

Якість, стандартизація, безпека, екологічність та ергономічність машин і технологій
Quality, standardization, safety, environmental and ergonomic properties of machines and techniques

УДК 355.511.34:519.22

[https://doi.org/10.37700/enm.2020.4\(18\).78](https://doi.org/10.37700/enm.2020.4(18).78) – 94

Аналіз і групування дії адаптогенів рослинного походження для сприяння трудової діяльності операторів складних технічних систем

С.М. Чумаченко¹, В.Ю. Дубницький², І.А. Черепньов³, Д.П. Коломієць¹, М.І. Карпенко¹¹ Національний університет харчових технологій, (м. Київ, Україна)² Навчально-науковий інститут "Каразінський банківський інститут" Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, (м. Харків, Україна)³ Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (м. Харків, Україна) email: ¹ sergiy23.chumachenko@gmail.com; ³ voenpred314@ukr.net ORCID: ³ 0000-0003-2421-6503

У статті розглянута тенденція щодо інтелектуалізації виробництва і збільшення чисельності працівників, які зайняті переважно розумовою працею, що склалася в світі протягом останнього часу. На підставі проведеного аналізу даних літературних джерел наведено класифікацію різних видів розумової праці. Показана різниця між поняттями «оператор», як професійна назва роботи, і «роботи, яка має характер операторської».

На прикладі авіації проілюстрована тенденція відставання можливостей оператора від прискореного розвитку сучасної техніки. Розглянуто еволюцію понять «надійність людини» і «людський фактор», а також наведені різні варіанти класифікації помилок людини-оператора складних технічних систем. Для докладного розгляду обрана група помилок, що здійснюються оператором ненавмисно.

У статті наголошено на особливій загрозі від виникнення помилок в умовах змінної праці, особливо в нічний час. На підставі аналізу наукових публікацій, рознесених за часом більш ніж на 70 років, отримані розподіли кількості нещасних випадків і помилок оператора протягом робочого дня. Показано вплив досвіду роботи (як позитивний, так і негативний) на якість виконання службових обов'язків операторами різного профілю.

Проведений аналіз наукових джерел дозволив виділити зі списку факторів, які провокують операторів на вчинення помилкових дій з урахуванням широти поширення, такі як хронічний вплив електромагнітних випромінювань і ефект професійного психоемоційного вигорання. Для парирования цих факторів запропонований метод протидії вищевказаному негативному впливу. З урахуванням оптимального поєднання ефективності і мінімізації негативних побічних наслідків запропоновано використовувати адаптогени рослинного походження.

Використовуючи результати досліджень, отриманих в результаті аналізу наукових публікацій, побудовано регресійні моделі, що дозволяють прогнозувати витривалість оператора в екстремальних умовах. У статті виконано кластерний аналіз, який дозволив провести групування адаптогенів за ознакою спільності змін в організмах лабораторних тварин, що відбуваються під впливом зовнішніх впливів. Згідно з отриманими результатами групування адаптогени, які потрапили в один кластер, мають еквівалентну дію на організм піддослідних тварин. Результати цього групування, спільно з отриманими регресійними моделями, можна використовувати для вибору рослинних адаптогенів, які найбільш сприяють підвищенню ефективності роботи операторів і мають найменші негативні наслідки для стану їх здоров'я.

Ключові слова: розумова праця, оператор системи «людина-машина», надійність, працездатність, людський фактор, ціна помилки оператора, електромагнітні випромінювання надвисокої частоти, професійне вигорання, адаптогени, регресійний аналіз, кластерний аналіз.

Постановка проблеми та її актуальність.

Починаючи з другої половини ХХ століття спостерігається тенденція випереджаючого зростання чисельності людей, зайнятих розумовою працею в порівнянні з фізичною. У роботах [1,2]

відповідно відзначено, що настала епоха «інтелектуалізації виробництва», «професія оператора стає домінуючою в умовах сучасного промислового виробництва». Якщо розглянути співвідношення між особами, які зайняті фізичною і

інтелектуальною працею в США, то можна констатувати, що на початок 2000 року частка зайнятих переважно розумовою працею досягла майже 60 %. Частка ж осіб переважно фізичної праці, до яких відносять робітників усіх рівнів кваліфікації і так званих працівників обслуговування (кухарів, офіціантів, медичний обслуговуючий персонал, охоронців, прислугу і т. ін.), повільно, але неухильно скорочується [3]. Що стосується країн Європи, то за даними, наведеними у роботі [4], на початку поточного десятиліття в структурі європейської зайнятості переважали працівники «білокомірцевих» професій на частку яких припадало понад 40 % всіх зайнятих. Решта 35% в структурі європейської зайнятості припадали на робітничі професії кваліфікованих робітників, зайнятих переважно ручною працею (13%), кваліфікованих робітників, що використовують машини і механізми (8%), некваліфікованих робітників (10%). Кваліфіковані працівники сільського, лісового господарства і рибальства належали до найменш чисельної когорти – їх частка не перевищувала 4%. В інших країнах спостерігається аналогічна тенденція. Так, наприклад, в Болівії частка зайнятих висококваліфікованою працею зросла з 2000 по 2014 рік на 8%, а в Ефіопії – на 13%. Проти зміни свідчить не тільки заміщення старих робочих місць новими, але й поява нових вимог до професійної кваліфікації для роботи за існуючими спеціальностями [5].

Протягом тривалого часу поняття «інтелектуальна праця» та «розумова праця» вважалися синонімами. Якщо в якості критерію класифікації взяти витрати розумової або фізичної енергії, то до розумової праці прийнято відносити роботи пов'язані з процесом прийому, переробки і зберігання інформації, на основі яких вирішуються різного роду теоретичні і практичні завдання, що вимагають переважно напруження функцій сприйняття, уваги, пам'яті, мислення та емоційно-вольової сфери людини, тобто переважання розумової діяльності, заснованої на роботі головного мозку [6]. У цій же роботі наведено класифікацію різноманітних видів розумової праці, а саме:

- операторський (інформаційна взаємодія з технікою). Він характерний значною відповідальністю і великим нервово-емоційним напруженням;
- управлінський (оперативний). Даний вид діяльності є типовим для керівників різного рівня і характеризується великим обсягом інформації, яку необхідно обробляти, дефіцитом часу для її обробки, підвищеною особистою відповідальністю за прийняті рішення і вирішення різних нестандартних ситуацій. Такий вид діяльності найбільш поширений в армії та інших силових структурах;
- творча праця, що представляє собою найбільш складну форму трудової діяльності і вимагає великого обсягу пам'яті, уваги, нервово-емоційної напруги.

Слід розрізняти поняття «оператор», як професійну назву роботи і «роботу, яка має характер операторської». Якщо звернеться до Класифікатора професій ДК 003:2010 [7], то в цьому документі є декілька десятків назв професій, які містять слово «оператор», наприклад: «Оператор авіаційного електрозв'язку» або «Оператор пульта керування у видобуванні нафти й газу». Там же є й роботи, що не мають у своїй назві слово «оператор» але по суті трудового процесу відповідні фахівці фактично виконують операторські функції, наприклад, «Диспетчер об'єднаного диспетчерського управління енергосистеми» або «Диспетчер командного пункту із забезпечення польотів». Крім того, є багато військових спеціальностей, що пов'язані з операторською діяльністю. В умовах армії робота фахівців-операторів складних систем автоматизованого управління таких, як несення бойового чергування військовослужбовцями військово-повітряних сил або робота на командних пунктах різного рівня, відноситься до однієї з найбільш відповідальних, тим більше, що невиконання отриманого завдання або ціна допущеної помилки можуть мати катастрофічні наслідки. Та й цивільні фахівці, що забезпечують політ авіації, рух морських суден, функціонування великих залізничних вузлів, не кажучи вже про АЕС, постійно пам'ятають, що від бездоганного виконання ними службових обов'язків залежать життя сотень і тисяч людей.

Аналіз наукових публікацій. Починаючи з другої половини ХХ століття різко посилюлися прояви деяких ознак зміни умов трудової діяльності людини. В роботі [8] зазначено, що механізація і автоматизація практично всіх етапів трудової діяльності вимагає від людини одночасного управління постійно зростаючою кількістю об'єктів і контролем їх параметрів.

В якості прикладу можна навести тенденцію збільшення кількості приладів систем авіоники на різних етапах розвитку авіації (друге, третє, п'яте покоління) в кабіні літака-винищувача, які повинен контролювати льотчик в процесі виконання польотного завдання. На рис.1 (а, б, в) приведені фотографії приладової панелі винищувачів, що були прийняті в експлуатацію в 1934, 1955 та 2018 рр.

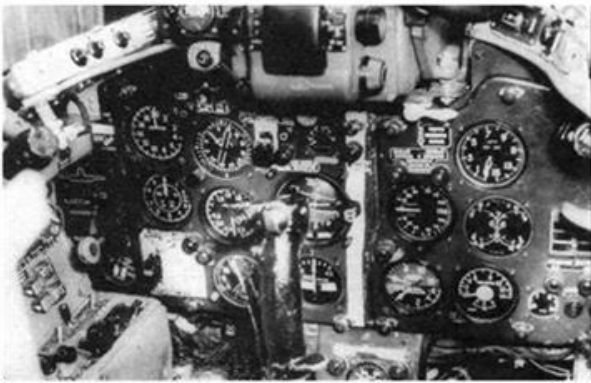
Як зазначено в роботі [12] можливості оператора стали все більш помітно відставати від прискореного розвитку і розширення можливостей сучасної техніки. Це співвідношення схематично зображено на рис.2, що запозичений авторами даної статі з роботи [12].

Людина все далі віддаляється від тих об'єктів, котрими вона керує тобто в умовах дистанційного керування неможливе сприймати їх стан безпосередньо.

Наприклад, оператори ударних безпілотних літальних апаратів (комплексів) можуть знаходитися на відстані кількох тисяч кілометрів від об'єкта потенційного знищення.



а)



б)



в)

Рис 1. Приладові панелі винищувачів:
 а) I-16. Початок експлуатації 1934 рік [9];
 б) МіГ-19СУ. Початок експлуатації 1955 рік [10];
 в) F-16 V: «Гадюка». Початок експлуатації в модернізованому варіанті 2018 рік. [11]

Але, навіть в цьому випадку, людина працює в режимі реального часу. Фахівці, які керували рухом місяцеходів, повинні були пристосовуватися до того, що від картинки до подачі сигналу проходить помітна пауза, викликана відстанню між цими планетами в 384 400 км.

В умовах сучасної техніки значно зростають вимоги до швидкості дій оператора, обумовлені підвищенням швидкостей процесів, якими він здійснює управління.

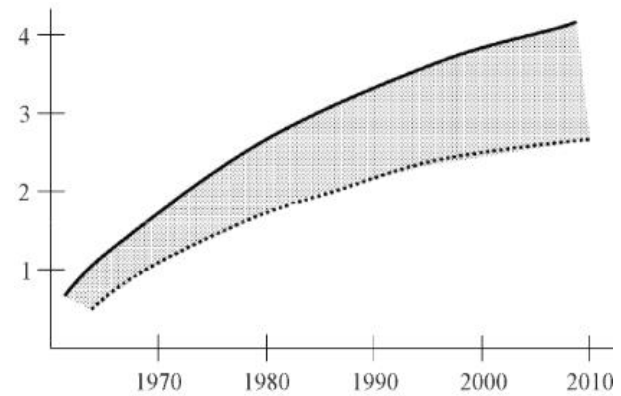


Рис. 2. Співвідношення етапів розвитку техніки і зростання можливостей людини-оператора. Умовні позначки: ----- розвиток (ускладнення) техніки; зростання можливостей людини-оператора; "сіра зона" – зона відставання можливостей людини-оператора

З огляду на те, що з моменту виходу цитованої книги [12] минуло майже 45 років, перераховані проблеми загострилися ще більше.

В цілому діяльність оператора в процесі управління об'єктом може бути представлена у вигляді наступних основних етапів:

- перший етап – прийом інформації;
- другий етап – обробка інформації;
- третій етап – прийняття рішення;
- четвертий етап – реалізація прийнятого рішення.

Оскільки в даному випадку оператор є ланкою ергатичної системи "Людина – Машина", на нього поширюються деякі поняття, які спочатку мали відношення до теорії надійності об'єктів штучного походження [13]:

– працездатність – властивість людини-оператора, що визначається станом фізіологічних і психічних функцій і характеризує його здатність виконувати певну діяльність з необхідною якістю і протягом необхідного інтервалу часу;

– надійність – властивість, що характеризує здатність людини-оператора безвідмовно здійснювати діяльність протягом певного інтервалу часу при заданих умовах.

Спочатку досить часто оцінювали надійність людини, що виконувала управлінські функції (Конфуцій (VI століття до н. е.), педагогічні (Квінтіліан (I століття н. е.), а пізніше це перейшло і на оцінку можливостей військовослужбовців виконувати свій обов'язок на полі бою (генералісимус О.В. Суворов в XVIII столітті та генерал від інфантерії М.Д. Бутовський, в XIX столітті) [14]. В 1921 році англійський економіст Бенджамін Сіб в своїй книзі «Людський фактор в підприємстві» використовував термін «людський фактор». Менш ніж через 10 років радянський лікар та льотчик Доброборський Б.С. став першовідкривачем суті

«людського фактору» в авіації. Але повністю визначення терміна було зроблено в США, як результат перекладу і скорочення виразу «human factors engineering», що використовувався в Америці для позначення галузі знань і процесу проектування систем типу «людина -машина» для того, щоб була забезпечена ефективність, надійність, безпека діяльності людини [15]. В даному контексті людський фактор, пов'язаний з такими поняттями як недбалість, злочинна бездіяльність або пасивність. Еволюція процесу вивчення місця і ролі людського фактору у функціонуванні та розвитку складних технічних систем – це тема окремого дослідження. В цитованих роботах нас цікавить прояв людського фактора при здійсненні операторських функцій в системі "людина-машина". Як відмічено в роботі [16] в ергономіці під людським фактором розуміють інтегральні характеристики зв'язку людини і машини в системі людина – машина – середовище (СЛМС), які проявляються в конкретних умовах їх взаємодії при функціонуванні системи, що спрямована на досягнення заданих цілей.

Наявність в СЛМС людини передбачає ймовірність появи помилок викликаних об'єктивними чи суб'єктивними причинами. В роботі [17] на підставі аналізу робіт західноєвропейських авторів пропонується наступна класифікація помилок людини-оператора:

- 1) невиконання необхідної дії;
- 2) виконання непотрібної дії;
- 3) виконання необхідних дій, але в помилковій послідовності;
- 4) помилкове виконання необхідного дії.

В роботі [18] представлено більш розгорнуту класифікацію помилок.

1. Помилки, які здійснюються ненавмисно.

а) За зовнішніми причинами. До цього переліку належать недоліки використовуваної техніки, погани умови, неякісна організація праці оператора та інші.

б) Через внутрішні причини – через нестачу власних можливостей оператора: професійної придатності, навченості, тренуваності. Причиною цих помилок можуть бути порушення фізичного і психічного стану які викликані перевтомою, недосипанням, монотонною роботою, надмірними емоціями, різними видами отруєнь, захворюванням і ін. Другий різновид цих помилок пов'язаний з недооцінкою оператором ступеня складності і небезпеки виробничих завдань. Особливо небезпечно, коли у досвідченого фахівця виникає почуття самовпевненості і переоцінки своїх можливостей. В даному випадку людина може проігнорувати вимоги посадової інструкції і піти на необґрунтований ризик. Як приклад, можна навести слова жінки-сапера з ФРН Віри Боле, яка займалася гуманітарним розмінуванням у багатьох

гарячих точках. Як правило, в будь-якій роботі досвід додає впевненості в своїх силах, веде до поліпшення результатів. Але для сапера рутинний підхід до справи, втрата почуття небезпеки неприпустимі. «Слава Богу, що я вчасно відчула, що стаю все менш і менш обережною», – пише Віра Боле. Саме тоді, за її словами, настає момент, коли потрібно йти з цієї роботи [19]. Досить часто переоцінюють власні професійні якості водіїв автотранспорту. За даними роботи [20], в результаті дослідження проведеного в Німеччині Товариством прикладної соціальної психології (Gesellschaft für angewandte Sozialpsychologie) були отримані наступні результати: 96% опитаних водіїв оцінюють свій стиль водіння як надійний, 86% – як коректний, 85% – як обачний, 78% – як обережний і тільки 1,5% – як необачний. На практиці ж водії діють значно гірше, ніж думають про себе.

2. Помилки, які оператори здійснюють навмисно. В роботі [18] цей різновид помилок класифікується за такими ознаками:

- а) під впливом внутрішніх конфліктів;
- б) у пошуках інтересу у праці;
- в) в помсту кривднику і для відволікання від тяжких дум;
- г) в ім'я порятунку.

Розглянемо робочий цикл людини-оператора і основні чинники, що знижують його працездатність і надійність.

Питання про роль психічних факторів в динаміці продуктивності роботи спеціально вивчав Е.А. Дерев'янка на прикладі льотної діяльності. Він виділив 7 періодів працездатності людини в процесі виконання службового завдання [8]:

1. Період припрацювання рівень максимальної працездатності збільшується і, як правило, наростає продуктивність;

2. Період оптимальної працездатності – рівні максимальної працездатності, продуктивності і вольового зусилля відносно стабілізовані.

3. Період «повної компенсації» – втома з'являється, рівень максимальної працездатності дещо знижується, але емоційно-вольова напруга дозволяє зберегти продуктивність праці.

4. Період «нестійкої компенсації» – максимальна працездатність продовжує знижуватися під дією наростаючого стомлення. Інтенсивність вольової напруги коливається. У момент її ослаблення продуктивність падає, в момент посилення – зростає.

5. «Кінцевий порив» – втома все більше наростає, а максимальний рівень працездатності падає. Лише максимальне вольове зусилля дозволяє підняти працездатність.

6. Період прогресивного зниження продуктивності – ще більш знижується максимальний рівень працездатності і зменшується вольове зусилля.

7. Припинення роботи – робоча домінанта згасає; збудження змінюється млявістю.

На рис. 3 представлено графік динаміки працездатності людини протягом робочого циклу, запозиціований з роботи [21].

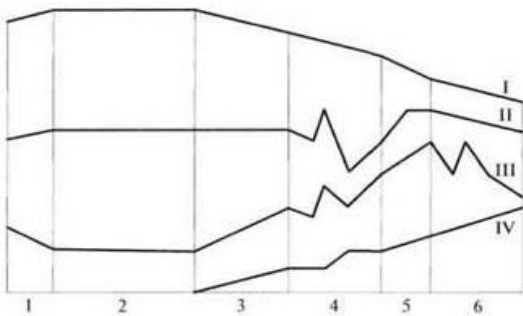


Рис. 3. Динаміка працездатності людини протягом робочого циклу
 де: I – рівень максимальних можливостей; відображає динаміку виробничого потенціалу працівника; II – рівень продуктивної діяльності, тобто реальну продуктивність праці, яку вимірюють конкретними показниками; III – рівень емоційної напруги, яку оцінюють у відносних одиницях;
 IV – рівень втоми

З огляду на вищесказане, можна припустити, що найбільшу кількість можливих помилок людини-оператора слід очікувати на протязі 1 та 4 – 6 періодів виконання трудового завдання. Але існують деякі чинники трудової діяльності, які мають специфічні особливості часового розподілу потенційних помилок оператора. Одним з них є змінна організація праці. Як зазначено в роботі [22]: «Змінна праця – це такий спосіб організації роботи, при якому забезпечується безперервний процес виробництва або безперервне функціонування тієї чи іншої суспільно-необхідної служби». Функціонування окремих систем і організму людини в цілому безпосередньо пов'язані з циклічними коливаннями інтенсивності різних біо-

логічних процесів, які пов'язані зі зміною дня і ночі. Вранці поетапно запускаються системи і функції організму, що відповідають за його активну взаємодію з зовнішнім середовищем. Увечері, цей процес йде в зворотному напрямку і активізуються ланки, що відповідають за самовідновлення організму після «денної роботи» і засвоєння отриманої інформації. Розглянутий цикл завершується сном. У цій же роботі наводяться дані про поширеність у змінних робочих (авіадиспетчери, телефоністи, телеграфісти) небезпечних захворювань, а саме:

– хвороби нервової системи (невротичні розлади) можуть виявлятися в 32%...69% випадків, відхилення в психічному статусі у 62,5% обстежених авіадиспетчерів;

– зафіксовані численні факти захворювань серцево-судинної системи (гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця) серед авіадиспетчерів, телефоністів, водіїв автотранспорту.

Природно, що змінна робота призводить не тільки до зростання небезпечних професійних захворювань, але слугує фактором, провокуючим виникнення помилок в діяльності операторів. Вночі існує найбільший ризик аварій і частіше спостерігаються нещасні випадки з найбільш важкими наслідками. Як приклад можна навести випадки, відомості про які наведено в роботі [22]: аварії на Чорнобильській АЕС (СРСР), хімічному виробництві в Бхопалі (Індія), ядерній установці Три Майлс Айленд (США), танкері «Ексон Вальдез» (США). Усі ці події відбулися вночі або в ранні ранкові години. На рис. 4 приведено графік зміни показників операторської діяльності в різний час доби у осіб різних професій побудований авторами даної статті за даними роботи [22].

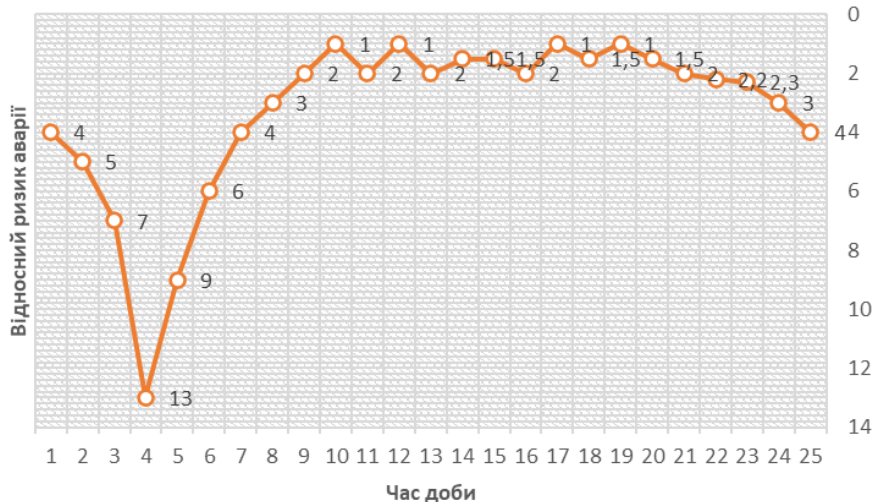


Рис. 4. Зміни показників операторської діяльності в різний час доби у осіб різних професій

Ця проблема не нова. Дослідження з метою визначення годин робочого дня, в які відбувається найбільше число нещасних випадків були проведені в Німеччині ще в 1887 році. В результаті були отримані наступні результати [23]:

– вранці, в перші години робочої зміни, спостерігається відносно небагато нещасних випадків, але кількість їх поступово зростає щогодини, досягаючи максимуму між 10 і 12 годинами;

– відразу після обіду кількість нещасних випадків значно зменшується, але потім вона знову зростає, найбільша кількість нещасних випадків відбувається між 4 і 6 годинами.

Це означає, що максимум нещасних випадків і вранці, і після обіду, взагалі кажучи, збігається з періодом, під час якого втома робочих, ймовірно, найбільша. Аналогічні результати були отримані в дослідженнях, проведених в Америці, Англії, Франції, Бельгії та Італії приблизно в цей же час;

– відразу після обіду кількість нещасних випадків значно зменшується, але потім вона знову зростає і найбільша кількість нещасних випадків відбувається між 4 і 6 годинами.

Це означає, що максимум нещасних випадків, і вранці і після обіду, взагалі кажучи, збігається з періодом, під час якого втома робочих, ймовірно, найбільша. На рис.5 представлено діаграму, побудовану авторами даної статті на підставі даних щодо розподілу числа нещасних випадків по годинах робочого дня у всіх галузях промисловості Німеччини за 1887 р. наведених в роботі [23].



Рис. 5. Розподіл кількості нещасних випадків по годинах робочого дня у всіх галузях промисловості Німеччини за 1887 р.

З розвитком ергатичних систем в авіації, ракетно-космічній галузі, масового будівництва і експлуатації об'єктів ядерної індустрії збільшилася кількість досліджень в яких розглянуто питання підвищення професійної працездатності фахівців управління. В роботі [24] вивчено зміну професійної працездатності фахівців управління космічними апаратами і отримано наступні дані. Визначено, що максимальна кількість невиконаних сеансів зв'язку випало на інтервал часу від 18.00 до 23.00 год, протягом якого помилок було на 31-50% більше середньодобового рівня (рис. 6).

У цій же роботі отримана залежність середньої кількості помилок від стажу практичної роботи операторів чергових змін (рис. 7)

Представлені дані чітко свідчать про зниження кількості помилок зі збільшенням практичного стажу роботи операторів (на частку операторів зі стажем роботи до 6 років доводилося 73% всіх невиконаних сеансів зв'язку).

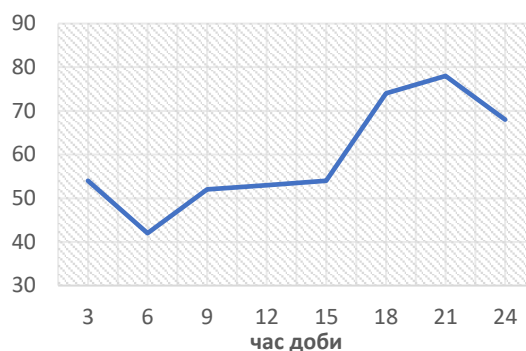


Рис. 6. Середня кількість помилок операторів в залежності від часу доби

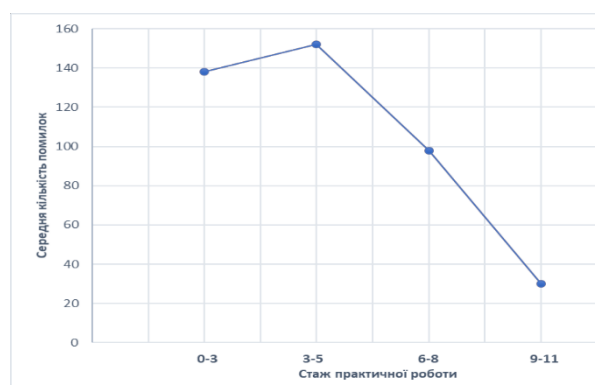


Рис. 7. Середня кількість помилок в залежності від стажу роботи операторів чергових змін

Досить значну роль відіграє психоемоційне напруження, яке характеризується інтенсивними переживаннями в ході діяльності, викликаними оціночними ставленнями оператора до її ефективності. В процесі діяльності операторів в оптимальних умовах і при впливі емоційних подразників виділяють в основному три періоди працездатності [24]: перший період – з 2 по 16 хв; другий період – з 17 по 30 хв; третій період – з 31 по 44 хв. Структура діяльності операторів при роботі з різним рівнем нервово-емоційної напруги істотно відрізняється. Найбільш стабільні показники працездатності в умовах відсутності емоціогенних впливів в першому і третьому періоді. При роботі в умовах емоціогенних впливів найбільш тісний зв'язок між показниками працездатності з'являються в третьому періоді. Розглянемо фактори трудової діяльності, що знижують працездатність людини – оператора.

Як вже було зазначено вище, в процесі трудової діяльності виникає ефект втоми, який негативно позначається на працездатності і надійності роботи оператора. В роботі [25] зазначено, що основний обсяг експериментальних даних по ефекту стомлення отримано при вивченні переважно фізичної роботи і тільки в окремих дослідженнях – при різних видах розумової діяльності.

Але більшість фахівців не без підстав вважають, що динаміка розвитку стомлення (крива працездатності) при фізичній і розумовій роботі принципів відмінностей не має. Тобто прояв стомлення при розумовій роботі можна виявити за тими ж функціональними зрушеннями в вегетативній сфері, які характеризують стомлення при м'язовій діяльності. Визначення поняття "розумове стомлення" наведено в роботі [25]: «Це функціональний стан, який виникає в результаті напруженої розумової діяльності і проявляється в порушенні не тільки психічних, але і фізіологічних функцій, в зниженні працездатності, ефективності і якості діяльності». Причинами розумової втоми є інтенсивне і (або) тривале, переважно психічне, а також фізичне (статичне) робоче навантаження на тлі впливу несприятливих факторів зовнішнього і внутрішнього середовища. При напруженій психічній діяльності може розвинути різновид розумової втоми – психічне стомлення, яке супроводжується зниженням розумової працездатності, ефективності і якості розв'язання інтелектуальних, творчих, операторських, управлінських завдань. Як правило, людина-оператор здійснює свою трудову діяльність в умовах, які не можна назвати оптимальними за всіма параметрами.

В роботі [26] розглянуто деякі аспекти дії на організм людини фізичних і хімічних факторів зовнішнього середовища. У даній статті автори з великого переліку фізичних факторів зовнішнього середовища вибрали хронічну дію електромагнітних випромінювань НВЧ діапазону. Цей вибір був зроблений виходячи з критеріїв широти поширення та величини потенційної загрози для здоров'я і життя людини, яка знаходиться під його впливом. Як характерний приклад розглянемо умови роботи диспетчера аеропорту.

За даними роботи [27] радіотехнічні об'єкти, які суттєво впливають на електромагнітну обстановку у робочих зонах аеродромів, у переважній більшості аеропортів цивільної авіації України: Дніпро, Київ (Бориспіль), Одеса практично ідентичні та працюють у однакових режимах. Вимірювання рівнів електромагнітних випромінювань за межами офіційно встановлених санітарних зон системно перевищує гранично допустимі рівні на 10...25%. Важливо, що така картина спостерігається у зонах постійного перебування працівників. Небезпека електромагнітного випромінювання НВЧ – діапазону посилюється тим, що на відміну від підвищеного шуму, вібрації, радіації та інших шкідливих виробничих факторів, людина в позаслужбовий час продовжує практично постійно перебувати під впливом електромагнітних полів різних діапазонів, які випромінюють лінії електропередачі, станції стільникового зв'язку, електротранспорт, комп'ютери, мікрохвильові печі і побутова техніка, мобільні телефони та тощо.

Дослідження останніх десятиліть доводять, що електромагнітне випромінювання (ЕМВ) може виявитися не менш небезпечним, ніж радіоактив-

не, так як електромагнітні поля і неіонізуючі випромінювання призводять до значних порушень фізіологічних і психологічних функцій організму людини. Ще в 1995 році Всесвітня Організація Охорони Здоров'я (ВООЗ) офіційно ввела термін «глобальне електромагнітне забруднення навколишнього середовища» та включила Міжнародний електромагнітний проект до переліку пріоритетних для людства [28]. Клінічні прояви синдромів при хронічному ураженні НВЧ – випромінюванням розглянуто в роботі [29]: через 2...3 роки постійного контакту з НВЧ ЕМІ з'являється астено-невротичний синдром. Проявляються наступні симптоми:

- часті головні болі тупого характеру, що виникають, як правило, перед завершенням робочого дня;

- астенічні прояви (загальна слабкість, швидка стомлюваність);

- невротичні прояви (дратівливість, відчуття розбитості, сонливість вдень і безсоння вночі, ослаблення пам'яті).

За даними роботи [29] частину з цих симптомів (наприклад – гіпотонію) можна лікувати за допомогою адаптогенів рослинного походження, таких як: женьшень, заманихи, китайського лимоннику, елеутерококу.

Автори, в своїй роботі [30] вже розглядали можливість застосування адаптогенів рослинного походження для підвищення працездатності екіпажів бронетанкової техніки, які піддаються значним фізичним навантаженням. З огляду на те, що динаміка розвитку фізичного і розумового стомлення, як це вже було зазначено вище, проходить одні й ті ж етапи, застосування адаптогенів для підтримки працездатності людини-оператора цілком обґрунтовано. У великому переліку негативних чинників, які знижують надійність і безвідмовність роботи оператора займають професійний стрес і емоційне вигорання.

Як зазначено в роботі [31] професійні стреси (ПС) можуть призводити до виникнення різноманітних неврологічних розладів функціонального характеру і можуть бути чинниками формування так званого синдрому професійного вигорання. Особливо часто це виявляється у людей, зайнятих операторською працею, ціна помилки яких може мати значні наслідки. У переліку цих професій є оператор АЕС та інші оператори, чия трудова діяльність відноситься до повсякденної екстремальності [32].

Робота цієї категорії працівників має наступні особливості:

- робота в умовах, пов'язаних з безпекою для життя;

- велика «вартість» (відповідальність) прийнятих рішень;

- монотонність роботи в умовах очікування сигналу до екстрених дій (праця очікування);

– переробка великих обсягів і потоків інформації (перевантаження інформацією);

– дефіцит часу на виконання необхідних дій.

За даними роботи [31] більше 60% обстежених працівників АЕС схильні до ПС. У більшості з них виявлено синдром професійного вигорання, який проявляється симптомами ураження нервової системи у вигляді феномена виснаження, що призводить до подальшого перенапруження адаптаційних систем організму з переходом в стан «передхвороби – захворювання».

Емоційне вигорання характеризується трьома ознаками:

– відчуття мотиваційного або фізичного виснаження;

– наростаюче психічне дистанціювання від професійних обов'язків або почуття негативізму, або цинізму до професійних обов'язків;

– зниження працездатності.

Метою даної роботи є обґрунтування і розробка пропозицій для сприяння трудової діяльності операторів складних технічних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. В роботах [33,34] сформовано перелік методів і способів корекції та реабілітації операторів, який включає в себе наступні заходи:

1) фізіотерапевтичні методи: електростимуляція, електротранквілізація, центральна електроаналгезія, аероіонізація, механічний загальний і точковий масаж тіла і рефлексогенних зон та інші;

2) психофізіологічні: функціональна музика, психокорекція з використанням біологічного зв'язку, аудіовізуальні сеанси які надають психорегулюючий ефект;

3) фармакологічні (медикаментозні);

4) фізіолого-гігієнічні;

5) аромотерапевтичні та інші.

Безумовно, всі перераховані вище методи мають значний потенціал в корекції стану організму людини. Більш того, автори в своїй статті [35] вивчили позитивний досвід фізичної медицини, в лікуванні важких уражень, отриманих військовослужбовцями в період Першої світової війни. Але, з огляду на специфічні особливості трудової діяльності людини-оператора, застосування деяких перерахованих вище методів є складним або недоцільним. Використання з метою терапії ЕМВ (п.1) у випадку з операторами аеропортів, РЛС, електростанцій та аналогічних систем, може призвести до погіршення їх стану, з огляду на те, що вони мають постійний контакт з джерелами електромагнітних випромінювань в процесі робочої зміни. Заходи перелічені в пунктах 2,4,5 передбачають наявність спеціально навчених людей і специфічного обладнання. Ці заходи, на наш погляд, доцільно проводити після закінчення роботи, в умовах медичного кабінету чи в санчастині під контролем відповідного фахівця. Крім того, існує ще одна

обставина, яка дозволяє зробити вибір методу корекції стану оператора, яка залежить від специфічних особливостей операторської праці, а саме розподілу навантаження в період зміни. Якщо мова йде про водія автотранспорту, то рівень навантаження, як правило, можна вважати приблизно однаковим на всій протяжності маршруту (за винятком наявності ділянки дороги з особливими умовами руху). Навантаження диспетчера аеропорту, оператора центру управління польотом космічних апаратів або пунктів космічного зв'язку буде носити циклічний характер і мати періоди пікового навантаження, що описане в роботі [24]. Тобто засіб підтримки працездатності або зниження негативних наслідків стресу повинен дозволити певною мірою передбачати термін його дії. Цій вимозі багато в чому відповідають фармакологічні засоби (п.3). Перспективним напрямком є застосування засобів природного походження, що представляють комплекси біологічно активних речовин, близьких або тотожних до ендогенних речовин, що беруть участь в підтримці сталості внутрішнього середовища організму.

Перевагою сполук природного походження є наявність широкого спектру фармакологічної активності, низька токсичність і відсутність несприятливих побічних реакцій при їх тривалому прийомі [36]. В даному аспекті, як зазначено в роботі [37], найбільший інтерес викликають рослинні адаптогени, оскільки вони легко включаються в біохімічні процеси організму, та їхній вплив має м'який і безпечний характер при тривалому застосуванні. Як уже зазначали автори в своїй роботі [30], вибір конкретного рослинного адаптогену в основному обґрунтовується на підставі емпіричних даних, а порівняння їх впливу на операторів носить поки що описовий характер. Це ж можна віднести і до вибору оптимальної кількості або концентрації адаптогену, який пропонується використовувати для компенсації негативних факторів і наслідків, що супроводжують роботу операторів. Для строго наукового розв'язання перерахованих вище завдань необхідно провести моделювання взаємодії розчину адаптогену та організму оператора.

В роботі [38] приведені результати експерименту, метою якого було визначення тривалості плавання лабораторних щурів при тривалому холодному стресі на тлі застосування квасу з екстрактом лимоннику, t (хвилини) залежно від складу фітонапою та умов впливу на експериментальні об'єкти. Статистичний аналіз, виконаний авторами даної роботи, дозволив побудувати моделі, що дають можливість отримати нову інформацію про процес пливу зовнішнього середовища на організм оператора. Умови експерименту та їх умовні позначення приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Умови експерименту та їх умовні позначення

Умови експерименту	Умовні позначення
Інтактні	K1
Процес холодого впливу	K2
Холод + квас із змістом екстракту лимоннику китайського 100 мг/100 см ³	K3
Холод + квас із змістом екстракту лимоннику китайського 150 мг/100 см ³	K4
Холод + квас із змістом екстракту лимоннику китайського 300 мг/100 см ³	K5

Результати проведеного експерименту приведені в табл. 2.

Таблиця 2. Тривалість плавання щурів при тривалому холодому стресі і на тлі застосування квасу з екстрактом лимоннику, t (хвилини)

Тривалість дії D днів	Умови експерименту				
	K1	K2	K3	K4	K5
7	145	120	170	240	200
14	152	124	174	250	210
21	159	135	181	258	214
28	162	158	185	290	226

Таблиця 3. Статистична оцінка якості регресійних моделей визначення тривалості плавання щурів при тривалому холодому стресі і на тлі застосування квасу з екстрактом лимоннику

Умови експерименту	Вигляд моделі	Коефіцієнти моделі		Статистичні оцінки якості моделі			
		a	b	$P_v(a)$	$P_v(b)$	P_v	R_{ad}^2 (%)
K1	$t(K1) = \sqrt{a + b\sqrt{D}}$	26,99	147,22	0,0014	0,0046	0,0048	98,09
K2	$t(K2) = [(a - bD)^2]^{-1}$	0,008	0,001	0,001	0,0042	0,031	99,23
K3	$t(K3) = a + bD$	164,50	0,743	$<1 \times 10^{-4}$	0,006	0,004	0,98
K4	$t(K4) = a + bD^2$	235,25	0,006	0,003	0,019	0,037	94,11
K5	$t(K5) = (a + bD)^{-1}$	0,005	0,002	0,001	0,014	0,028	95,77

Графік, приведений на рис. 10 дає можливість вибрати адаптоген з якнайкращими компенсуючими властивостями, в даному випадку квас із розчином екстракту лимоннику китайського в кількості 150 мг/100 см³. Слід зазначити, що подальше підвищення концентрації адаптогену викликає пониження витривалості, підтверджуючи відомий вираз про те, що "все добре в міру".

Дані приведені в табл. 1...2 дозволили отримати регресійні моделі вигляду $t(K_i) = f(D)$ $i = 1, 2, \dots, 5$.

Так, як для всіх отриманих рівнянь величина P_v менше значення 0,05 і коефіцієнт конкордації R_{ad}^2 (%) близький до величини 100%, то згідно з роботою [39] їх якість слід визнати задовільною. На рис. 9...13 приведені графіки отриманих залежностей тривалості плавання щурів t , (вісь ординат) хв., при тривалому холодому стресі (вісь абсцис) за різних умов експерименту.

Результати, що наведені в табл 1...2, надалі дали можливість отримати поверхню, вид якої приведений на рис. 8.

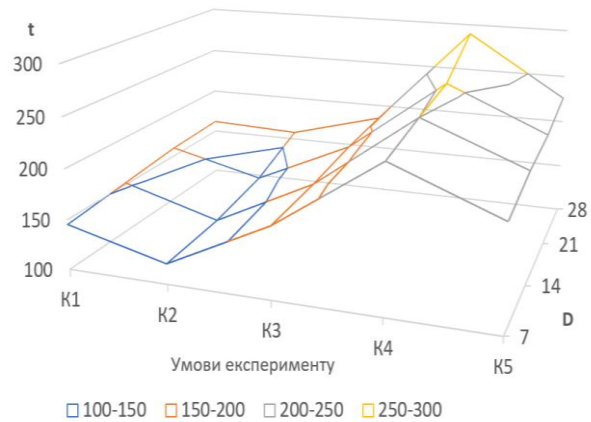


Рис. 8. Залежність витривалості щурів (хв.) від умов експерименту (виду дії) і тривалості дії (дні)

З цього графіку виходить, що експериментальна дія на об'єкти, що не приймали адаптогени у будь-якому вигляді, різко знижує їх витривалість.

Отримані інтерполяційні рівняння дають можливість прогнозувати тривалість плавання, яка моделює витривалість ефективної лінії оператора в екстремальних умовах зовнішнього впливу.

Наявність великої кількості природних з'єднань які мають властивості адаптогенів ставить задачу об'єднання їх в групи, що містять елементи, близькі по своїх властивостях. Для цього використовуємо дані експериментів, які показують ефект дії великої групи адаптогенів на організми лабораторних тварин, в даному випадку щурів. Ці дані отримані з роботи [40] і наведені в табл.4...6.

В табл.5 абревіатура НЕЖК – це скорочена назва неетерифікованих жирних кислот, 11-ОКС – це скорочена назва 11-дезоксикортикостерону. Більш детально важливість знання кількості цих сполучень для діагностики стресу викладено в роботах [41, 42]

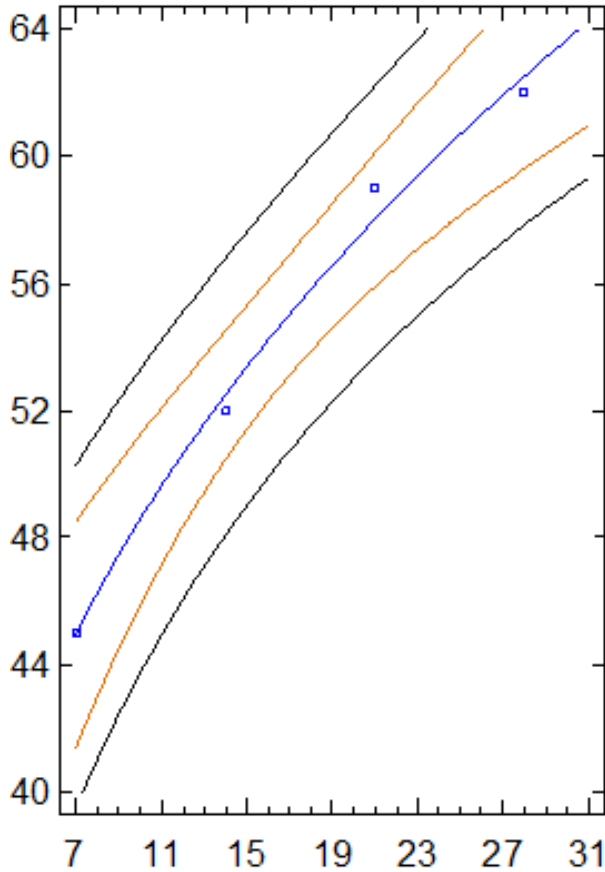


Рис. 9. Залежність тривалість плавання щурів при тривалому холодівому стресі і умовах експерименту K1.

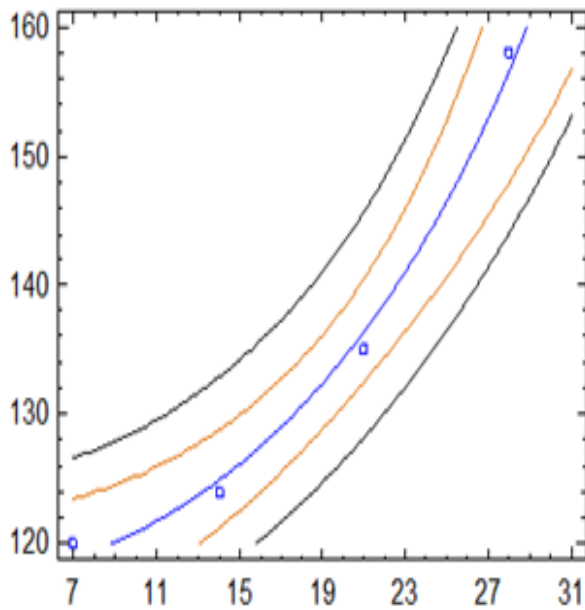


Рис. 10. Залежність тривалість плавання щурів при тривалому холодівому стресі і умовах експерименту K2

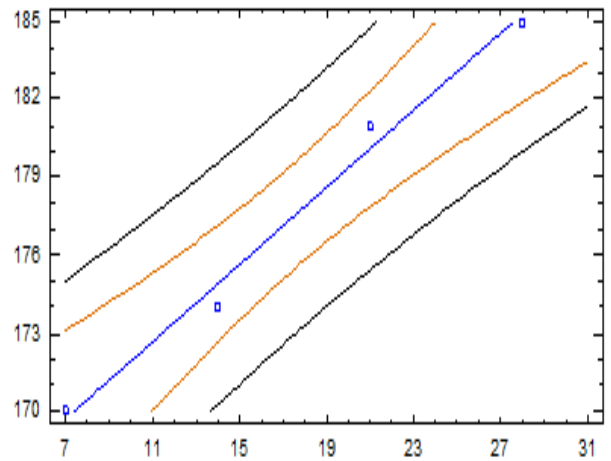


Рис 11 Залежність тривалість плавання щурів при тривалому холодівому стресі і умовах експерименту K3.

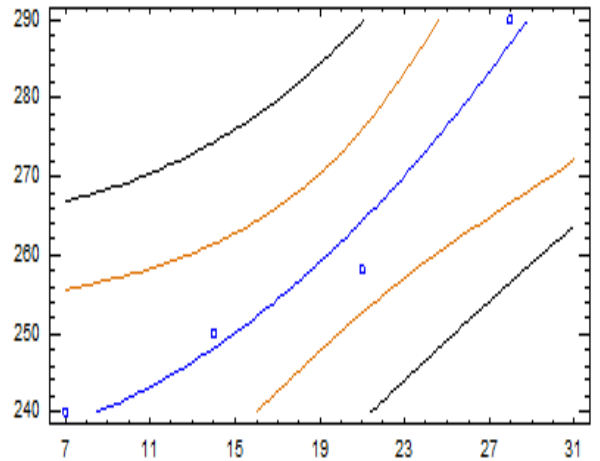


Рис. 12. Залежність тривалість плавання щурів при тривалому холодівому стресі і умовах експерименту K4.

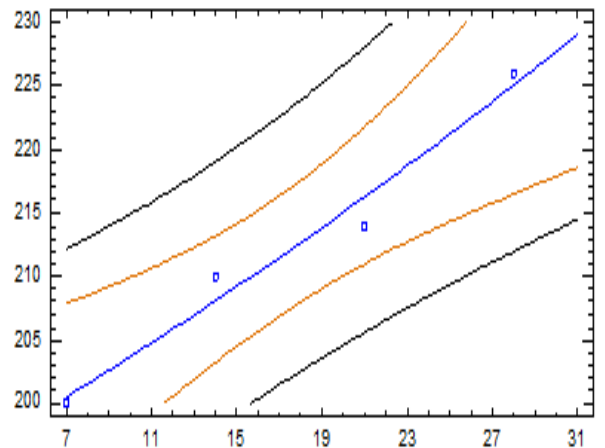


Рис. 13. Залежність тривалість плавання щурів при тривалому холодівому стресі і умовах експерименту K5.

Таблиця 4. Порівняльна оцінка впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із зміною маси окремих анатомічних елементів

Вид адаптогену (Код адаптогену)	Маса в мг/100 г				Нормована маса			
	Тимусу	Селезінки	Надпирника	Печінки	Тимусу	Селезінки	Надпирника	Печінки
Екстракт коріння елеутерококу (1)	108	216	9,6	3014	0	0	0,538462	0
Настоянка коріння женьшеню (2)	129	264	10,2	3385	0,214286	0,510638	0,769231	0,465496
Настоянка листя женьшеню (3)	114	232	10,3	3197	0,061224	0,170213	0,807692	0,229611
Екстракт коріння родіоли (4)	125	218	10,8	3255	0,173469	0,021277	1	0,302384
Екстракт коріння левзеї (5)	158	282	8,9	3241	0,510204	0,702128	0,269231	0,284818
Екстракт листя левзеї (6)	192	309	8,3	3811	0,857143	0,989362	0,038462	1
Настоянка коріння аралії (7)	206	310	8,6	3133	1	1	0,153846	0,14931
Настоянка коріння заманихи (8)	178	306	8,8	3254	0,714286	0,957447	0,230769	0,301129
Настоянка насіння лимонника (9)	201	273	8,2	3603	0,94898	0,606383	0	0,739021

Таблиця 5. Порівняльна оцінка впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із зміною концентрації окремих складових крові

Вид адаптогену (Код адаптогену)	Концентрація в крові			Нормована концентрація в крові		
	НЕЖК мэв/л	11-ОКС мкг/100мл	глюкози мм/л	НЕЖК мэв/л	11-ОКС мкг/100мл	глюкози мм/л
Екстракт коріння елеутерококу (1)	400	27,9	5,7	0	0,714286	0,321429
Настоянка коріння женьшеню (2)	557	23,5	4,8	1	0,230769	0
Настоянка листя женьшеню (3)	475	21,4	5,7	0,477707	0	0,321429
Екстракт коріння родіоли (4)	480	30,5	5,1	0,509554	1	0,107143
Екстракт коріння левзеї (5)	521	24,2	7,6	0,770701	0,307692	1
Екстракт листя левзеї (6)	529	27,7	6,2	0,821656	0,692308	0,5
Настоянка коріння аралії (7)	533	24,7	6,1	0,847134	0,362637	0,464286
Настоянка коріння заманихи (8)	529	24	6,5	0,821656	0,285714	0,607143
Настоянка насіння лимонника (9)	516	23,3	7,6	0,738854	0,208791	1

Таблиця 6. Порівняльна оцінка впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із ерозією шлунку

Вид адаптогену (Код адаптогену)	Кількість ерозій шлунку		Нормована кількість ерозій шлунку	
	дрібних	великих	дрібних	великих
Екстракт коріння елеутерококу (1)	1,2	0,2	0,310345	0,333333
Настоянка коріння женьшеню (2)	0,7	0	0,137931	0
Настоянка листя женьшеню (3)	0,8	0,3	0,172414	0,5
Екстракт коріння родіоли (4)	1,3	0,5	0,344828	0,833333
Екстракт коріння левзеї (5)	3,2	0,6	1	1
Екстракт листя левзеї (6)	2,9	0,2	0,896552	0,333333
Настоянка коріння аралії (7)	0,3	0	0	0
Настоянка коріння заманихи (8)	0,7	0,2	0,137931	0,333333
Настоянка насіння лимонника (9)	1,5	0,6	0,413793	1

В зв'язку з тим, що дані, наведені навіть в межах однієї таблиці, мають різну вимірність для подальшої роботи їх нормували згідно з рекомендацією роботи [43]:

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - \min_j X_{ij}}{\max_j X_{ij} - \min_j X_{ij}}$$

$$i = 1, 2, \dots, 9, j = 1, 2, 3.$$

X_{ij} – абсолютне значення j – ої характеристики i – го адаптогену.

Для групування даних, наведених в табл.4...6 використано метод кластерного аналізу, теоретичні основи якого викладено в роботі [43], у вигляді, який реалізовано в програмній системі STATGRAPHICS. XV.1. Результати розрахунків наведено на рис.14...16 та в табл.7...9.

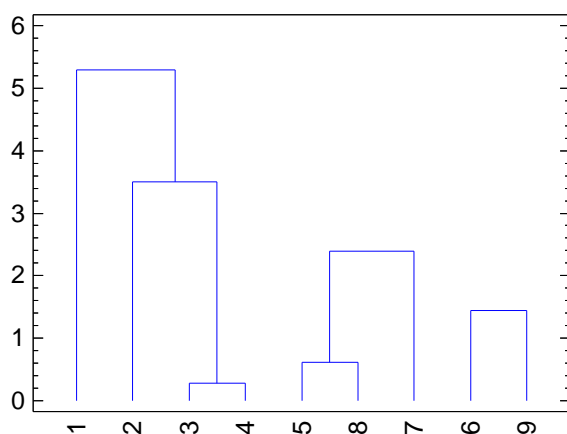


Рис. 14. Дендрограма групування результатів вивчення впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із зміною маси окремих анатомічних елементів

Таблиця 7. Результати групування вивчення впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із зміною маси окремих анатомічних елементів

Вид адаптогену (Код адаптогену)	Номер кластеру
Екстракт коріння елеутерококу (1) Настоянка коріння женьшеню (2) Настоянка листя женьшеню (3) Екстракт коріння родіоли (4)	1
Екстракт коріння левзеї (5) Настоянка коріння аралії (7) Настоянка коріння заманихи (8)	2
Екстракт листя левзеї (6) Настоянка насіння лимонника (9)	3

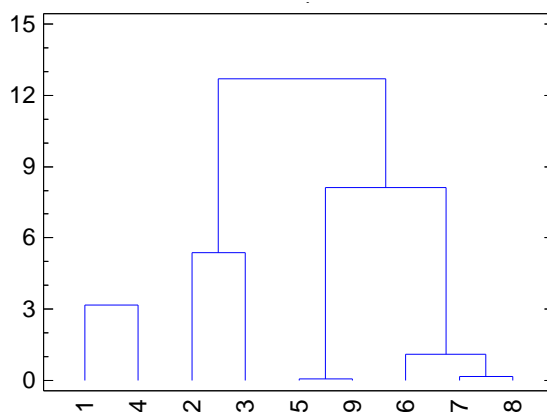


Рис. 15. Дендрограма групування результатів вивчення впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із зміною концентрації окремих складових крові

Таблиця 8. Результати групування вивчення впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із зміною концентрації окремих складових крові

Вид адаптогену (Код адаптогену)	Номер кластеру
Екстракт коріння елеутерококу (1) Екстракт коріння родіоли (4)	1
Настоянка коріння женьшеню (2) Настоянка листя женьшеню (3) Екстракт коріння левзеї (5) Екстракт листя левзеї (6) Настоянка коріння аралії (7) Настоянка коріння заманихи (8) Настоянка насіння лимонника (9)	2

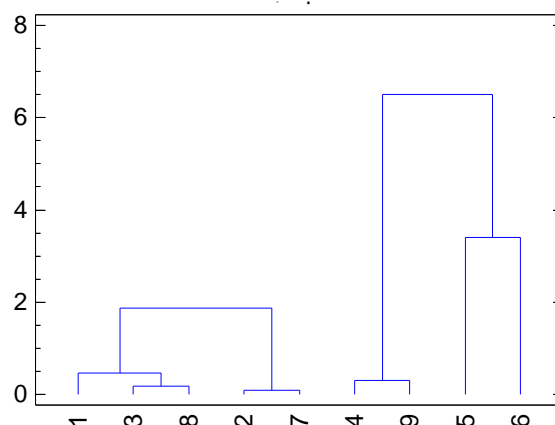


Рис. 16. Дендрограма групуванням результатів оцінки впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із ерозією шлунку

Таблиця 9. Результати групування результатів оцінки впливу класичних фітоадаптогенів на зміну показників стресорної реакції при іммобілізації та охолодженні щурів, пов'язаних із ерозією шлунку

Вид адаптогену (Код адаптогену)	Номер кластеру
Екстракт коріння елеутерококу(1) Настоянка коріння женьшеня (2) Настоянка листя женьшеню (3) Настоянка коріння аралії (7) Настоянка коріння заманихи (8)	1
Екстракт коріння родіоли (4) Екстракт коріння левзеї (5) Екстракт листя левзеї (6) Настоянка насіння лимонника (9)	2

Згідно з результатами групування адаптогени, які потрапили в один кластер, мають еквівалентну дію на організм оператора. Результати цього групування, сумісно з отриманими регресійними моделями, можна використати для вибору рослинних адаптогенів, які найбільш сприяють ефективній роботі операторів і мають найменші негативні наслідки для стану їх здоров'я.

Висновки.

1. В останній час, в світі проявляється тенденція інтелектуалізація трудової діяльності зі збільшенням кількості людей зайнятих операторською працею.

2. Можливості оператора все відстають від прискореного розвитку і розширення можливостей сучасної техніки.

3. Зростає ціна помилок операторів складних технічних систем які викликані дією значного числа зовнішніх негативних чинників, серед яких особливо поширене хронічний вплив електромагнітних випромінювань високої частоти.

4. Професійні стреси можуть призводити до виникнення різноманітних неврологічних розладів функціонального характеру і можуть бути чинниками формування так званого синдрому професійного вигорання.

5. Серед наявних різних методів корекції стану оператора складних технічних систем доцільно використовувати рослинні адаптогени, оскільки вони легко включаються в біохімічні процеси організму, їх вплив має м'який і безпечний характер при тривалому застосуванні.

6. Використовуючи результати експериментів, наведених в літературі, побудовані регресійні моделі, що дозволяють прогнозувати витривалість оператора в екстремальних умовах.

7. Проведено кластерний аналіз, що дозволив провести угруповання адаптогенів за ознакою спільності змін в організмі лабораторних тварин, що відбуваються під впливом зовнішніх впливів.

8. Згідно з результатами групування адаптогени, які потрапили в один кластер, мають еквівалентну дію на організм піддослідних тварин.

9. Результати цього групування, спільно з отриманими регресійними моделями можна використовувати для вибору рослинних адаптогенів, які найбільш сприяють ефективній роботі операторів і мають найменші негативні наслідки для стану здоров'я операторів.

10. Темою подальших досліджень може бути визначення найбільш оптимального напою або продукту харчування, з якими оператор буде отримувати необхідний адаптоген.

Література

1. Булеев Е. И. Интеллектуализация труда как высшая форма его разделения на современном этапе экономического развития. Стратегия і механізми регулювання промислового розвитку. 2017. № 9. С. 20–31.

2. Бушов Ю.В. Психофизиологическая устойчивость человека в особых условиях деятельности: оценка и прогноз. Томск: ТГУ, 1992. 176 с.

3. Супян В. Б. Сфера труда в США: новые тенденции и вызовы XXI в. Проблемы теории и практики управления. 2001. № 3. С. 96 – 101.

4. Вишневская Н.Т., Зудина А.А. Профессиональная структура рабочей силы в странах Европы: о чем свидетельствуют прогнозы? Вестник международных организаций. 2017. Т. 12. № 4.

5. Доклад о мировом развитии 2019. Изменение характера труда. Всемирный банк. веб-сайт. URL: <https://www.vsemirnyjbank.org/ru/publication/wdr2019> (дата звернення: 19.11.2020).

6. Грищенко О. В. Классификация умственного труда. Вестник Таганрогского государственного педагогического института. 2015 № 1. С. 98-101

7. Національний класифікатор України. Класифікатор професій ДК 003:2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text> (дата звернення: 19.11.2020).

8. Ломов Б.Ф. Человек и техника: Очерки инженерной психологии. Москва: Советское радио, 1966. 464 с.

9. Приборная панель И-16 тип 4. Авиамузей. веб-сайт. URL: <http://авиару.рф/aviamuseum/aviatsiya/sss/istrebiteli-2/1920-e-1930-e-gody/istrebitel-i-16/istrebitel-i-16-tip-4/14-pribornaya-panel-i-16-tip-4/> (дата звернення: 19.11.2020).

10. Приборная панель МиГ-19СУ. Авиамузей. веб-сайт. URL: <http://авиару.рф/aviamuseum/aviatsiya/sss/istrebiteli-2/1940-e-1950-e-gody/istrebiteli-kb-mikoyana-i-gurevicha/istrebitel-mig-19/5802-2/5-pribornaya-panel-mig-19su/> (дата звернення: 19.11.2020).

11. Усовершенствованный F-16: «Гадюка». Популярная механика. веб-сайт. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/225381-usovershenstvovanny-f-16-gadyuka/>

12. Либерман А.Н. Техногенная безопасность: человеческий фактор. Санкт-Петербург : Изд-во "ВИС", 2006. 103 с.
13. Новиков, В. В. Основы инженерной психологии и эргономики: учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 144 с.
14. Крук В.М. Психология надёжности специалиста: история и современность . Вестник Московского государственного областного университета (Электронный журнал). 2011. № 1. с. 150-158. URL: <https://vestnik-mgou.ru/vi/Articles/View/60> (дата звернення: 19.11.2020).
15. Бачкало Б.И., Золотых В.И. Метод учета влияния «личностного фактора» человека-оператора на безопасность управляемой им эргатической системы. Вестник Академии военных наук. 2018. № 3. С. 96–103.
16. Ермолаева М.В. Эргономические исследования человеческого фактора в современных технических системах. Гуманитарный вестник. 2018, Вып. 9. С.1-15 17. Никифоров Г.С. Проблема надёжности в инженерной психологии. Психологические основы профессиональной деятельности: хрестоматия / Сост. В.А. Бодров. Москва , ПЕР СЭ; Логос, 2007. С.369 - 375
18. Котик М.А. О преднамеренных и непреднамеренных ошибках человека оператора. Психологический журнал. 1993, № 5. С. 34-41.
19. Щербаков В. У саперов не бывает дублей. Вокруг света. 2011, № 2. С.118-121
20. Клебельсберг Д. Транспортная психология / Пер. с нем. / Под ред. В. Б. Мазуркевича, Москва: Транспорт, 1989. 367 с.
21. Космолинский Ф.П., Деревянко Е.А. Утомление летного состава. Москва: Воениздат, 1962. 114 с.
22. Чернюк В.И., Бобко Н.А. Сменный операторский труд: история и современные проблемы. Український журнал з проблем медицини праці. 2006. № 4(8). С. 47-57.
23. Мессіо Б. Рациональная организация труда и психология /пер.с англ. В. Перазича. Москва, 1926. 232 с.
24. Благинин А. А. Физиологическое обоснование системы повышения профессиональной работоспособности специалистов управления космическими аппаратами: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.м.н.: 14.00.17: Спец. 14.00.32 Санкт-Петербург, 1997. - 40 с.
25. Бодров В.А. Профессиональное утомление и прикладные проблемы. Москва: Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. 560с.
26. Черепнев И.А., Кириенко Н.М., Артюшенко А.В., Аверьянов А.А. Возможные методы повышения эффективности работы экипажей существующих и перспективных боевых машин. Системы обработки інформації. 2005. № 5(45). С. 152 – 169.
27. Думанський В. Ю., Біткін С.В. Радіонавігаційні об'єкти цивільної авіації та їх вплив на санітарно-гігієнічний стан електромагнітної обстановки. Актуальні питання гігієни та екології безпеки України : збірка тез доповідей науково-практичної конференції. Київ, 2003. Вип. 5. С.42–44.
28. Лебедева Н.Н. Реакции центральной нервной системы человека на электромагнитные поля с различными биотропными параметрами. Биомедицинская радиоэлектроника. 1998. №1. С. 24-36.
29. Бова А.А. Военно-полевая терапия. Практикум : учеб. пособие. Минск : БГМУ, 2009. 178 с
30. Барбашин В.В., Толкунов И.А., Дубницький В.Ю., Фесенко Г.В., Черепнев И.А. Статистический анализ действия адаптогенов на работоспособность экипажей бронетанковой техники при выполнении боевой задачи. Системы озброєння і військова техніка. 2017. №3(51). С. 95-112.
31. Гюнтер Н.А. Распространенность и ранняя диагностика синдрома профессионального выгорания. Клиническая неврология 2008. № 2. С.20-23.
32. Лапская Ю.В. Профессиональный стресс и особенности эмоционального выгорания в экстремальной ситуации (на материале работников атомной энергетики). Наука и образование: новое время. 2015. №5 (10) С. 42-47.
33. Львов В.М., Гутянский Г.С. Основные положения системы поддержки и восстановления работоспособности операторов. Биотехносфера. 2010. № 2. С. 3-6
34. Колмаков С.А. Контроль функционального состояния человека-оператора и его коррекция как метод повышения информационно-психологической безопасности на рабочем месте. Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 3. Санкт-Петербург: СПОИСУ. 2017. С. 79-83.
35. Черепнев И. А., Фесенко Г.В., Крыленко И.М. К истории применения методов физической медицины в лечении и реабилитации раненых на опыте войн начала XX века. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2016. Вип. 3. С. 190-196.
36. Белоусов, Е.А., Белоусова О.В. Формирование оптимального ассортимента лекарственных препаратов для лечения никотиновой зависимости в аптечных организациях с использованием фармакоэкономических подходов . Научные ведомости БелГУ. Сер. Медицина. Фармация. 2016. №19 (240), вып.35. С. 120-124.
37. Доровских В.А., Симонова Н.В., Тонконогова М.С., Пнюхтин О.П., Симонова Н.П. Сравнительная оценка фитоадаптогенов при окислительном стрессе. Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2015. Вип. (55). С. 95-100.

38. Бабий Н.В., Лоскутова Е.В., Бабий Т.В. Розробка фитоадаптогенів на основі природних адаптогенів. Вісник торговий-технологічного інституту. 2010. № 2.- 3. 70-78.

39. Лук'яненко І.Р., Краснікова Л.І. Економетрика: підручник. Київ: Товариство "Знання", 1998. 494.

40. Барнаулов О.Д., Осипова Т.В. Стресс-лимитирующие свойства классических фитоадаптогенов. Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2012. № 10(3). С. 40-49

41. Назаренко Г.И., Кишкин А.А. Клинические результаты лабораторных исследований. Москва: «МЕДИЦИНА», 2005. 541 с.

42. Титов Г.С. Шойбонов В.Р. Неэтерифицированные жирные кислоты в плазме крови и межклеточной среде. действие инсулина и альбумина. Клиническая лабораторная диагностика. 2016. №2. С. 31-40.

43. Григорук П.М. Багатовимірне економіко – статистичне моделювання: навчальний посібник. – Львів: «Новий світ-2000», 2006. 148 с.

References

1. Buleev, E. I. (2017) 'Intellectualization of labor as the highest form of its division at the present stage of economic development. Strategy and mechanisms for regulating industrial development', (9), pp. 20–31.

2. Bushov, Yu. V. (1992) *Psychophysiological stability of the person in special conditions of activity: an assessment and the forecast*. Tomsk: TSU, 176 p.

3. Supyan, V. B. (2001) 'The sphere of labor in the United States: new trends and challenges of the XXI century', *Problems of management theory and practice*, (3), pp. 96-101.

4. Vishnevskaya, N. T., Zudina, A. A. (2017) 'Professional structure of the workforce in European countries: what do the forecasts show?', *Bulletin of international organizations*, (12(4)), pp. 109-129.

5. *World Development Report 2019. Changing the nature of work*. World Bank (2020). Available at: <https://www.vsemirnyjbank.org/ru/publication/wdr2019> (Accessed: 19 November 2020).

6. Grishchenko, O. V. (2015) 'Classification of mental work', *Bulletin of the Taganrog State Pedagogical Institute*, (1), pp. 98–101.

7. *National Classifier of Ukraine. Classifier of professions DK 003: 2010*, (2010). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text> (Accessed: 19 November 2020).

8. Lomov, B. F. (1966) *Man and technology: Essays on engineering psychology*. Moscow: Soviet Radio, 464 p.

9. *Dashboard I-16 type 4*. Aviation Museum website. (2020) Available at: <http://aviary.pf/aviamuseum/aviatsiya/sss/istrebiteli-2/1920-e-1930-e-gody/istrebitel-i-16/istrebitel-i-16-tip-4/14-pribornaya-panel-i-16-tip-4.html> (Accessed: 19 November 2020).

10. *MiG-19SU dashboard*. Aviation Museum website. (2020) Available at: <http://aviary.pf/aviamuseum/aviatsiya/sss/istrebiteli-2/1940-e-1950-e-gody/istrebiteli-kb-mikoyana-i-gurevicha/istrebitel-mig-19/5802-2/5-pribornaya-panel-mig-19su.html> (Accessed: 19 November 2020).

11. *Advanced F-16: "Viper"*. Popular mechanics. (2020) Available at: <https://www.popmech.ru/technologies/225381-usovershenstvovanny-f-16-gadyuka.html> (Accessed: 19 November 2020).

12. Lieberman, A. N. (2006) *Man-made safety: the human factor*. Saint-Petersburg: VIS Publishing House, 103 p.

13. Novikov, V. V. (2015) *Fundamentals of engineering psychology and ergonomics: a textbook*. Volgograd: VolgSTU, 144 p.

14. Crook, V. M. (2011) 'Psychology of specialist reliability: history and modernity', *Bulletin of the Moscow State Regional University (Electronic Journal)*, (1), pp. 150-158. Available at: <https://vestnik-mgou.ru/vi/Articles/View/60.html> (Accessed: 19 November 2020).

15. Bachkalo, B.I., Zolotykh, V.I. (2018) 'The method of taking into account the influence of the "personal factor" of the human operator on the safety of the ergatic system managed by him', *Bulletin of the Academy of Military Sciences*, (3), pp. 96–103.

16. Ermolaeva, M.V. (2018) 'Ergonomic studies of the human factor in modern technical systems', *Humanitarian Bulletin*, (9), pp.1-15.

17. Nikiforov, G. S. and Bodrov, V. A. (2007) *The problem of reliability in engineering psychology. Psychological bases of professional activity: textbook*. Moscow: PER SE Logos, pp.369 - 375

18. Котик, М. А. (1993) 'About intentional and unintentional human operator errors', *Psychological Journal*, (5), pp. 34-41.

19. Shcherbakov, V. (2011) 'Sappers do not have doubles', *Around the world*, (2), pp.118-121.

20. Klebelsberg, D. (1989) *Transport psychology*. / translated from German / Ed. V.B. Mazurkevich. Moscow: «Transport», 367 p.

21. Kosmolinsky, F. P. and Derevyanko, E. A. (1962) *Flight fatigue*. Moscow: Voenizdat, 114 p.

22. Chernyuk, V.I., Bobko, H.A. (2006) 'Shift camera work: history and modern problems', *Ukrainian Journal of Occupational Medicine*, (4 (8)), pp. 47-57.

23. Messio, B. (1926) *Rational organization of labor and psychology* / translated from English V. Perazich. Moscow, 232 p.

24. Blagin, A. A. (1997) Physiological substantiation of the system of professional development of spacecraft management specialists: abstract for the degree of Doctor of Medical Sciences: 14.00.17: Spec. 14.00.32. Saint-Petersburg, 40 p.

25. Bodrov, V. A. (2009) *Occupational fatigue and applied problems*. Moscow: Institute of Psychology Russian Academy of Sciences Publishing House, 560 p.

26. Cherepnev, I.A., Kirienko, N.M., Artyushenko, A.V. and Averyanov, A.A. (2005) 'Possible methods of increasing the efficiency of crews of existing and promising combat vehicles', *Information processing systems*, (5 (45)), pp. 152 - 169.
27. Dumansky, V. Yu. and Bitkin, S.V. (2003) 'Civil aviation radio navigation facilities and their impact on the sanitary and hygienic condition of the electromagnetic environment', *Current issues of hygiene and ecology of security of Ukraine: a collection of abstracts of reports of the scientific-practical conference*. Kyiv, Issue 5, pp. 42–44.
28. Lebedeva, H. H. (1998) 'Reactions of the human central nervous system to electromagnetic fields with various biotropic parameters', *Biomedical radio electronics*, (1), pp. 24-36.
29. Bova, A. A. (2009) *Military field therapy. Workshop: tutorial*. Minsk: BSMU, 178 p.
30. Barbashin, V. V., Tolkunov, I. A., Dubnitsky, V. Y., Fesenko, G. V. and Cherepnev, I. A. (2017) 'Statistical analysis of the effect of adaptogens on the performance of armored vehicle crews when performing a combat mission', *Weapons systems and military equipment*, (3 (51)), pp. 95-112.
31. Gunther, N. A. (2008) 'Prevalence and early diagnosis of burnout', *Clinical Neurology*, (2), pp. 20-23.
32. Lapskaya, Yu. V. (2015) 'Occupational stress and features of emotional burnout in an extreme situation (based on the material of nuclear power workers)', *Science and education: a new time*, (5 (10)), pp. 42-47.
33. Lviv, V. M., Gutyansky, G. S. (2010) 'The main provisions of the system of support and recovery of operators', *Biotechnosphere*, (2) pp. 3-6.
34. Kolmakov, S. A. (2017) 'Control of the functional state of the human operator and its correction as a method of improving information and psychological security in the workplace', *Regional informatics and information security. Collection of works*, (3), St. Petersburg: SPOISU, pp. 79–83.
35. Cherepnev, I. A., Fesenko, G. V. and Krylenko, I. M. (2016) 'To the history of the application of methods of physical medicine in the treatment and rehabilitation of the wounded in the experience of wars of the early twentieth century', *Collection of scientific works of Kharkiv University of the Air Force*, (3), pp. 190-196.
36. Belousov, E. A., Belousova, O. V. (2016) 'Formation of the optimal range of drugs for the treatment of nicotine addiction in pharmacy organizations using pharmacoeconomic approaches', *Scientific sheets of BelSU. Ser. Medicine. Pharmacy*, (19 (240)), issue 35, pp. 120-124.
37. Dorovskikh, V.A., Simonova, N.V., Tonkonogova, M. S., Pnyukhtin, O. P. and Simonova, N. P. (2015) 'Comparative evaluation of phytoadaptogens under oxidative stress', *Bulletin of physiology and pathology of respiration*, (55), pp. 95-100.
38. Babiy, N. V., Loskutova, E. V. and Babiy, T. V. (2010) 'Development of phytonutrients based on natural adaptogens', *Bulletin of the Trade and Technology Institute*, (2), pp. 70-78.
39. Lukyanenko, I. R. and Krasnikova, L. I. (1998) *Econometrics: a textbook*. Kyiv: Knowledge Society, 494 p.
40. Barnaulov, O. D., Osipova, T. V. (2012) 'Stress-limiting properties of classical phytoadaptogens', *Reviews of clinical pharmacology and drug therapy*, (10 (3)), pp. 40-49.
41. Nazarenko, G. I. and Kishkin, A. A. (2005) *Clinical results of laboratory tests*. Moscow: MEDICINE, .541 p.
42. Titov, G.S., Shoibonov, V.R. (2016) 'Unesterified fatty acids in blood plasma and intercellular environment. action of insulin and albumin', *Clinical laboratory diagnostics*, (2), pp. 31-40.

Аннотация

Анализ и группировка действия адаптогенов растительного происхождения для содействия трудовой деятельности операторов сложных технических систем

С.М. Чумаченко, В.Ю. Дубницький, І.А. Черепньов, Д.П. Коломиец, Н.И. Карпенко

В статье рассмотрена сложившаяся в мире в течении последнего времени тенденция интеллектуализации производства и увеличение численности работников, занятых преимущественно умственным трудом. На основании данных литературных источников приведена классификация различных видов умственного труда. Показана разница между понятиями «оператор», как профессиональное название работы и «работы, которая имеет характер операторской».

На примере авиации проиллюстрирована тенденция отставания возможностей оператора от ускоренного развития современной техники. Рассмотрена эволюция понятий «надёжность человека» и «человеческий фактор», а также приведены различные варианты классификации ошибок человека-оператора сложных технических систем. Для подробного рассмотрения выбрана группа ошибок, совершаемых оператором неумышленно.

В статье отмечена особая угроза от возникновения ошибок в условиях сменного труда, особенно в ночное время. На основании анализа научных публикаций, разнесённых по времени более чем на 70 лет, получены распределения количества несчастных случаев и ошибок оператора на протяжении рабочего дня. Показано влияние опыта работы (как положительное, так и негативное) на качество выполнения служебных обязанностей операторами различного профиля.

Проведенный анализ научных источников позволил выделить из списка факторов, которые провоцируют операторов на совершение ошибочных действий с учётом широты распространения, такие как хроническое воздействие электромагнитных излучений и эффект профессионального психоэмоционального выгорания. Для парирования этих факторов предложен метод противодействия вышеуказанному негативному воздействию. С учётом оптимального сочетания эффективности и минимизации негативных побочных последствий предложено использовать адаптогены растительного происхождения.

Используя результаты исследований, полученных в результате анализа научных публикаций, построены регрессионные модели, которые позволяют прогнозировать выносливость оператора в экстремальных условиях. В статье выполнен кластерный анализ, который позволил провести группировку адаптогенов по признаку общности изменений в организмах лабораторных животных, происходящих под влиянием внешних воздействий. Согласно полученным результатам группирования адаптогены, которые попали в один кластер, имеют эквивалентное воздействие на организм подопытных животных. Результаты этой группировки, совместно с полученными регрессионными моделями, можно использовать для выбора растительных адаптогенов, наиболее способствующих повышению эффективности работы операторов и имеющих наименьшие негативные последствия для состояния их здоровья.

Ключевые слова: умственный труд, оператор системы «человек-машина», надёжность, работоспособность, человеческий фактор, цена ошибки оператора, электромагнитные излучения сверхвысокой частоты, профессиональное выгорание, адаптогены, регрессионный анализ, кластерный анализ.

Abstract

Analysis and grouping of the action of adaptogens of plant origin to promote the work of operators of complex technical systems

S.M. Chumachenko, V.Yu. Dubnytskyi, I.A. Cherepnov, D.P. Kolomiets, M.I. Karpenko

The article examines the recent trend in the world of intellectualization of production and an increase in the number of workers engaged mainly in mental work. Based on the data from literary sources, a classification of various types of mental labor is given. Shows the difference between the concepts of "operator", as a professional name of the job and "work, which has the character of an operator."

On the example of aviation, the tendency of the operator's capabilities lagging behind the accelerated development of modern technology is illustrated. The evolution of the concepts of "human reliability" and "human factor" is considered, as well as various options for classifying errors of a human operator of complex technical systems. For detailed consideration, a group of errors made by the operator unintentionally has been selected.

The article notes a particular threat from errors in shift work, especially at night. Based on the analysis of scientific publications spaced by more than 70 years, the distribution of the number of accidents and operator errors during the working day was obtained. The influence of work experience (both positive and negative) on the quality of performance of official duties by operators of various profiles is shown.

The analysis of scientific sources made it possible to single out from the list of factors that provoke operators to commit erroneous actions, taking into account the breadth of distribution, such as: chronic exposure to electromagnetic radiation and the effect of professional psycho-emotional burnout. To counter these factors, a method is proposed to counteract the above negative impact. Taking into account the optimal combination of efficiency and minimization of negative side effects, it is proposed to use adaptogens of plant origin.

Using the results of experiments obtained as a result of the analysis of scientific publications, regression models were built that allow predicting the operator's endurance in extreme conditions. In the article, a cluster analysis was carried out, which made it possible to group adaptogens based on the commonality of changes in the organisms of laboratory animals that occur under the influence of external influences. According to the results of grouping, adaptogens that fall into one cluster have an equivalent effect on the organism of experimental animals. The results of this grouping, together with the obtained regression models, can be used to select plant adaptogens that most contribute to improving the efficiency of operators and have the least negative consequences for their health.

Keywords: mental labor, operator of the "man-machine" system, reliability, efficiency, human factor, cost of operator error, microwave electromagnetic radiation, professional burnout, adaptogens, regression analysis, cluster analysis.

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Zubko V. (2020). Substantiation and selection of power machines for aggregation of agricultural machines. *Engineering of nature management*, (4)(18), pp. 78 – 94.

Подано до редакції / Received: 22.11.2020