ п	Варандей.
22	лютого	2006	р.	Мі-8Т	під	Красноуфимськом.

Висновок МАК:

«... причиною катастрофи стали помилкові дії командира вертольота, що проявилися в передчасному і необґрунтовано енергійному гальмуванні вертольота зі зменшенням загального кроку несучого гвинта, що призвело до потрапляння вертольота в режим «вихрового кільця». Після-дмуть некоординовані і невідповідні дії командира вертольота в умовах малої висоти привели до зіткнення з землею». 23 серпня 2000 р вночі при догляді на друге коло впав в Арабському затоці поблизу аеропорту Мухарак, Бахрейн літак А-320.

Під Сочі, через шість років, катастрофа повторилася з точністю до деталей. Висновки з розслідування катастрофи в Бахреїні:

пп. 3. «Під час виконання відходу на друге коло після польоту по колу, представляється, що льотний екіпаж відчув просторову дезорієнтацію (втратив просторову орієнтацію-ження).

пп. 4с. «Командир корабля не повністю сприйняв приладову інформацію, яка обра-зується на заключному етапі польоту, при цьому він відчував інформаційну перевантажений-ність».

3 травня 2006 р. А-320 під Сочі.

Висновок МАК:

«..Прічиною катастрофи літака А-320 (під Сочі) стали неадекватні дії командира його екіпажу, одночасно другий пілот випустив з уваги посадочні параметри».

«У складних метеоумовах зіграв свою роль людський фактор» - уточнив міністр транспорту РФ Ігор Левітін.

4 травня 2007 р Боїнг-737 в Камеруні «Кенія Айруейз»: «Просторова дезорієнтація».

Вночі 4 травня 2007, В737-800, Реєстрація 5Y-KYA, політ KQA 507 з міжнародного аеропорту Абіджана (Кот-д'Івуар), до Jomo Kenyatta Airport, Найробі (Кенія), зробив регулярну зупинку в міжнародному аеропорту Douala. Час грозове. Незабаром після зльоту на висоті близько 1000 м літак починає кренитися вправо, спочатку «легко», потім крен все більш і більш збільшується. Літак переходить в глибоку спіраль, вивести з якої льотчики не можуть.

13.09.2008 р Катастрофа В-737 в Пермі.

Висновок МАК:

«Безпосередньою причиною авіаційної події стала втрата просторового орієнтування екіпажем, в першу чергу КВС, яка здійснювала активну пілотування літака на заключному етапі польоту, що призвело до перевороту літака через ліве крило, його введення в інтенсивне зниження і зіткнення із землею. Втрата просторового орієнтування сталася під час польоту вночі, в хмарах, з відключеними автопілотом і автоматом тяги.

19 грудня 2009 році під Воркутою Мі-171.

Висновок

МАК:

«Безпосередньою причиною а / п стала втрата екіпажем просторового орієнтування після зниження внаслідок відволікання уваги від контролю за режимом польоту».

12 лютого 2009 р Буффало Bombardier Dash Q400 при заході на посадку. Національна рада з безпеки транспорту (National Transportation Safety Board, NTSB) США оприлюднив остаточний звіт про катастрофу літака під Буффало 12 лютого 2009 року. Згідно з цим документом, головною причиною катастрофи лайнера стали дії командира екіпажу, внаслідок яких літак втратив швидкість і пішов в звалювання, після чого його так і не змогли вирівняти. У найближчі місяці, рада з безпеки (NTSB - Національна рада з безпеки на транспорті США) буде глибше розглядати ці питання - як удосконалювати загальний код, і пілот і контролер досконалості. Ці питання більше, ніж цей нещасний випадок, з далекосяжними наслідками для авіаційної промисловості. Є одна річ, в цій аварії, то, що історія повторюється. Ми повинні приймати швидкі й ефективні дії з цими рекомендаціями. Якщо авіаційне співтовариство не прийме їх близько до серця, то нам судилося повернутися до них знову. Це не повинно призвести до загибелі ще 50 життів, тому необхідно невідкладно вживати заходів і ми будемо це робити.

2 серпня 2010 р Ан-24РВ, а / п Ігарка.

Висновок

МАК:

Причиною катастрофи літака АН-24РВ RA-46524 при виконанні заходу на посадку в ус-ловиях, гірше метеорологічних мінімумів аеродрому, літака і КВС для заходу на посадку за системою ОСП, стало неприйняття екіпажем своєчасного рішення про відхід на друге коло і зниження літака нижче встановленої мінімально безпечної висоти (100м) при відсутності надійного візуального контакту з вогнями прибі-вання і вогнями ЗПС, що призвело до

зіткнення літака з деревами і землею в управ-ляють польоті. При заході на посадку в а / п Ігарка, в сутінках, по системі ОСП з МК пос-117гр. сталося зіткнення ПС із деревами на видаленні 477м від вхідного торця ЗПС і правіше осі ЗПС 234м.

За класифікацією ІКАО це CFIT - Зіткнення з землею в контрольованому польоті (CFIT) - термін, яким позначають події, пов'язані із зіткненням ПС із землею або водою в тих випадках, коли екіпаж міг контролювати ВС у напрямку і швидкості, - все ще є причиною більшої кількості катастроф, ніж будь-які інші події, пов'язані з воздуш-ним транспортом. Але чи коректно так класифікувати відбулися катастрофи? Втрата просторового орієнтування, це чисто психофізіологічна ситуація, притаманна льотчику, як індивіду, і відбувається через відсутність в кабінах літаків відповідного, життєво необхідного приладового обладнання. Наприклад, якщо в польоті відмовить кисневе обладнання та виро-зойдет катастрофа, то в цьому випадку буде розцінена: «Відмова кисневого устаткування повітряного судна». Просторова орієнтування, це така ж життєво необхідна функ-ція людського організму, як і дихання.

Для вирішення проблеми втрати просторового орієнтування з подальшою втратою управ-ління літаком вищеперелічені катастрофи необхідно класифікувати як: «відсутність про-стvie життєво необхідного обладнання в кабіні повітряного судна». Таким чином, дії льотчиків в Бахрейні, під Сочі, в Пермі, Буффало необхідно розглядати, як дії в стресовій ситуації, при недостатній інформації, в дефіциті часу, через відсутність в кабіні літака необхідної індикації для ведення правильної просторової орієнти-ровки . Психофізіологічні аспекти походження і процесу втрати просторового орієнтування з подальшою втратою управління літаком розглянуті в журналі «Проблеми без-пеки польотів» № 12, 2006 р.в. статті «Втрата просторового орієнтування і управління літаком в польоті». Були зроблені наступні висновки:

1. У кабінах сучасних літаків для орієнтації в просторі і безпечного управління застосовується індикація не відповідає рішенням даних завдань.
- 2.В кабінах сучасних літаків необхідно встановити два нових індикатора:
 - а). Пілотажний індикатор для вирішення завдань безпечного керування літаком.
 - б). Індикатор для просторового орієнтування льотчика в будь-яких метеоумовах польотів.

Суть проблеми і її рішення: В даний час в кабінах літаків, як військового, так і цивільного призначення, застосовується два типи основних авіаційних приладів - авіагоризонтів - показників кутів крену, тангажу, ковзання літака в польоті. 1 тип - так звана пряма («американська») індикація кутів крену і тангажа Застосовується на всіх типах літаків і вертольотів західного виробництва. На екрані індикатора льотчик наблю-дає нерухомий, стилізований силует свого літака, видимий льотчику ззаду по польоту, від-носительно якого обертається по крену і переміщається по тангажу рухома лінія умовного горизонту, що повторює положення лінії істинного горизонту, видимої з кабіни літака.

2 тип - так звана змішана (радянська) індикація кутів крену і тангажа. В даний час застосовується тільки на російських військових літаках і вертольотах. На екрані індикатора льотчик спостерігає рухливий по крену, і не рухливий по тангажу стилізований силует свого літака, щодо якого по тангажу переміщається лінія умовного гори-парасольки, нерухома по крену.