

УДК 613.693

В.В.Горбунов

Психофізіологічна оцінка функціонального стану льотчика за різних умов пілотування

Исследовали изменения показателей сердечной деятельности и внимания в процессе ручного пилотирования у летчика при различных условиях полета. Показано, что частота, вариабельность сердечного ритма и уровень внимания, отражают изменения функционального состояния летчика, вызванные различными условиями работы, и могут использоваться для оптимизации распорядка летного дня, продолжительности ручного пилотирования, режима труда и отдыха в полете, а также для оценки сложности полетного задания.

Вступ

Функціональний стан (ФС) льотчика вивчало багато авторів, однак, як правило, при цьому не враховувалися умови його діяльності, що безпосередньо впливають на ФС [3, 7]. У зв'язку з цим метою нашої роботи було дослідження зміни деяких психофізіологічних показників льотчика при виконанні польотних завдань, які відрізнялися за часом початку польотів, складністю та тривалістю пілотування, а також типом режиму праці та відпочинку.

Методика

У льотчика під час ручного пілотування літака на зльоті, у наборі висоти, у горизонтальному польоті та при заході на посадку, у польотах тривалістю менше та більше ніж 4 год пілотування, з довільним та упорядкованим режимом праці й відпочинку та у різні години робочого дня (до 9 год, між 9 та 17 год та після 17 год) на бортовий магнітний самописець реєстрували серцевий ритм, який після польоту обробляли за допомогою ЕОМ [6].

Запитальники та таблиці Анфімова використовували для визначення рівня уваги [1], а також для суб'єктивної оцінки робочого навантаження, працездатності та тривалості відпочинку льотчика у відсотках від тривалості польоту на момент реєстрації. Останню здійснювали протягом 60 с на кожному з досліджених етапів польоту, а під час 4,5 год польоту — через кожні 30 хв. У дослідженні брали участь 5 льотчиків, які здійснили 34 польоти. Визначали частоту серцевих скорочень (ЧСС), коефіцієнт варіабельності тривалості R-R інтервалів електрокардіограми (CV), кількість переглянутих знаків (КЗ) і здійснених при цьому помилок (КП), а також коефіцієнти лінійної кореляції (Ri) між зареєстрованими показниками.

Результати та їх обговорення

Встановлено, що за ступенем активації серцевої діяльності досліджені етапи польоту знаходилися у наступному порядку: захід на посадку, зліт, набір висоти, горизонтальний політ. Найбільша різниця була для CV, згідно з яким горизонтальний політ відрізнявся від заходу на посадку у 3,5

Таблиця 1. Середні значення психофізіологічних показників, зареєстрованих у льотчика при

Показник	Етапи типового польоту				Розклад польотного дня					
	зліт	набір висоти	горизонтальний політ	захід на посадку	спокій перед польотом			зліт		
					до 9 год	з 9 до 17 год	після 17 год	до 9 год	з 9 до 17 год	після 17 год
Кількість знаків	—	—	—	—	358,0	302,0	275,0	—	—	—
Кількість помилок	—	—	—	—	0,5	0,8	1,0	—	—	—
Працездатність	—	—	—	—	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Робоче навантаження	—	—	—	—	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0
Частота серцевих скорочень	91,2	80,4	73,4	117,0	86,1	90,9	95,4	87,1	101,0	114,0
Коефіцієнт варіації	20,0	17,9	7,3	25,9	9,8	40,1	28,0	25,5	16,0	27,9

разів, в той час як по ЧСС — тільки у 1,6 разів. Як для ЧСС, так і, особливо, для CV відмічався більший розкид значень показників між різними етапами польоту (табл. 1). При цьому чим складніше для льотчика виконувати етап польоту, тим більші значення показників серцевого ритму ($R_{чсс} = 0,94$, $R_{cv} = 0,90$).

Під час виконання польотів у різний час робочого дня найбільша кількість знаків, найменше помилок та найнижчі значення ЧСС, CV відмічені у льотчика у стані оперативного спокою перед польотом, який виконувався до 9 год дня. Найменша КЗ та найбільша КП, а таткож найвища ЧСС зареєстровані перед польотом, який виконувався після 17 год, а найбільший CV — між 9 та 17 год. При цьому рівень працездатності, згідно суб'єктивній оцінці, завжди становив 100 %.

Зліт, що виконувався до 9 год, характеризувався найменшою ЧСС, а після 17 год — найбільшими ЧСС та CV. Найнижчий CV відмічено під час зльоту — до 17 год. Суб'єктивна оцінка робочого навантаження завжди була однаково високою.

У процесі ручного пілотування у горизонтальному польоті через 2 год з моменту зльоту найбільша кількість знаків була переглянута в тому випадку, коли політ виконувався до 9 год ранку, однак при цьому працездатність, згідно з думкою льотчика, була найгірша. Найменша КЗ та найбільша КП відмічені після 17 год. Наайкраща працездатність та найменша КП зареєстровані у льотчика у польотах, що здійснювалися в проміжок часу між 9 та 17 год. У цей же час зареєстровано найбільша ЧСС та найменшій CV. Найменша ЧСС зафіксована в польотах до 9 год, а найвищий CV — після 17 год. Максимальне робоче навантаження мало місце в польотах після 17 год, а мінімальне — між 9 та 17 год (див. табл. 1).

Під час пілотування тривалістю менше ніж 4 год порівняно з тривалістю більше як 4 год у горизонтальному польоті за 2 год до посадки переглянута більше знаків та відмічено менші значення CV та ЧСС. У цьому випадку захід на посадку характеризувався більш низькими по-

різних умовах польоту

Розклад польотного дня		
горизонтальний політ через 4 год після зльоту		
до 9 год	з 9 до 17 год	після 17 год
341,0	294,0	—
1,1	0,6	—
96,0	99,0	—
80,0	57,0	—
79,5	83,7	—
17,5	12,6	—

казниками серцевого ритму тривалістю менше ніж 4 год (див. табл. 1).

У довготривалому польоті відпочинку, їх чередування з відчуттям та вимогам найбільша кількість знаків відмічено помилок — через 3 год після найбільшу ЧСС — черепно-мозкове навантаження.

Кореляційний аналіз показав, що відбувалося чітке зниження ЧСС при цьому спостерігалася тенденція до зменшення CV (R = -0,59) та до зменшення CV відпочинку (R = -0,5).

Чим більше було робоче навантаження у льотчика для відпочинку, тим більше спостерігалася тенденція до зменшення CV (R = 0,41). Тривалість польоту та зворотньо пропорційна до CV.

Згідно з аналізом зміни показників довготривалого польоту виявлено, що меншій тривалості польоту відповідає меншій тривалості відпочинку на робочому місці та меншій тривалості відпочинку поза робочим місцем. У режимі найменшій значення CV спостерігалися через 4,5 год після зльоту.

У результаті визначено, що збільшення тривалості польоту

азних у льотчика при

льотного дня		
зліт		
до 9 год	з 9 до 17 год	після 17 год
—	—	—
—	—	—
100,0	100,0	100,0
100,0	100,0	100,0
7,1	101,0	114,0
5,5	16,0	27,9

різних умовах польоту

Розклад польотного дня			Тривалість польоту					
горизонтальний політ через 2 год після зльоту			горизонтальний політ за 2 год до посадки		захід на посадку		спокій після польоту	
до 9 год	з 9 до 17 год	після 17 год	менше 4 год	більше 4 год	менше 4 год	більше 4 год	менше 4 год	більше 4 год
341,0	294,0	285,0	318,0	304,0	—	—	384,0	309,0
1,1	0,6	1,4	0,2	0,2	—	—	0,0	0,0
96,0	99,0	97,0	93,0	93,0	—	—	95,0	85,0
80,0	57,0	100,0	65,0	66,0	100,0	100,0	0,0	0,0
79,5	83,7	82,9	77,3	87,0	97,1	113,0	76,0	88,2
17,5	12,6	21,2	19,3	22,7	20,6	22,6	24,6	14,2

СС, так і, особ-
лів між різними
льотчика вико-
рцевого ритму

дня найбільша
ння ЧСС, CV
отом, який ви-
аткож найвища
сля 17 год, а
працездатності,

ншою ЧСС, а
мічено під час
ня завжди бу-

ті через 2 год
янута в тому
и цьому пра-
іменша КЗ та
гність та най-
існювалися в
но найбільша
отах до 9 год,
таження мало
17 год (див.

вняно з три-
д до посадки
V та ЧСС. У
изькими по-

казниками серцевого ритму, особливо за ЧСС. У стані спокою після польоту тривалістю менше за 4 год зареєстровано більші значення КЗ та CV, але меншу ЧСС порівняно зі спокоєм після польоту тривалістю більше ніж 4 год (див. табл. 1).

У довготривалому польоті (4,5 год) з довільним режимом праці та відпочинку, їх чередування здійснювалося самим льотчиком згідно з його відчуттям та вимогам безпеки польоту. У даному випадку найменшу кількість знаків відмічено після 4,5 год пілотування, найбільшу кількість помилок — через 3 год, найгіршу працездатність — через 4,5 год, найбільшу ЧСС — через 1,5 год найбільший CV — через 3,5 год, максимальне робоче навантаження — через 0,5 год (табл. 2).

Кореляційний аналіз показав, що при збільшенні тривалості польоту відбувалося чітке зниження КЗ ($R = -0,92$) та працездатності ($R = -0,90$). При цьому спостерігалася тенденція до підвищення робочого навантаження ($R = -0,59$) та до зменшення ЧСС ($R = -0,5$), КП ($R = -0,5$), тривалості відпочинку ($R = -0,5$). Зміни значень CV були неоднозначними ($R = -0,1$). Чим більше було робоче навантаження, тим менш сприятливі умови були у льотчика для відпочинку ($R = -1,0$). Підвищення навантаження супроводжувалося тенденцією до зниження ЧСС ($R = -0,4$) та до підвищення CV ($R = 0,41$). Тривалість відпочинку була прямопропорційна ЧСС ($R = 0,53$) та зворотнопропорційна CV ($R = -0,4$).

Згідно з аналізом змін психофізіологічних показників льотчика під час довготривалого польоту з довільним режимом праці й відпочинку та рекомендацій льотного складу розробили упорядкований режим: по 0,5 год відпочинку на робочому місці через кожні 2 год пілотування та по 1 год відпочинку поза робочим місцем після 4 год польоту. При упорядкованому режимі найменші значення КЗ та працездатності, найбільша КП спостерігалися через 4,5 год польоту. Найменша ЧСС зареєстрована через 3,5 год, а найбільший CV — через 1 год пілотування (див. табл. 2).

У результаті визначення взаємозв'язків між показниками було встановлено, що збільшення тривалості польоту меншою мірою супроводжувалося

Зареєстрованих у льотчика, під час пілотування

4,5	М	Захід на посадку	Спо-кій
249	282	—	347
0,5	0,62	—	1,0
85	91	—	—
70	58,9	100	0
30	41,1	0	—
107	110	133	133
22,4	23,4	18,4	9,2
298	346	—	391
1,7	0,64	—	0
92	94	—	—
20	58,9	100	0
80	41,1	0	—
8,2	86,7	107,0	88,8
1,2	7,8	3,3	5,1

$R = -0,6$) порівняно знизження робочого знизження CV ($R = -0,19$) та про- виявила чітких більшості випадків при довільному ре- ритму часто вико- ня (ПфН) льотчи- ч) за різних умов етапах польоту та

1996. Т. 42, № 1-2

робоче навантаження льотчика, у порівняльному плані, збільшувалися в такому порядку: горизонтальний політ, набір висоти польоту, зліт, захід на посадку. Відповідно до ПфН ці етапи польоту розташувалися у зворотному порядку, що, мабуть, пов'язано з важкістю пілотування.

Час доби впливаючи на ФС льотчика тим самим визначає надійність його операторської діяльності [9]. Той факт, що до 9 год ранку при однакових робочому навантаженні та працездатності льотчика його РУ був вищий, а ПфН — нижче ніж в інші години дня свідчить про те, що цей час є найбільш сприятливим для виконання польотів. Час після 17 год дня, навпаки, характеризувався погіршенням ФС льотчика, що супроводжувалося високим ПфН та низьким РУ. Цей висновок підтверджується і тим, що різниця значень ЧСС під час виконання зльотів у різні години дня порівняно з горизонтальним польотами була більш помітною, що підкреслює «чутливість» серцево-судинної системи як фізіологічного індикатора сприятливості часу для виконання польотів.

Тривалість льотного дня є одним з факторів, який впливає на працездатність льотчика [2, 4]. Той факт, що у горизонтальному польоті, під час заходу на посадку та після польоту тривалістю до 4 год відмічені менше ПфН та більший РУ порівняно з польотом більше ніж 4 год свідчить про те, що в першому випадку, мабуть, мала місце менша втома льотчика, яка і відобразилася на характері змін цих показників. Даний висновок підтверджується існуючими нормами в авіації, згідно з якими польоти тривалістю до 4 год вважаються короткотривалими, а більше за 4 год — довготривалими, і при цьому передбачається відпочинок у польоті для підтримки працездатності льотчика на потрібному рівні. Одним із шляхів збереження працездатності та надійності операторської діяльності льотчика під час довготривалого пілотування льотної зміни є додержання обумовленого режиму праці та відпочинку [9].

При порівнянні середніх значень (М) зареєстрованих психофізіологічних показників льотчика за весь час довготривалого польоту встановлено, що при однакових робочому навантаженні та тривалості відпочинку упорядкований режим порівняно з довільним характеризувався більш високими рівнями уваги та працездатності, в той же час ПфН було значно нижчим. Ця особливість ФС льотчика підтвердилася як при виконанні найбільш відповідального, з точки зору безпеки, етапу — заходу на посадку, так і після польоту.

Таким чином, використані показники серцевого ритму та рівня уваги відбивають зміни функціонального стану льотчика, викликані різними умовами праці, і можуть використовуватися для оптимізації робочого розкладу льотного дня, тривалості польоту при ручному керуванні літаком, режиму праці та відпочинку, а також для оцінки складності польотного завдання.

Висновки

1. Чим сприятливіші умови виконання польоту, тим менша активація серцево-судинної системи та вищий рівень уваги льотчика в процесі пілотування.
2. Розроблений упорядкований режим праці та відпочинку у довготривалому польоті забезпечив більш низький рівень психофізіологічного напруження порівняно з довільним режимом.
3. Частота та варіабельність серцевого ритму відбиває зміни функціонального стану льотчика в польоті, викликані складністю польот-

ного завдання, тривалістю ручного пілотування, особливостями розкладу робочого дня та режиму праці й відпочинку.

V.V.Gorbanov

PSYCHOPHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF A PILOT UNDER VARIOUS FLIGHT CONDITIONS

Variations in the cardiac activity and in attention concentration indices of a pilot have been investigated during manual flight under various conditions. It is shown that the cardiac rhythm rate and variability as well as the level of concentration reflect variations in the functional state of a pilot caused by varying working conditions and may be used to optimize the flight duty day routine, manual flying duration, in-flight work and rest timetable as well as to assess the flying mission complexity.

O.K.Antonov Aeronautic Scientific-Technical Amalgamation,
Kiev, Ukraine

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антропова М.В. Работоспособность учащихся и ее динамика в процессе учебной и трудовой деятельности. — М.: Наука, 1967. — 273 с.
2. Бедненко В.С., Грещихин Г.Н., Козлов А.Н. и др. Диагностика утомления летного состава по данным кардиодинамики // Косм. биология и авиакосм. медицина. — 1983. — № 3. — С. 55—58.
3. Белгородский С.Л. В оптимальном варианте // Гражданин авиации. — 1984. — № 11. — С. 30—31.
4. Бодров В.А. Проблема утомления летного состава (новизны, причины, признаки, классификация) // Физиолог. человека. — 1988. — 14, № 5. — С. 835—843.
5. Буянов П.В., Комшалоков С.Е., Касмолинский Ф.П. Изменения электрокардиограммы под влиянием полетов, вызывающих большое нервно-эмоциональное напряжение. — В кн.: Вопросы авиационной медицины. — М.: Медицина, 1966. — С. 59—62.
6. Горбунов В.В., Стенин Г.Г., Приходько Ю.В., Якубович В.Ф. Автоматизированное обеспечение регистрации и автоматизированной обработки электрокардиограммы летчика // Журн. высш. нерв. деятельности. — 1985. — 35, № 4. — С. 786—787.
7. Гурвич Г.Н., Бондарев Э.В., Егоров В.А. и др. Особенности изменения физиологических функций в полете у летного состава ВТА // Вестн. мед. журн. — 1989. — № 1. — С. 68—71.
8. Комшалоков С.Е. Некоторые результаты изучения состояния сердечно-сосудистой системы у летного состава в различных полетах. — В кн.: Авиационная и космическая медицина. — М.: Медицина, 1963. — С. 272—274.
9. Фралов Н.Н. Оценка работоспособности летчика в течение летной смены // Вестн. мед. журн. — 1976. — № 7. — С. 65—68.

Укр. наук.-дослід. ін-т геронтології
М-ва охорони здоров'я, Київ

Матеріал надіслано
до редакції 14.01.94

УДК 612.32/36.015.0.14.426

В.І.Бабич

Метаболізм серото

Изучали концентрацию (МАО) в крови и тканях сииндолуксусной кислоты 10-суточного пребывания в условиях экранизации действие гипогеомагнитрацию серотонина в воздухе повышается.

Вступ

За сучасними уявленнями біологічно активний організм від необхідної для світ, внаслідок чого поручуючим середовищем. І активності клітин різни серотоніну зумовлені аміноксидази (МАО) оцінити участь окремих остазу і виявити здатність реакцій [6, 7]. Існують здійснюється через не пригнічення. Можливі здійснюється і на рівні регуляторних сигналів у інших «гормонів», зокре. Метою нашого дослідження (ГТМП) на показники

Методика

Дослідження проведено в різних умовах протягом 1 годин в основній екранизації магнітного поля в камері оцній вектор геомагнітного 0,48 мкТл, горизонтальний тонізу в крові і тканинах Львівською та Горьким [1].

Результати та їх обгово

За умов дії ГТМП активі контакту тварин з мінус