

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОЛОСОВ ІГОР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 681.5.015:371.693

ДИСЕРТАЦІЯ

**МЕТОДИ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ НА ОСНОВІ
КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ**

151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

15 – Автоматизація та приладобудування

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

І.В.Колосов

Науковий керівник

Рудакова Ганна Володимирівна

доктор технічних наук, професор

Херсон – 2021

АНОТАЦІЯ

Колосов І.В. Методи створення автоматизованих систем керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – Херсонська державна морська академія, Міністерство освіти і науки України, м. Херсон, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми підвищення ефективності процесу підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу за рахунок застосування адаптивних методів планування процесу навчання з урахуванням стану людини, що навчається, з метою прискорення набуття певних професійних компетенцій: як універсальних, так й професійних.

В роботі виконано аналіз методів та засобів керування процесом підготовки морських фахівців. Розглянуто специфіку професії суднового електромеханіка, наведено основні характеристики роботи оператора: показники роботи, особливості праці, основні режими роботи, основні ознаки трудового процесу. Судновий електромеханік це людина, що взаємодіє зі складною технікою через інформаційні процеси, працює в екстремальних умовах праці, і несе величезну відповідальність за своєчасне, швидке, безпомилкове виконання своїх посадових обов'язків, невиконання яких може призвести до аварії на судні.

Розглянуто особливості функціонування людини-оператора в організаційно-технічних системах, наведено класифікацію та аналіз причин виникнення помилок людини-оператора, характеристику керуючих дій та його психофізіологічних і функціональних станів. Розглянуто основні характерні риси професійного досвіду та його вплив на показники надійності та ефекти-

вності системи «людина-машина». Наведено математичний опис оцінювання роботи людини – оператора.

Наведено характеристики існуючих систем професійної підготовки морських фахівців для оновлення теоретичних і практичних знань у зв'язку з підвищенням вимог до рівня кваліфікації і необхідністю освоєння сучасних методів вирішення професійних завдань. Проаналізовано психологічні принципи та прийоми професійної підготовки операторів.

Визначено, що особливістю тренажерної підготовки є відтворення реалістичних умов, в яких опиняється людина при виконанні своїх професійних обов'язків та мусить приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу.

Чим вище рівень компетентності (професійної підготовки) людини, тим нижче рівень напруженості її стану. При таких обставинах людина може швидше справлятися з більш складними завданнями.

Моніторинг навчального процесу необхідний для здійснення раціонального управління процесом тренажерної підготовки та формування індивідуальної траєкторії для підвищення ефективності навчання. Для визначення рівня професійної компетентності оцінюється якість та майстерність засвоєння знань, умінь та навичок, мотивація, активність та успішно виконані завдання з розв'язання практичного навчання. Навчальний контроль традиційно здійснюється у формі тестування під час практичних занять.

Обґрунтовано необхідність застосування фізіологічних методів для оцінки стану оператора. Приведено огляд основних фізіологічних характеристик людини і методи отримання і обробки фізіологічної інформації, які доцільно використовувати для визначення напруженості роботи.

В другому розділі наведено математичну модель людини-оператора як динамічного об'єкту, поведінку якого можна описати за допомогою системи диференціальних рівнянь. В зв'язку з тим, що людина як динамічна система з точки зору системного підходу відноситься до класу не повністю керованих

та не повністю спостережуваних систем, для її дослідження доцільно використовувати математичну модель в просторі станів. Завдяки аналізу зміни параметрів моделі можна отримати оцінку рівня напруженості стану людини.

Стан людини може бути визначений за біофізичними параметрами, які змінюються під час виконання операцій різного характеру та можуть вимірюватися за допомогою датчиків. На основі аналізу даних, що фіксуються за результатами вимірів, можна виявити рівень напруженості стану людини та оцінити складність оперативної ситуації.

В роботі вирішено задачу побудови математичної моделі, на основі якої можна адекватно ідентифікувати стан людини-оператора. Запропоновано методи ідентифікації напруженого стану людини-оператора. Для визначення параметрів моделі в реальному часі, доцільно використовувати повторювані процедури, які дозволяють отримати оцінку параметрів моделі при надходженні нових вимірювань.

В роботі приведено приклад обробки експериментальних даних. Данні спостережень було отримано для двох випадків: 1) – при спокійному (фоновому) стані людини та 2) – при напруженому (стресовому) стані. Показано, як змінюються параметри моделі в просторі станів при зміні напруженості оператора.

При виконанні своїх професійних обов'язків людина доволі часто опиняється в ситуації коли потрібно приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу. Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани і вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації.

В роботі показано, як в структурі системи «людина-машина» можна здійснювати оцінювання параметрів стану оператора на основі вимірювань, які реєструються трьома датчиками, що визначають температуру тіла людини, опір шкіряних покривів та швидкість серцевих скорочень. Наведено структуру системи диспетчерського контролю і управління. Данні з результа-

тами вимірів передаються безпосередньо на сам пристрій, а потім до ПК. Зіставляючи отримані дані, приймається рішення про стан оператора, вибір режиму роботи. Така робота вимагає коректної роботи й підвищеної точності, а так само злагодженості й оперативності роботи датчиків. Для отримання своєчасної оцінки щодо стану оператора у сформованій ситуації доцільно застосувати методи нечіткої логіки.

В роботі розроблено модель нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень щодо стану людини-оператора. Використовуючи нечітку модель із запропонованою базою правил для визначення стану оператора можливо підвищити ефективність процесу ідентифікації. Така система, що дозволяє оптимізувати урахування рівня правильної роботи оператора та вирішити проблему адекватності прийняття рішень, повинна реалізовуватися з використанням мікроконтролерних засобів.

В четвертому розділі наведено обґрунтування структури адаптивної системи керування тренажерною підготовкою морських фахівців та розробка комплексу рекомендацій щодо практичної реалізації її складових. Адаптивна система управління якістю навчання, яка будується на основі компетентнісного підходу, повинна складатися з трьох взаємопов'язаних модулів: підсистеми оцінки результатів діяльності оператора, підсистеми виявлення його психофізіологічного стану та підсистеми формування інтелектуального інформаційного середовища тренажера.

Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани, вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації або (при тренажерної підготовки) формувати індивідуальну траєкторію навчання. Індивідуальна корекція підготовки фахівців сприяє усуненню помилкових дій, розвитку позитивних здібностей шляхом коригування складності завдань, підбору завдань, що відповідають спеціалізації навчання, і перерозподілу часу на їх виконання.

За допомогою наведеної системи ідентифікації особистого стану людини також можливий відбір операторів, які мають менший ступінь впливу зо-

внішніх подразників та психологічних факторів на рівень кількості помилок, що допускаються. Використання результатів дисертаційного дослідження дозволяє: будувати адаптивні системи керування процесом тренажерної підготовки плавскладу, що містять у своєму складі контуру адаптації; визначати напруженість стану людини, що навчається; оцінювати ступінь набуття професійних компетенцій та своєчасно корегувати процес тренажерної підготовки курсантів, завдяки чому значно підвищити ефективність підготовки плавскладу.

Ключові слова: автоматизована система керування, підготовка морських фахівців, ідентифікація стану, компетентнісний підхід, тренажерна підготовка, людина-оператор, біофізичні параметри, нечітка логіка.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації в наукових фахових виданнях України:

1. Ivanov A.A., Lebedenko Yu.A., Rozhkov S.A., **Kolosov I.V.** Electric Propulsion Ship's Training Simulator Based on Intelligent System. Electronics and Control Systems. 2019. № 2(60). P. 53-60. DOI: [10.18372/1990-5548.60.13815](https://doi.org/10.18372/1990-5548.60.13815) (Здобувачем запропоновано структуру спеціалізованого багатофункціонального симулятора з можливістю контролю процесу навчання фахівців)
2. **Колосов І.В.**, Поливода О.В., Рудакова Г.В. Ідентифікація напруженого стану людини-оператора. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. 2020. Випуск 5 (130). С. 15-22. DOI [10.34185/1562-9945-5-130-2020-02](https://doi.org/10.34185/1562-9945-5-130-2020-02). (Здобувачем запропоновано математичну модель людини-оператора в процесі навчання для проведення аналізу напруженості стану людини як динамічного об'єкта).

Статті у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу:

3. Artem Ivanov, **Igor Kolosov**, Vadim Danyk, Serhii Voronenko, Yurii Lebedenko, Hanna Rudakova. Design of multifunction simulator for engine room personnel training. Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska - IAPGOS (Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection) / Politechnika Lubelska, Lublin Polska. 2 (2020). – pp. 62-69. <http://doi.org/10.35784/iapgос.1617> ISSN: 2083-0157 (Print) ISSN: 2391-6761 (Online) (Здобувачем запропоновано структуру автоматизованої системи керування тренажерною підготовкою та визначенні вимоги щодо практичної реалізації її складових завдяки застосуванню контуру адаптації).

Публікації в інших наукових виданнях України:

4. Кузнецов М.А., Рудакова Г.В., **Колосов І.В.** Застосування методів нечіткої логіки для ідентифікації особистого стану людини-оператора. Комп'ютерно-інтегровані технології у сьогоденні: збірка наукових праць молодих вчених (студентів, магістрів і аспірантів). Херсон: вид-во ПП Вишемирський В.С., 2016. С.15-19. (Здобувачем запропоновано модель нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень щодо стану людини-оператора завдяки безперервному контролю біофізичних показників).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

5. **Колосов І.В.**, Рудакова Г.В. Проблеми керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу. Матеріали Десятої міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ІТММ'2018). м. Дніпро, 27 – 29 березня 2018 р. Дніпро, 2018. С.158. (Здобувачем визначено шляхи підвищення

ефективності керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу).

6. **Колосов І.В.**, Поливода О.В., Рудакова Г.В. Ідентифікація напруженого стану людини-оператора. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції імені професора Михальова О.І. «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ІТММ'2020). м. Дніпро, 17 – 19 березня 2020 р. Дніпро, 2020. С.172-174. (Здобувачем запропоновано для ідентифікації параметрів моделі застосовувати рекурентний метод найменших квадратів).
7. **Колосов І.В.**, Іванов А.А., Рудакова Г.В. Адаптивна система управління тренажерною підготовкою морських фахівців. Матеріали II Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету «Marine Power Plants and Operation» (MPP&O-2020). м.Одеса – м.Стамбул – м.Одеса, квітень 2020р. Одеса, 2020. С.339-342. (Здобувачем визначено особливості тренажерної підготовки на основі компетентнісного підходу із застосуванням адаптивної системи керування процесом навчання).

ABSTRACT

Kolosov I.V. Methods of creating automated control systems for the process of training marine specialists based on the competency approach. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 151 "Automation and computer-integrated technologies". - Kherson State Maritime Academy of the Ukrainian Ministry of Education and Science, Kherson 2021.

The dissertation is devoted to solving the problem of improving the efficiency of the training of marine specialists on the basis of the competence approach through the use of adaptive methods of planning the learning process taking into account the state of the learner, in order to accelerate the acquisition of certain professional competencies: both universal and professional.

The analysis of methods and means of management of the process of training marine specialists is performed in the work. The specifics of the ship's electromechanic profession are considered, the main characteristics of the operator's work are given: work indicators, peculiarities of work, basic modes of work, main signs of labor process. A ship's electrician is a person who interacts with complex equipment through information processes, works in extreme working conditions, and has a huge responsibility for the timely, rapid, error-free performance of their duties, failure to perform which could lead to a shipwreck.

Peculiarities of human operator operation in organizational and technical systems are considered, classification and analysis of causes of human operator errors, characteristics of control actions and his psychophysiological and functional states are given. The main characteristics of professional experience and its impact on the reliability and efficiency of the system "man-machine" are considered. A mathematical description of the evaluation of human - operator

work is given.

The characteristics of the existing systems of professional training of marine specialists for updating theoretical and practical knowledge in connection with the increase of requirements to the level of qualification and the need to master modern methods of solving professional problems are given. Psychological principles and methods of professional training of operators are analyzed.

It is determined that the peculiarity of training is the reproduction of realistic conditions in which a person finds himself in the performance of his professional duties and has to make decisions. In this case, the intensity of the operator's state usually increases when controlling any process in real time, especially in conditions of time shortage.

The higher the level of competence (training) of a person, the lower the level of tension of his state. Under such circumstances, a person can cope more quickly with more complex tasks.

Monitoring of the educational process is necessary for the rational management of the process of training and the formation of an individual trajectory to improve the effectiveness of training. To determine the level of professional competence, the quality and skill of acquiring knowledge, skills and abilities, motivation, activity and successfully completed tasks to solve practical training are assessed. Educational control is traditionally carried out in the form of testing during practical classes.

The necessity of application of physiological methods for an estimation of a state of the operator is proved. An overview of the basic physiological characteristics of man and methods of obtaining and processing physiological information, which should be used to determine the intensity of work.

The second section presents a mathematical model of the human operator as a dynamic object, the behavior of which can be described using a system of differential equations. Due to the fact that man as a dynamic system in terms of a systems approach belongs to the class of not fully controlled and not fully

observable systems, it is advisable to use a mathematical model in the state space for its study. Due to the analysis of changes in the parameters of the model, it is possible to obtain an estimate of the level of intensity of the human condition.

The human state can be determined by biophysical parameters that change during operations of various kinds and can be measured using sensors. Based on the analysis of data recorded by the results of measurements, it is possible to identify the level of tension of the human state and assess the complexity of the operational situation.

The problem of building a mathematical model on the basis of which it is possible to adequately identify the state of the human operator is solved in the work. Methods for identifying the stress state of the human operator are proposed. To determine the parameters of the model in real time, it is advisable to use repetitive procedures that allow you to obtain an estimate of the parameters of the model when new measurements.

An example of experimental data processing is given. Observation data were obtained for two cases: 1) - at rest (background) of the person and 2) - at a tense (stress) state. It is shown how the parameters of the model change in the state space when the operator intensity changes.

In the performance of their professional duties, a person often finds himself in a situation where he needs to make decisions. In this case, the intensity of the operator's state usually increases when controlling any process in real time, especially in conditions of time shortage. Continuous monitoring of the level of tension of the human state allows to identify pre-stress and stressful states in a timely manner and to take certain measures to stabilize the situation.

The paper shows how in the structure of the "man-machine" system it is possible to estimate the parameters of the operator's state on the basis of measurements recorded by three sensors that determine human body temperature, skin resistance and heart rate. The structure of the dispatch control and management system is given. Data with measurement results are transmitted directly

to the device and then to the PC. Comparing the received data, the decision on a condition of the operator, a choice of an operating mode is made. Such work requires correct work and the increased accuracy, and also coherence and efficiency of work of sensors. To obtain a timely assessment of the state of the operator in the current situation, it is advisable to use methods of fuzzy logic.

A fuzzy inference model has been developed for a decision support system regarding the state of the human operator. Using a fuzzy model with a proposed set of rules to determine the state of the operator can increase the efficiency of the identification process. Such a system, which allows to optimize the level of correct operation of the operator and solve the problem of adequacy of decision-making, should be implemented using microcontroller tools.

The fourth section provides a justification for the structure of the adaptive management system for training of marine specialists and the development of a set of recommendations for the practical implementation of its components. The adaptive training quality management system, which is based on the competency approach, should consist of three interrelated modules: subsystems for evaluating the performance of the operator, subsystems for detecting his psychophysiological state and subsystems for forming an intelligent information environment of the simulator.

Constant monitoring of the level of tension of the human condition allows to identify pre-stress and stressful conditions, to take certain measures to stabilize the situation or (during training) to form an individual learning trajectory. Individual correction of training helps to eliminate erroneous actions, the development of positive abilities by adjusting the complexity of tasks, the selection of tasks that correspond to the specialization of training, and the redistribution of time for their implementation.

With the help of the above system of identification of a person's personal condition it is also possible to select operators who have a lesser degree of influence of external stimuli and psychological factors on the level of errors allowed. The use of the results of the dissertation research allows: to build adaptive con-

trol systems for the process of training the fleet, which contain the contour of adaptation; determine the intensity of the state of the student; assess the degree of acquisition of professional competencies and timely adjust the process of training of cadets, thereby significantly increasing the efficiency of training of the fleet.

Keywords: automated control system, training of marine specialists, identification of the state, competence approach, training, human operator, biophysical parameters, fuzzy logic.

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	17
ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ	25
1.1. Специфіка професії суднового електромеханіка.....	25
1.1.1. Основні характеристики роботи оператора	26
1.1.2. Основні виробничі завдання і умови праці.....	28
1.2. Особливості функціонування людини-оператора в організаційно- технічних системах.....	30
1.2.1. Помилки людини-оператора.....	30
1.2.2. Керуючі дії людини – оператора.....	34
1.2.3. Психомоторні особливості людини	35
1.2.4. Психофізіологічні стани людини	36
1.2.5. Функціональні стани людини оператора	37
1.2.6. Професійний досвід.....	39
1.3. Математичний опис роботи людини – оператора.....	40
1.4. Системи професійної підготовки морських фахівців	47
1.4.1. Психологічні принципи та прийоми професійної підготовки операторів	47
1.4.2. Тренажерна підготовка	49
1.4.3. Система підготовки морських спеціалістів на тренажерах.....	52
1.5. Методи оцінки стану	55
1.5.1. Основні фізіологічні показники оператора.....	57
1.5.2. Методи отримання і обробки фізіологічної інформації	63
1.5.3. Методи відтворення стресового стану	66
1.6. Висновки до розділу 1	68

РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА ЯК ДИНАМІЧНОГО ОБ'ЄКТУ	70
2.1. Математична модель людини-оператора в «просторі станів».....	70
2.2. Ідентифікація параметрів моделі в реальному часі.....	71
2.3. Приклад обробки експериментальних даних	73
2.4. Висновки до розділу 2	81
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТАНУ ЛЮДИНИ, ЩО НАВЧАЄТЬСЯ	83
3.1. Особливості керування з нечіткою логікою	84
3.1.1. Системи автоматичного керування на базі нечіткої логіки	84
3.1.2. Алгоритм нечіткого керування Мамдани	87
3.1.3. Етапи синтезу систем fuzzy-керування	89
3.2. Застосування методів нечіткої логіки для ідентифікації особистого стану людини-оператора	90
3.3. Моделювання системи нечіткого виводу для ідентифікації стану людини-оператора	95
3.4. Висновки до розділу 3	98
РОЗДІЛ 4 АДАПТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТРЕНАЖЕРНОЮ ПІДГОТОВКОЮ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ.....	100
4.1. Багатофункціональний тренажер	100
4.2. Контроль тренувального процесу	103
4.3. Мікроконтролерна система визначення станів людини-оператора	106
4.3.1. Структура мікроконтролерній системи моніторингу станів.....	106
4.3.2. Програмне забезпечення організації обміну інформацією	109
4.4. Вимірювання електрофізіологічних параметрів людини	111
4.4.1. Вимірювання повного опору тканин в реальному часі	111
4.4.2. Оцінка стану серцево-судинної системи.....	115
4.5. Висновки до розділу 4	119
ВИСНОВКИ.....	121

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	123
ДОДАТОК А. Компетенції морських фахівців (на прикладі електромеханіка)	133
ДОДАТОК Б. Причини помилок людини-оператора.....	139
ДОДАТОК В. Листінг розрахунків параметрів моделі за рекурентним методом найменших квадратів	141
ДОДАТОК Г. Реалізація функцій приналежності змінних нечіткого регулятора	147
ДОДАТОК Д. Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролерної системи	149
ДОДАТОК Е. Довідки про використання дисертаційної роботи	151

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- IMO – International Maritime Organization (Міжнародна морська організація);
- SEEMP – Ship Energy Efficiency Management Plan (План управління енергоефективністю корабля);
- STCW – Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (Стандарти підготовки, сертифікації та несенні вахти моряків);
- BE - вимірювальні електроди;
- АОМ – аналогова обчислювальна машина;
- АСД – автоматизована система діагностики;
- АСК – автоматизована система керування;
- АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
- БІ – блок індикації;
- ВНП - вхідний нормуючий підсилювач;
- ВП - вихідний перетворювач;
- ГДС - генератор діагностичних струмів;
- ЕЕГ – електроенцефалограма;
- ЕКГ – електрокардіограма;
- ЕМГ – електроміограма;
- ЕОГ – електроокулограма;
- ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
- ЛО – людина-оператор;
- МВ – мовна відповідь;
- МК – мікроконтролер;
- МП – мікропроцесор;
- НР – нечіткий регулятор;
- ОД - об'єкт дослідження (оператор);

ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій;

ОК – об'єкт керування;

ПГ – пневмограма;

ПД – помилкові дії;

ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій;

ПК – персональний комп'ютер;

ПР - перемикач режимів;

САК – система автоматичного керування;

СЛМ – система «людина - машина»;

ФН – функція належності;

ЦОМ – цифрова обчислювальна машина;

ЧСС – частота серцевих скорочень;

ШГР – шкірно-гальванічна реакція.

ВСТУП

Аварійність на судах тісно пов'язана з людським фактором. У багатьох випадках (за статистикою приблизно 80%) причиною аварійних ситуацій та нещасних подій на флоті називають помилкові дії персоналу [1]. Зниження впливу «людського фактору» на рівень аварійності на морському транспорті є досить складним завданням. Основною метою функціонування кожного працівника морського та річного транспорту є зведення до мінімуму ризиків, прагнення прорахування усіх можливих варіантів розвитку подій. Однією з найбільш типових причин помилкових дій, що призводять до порушення нормального ходу трудової діяльності і неможливості отримання очікуваного результату або досягнення поставленої мети, є недостатня професійна підготовка членів екіпажу та відсутність достатньо сформованих трудових навичок. Для подальшого запобігання помилкових дій, яки обумовлені неправильною суб'єктивною переробкою інформації, необхідно застосувати міри, що спрямовані на підвищення кваліфікації та на більш досконалу форму подання інформації. Ґрунтовна освіта дозволяє легше та швидше орієнтуватися в різних ситуаціях та своєчасно приймати виважені рішення, тому отримання глибоких професійних і загальнонаукових знань та постійне професійне самовдосконалення є першочерговим завданням працівників при роботі на флоті. Суднові фахівці здобувають освіту у вищих навчальних закладах та при проходженні спеціалізованих комплексів освітніх програм підвищення кваліфікації для оновлення теоретичних та практичних знань. Втім особливості праці на морі зумовлюють доцільність застосування систем дистанційної освіти для підвищення рівня кваліфікації і необхідністю засвоєння сучасних методів вирішення професійних завдань. Сучасний курсант повинен наполегливо здобувати професійні знання, уміння та навички під час теоретичної та практичної підготовки. Але завдяки наявності індивідуальних особливостей будь-якої людини процес навчання може плинути по-різному. Тому актуальним завданням є оптимізація керування процесом підготовки

морських фахівців як в межах навчання у вищому навчальному закладі, так й при проходженні курсів з підвищення кваліфікації з метою прискорення набуття певних професійних компетенцій: як універсальних (соціально-особистісних і загальнокультурних, загальнонаукових, інструментальними), так й професійних (експлуатаційно-технологічними і сервісними, організаційно-управлінських, виробничо-технологічних, науково-дослідних, науково-педагогічних) [2, 3].

Проблематиці удосконалення систем професійної підготовки присв'ячені роботи видатних вітчизняних та закордонних вчених. Психологічні аспекти діяльності людини-оператора досліджувалися Е.А. Клімовим, Ю.К. Стрелковим, І.Є. Цибулевським, А.О. Прохоровим, А.М. Смеляновим та ін. Особливостям професійної підготовки фахівців присв'ячено роботи С.А. Данченка, В.А. Бодрова, В.Я. Орлова, В.В. Чернявського, А.П. Беня. Розробкою математичного опису для аналізу поведінки людини-оператора займалися П.І. Бідюк, Д.Л. Гамаш, А.В. Меньков, В.А. Острейковський, Е.Л. Носенко, А.Б. Леонова, А.Д. Устюжанин, К.А. Пупков та інші.

Для ефективного керування процесом підготовки морських фахівців необхідне створення моделі процесу навчання на основі компетентнісного підходу, моделі людини, що навчається, з урахуванням суб'єктивних та зовнішніх факторів [4-8], розробка методів і засобів ідентифікації особистого стану людини та проектування складових автоматизованої системи керування процесом професійного навчання.

У зв'язку з цим актуальною науково-технічною задачею є розробка методів створення автоматизованих систем керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу, що дозволить значно підвищити ефективність процесу навчання плавскладу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Зміст роботи, її основні задачі відповідають стандартам та вимогам до компетенції персоналу машинного відділення на оперативному та управлінському рівнях, які сформульовані у главі III в Міжнародній конвенції про стандарти підго-

товки, сертифікації та вахти моряків (STCW6 Code. ІМО, London, 2017) із поправками в Манілі [9].

Дисертаційні дослідження виконані на кафедрі експлуатації суднового електрообладнання та засобів автоматики в межах тематичних планів Херсонської державної морської академії та пов'язані з науково-дослідними роботами за держбюджетною темою: «Формування професійної компетентності фахівця морської галузі на засадах інтеграції академічної, тренажерної та практичної підготовки у системі дуальної освіти» (№ ДР 0119U101552).

Особистий внесок автора полягає у розробці моделей та методів підвищення ефективності процесу підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу за рахунок застосування методів ідентифікації напруженого стану людини, що навчається, та вдосконаленні автоматизованій системи для адаптивного керування процесом навчання.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є підвищення ефективності процесу підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу за рахунок застосування адаптивних методів планування процесу навчання з урахуванням стану людини, що навчається.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

1. Проведення аналізу методів та засобів керування процесом підготовки морських фахівців.
2. Удосконалення математичної моделі людини-оператора в процесі навчання.
3. Розробка методів ідентифікації напруженого стану людини на основі обробки інформації про біофізичні показники від підсистеми моніторингу.
4. Апробація розроблених методів ідентифікації для автоматизованої системи керування навчанням шляхом комп'ютерного моделювання.
5. Обґрунтування структури адаптивної системи керування тренажерною підготовкою морських фахівців та розробка комплексу рекомендацій щодо практичної реалізації її складових.

Об'єкт дослідження. Автоматизовані системи керування процесом тренажерної підготовки морських фахівців.

Предмет дослідження. Моделі, методи та засоби побудови автоматизованих систем керування процесом тренажерної підготовки на основі компетентнісного підходу.

Методи дослідження. В основу досліджень покладено: методи системного підходу, методи математичного моделювання та матричного аналізу для аналізу людини-оператора як динамічної системи, методи ідентифікації для оцінки параметрів моделі, методи нечіткої логіки для визначення напруженого стану, методи вимірювання фізіологічних параметрів для виявлення взаємозв'язків навантажень з напруженістю стану людини.

Для здійснення моделювання та обробки експериментальних даних використано методи та засоби комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено математичну модель людини-оператора в процесі навчання, що дозволяє, на відміну від існуючих, оцінювати стан динамічного об'єкта на основі обробки даних від підсистеми моніторингу, які можна застосовувати для діагностики стану в реальному часі.

Вперше запропоновано метод ідентифікації напруженого стану людини-оператора шляхом визначення параметрів математичної моделі, яка отримується на основі аналізу біометричних показників, що фіксуються підсистемою моніторингу.

Отримала подальший розвиток модель нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень щодо стану людини-оператора завдяки безперервному контролю біофізичних показників та, на відміну від існуючих, дає змогу оцінювати ступінь набуття професійних компетенцій.

Удосконалено структуру автоматизованої системи керування тренажерною підготовкою та визначенні вимоги щодо практичної реалізації її складових завдяки застосуванню контуру адаптації, який, на відміну від існуючих,

надає можливість коригувати процес навчання з урахуванням стану людини, що навчається, в реальному часі.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що:

Використання результатів дисертаційного дослідження дозволяє: будувати адаптивні системи керування процесом тренажерної підготовки плавскладу, що містять у своєму складі контуру адаптації; визначати напруженість стану людини, що навчається; оцінювати ступінь набуття професійних компетенцій та своєчасно корегувати процес тренажерної підготовки курсантів, завдяки чому значно підвищити ефективність підготовки плавскладу.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в ТОВ «МАРЛОУ НАВІГЕЙШН УКРАЇНА» в системі керування процесом тренажерної підготовки курсантів (Акт від 15.05.2020 р.). Також результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі у Херсонській державній морській академії при викладанні ряду дисциплін, при курсовому та дипломному проектуванні, а також під час проведення тренажерних курсів «Real Pilot», «Bridge Resource Management» для рядового та офіцерського складу екіпажів морських суден у Херсонському морському спеціалізованому тренажерному центрі (акт від 10.06.2020 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі положення, що виносяться на захист, належать особисто здобувачу і не містять результатів, ідей або розробок, що належать співавторам, разом з якими опубліковані наукові праці. У спільних публікаціях здобувачу належать: [10] – принципи побудови структури спеціалізованого багатофункціонального симулятора з можливістю контролю процесу навчання фахівців; [11] – математична модель людини-оператора в процесі навчання для проведення аналізу напруженості стану людини як динамічного об'єкта; [12] – запропоновано структуру автоматизованої системи керування тренажерною підготовкою та визначенні вимоги щодо практичної реалізації її складових завдяки застосуванню контуру адаптації; [13] – запропоновано модель нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень щодо стану людини-оператора завдяки безперервному контролю

лю біофізичних показників; [14] – визначено шляхи підвищення ефективності керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу; [15] – запропоновано для ідентифікації параметрів моделі застосовувати рекурентний метод найменших квадратів; [16] – визначено особливості тренажерної підготовки на основі компетентнісного підходу із застосуванням адаптивної системи керування процесом навчання.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися на 3 міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, у тому числі:

- Десятій міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ІТММ'2018), м. Дніпро, 2018 р.;

- Міжнародній науково-практичній конференції імені професора Михайлова О.І. «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ІТММ'2020), м. Дніпро, 2020 р.;

- II Міжнародній науково-практичній морській конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету (MPP&O-2020 (Marine Power Plants and Operation), м. Одеса, 2020 р.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 7 наукових працях, у тому числі 3 статті у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у міжнародному періодичному виданні країни ЕС), 1 стаття у збірці наукових праць молодих вчених, 3 публікації у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 127 найменувань і 6 додатків. Загальний обсяг дисертації складає 152 сторінки, у тому числі 122 сторінки основного тексту. Робота містить 32 рисунки та 7 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ

З підвищенням рівня автоматизації характер діяльності оператора стає все більшою мірою контролюючим за своєю природою. Людина в системі людина-машина перевіряє, спостерігає, оцінює виконання системних функцій апаратними та програмними засобами, регулює і координує їх роботу, як того вимагають продуктивність і безпеку системи. Діяльність людини має складну ієрархічну будову. Вона складається з декількох не рівноважних рівнів.

При аналізі причин помилок людини-оператора на практиці насамперед розглядається можливість людини при управлінні системою людина-машина. Це якоюсь мірою зводить причини помилок до негативних індивідуальних якостей оператора. Однак, як показує практика, не менша кількість помилок допускається і цілком успішними (за своїми особистими якостями) операторами. На появу помилок впливають як індивідуальні характеристики конкретної людини-оператора (ЛО), так і зміст, умови та організація діяльності людини.

Шлях в професійну діяльність - це багатоетапний і складний шлях, просуваючись по якому людина повинна усвідомлювати і розуміти, навіщо вона це робить, як виглядає її майбутня діяльність, що очікувати від себе і чи вистачить можливостей подолати всі труднощі і стати професіоналом.

1.1. Специфіка професії суднового електромеханіка

Професія судновий електромеханік ставитися до командного складу на судні, до судномеханічного служби, яка забезпечує експлуатацію суднових технічних засобів, що знаходяться в його веденні [17]. Він строго виконує і несе відповідальність в межах своїх обов'язків згідно з цим Статутом, прийнятим Міжнародною Конвенцією про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року, Статутом служби на суднах рибпромислового і торгового

флоту. Невиконання цих обов'язків тягне за собою дисциплінарну або іншу встановлену законом відповідальність.

Усередині самої професії суднового електромеханіка є поділ: старший електромеханік, другий електромеханік з суднової автоматики, другий електромеханік, третій електромеханік і четвертий електромеханік. Вони відрізняються складом обов'язків і рівнем відповідальності за несення робочої вахти на судні.

Судновий електромеханік здобуває освіту за спеціальністю «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики».

Професія судновий електромеханік відноситься до операторської діяльності. Оператор виконує свої функції в системі, де управління в основному здійснює автоматика.

«Оператор» - це людина, що взаємодіє зі складною технікою через інформаційні процеси [18].

Різні автори [18-20] відносять операторську працю до системи «людина - машина» (СЛМ).

1.1.1. Основні характеристики роботи оператора

До основних показників роботи систем «людина - машина» відносяться:

- 1) швидкодія (визначається часом проходження інформації по замкнутому контуру "людина - машина", тобто час, що відраховується від моменту прийому сигналу до реакції на сигнал);
- 2) надійність і точність роботи оператора (ступінь ймовірності правильного вирішення завдань оператором);
- 3) своєчасність виконання завдання (як ймовірність того, що поставлена задача буде вирішена під час, тобто не пізніше встановленого часу);
- 4) безпека праці оператора (як зниження ймовірності травм і аварій);
- 5) ступінь автоматизованості СЛМ (як відносна кількість інформації, що переробляється автоматичними пристроями);

б) економічні показники (повні витрати на проектування, створення і експлуатацію СЛМ).

Виділяють такі особливості праці операторів в сучасних умовах [20]:

1) З розвитком техніки збільшується число об'єктів (параметрів), якими треба керувати;

2) Розвиваються системи дистанційного керування, людина все більше віддаляється від керованих об'єктів - необхідність працювати зі знаковими системами (із закодованою інформацією);

3) Збільшуються швидкість і складність виробничих процесів - підвищені вимоги до точності дій операторів, до швидкості реакцій і т.п.;

4) Постійно змінюються умови праці (часто це веде до зменшення рухової активності);

5) Підвищується ступінь автоматизації виробничих процесів - потрібна готовність до дій в екстремальних ситуаціях.

В [20] виділяються наступні основні режими роботи оператора:

1) Нормальні умови (оператор просто стежить за роботою автоматики, не втручаючись в технологічний процес);

2) Аварійні ситуації (оператор працює в напівавтоматизованому або механізованому режимах; багато що залежить від точності його сенсомоторних дій і вміння оцінювати ситуацію);

3) Технологічний процес ще йде в заданих межах, але вже наближається до своїх кордонів (завдання оператора - утримати процес в необхідних технологічних параметрах, тобто завдання - стабілізувати керований процес);

4) Оператор будує режим роботи установки самостійно, але на новій основі (завдання - розширення можливостей експлуатаційної системи, економія матеріальної частини, енергії і власних сил).

До основних ознак трудового процесу відносяться:

1) швидкість надходження і обсяг інформації, складність завдань, відповідальність, нерегулярність складних ситуацій і швидкість їх розвитку;

2) підготовка до виконання складної діяльності характеризується вивченням документів, програванням ситуації на моделях і тренажері, продумуванням найбільш складних моментів;

3) виконання трудової дії можна розділити на етапи: збір інформації, аналіз ситуації в цілому, виділення варіантів і визначення їх наслідків, момент вибору, виконання дії;

4) аналіз наслідків дії.

Таким чином, судновий електромеханік це людина, що взаємодіє зі складною технікою через інформаційні процеси. Він є оператором, що працює в екстремальних умовах праці, і несе величезну відповідальність за своєчасне, швидке, безпомилкове виконання своїх посадових обов'язків, невиконання яких може призвести до аварії на судні. Так само судновий електромеханік відноситься до типу професій людина - техніка і нежива природа, де пред'являються підвищені вимоги до точності й швидкості рухів, ручна вмілість. Необхідна хороша координація і обдуманість дій, емоційна стриманість, стійкість в надзвичайних ситуаціях, підвищене почуття відповідальності і багато іншого.

Судновий електромеханік повинен володіти універсальними (соціально-особистісними і загальнокультурними, загальнонауковими, інструментальними) і професійними (експлуатаційно-технологічна і сервісна діяльність, організаційно-управлінська діяльність, виробничо-технологічна діяльність, науково-дослідна діяльність, науково-педагогічна діяльність) компетенціями [20, 21]. Детальний перелік компетенцій наведено в додатку А.

1.1.2. Основні виробничі завдання і умови праці

Робочий час розподіляється строго по несення вахти на судні, при якому вахта чергується з відпочинком за певними годинними інтервалами, встановленими також відповідно до Статуту.

Судовому електромеханіку необхідно вирішувати завдання [17], такі як використання нормативної документації, дотримання діючих правил, норм і стандартів. Здійснення технічної експлуатації регуляторів і систем автоматич-

ного регулювання суднової автоматизованої електроенергетичної установки і електроприводів суднових механізмів. Організовувати дії в аварійних ситуаціях на воді і при стоянці в порту. Оцінка поточного стану елементів і функціональних пристроїв суднової автоматики, їх поточне та регламентне обслуговування. Моделювання та аналіз роботи електроустаткування технічних засобів суден. Аналіз умов роботи електричних машин, апаратів і засобів автоматики, оцінка ступеня їх працездатності на всіх етапах експлуатації. Так само діяти в позаштатних ситуаціях: знеструмлення судна, боротьба з водою і паром, з пожежею і димом, використовувати рятувальні засоби і пристрої і багато іншого.

Судновий електромеханік вирішує основні завдання при несенні робочої вахти, в ході яких йому необхідно бути точним, скоординованим, уважним, швидким, зберігати високий рівень працездатності при тривалій і напруженій праці, в складній несподіваній ситуації тримати себе в руках, не втрачати бадьорості, не впадати у відчай і в паніку, при цьому бути фізично витривалим, щоб якісно і без помилок виконувати свою роботу, дотримуватись санітарних правил, встановлені загальними правилами несення робочої вахти і відпочинку. Слухова, зорова і шкірна системи аналізаторів знаходяться під переважним навантаженням і мають найбільшу важливість для забезпечення процесу роботи суднового електромеханіка. А ось в різні періоди часу під великою напругою знаходяться тільки слуховий і зоровий аналізатори, виключаючи зовсім шкірний.

Судновий електромеханік «нормально» сприймає часові інтервали в робочий час. І у нього нормативний темп робочої діяльності, при виникненні ж неполадок йому необхідно їх швидко усунути.

З переважних видів настанов у суднового електромеханіка це надійність, безпека і точність.

За допомогою зовнішніх стандартних носіїв, таких як карти, журнали, книги, комп'ютер, судновий електромеханік може зберігати необхідну для виконання своєї роботи інформацію. Так само він може використовувати свої особистісні можливості, наприклад пам'ять, але так як обсяг матеріалу для за-

пам'ятовування дуже великий, судновий електромеханік часто спирається на зовнішні стандартні інформаційні носії.

Вимоги до часу виконання планових операцій в роботі суднового електромеханіка визначаються згідно з нормативними документами. А ось позапланові (аварійні) операції необхідно швидко виявляти й усувати, так як не вчасно усунена несправність може привести до великої поломки або аварії всього судна.

Самовладання і рішучість стоять на першому місці серед якостей необхідних в професії суднового електромеханіка, так само виділяються наполегливість і винахідливість, але в меншому ступені. Особливості професійного спілкування полягають в професійній мові, тобто в знанні професійних висловів і умінні грамотно їх використовувати. Особливість міжособистісного спілкування, полягає в простому розумінні одне одного і ввічливості по відношенню до іншої людини.

1.2. Особливості функціонування людини-оператора в організаційно-технічних системах

Надійність складних високо відповідальних систем істотно залежить від надійності оперативного персоналу [22-25]. Це призводить до того, що проблема забезпечення їх надійності стає ключовою проблемою сучасної техніки. Для надійності складних людино-машинних систем, таких як АСК, особливо важливе значення має вплив суб'єктивних факторів. Численними дослідженнями встановлено, що від 25 до 40% відмов АСК спричиняється дефектами обслуговування: порушенням інструкцій при експлуатації, помилками в сприйнятті сигналів, запізненням і помилками в діях оператора і т.д.

1.2.1. Помилки людини-оператора

Надійність роботи людини визначається як потреба успішного виконання ним роботи або поставленого завдання на заданому етапі функціонування сис-

теми протягом заданого інтервалу часу за певних вимогах до тривалості виконання роботи. Помилка людини визначається як невиконання поставленого завдання (або виконання забороненої дії), що може стати причиною пошкодження обладнання або майна або порушення нормального ходу запланованих операцій. У реальних умовах у більшості систем незалежно від ступеня їх автоматизації потрібно в тій чи іншій мірі участь людини. Можна стверджувати, що там, де працює людина, з'являються помилки. Вони виникають незалежно від рівня підготовки кваліфікації або досвіду. Тому прогнозування надійності устаткування без урахування надійності роботи людини не може дати істинної картини. Помилки з вини людини можуть виникнути в тих випадках, коли оператор або будь-яка особа прагне до досягнення помилковою мети; поставлена мета не може бути досягнута через неправильні дії оператора; оператор діє в той момент, коли його участь необхідної [26-30]. Тобто помилкою можна назвати ненавмисну неправильну дію.

Помилка оператора - вид відмови ЛО, що складається в будь-якому порушенні встановленого йому алгоритму діяльності. У системах «людина - машина» (СЛМ), крім поняття "помилка", використовуються і поняття «похибка», «промах» і «відмову». Похибка - допускаються оператором в межах заданих значень регульованих параметрів, є нормативним явищем, вони не порушують нормального функціонування СЛМ; Промахом називають грубі, випадкові помилки, які обумовлені, як правило, недостатньою увагою оператора; їх виявляють зазвичай шляхом повторення вимірювання, причому роблять це через деякий час, коли оператор вже забув отримані дані [31, 32]. Відмовою систем "людина - техніка" прийнято називати втрату системою таких властивостей, без яких вона не може виконувати покладені на неї функції. Відмова оператора проявляється або у виході за допустимі межі важливих показників його життєдіяльності, або в неправильних діях, які призвели до відмови СЛМ. За природою виникнення «відмови» людини поділяються на такі категорії:

- психологічні (Ψ-відмови) проявляються у оператора в неправильному сприйнятті інформації (сенсорна помилка) або в неправильній оцінці ситуації,

у прийнятті помилкового рішення (логічна помилка), або в неправильній реалізації цього рішення (помилка виконавчих дій). Такі помилки тягнуть за собою порушення нормального функціонування системи або зниження ефективності його застосування;

- фізіологічні (Ф-відмови) виражаються у виникненні таких стійких змін в організмі оператора, які тимчасово виводять його з працездатного стану;

- демографічні (Д-відмови), які проявляються в повній і безповоротній витраті оператором можливості виконання покладених на нього функцій.

Виходячи із здатності ЛО протистояти відповідних категорій відмов, іноді виділяється: Ψ - надійність, Φ - надійність і D - надійність оператора. Відмови людини іноді поділяються також на активні і пасивні. До активних відмов відносяться помилки в діях, пізнанні, виконанні інструкції, а до пасивних - помилки пам'яті, уваги. Важливим, з точки зору практичного використання СЛМ, є розподіл відмов людини і техніки за характером їх наслідків. В залежності від функцій, виконуваних системою, в ній можуть діагностуватися певні категорії наслідків її відмов. Серед них виділяються аварійні відмови, які можуть стати причиною руйнування обладнання, травм або навіть загибелі людей. Крім того, "відмови" операторів, також, як і відмови технічних пристроїв, поділяються на:

- раптові і поступові (характеристики відхиляються від норми стрибком або плавно);

- часткові (коли повністю або частково перестає виконувати покладені на нього функції) або часткова ланка перестає виконувати покладені на нього функції);

- явні і неявні (коли є або відсутня інформація про виникнення відмови).

Помилки класифікуються в ряду ознак: за зовнішнім проявом, за місцем помилки в структурі діяльності, за наслідками, за характером відображення помилок у свідомості оператора, за причинами виникнення, за показником особистого фактору [33]. Класифікацію помилок людини-оператора наведено на рис. 1.1.



Рис. 1.1 – Класифікація помилок людини-оператора

При аналізі причин помилок ЛО на практиці насамперед розглядається можливість людини при управлінні СЛМ. Це якоюсь мірою зводить причини помилок до негативних індивідуальним якостям оператора. Як показує практика, не менша кількість помилок допускається і цілком успішними (за своїми особистими якостями) операторами. Таким чином, на появу помилок впливають як індивідуальні характеристики конкретної людини-оператора, так і зміст, умови та організація діяльності людини [20].

Під поняттям групового фактору розуміють сукупність професійно значущих психологічних, фізіологічних, антропометричних і соціальних особливостей і можливостей людини, властивих всьому контингенту операторів певного профілю діяльності і визначають особливості конкретних технічних засобів та окремих їх компонентів. Класифікація причин помилок операторів, пов'язаних з груповим фактором, представлена в додатку Б, табл. Б.2.

Будь-яка велика інформаційна система не може повністю працювати в автоматичному режимі. Завжди знайдуться операції, які в силу своєї специфіки неможливо або дуже «дорого» автоматизувати [34]. Чим більше таких операцій, особливо в основний технологічному ланцюжку роботи інформаційної системи, тим більш залежною вона стає від індивідуальних властивостей людини. Зазначимо ряд типових характеристик людини, що взаємодіє з інформаційною системою, від яких залежить і його здатність приймати рішення в штатних і аварійних ситуаціях:

- здатність до адаптації;
- здатність до стомлення;
- здатність до відпочинку;
- можливість попускання помилки;
- здатність до прийняття рішення ;
- здатність до запам'ятовування інформації;
- здатність переносити інформаційне перевантаження;
- здатність до навчання.

Одним з важливих питань у обговорюваної проблеми є питання «кваліфікації» співробітника, що обслуговує інформаційну систему. Співробітники з низькою кваліфікацією і новачки повинні обов'язково проходити етапи навчання і тренування роботи з системою, яка, в свою чергу, повинна бути добре документована.

1.2.2. Керуючі дії людини – оператора

Будь-яка дія складається з окремих рухів. Принципова відмінність руху від дії полягає в тому, що дія завжди цілеспрямовано, а рух не обов'язково. Дія виступає змістом психічного акту, а рух - формою. Всі елементарні дії (рухи) на думку А.В. Запорожця поділяють на три групи: робочі (виконавчі), гностичні (орієнтовно-пізнавальні) і пристосувальні (пози, установки і т.п.).

Виконавча дія - це придбане в результаті навчання і повторення вміння (навичка) вирішувати трудову завдання, оперуючи знаряддями праці (ручний

інструмент, органи управління і т. п.) із заданою точністю та швидкістю. З цією метою він використовуються «вихідні канали»: руховий (моторний) або мовний. Методичну основу виконавчих дій склав моторно-часовий аналіз елементарних дій та операцій. Зазвичай виконавчі дії входять як компонент в більш широкі структури трудової діяльності і забезпечують її ефективне виконання поряд з такими компонентами, як пізнавальні (когнітивні), включаючи і прийняття рішення.

В залежності від виду трудової діяльності питома вага виконавчих дій може бути дуже різною [35]. Ці дії можуть вчинятися або епізодично, або займати весь робочий час. Іншими словами, в структурі діяльності в цілому вони можуть займати місце основної мети або виступати в якості засобу її досягнення, наприклад передачі команди, реалізації прийнятого рішення і пр. В останньому випадку виконавчі, моторні акти, як правило, прості і не вимагають тривалого навчання. У тих випадках, коли виконавчі дії складають основний зміст діяльності (робота з ручним інструментом, робота верстатника, водійські професії, робота телеграфіста, оператора, робота в режимі стеження) потрібен тривалий формування відповідних умінь і навичок, що забезпечують своєчасне і точне виконання трудової діяльності.

1.2.3. Психомоторні особливості людини

Розглянуті характеристики рухів переломлюються в психомоторної організації людини в його властивості. Термінологічно ці властивості позначають по-різному: «рухові здібності», «рухові якості», «фізичні якості», «психомоторні якості (або здатності)». До основних психомоторним властивостям зазвичай відносять:

Сила - граничний рівень фізичної напруги (зусилля), що розвивається основними групами скелетних м'язів індивіда.

Швидкість - притаманна індивіду швидкість (середня і максимальна) виконання рухів.

Координованість - узгодженість різних рухів в часі, просторі і по силі з

метою досягнення певного рухового результату.

Спритність - високий ступінь координованості і швидкості в поєднанні з економічністю і раціональністю рухів [36].

Витривалість - здатність до підтримки заданого рівня рухових характеристик (сили, швидкості, точності, модальності, координованості, темпу, ритму) при тривалому або багаторазовому виконанні рухів.

Пластичність - узгодженість амплітуд рухів, що дозволяє плавно переходити від одного руху до іншого, об'єднуючи їх у цілісний комплекс з єдиним виразним ефектом.

Робітничі рухи - це рухи з виконання трудових операцій і професійної діяльності. В структуру робочих рухів можуть входити і макро- і мікрорухи. В результаті багаторазового повторення безліч робочих рухів стають професійними навичками. Характерною особливістю робочих рухів є їх виконання в специфічних умовах трудової діяльності. Головна ж специфіка полягає у використанні знарядь праці, тобто різних пристосувань для ефективного впливу на предмет праці [37]. Знаряддя праці різко розширюють можливість наших природних органів щодо перетворення дійсності. У першу чергу це відноситься до руки. Еволюція робочих рухів є одночасно і процес історичного розвитку праці. Три основні характеристики одиничних рухів (точність, швидкість, сила) є і основними компонентами трудових дій.

У психолого-технологічному аспекті робочі рухи поділяють на: загальні, специфічні, основні, додаткові, необхідні, зайві, звичайні, аварійні, правильні, помилкові, технологічні, поправочні, економічні, неекономічні. Спектр робочих рухів практично невичерпний, оскільки визначається всією сукупністю трудових дій [38].

1.2.4. Психофізіологічні стани людини

Ефективність багатьох видів трудової діяльності визначається успішністю виконання людиною своїх професійних функцій і можливістю подолання впливу зовнішніх екстремальних умов. Стан - непостійний нервовий статус, в

якому застрягла дія подразника. Безсумнівно, він має значення. Припустимо, що стан індивіда, що знаходиться в нормі, коливається навколо деякої типової для нього середньої; ця середня, як і розмах коливань, обумовлена тією ж індивідуальністю, типом інакше й саме по собі поняття індивідуальності втрачає сенс. Напруженість нервової праці в цілому залежить від індивідуальних особливостей суб'єкта [26].

Виділимо певні, важливі для нас фізіологічні методи. Електроенцефалографія (визначення α -індексу; знаходження максимальної амплітуди α -ритму, визначення рівня асиметрії висхідних і низхідних фаз хвиль, проведення кореляційного аналізу; вимір періодів хвиль; визначення синхронізаційних – десинхронізаційної реактивності; аналіз викликаних потенціалів). Переважання α -ритму - вагома умова навіть ще не дрімоти, а поки тільки емоційної розслабленості. Коли оператор починає надто хвилюватися - по електроенцефалограмі біжать відповідні ритми, а реєстратори відзначають почастішання пульсу, артеріального тиску, зміни в електричній провідності шкіри або шкірному електропорі [39].

При виборі або розробці методів дослідження психофізіологічних станів оператора потрібно враховувати, що ці стани взаємопов'язані, динамічні і ситуативне обумовлені [36]. Тому завдання які можуть вирішуватися діагностикою функціональних станів: визначення готовності людини до майбутньої діяльності, встановлення переходу людину в стадію динамічного неузгодження, реєстрування моменту зміни стану, визначення здатності оператора виконувати роботу при заданому навантаженні, порівняння реєстрація моменту зміни стану, визначення здатності людини оператора до і після виконання дій [37].

1.2.5. Функціональні стани людини оператора

Поняття «стан» в даний час є загально методологічною категорією [37]. Термін «стан» відноситься до числа метапонятій, а не власне психологічних категорій поряд з термінами «функція», «система», «процес», «властивість» та ін. Існують різні підходи до розуміння сутності психічних (психофізіологічних)

станів.

Психічний стан є цілісна інтегральна характеристика діяльності всіх її елементів, що беруть участь в даному психічному акті, а функціональний стан характеризує процеси регуляції у фізіологічних системах, що забезпечують психічну діяльність. В інженерній психології прийнято розглядати функціональні стани ЛО [35].

Функціональний стан ЛО - це комплекс характеристик функцій і якостей людини, як прямо або побічно обумовлюють його трудову діяльність, це фонова активність нервової системи, в умовах якої реалізуються поведінкові акти. Функціональні стани людини оператора залежить від наступних факторів:

- 1) особливостей і характеру виконуваної діяльності;
- 2) значимість мотивів, що спонукають до діяльності;
- 3) величина сенсорної навантаження;
- 4) вихідний рівень активності нервової системи;
- 5) індивідуальні особливості ЦНС (темпераменту);
- 6) швидкості і точності рухових реакцій;
- 7) фактори зовнішнього середовища.

Психічні (функціональні) стани визначають перебіг психічних процесів: увага, сприйняття, мислення, пам'ять, уява, уявлення, що відповідальні за прийом, переробку інформації і прийняття рішення [25].

В залежності від типу діяльності, яку вони супроводжують, стани бувають:

1. Стани особистісні і ситуативні. Перші виражають індивідуальні властивості людини, Другі - особливості ситуацій, які часто викликають у людини не характерні для нього реакції. Мова йде про типові або не типових для людини реакціях на ситуацію.

2. Стани більш глибокі і більш поверхневі. Мова йде про те, наскільки сильно виражено ту чи іншу сутність людини. Стани, позитивно чи негативно діють на людину. Одні стани діють на людину благотворно, інші шкідливі для нього. Абсолютною кордону немає. Злість може як заважати людині («засліп-

лювати» його розум), так і допомагати мобілізувати можливості.

3. Стани тривалі й короткі. Одні стану тривають хвилини, інші - добу і більше.

4. Стани більш менш усвідомлені. Неуважність є неусвідомлюваним психічним станом, а рішучість – свідомо [32].

Ергономіста (інженера-психолога) цікавлять ті стани, які є: наслідком якості організації праці оператора, наслідком забезпечення його інформацією, засобами управління, інтенсивності впливу на нього факторів зовнішнього середовища.

Функціональні стани людини оператора різняться ступенем активності його функціональних систем (функціональним рівнем). У зв'язку з цим можна говорити про стани спокою та робочі функціональні стани. Останні змінюються в процесі роботи людини, у зв'язку з чим виділяють фази зміни працездатності: передстартову, стартову, впрацьовування, стійкої працездатності, втоми і відновлення [37].

1.2.6. Професійний досвід

Професійний досвід - складна система, яка зовні виступає як сукупність способів, прийомів і правил вирішення трудових завдань. Їх виконання навчання та професійній діяльності і забезпечують виконання трудових функцій, підтримання позитивного соціально-психологічного клімату і нормального функціонування систем організму. Професійний досвід людини вказує на його професійну майстерність, що оцінюється кількісними показниками виконання діяльності (швидкість, точність), а не тільки загальним стажем роботи, вказує, як досягнутий рівень майстерності: кількість вправ, їх характер, зацікавленість, спрямованість до високих досягнень, також зазначає, як удосконалюються механізми виконання і контролю діяльності [33]. Професійний досвід включає вказівки індивідуальних можливостей розвитку, тренування, вдосконалення. Професійний досвід може розглядатися як формування та придбання навички. Етапи формування досвіду : осмислення досвіду - виразне розуміння мети, але

неясне розуміння способів її досягнення; грубі помилки при спробах виконання дії; свідоме, але невміле виконання - виразне розуміння, як треба виконувати дію, але неточне, нестійке виконання його, незважаючи на інтенсивну концентрацію уваги, безліч зайвих рухів, відсутність позитивного перенесення даного навичку; автоматизація навички - якісне виконання дії при тимчасовому зменшенні уваги [32].

Людина, як ланка будь-якої СЛМ, безумовно, впливає на показники надійності та ефективності (повноти, достовірності, своєчасності обробки інформації) інформаційної системи в цілому і її окремих підсистем і завдань. Методологія оцінки впливу людського фактору на роботу системи є змішаною дисципліною, в якій необхідно враховувати вплив помилок людини на її надійність, а також психологічні особливості людини як ланки цієї інформаційної системи [28]. Вплив людського фактору, а саме операторів, обслуговуючого персоналу на роботу інформаційної системи може бути кількісно визначено ступенем впливу помилок персоналу на безпеку і продуктивність інформаційної системи. Багато процесів в людино-машинних системах містять потенційні можливості для помилок персоналу, особливо в тих випадках, коли час, яким володіє оператор для прийняття рішень, обмежена [37]. При цьому вірогідність того, що проблеми будуть розвиватися негативним чином, часто мала. Часом дії з боку персоналу обмежуються можливістю запобігання початкової несправності, прогресуючої в напрямку аварійної ситуації. Тим не менш, необхідно ідентифікувати різноманітні типи помилкових дій, які можуть мати місце.

1.3. Математичний опис роботи людини – оператора

Види помилок, що допускаються людиною на різних стадіях взаємодії в системі "людина - машина" можна класифікувати наступним чином: помилки проектування, операторські помилки, помилки виготовлення, помилки технічного обслуговування, помилки контролю, помилки звернення, помилки організації робочого місця. Властивості людини помилятися є функцією його психо-

логічного стану. Інтенсивність помилок багато в чому визначається параметрами зовнішнього середовища, в якій людина працює. Помилки людини можна розподілити за трьома рівнями і на кожному рівні можливе передбачення помилок. Наприклад, на рівні 1 можна запобігти помилки людини; на рівні 2 можна уникнути небажаних наслідків помилок, коригуючи неправильне функціонування системи внаслідок помилок, внесених з вини людини; на рівні 3 можна виключити повторне виникнення тих чи інших ситуацій, що призводять до помилок людини-оператора [40].

Співвідношення між якістю роботи людини і діючими навантаженнями показує, що залежність частоти появи помилок від діючих навантажень є нелінійною [41, 42]. При дуже низькому рівні навантажень більшість операторів працюють неефективно (так завдання здається нудним і не викликає інтересу) і якість роботи далеко від оптимального. При помірних навантаженнях якість роботи оператора виявляється оптимальним, і тому помірне навантаження можна розглядати як достатню умову забезпечення уважної роботи людини-оператора [43, 44]. При подальшому збільшенні навантажень якість роботи людини починає погіршуватися, що пояснюється, головним чином, такими видами фізіологічного стресу, як страх, занепокоєння і т.п. У загальному вигляді діяльність людини-оператора характеризується швидкодією і надійністю. Критерієм швидкодії є час виконання завдання, час від моменту реагування оператора на сигнал, що надійшов, до моменту закінчення керуючих впливів. Зазвичай цей час прямо пропорційно кількості перетворюваної людиною інформації:

$$T_{OP} = a + bN = a + (N / V_{OP}), \quad (1.1)$$

де a - прихований час реакції, тобто проміжок часу від моменту появи сигналу до реакції оператора і його значень знаходяться в межах 0,2 - 0,6 с; b — час обробки одиниці інформації (0,15 - 0,35 хв); N - кількість переробленої інформації; V_{OP} - середня швидкість переробки інформації (2-4 од/с) або пропускну здатність.

Пропускна спроможність $V_{оп}$ характеризує час, протягом якого оператор розпізнає інформацію. Залежить від його психологічних особливостей, типу задачі, технічних і ергономічних особливостей систем управління. Надійність ЛО визначає його здатність виконувати в повному обсязі покладені на нього функції при певних умовах роботи. Надійність діяльності оператора характеризує його безпомилковість, готовність, відновлюване своєчасність і точність. Безпомилковість оцінюється ймовірністю безпомилкової роботи яка визначається як на рівні окремої операції, так і в цілому [45, 46]. Ймовірність P_j безпомилкового виконання операцій j -го виду, інтенсивність помилок допущених при цьому, стосовно фази стійкої роботи визначається на основі статистичних даних:

$$P_j = \frac{(N_j - C_{отj})}{N_j \lambda_j} = \frac{C_{отj}}{(N_j T_j)}, \quad (1.2)$$

де N_j , $C_{отj}$ - загальна кількість виконаних операцій j - го виду та допущених при цьому помилок; T_j - середній час виконання операції j - го виду.

Вірогідність безпомилкового виконання всієї операції у цілому визначається при експонентному розподілу часу:

$$P_0 = \exp\left(-\sum_{j=1}^r \lambda_j T_j K_j\right) = \exp\left(-\sum_{j=1}^r (1 - P_j) K_j\right), \quad (1.3)$$

де K_j - кількість виконаних операцій j -го виду; r - кількість різних видів операцій ($j = 1, r$).

Коефіцієнт готовності характеризує ймовірність включення ЛО в роботу в будь-який момент часу:

$$K_{оп} = 1 - \left(\frac{T_{\delta}}{T}\right), \quad (1.4)$$

де T_0 - час, за який людина не може прийняти отриману інформацію;

T - загальний час роботи ЛО.

Відновлюваність оператора оцінюється ймовірністю виправлень ним допущеної помилки

$$P_B = P_K \cdot P_{ОБН/} \cdot P_H, \quad (1.5)$$

де P_K - ймовірність видачі сигналу контрольною системою; $P_{ОБН/}$ - ймовірність виявлення сигналу оператором; P_H — ймовірність виявлення помилок дій при повторному виконання усієї операції. Цей показник дозволяє оцінити можливість самоконтролю оператором своїх дій і виправлення допущених ним помилок. Своєчасність дій оператора оцінюється ймовірністю виконання завдання протягом заданого часу [46]

$$P_{CB} = P\{t \leq t'\} = \int_0^{t'} f(t) dt, \quad (1.6)$$

де $f(t)$ - функція розподілу часу виконання задачі оператором; t' - ліміт часу, перевищення якого розглядається як помилка. Ця сама ймовірність може бути визначена за статистичними даними

$$P_{CB} = \frac{(N - N_{НС})}{N}, \quad (1.7)$$

де N и $N_{НС}$ - загальна та несвоєчасно виконана кількість задач.

Точність - ступінь відхилення вимірюваного оператором кількісного параметра системи від його істинного, заданого або номінального значення. Кількісно цей параметр оцінюється похибкою, з якою оператор вимірює або

встановлює чи регулює даний параметр [47],

$$\Delta A = A_{И} + A_{ОП}, \quad (1.8)$$

де $A_{И}$ - істинне або номінальне значення параметра; $A_{ОП}$ - фактично вимірюване або регульоване оператором значення цього параметра.

Значення похибки, що перевищило допустимі межі, є помилкою і її слід враховувати при оцінці надійності. Точність оператора залежить: від характеристик сигналу, складності, завдання, умов і темпу роботи, функціонального стану нервової системи, кваліфікації, стомлюваності та інших факторів [48].

Під надійністю системи розуміють властивість виконувати задані функції протягом певного часу при заданих умовах роботи. Надійність слід розуміти як сукупність трьох властивостей: безвідмовності, відновлюваності та довговічності. Оцінка надійності системи "людина - машина" може здійснюватися різними методами: аналітичним, експериментальним, імітаційним. На етапах проектування домінують розрахункові методи, які засновані на статистичних даних про надійність і швидкості виконання заданих функцій оператором, з надійності технічних засобів, вплив різних факторів зовнішнього середовища на надійність техніки, взаємний вплив оператора і техніки та ін. У системотехнічному методі оцінки надійності системи людина представляється як компонента системи [41]. При цьому виділяють наступні випадки оцінки надійності системи: при взаємодії технічних засобів і людини-оператора, при допущенні, що відмови техніки і помилки оператора є рідкісними, випадковими незалежними подіями, що поява більш однієї однотипної події за час роботи системи від t_0 до $t_0 + t$ є практично неможливим, що здібності оператора до компенсації помилок і безпомилкової роботи - незалежні властивості оператора. Якщо компенсація помилок оператора і відмов техніки неможлива, то ймовірність безвідмовної роботи системи

$$P_1(t_0, t) = P_T(t_0, t)P_0(t), \quad (1.9)$$

де $P_T(t_0, t)$ - ймовірність безвідмовної роботи технічних засобів за проміжок часу; t_0 - загальний час використання системи; t - період робіт, що розглядається [47].

При моментальній компенсації помилок ЛО із ймовірністю P ймовірність безвідмовної роботи системи

$$P_2(t_0, t) = P_T(t_0, t)\{P_0(t) + [1 - P_0(t)]\}, \quad (1.10)$$

У випадку компенсації лише відмов технічних засобів ймовірність безвідмовної роботи системи

$$P_3(t_0, t) = P_0(t)[P_T(t_0, t) + P_K(t_0, t, \delta)], \quad (1.11)$$

де $P_K(t_0, t, \delta)$ - умовна ймовірність безвідмовної роботи системи за період часу $(t_0 + t)$ із компенсацією наслідків відмов за умови, що в момент відбулась відмова [47].

Ймовірність безвідмовної роботи системи з компенсацією помилок оператора та відмов технічних засобів

$$P_4(t_0, t) = \{P_0(t) + [1 - P_0(t)]P\}[P_T(t_0, t) + P_K(t_0, t, \delta)]. \quad (1.12)$$

Виграш в надійності безвідмовної роботи G_p за рахунок компенсації помилок і відмов характеризується відношенням

$$G_p = \frac{[P_4(t_0, t)]}{[P_1(t_0, t)]}. \quad (1.13)$$

Виграш надійності збільшується з ростом p и $P_K(t_0, t, \delta)$ тобто зі збільшенням рівня натренованості оператора на компенсації відмов і помилок. Якщо розглядати системи за ступенем безперервності участі людини в процесі управління, то для кожного з цих типів існують відповідні критерії надійності [47]. Для систем першого типу таким критерієм є ймовірність безвідмовного, безпомилкового своєчасного протікання керованого процесу протягом заданого часу t . Таке протікання процесу можливо в наступних випадках:

- 1) технічні засоби працюють безпомилково;
- 2) відбулася відмова технічних засобів, але при цьому: оператор безпомилково виконав необхідні дії з ліквідації аварійної ситуації;
- 3) оператор припустився помилкових дій, але своєчасно їх виправив.

Відповідно до раніше прийнятими позначеннями надійність системи "людина - машина" запишеться у вигляді

$$P_1 = P_T(t) + [1 - P_T(t)] \cdot K_{OP} [P_0 P_{CB} + (1 - P_0) P_B]. \quad (1.14)$$

Для СЛМ другого типу критерієм надійності ймовірність безвідмовного, безпомилкового та своєчасного виконання виниклого завдання [25]. Системою воно може бути виконане в тому випадку, якщо в потрібний момент часу оператор готовий до приймання; надходить, і, крім того:

- 1) протягом паузи і часу виконання завдання техніка працювала безвідмовно, оператор правильно своєчасно виконував необхідні дії;
- 2) сталася відмова техніки, але оператор вчасно усунув його і при вирішенні задачі не допускав помилок;
- 3) при безвідмовній роботі техніки оператор допустив помилку, але своєчасно компенсував її.

Розрахунок надійності набуде вигляду

$$P_2 = K_{OP} [P_T P_0 P_{CB} + (1 - P_T) P_{BOC} P_0 P_{CB} + (1 - P_0) P_T P_B], \quad (1.15)$$

де P_{BOC} - ймовірність відновлення техніки.

Завдання системою може вважатися виконаним, якщо: у потрібний момент часу техніка знаходиться в справному стані, не відмовила під час виконання завдання, або не готова чи техніка була своєчасно відновлена, а оператори допустили помилку [35].

Розрахунок надійності в даному випадку можна розраховувати за формулою

$$P_3 = K_r P_T P_0 P_{CB} + (1 - P_T K_r) P_{BOC} P_0 P_{CB} + (1 - P_0) P_T P_B, \quad (1.16)$$

де K_r - коефіцієнт готовності техніки.

1.4. Системи професійної підготовки морських фахівців

Забезпечення ефективності та надійності діяльності в значній мірі визначається рівнем професійної придатності людини-оператора, в формуванні якої важливе місце належить підготовці фахівців, їх навчання і тренуванні.

1.4.1. Психологічні принципи та прийоми професійної підготовки операторів

Процес і методика професійного навчання та тренування ґрунтуються на ряді дидактичних принципів формування знань, навичок, умінь. Деякі з них є досить предметними і безпосередньо спрямовані на підвищення продуктивності підготовки [49, 50], а саме:

1). Принцип свідомості навчання має на увазі наявність творчого ставлення до цього процесу, розуміння змісту та значення кожної вправи і дії.

2). Принцип активного навчання передбачає глибоке і всебічне освоєння програми підготовки на основі постійного інтересу учня до змісту предметів.

3). Сутність принципу наочності навчання полягає в розумінні послідовності формування дії від предметної до розумової, що визначається в адекватності поєднання розповіді та демонстрації.

4). Принцип систематичності і послідовності навчання передбачає необхідність розуміння психологічних і фізіологічних механізмів формування знань і навичок при складанні програм підготовки, оцінки ролі в цьому процесі динамічних стереотипів, функціональних систем.

5). Настільки ж суттєва роль принципу індивідуального підходу в професійному навчанні, що відображає необхідність знання і врахування індивідуальних особливостей того, хто навчається, його здібностей і стану, настанов і настроїв, професійного досвіду і характеру минулих невдач, порушень ефективності та надійності діяльності.

6). Принцип об'єктивності оцінки процесу навчання означає необхідність використання для цього не тільки показників кінцевого результату роботи і тим більше суб'єктивного ставлення учня до цього результату, але також об'єктивних даних функціонального стану організму, що відображають психофізіологічні витрати особи, що навчається, при досягненні цього результату.

Крім зазначених принципів, важливе значення для підвищення якості процесу навчання і тренування має використання ряду положень, заснованих на психологічних (психофізіологічних) закономірності і механізми формування професійних навичок. Одне з них полягає в можливості прискорення становлення та закріплення рухових навичок шляхом посилення зворотного зв'язку, сигналізації про якість діяльності через слуховий, тактильний, пропріоцептивний або зоровий аналізатор. Інше положення відображає необхідність створення в процесі тренажерної підготовки умов, що максимально імітують фактори реальної діяльності для адекватного відображення в навичці тих перешкод і впливів, при яких будуть реалізовуватися професійні дії.

Виходячи з психологічних закономірностей і механізмів регуляції діяльності, представляється можливим позитивно впливати на процес професійної підготовки в чотирьох напрямках: організації, аналізу результатів, регуляції і

стимуляції процесу. В організації слід виділити формулювання мети, вибір стратегії і тактики підготовки, способів досягнення поставлених завдань з урахуванням закономірностей навчання і тренування, умов їх проведення, індивідуальних особливостей учнів. Аналіз і регулювання ефективності підготовки тісно пов'язані з оцінкою формованого навику, встановленням причин допущених помилок, їх взаємозумовленість, а також пошуком способів корекції навичок в бажаному напрямку. Мета застосування прийомів і засобів стимуляції полягає в можливості підвищення рівня власної фізичної і психічної активності учня, в створенні сприятливого емоційного фону в процесі підготовки.

Перераховані принципи і положення реалізуються в конкретних програмах, методиках і засобах підготовки, однак, в свою чергу, вони самі потребують подальшого розвитку, вдосконалення на основі використання психологічних закономірностей регуляції процесу формування навичок, контролю та управління ними.

1.4.2. Тренажерна підготовка

Для професійної підготовки людини-оператора важливе значення надається створенню і використанню технічних засобів (тренажерів, стендів, спеціалізованих пристроїв). Одна з основних переваг використання технічних засобів підготовки полягає в тому, що вони надають можливість освоювати і закріплювати навички предметних дій в задачах, адекватних реальних ситуацій, а також оцінювати успішність підготовки за прямими показниками ефективності та надійності діяльності. Аналіз існуючих технічних засобів підготовки свідчить про їх недостатню конструктивну та експлуатаційну ефективність [51, 52].

Удосконалення засобів і методів тренажерної підготовки операторів визначає необхідність вирішення комплексу проблем, в тому числі вивчення особливостей моделювання задач операторської діяльності, обґрунтування рекомендацій до засобів та методів оцінки рівня підготовленості операторів на тренажері, розробка рекомендацій по використанню технічних засобів для розвит-

ку професійно важливих якостей (компетенцій) і формування їх професійно орієнтованих структур.

З метою досягнення психологічної подібності засобів навчання змісту і умовам реальної діяльності зростає увага до питань моделювання екстремальних ситуацій і станів людини-оператора. Найбільш типовими функціональними порушеннями в процесі діяльності є стани гострого стомлення, нервово-психічного перенапруження, зниження пильності, ряд «важких» психічних станів і інші.

Навчальна ефективність тренажерів залежить не тільки від їх якості, а й від методики застосування і прийомів оцінки рівня підготовленості оператора. Процес тренування проявляється як у вдосконаленні якості діяльності, так і в оптимізації при цьому нервово-психічних реакцій у учня. Оцінка рівня підготовленості тільки за прямими показниками успішності виконання завдання за допомогою інструктора не завжди достовірна. Зокрема висока оцінка може бути досягнута за рахунок надлишкового напруження сил, роботи на межі психофізіологічних можливостей. При цьому надійність діяльності знижується, що особливо проявляється в ускладнених ситуаціях.

Тренування пов'язане з робочим навантаженням, яке відбивається на стані ряду функціональних систем організму учня. Ступінь цього навантаження змінюється в міру засвоєння завдання, формування раціональних способів дій, економізації енергетичних і інтелектуальних зусиль. Тому для характеристики якості навички, ступеня засвоєння завдання необхідно використовувати показники не тільки успішності виконання діяльності, але і функціональної «вартості» досягнення практичних результатів.

Встановлено [53], що психофізіологічні показники в процесі виконання завдання на тренажері в першу чергу вказують на ступінь енергетичної, інформаційної та психічної навантажень, тобто об'єктивно свідчать про складність конкретної справи і окремих її елементів для даної людини. Вони відображають динаміку становлення і перебудови навичок, ступінь їх сформованості та

функціональної надійності організму, тому психофізіологічні реакції під час діяльності можуть бути показником ступеня її освоєння.

У міру становлення досвіду і поліпшення якості діяльності (зменшення помилки роботи на тренажері) відзначається зниження частоти пульсу і збільшення резервів уваги до рівня, відповідного складності виконуваного завдання.

При нервово-психічному (емоційному) напруженні відбувається зміна багатьох функцій організму, але для оцінки рівня підготовленості на тренажері найбільш інформативними виявилися показники частоти серцевих скорочень, об'єм легеневої вентиляції, величина резервів уваги, зусиль затиску органів управління і частота дихання [54, 55].

Аналіз динаміки показників якості управління і психофізіологічних функцій при тренуванні на тренажері дозволяє умовно виділити в тренувальному процесі чотири стадії.

Перша - відображає процес з'ясування завдання і способів її рішення. Вона зазвичай супроводжується високими функціональними реакціями.

Друга - стадія активного формування досвіду, що характеризується істотним поліпшенням якості управління і зниженням нервово-психічної напруги.

Третя - стадія закріплення навички, стабілізації показників якості керування і психофізіологічних функцій, стадія стійкої і надійної роботи.

Четверта стадія може проявитися в тому випадку, коли процес відпрацювання якоїсь конкретної вправи надмірно затягнувся, в учнів знизився інтерес і з'явилося байдуже ставлення до тренування. При цьому поряд зі зниженням рівня нервово-емоційної напруженості відзначається збільшення помилок керування.

Динаміка показників, характерна для четвертої стадії, може спостерігатися і на початкових етапах тренування, що вказує на відсутність у учня позитивного ставлення до тренувань і прагнення якісно виконати вправу. Розглянемо результати використання показників фізіологічної оцінки діяльності для оцінки рівня підготовленості в період виконання особами, що навчаються, контрольній вправі на тренажері. При цьому зіставлення оцінки якості виконання за-

вдання з динамікою психофізіологічних реакцій можна представити у вигляді чотирьох типових варіантів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Оцінка рівня підготовленості

№ п/п	Якість виконання завдання	Рівень фізіологічної реакції	Прийняте рішення про рівень підготовки
1.	Низька	Вище норми	Необхідно пройти повторне навчання
2.	Добра	Іноді вище норми	Необхідно відпрацювати деякі елементи
3.	Висока	В межах норми	Підготовку пройдено
4.	Низька	В межах норми	Необхідно виявити причину відсутності інтересу до навчання

Таким чином, оцінка ступеня нервово-психічної напруги при виконанні кожної вправи водночас з якістю виконання завдання дозволяє виявити рівень компетенцій учня. Дотого ж для оцінки ступеня нервово-психічної напруги і рівня підготовленості людини необхідно визначення норми психофізіологічних реакцій для кожної вправи, типу тренажера.

1.4.3. Система підготовки морських спеціалістів на тренажерах

Існують комплекси освітніх програм підвищення кваліфікації морських фахівців для оновлення теоретичних і практичних знань у зв'язку з підвищенням вимог до рівня кваліфікації і необхідністю освоєння сучасних методів вирішення професійних завдань. Нормативний термін навчання: не рідше одного разу на п'ять років - від двох тижнів і більше в залежності від результатів попереднього тестування.

Для набуття морським персоналом навичок роботи з судновими системами широко використовуються навчальні комплекси. В даний час існує багато відомих виробників віртуальних морських симуляторів, таких як «Kongsberg» [57], «Transas (Wartsila)» [58] та інші. Такі тренажери включають широкий спектр віртуальних тренажерів для забезпечення ефективного навчання курсантів та морської бригади з метою розвитку життєво важливих навичок, що сприяють безпеці, прибутковості та стабільності під час роботи на морі.

Підготовка на тренажерах дає можливість використання як готових рішень і моделей суднових систем, так і створення сценаріїв і певних тренувальних завдань:

- відтворювати експлуатаційні можливості відповідного суднового устаткування максимально наближені до умов реального судна зі ступенем фізичної реальності;

- відтворювати різноманітні умови, які можуть включати аварію, небезпечні або незвичайні ситуації, а також ситуації, потенційно і реально можливі при експлуатації пропульсивних суднових систем;

- створювати умови для поведінки людини з достатньою реальністю, що дозволяє особі, що проходить підготовку, набути необхідних навичок;

- інструкторові контролювати, спостерігати і вести запис дій осіб, що проходять підготовку, для проведення їх ефективного опитування після занять;

- моделювати нестандартні ситуації і можливі помилки обладнання.

Така гнучка підготовка формує у учнів не тільки теоретичні та практичні навички, а й дозволяє проявити свої особистісні якості при навчанні в складі команди мостик - машинне відділення.

На рис. 1.2 показана структура комплексу підготовки морських спеціалістів на тренажерах.

Гнучка підготовка на тренажерах формує не лише теоретичні та практичні навички серед студентів, але також дозволяє їм проявляти особисті якості під час тренувань у складі команди мостового відділення.

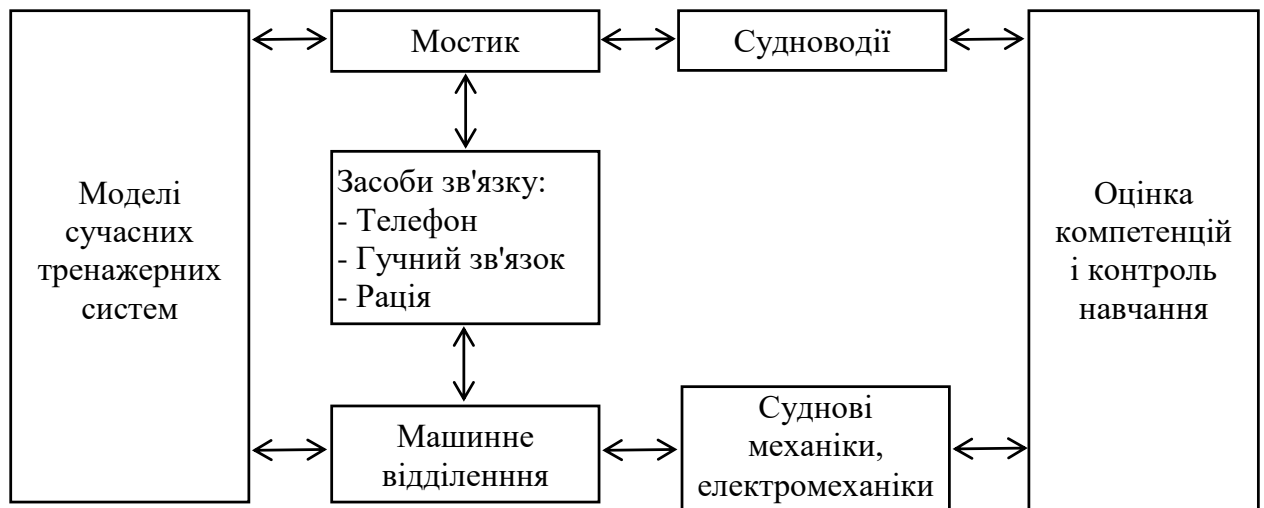


Рис. 1.2 – Структура підготовки морських спеціалістів на тренажерах

Для цих цілей ІМО розробила низку типових курсів, які рекомендується включати до навчальної програми. Наприклад, типовий курс 4.05 «Енергоефективна експлуатація суден», видання №7 2014 року, призначений для полегшення навчання з метою підвищення енергоефективності експлуатації суден [59]. Курс сприяє досягненню екологічних цілей ІМО, викладених у резолюціях А.947 (23) та А.998 (25), розповсюджуючи "Найкращу практику" в морській галузі, яка зменшує викиди парникових газів та негативний вплив глобального судноплавства на зміну клімату. Таким чином, зміст курсу відображає вказівки щодо розробки «Плану управління енергоефективністю корабля (SEEMP)», Резолюція 63 МЕРС [60].

Відповідно до вимог та Міжнародної конвенції про стандарти підготовки, сертифікації та вахти моряків (STCW) із поправками в Манілі, у главі III описуються стандарти та вимоги до компетентності персоналу машинного відділення на оперативному рівні та рівні управління [9]. У цьому випадку ІМО було розроблено ряд рекомендованих типових курсів (2.07 [61], 7.02 [62], 7.04 [63], 7.08 [64]), де докладно описуються принципи навчання, методи демонстрації та списки компетенції, які повинні бути повністю узгоджені з персоналом машинного відділення.

Особливістю тренажерної підготовки є відтворення реалістичних умов, в яких опиняється людина при виконанні своїх професійних обов'язків та мусить приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу [49, 65- 68]. Чим вище рівень компетентності (професійної підготовки) людини, тим нижче рівень напруженості її стану. При таких обставинах людина може швидше справлятися з більш складними завданнями.

Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани, вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації та формувати індивідуальну траєкторію навчання. Моніторинг навчального процесу необхідний для здійснення раціонального управління процесом тренажерної підготовки та формування індивідуальної траєкторії для підвищення ефективності навчання.

Для визначення рівня професійної компетентності оцінюється якість та майстерність засвоєння знань, умінь та навичок, мотивація, активність та успішно виконані завдання з розв'язання практичного навчання. Навчальний контроль традиційно здійснюється у формі тестування під час практичних занять.

Ідентифікація стану людини може здійснюватися на підставі визначення біологічних параметрів під час виконання операцій різного характеру.

Індивідуальна корекція підготовки фахівців сприяє усуненню помилкових дій, розвитку позитивних здібностей шляхом коригування складності завдань, підбору завдань, що відповідають спеціалізації навчання, і перерозподілу часу на їх виконання.

1.5. Методи оцінки стану

Метою встановлення стресового стану людини є з'ясування його можливостей щодо забезпечення нормальної трудової діяльності в різних умовах. До всіляких станів людини, які надають сприятливий або негативний вплив на перебіг трудової діяльності, відносять: стомлюваність, монотонно, напруженість, різні форми емоційного стресу, що викликаються дією екстремальних факто-

рів. На практиці для оцінки стану людини використовують вимірювання різних біофізичних параметрів, вихід за певні межі яких свідчить про зміну стану [65]. Однак, при вирішенні діагностичних завдань з визначення стану людини, встановлено, що фізіологічні характеристики в певній ситуації широко варіюються у різних людей.

У той же час спостерігається відносна сталість реакції в однієї людини в фіксованих умовах [65]. Це дозволяє оцінювати стан певної людини шляхом вимірювань і їх відповідної обробки різними існуючими методами. Класифікація існуючих методів оцінки стану людини приведена на рис. 1.3. Права гілка оцінки стану (1, 4, 12, 13) відповідає найбільш складному методу, який ґрунтується на використанні даних, отриманих шляхом взяття аналізів.



Рис. 1.3 – Класифікація методів оцінки стану

Іншим (психологічним) засобом діагностики стану є використання різного роду тестів, що відповідає гілки (1, 3, 9, 10, 11). Для діагностики в цьому ви-

падку використовуються тести, що характеризують ефективність різних психічних процесів при вирішенні відповідних поведінкових завдань [67, 69-71]. Для діагностики стану в цьому випадку використовується будь-яка методика, розроблена в експериментальній психології, за допомогою якої можливо оцінити ефективність процесів сприйняття, пам'яті, мислення [72-74]. Такі тести широко використовуються в сучасній діагностичній практиці, в основному при профвідборі. До психологічних методів оцінки стану зазвичай включають і психометричні методи [74-76], які, в основному, дозволяють оцінити успішність і швидкість виконання завдань, що можна характеризувати кількісно. Тому психометричні процедури, результати яких можна обробляти математичними методами або фіксувати їх кількісне вираження, слід віднести до гілки (1, 2, 5, 7, 8) на рис. 1.3.

Останнім часом для кількісної оцінки стану людини завдяки розвитку технічних засобів і впровадження математичних методів обробки стали широко використовуватися психофізіологічні параметри. Об'єктивній реєстрації і контролю доступні вимірювання у функціонуванні різних фізіологічних систем людини. Найбільш істотними для виявлення специфіки того чи іншого стану людини є показники діяльності різних відділів центральної нервової системи, серцево-судинної, дихальної, рухової та інших систем. Наявні сучасні технічні засоби дають можливість здійснювати одночасно реєстрацію кількох різних параметрів. Безпосередній аналіз отриманих даних у разі різноспрямованого вимірювання параметрів досить складний [65]. Тому при визначенні стану пріоритетним є використання математичної обробки результатів вимірювань.

1.5.1. Основні фізіологічні показники оператора

Застосування фізіологічних методів в інженерній психології обумовлено наступними обставинами [77]:

- Фізіологічні характеристики мають важливе значення для контролю стану оператора.
- Будь-який психологічний прояв має фізіологічну основу.

- У клінічній практиці і фізіології праці накопичено певний досвід обробки і аналізу фізіологічних характеристик; є також багатий арсенал приладів для проведення фізіологічних вимірювань. Приклади фізіологічних характеристик наведено на рис. 1.4.

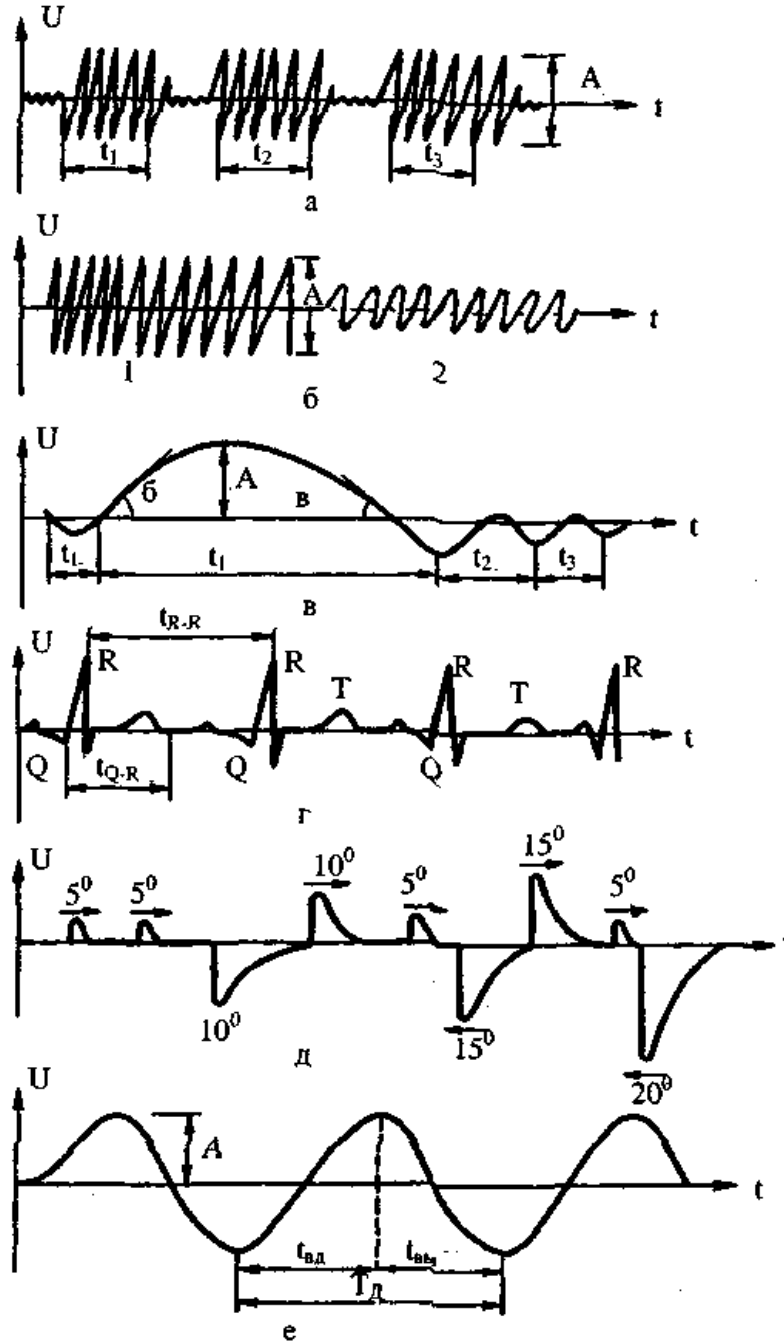


Рис. 1.4 – Приклад фізіологічних характеристик людини:

а) – електроенцефалограма; б) – електроміограма; в) – шкірно-гальванична реакція; г) – електрокардіограма; д) – електроокулограма; е) - пневмограма

В якості можливих індикаторів стану розглядаються найрізноманітніші показники [77-79]. До їх числа, насамперед, відносяться електрофізіологічні показники: електроенцефалограма (ЕЕГ), електроміограма (ЕМГ), шкірно-гальванічна реакція (ШГР), частота серцевих скорочень (ЧСС), електрокардіограма (ЕКГ), тонус судин, величина діаметра зіниці, артеріальний тиск, спірометрія, пневмограма і інші.

1. Електроенцефалограма (ЕЕГ) характеризує спонтанну електричну активність головного мозку. В спектрі ЕЕГ містяться різні складові: дельта-ритм (частота коливань 0,5 - 4,0 Гц), тета-ритм (5,0 - 7,0 Гц), альфа-ритм (8,0-12,0 Гц), бета-ритм (15 - 35 Гц), гамма-ритм (35-100 Гц). Переважання низькочастотних коливань (дельта- і тета-ритми) свідчить про настання гальмівного процесу (сон, ослаблення пильності та уваги, стомлення і т.п.). Наявність альфа-хвиль характеризує стан нормальної синхронізації основних нервових процесів. Вони є домінуючими у здорової людини, що знаходиться в стані оперативної готовності до діяльності. Переважання високочастотних коливань вказує на процес «збудження» в корі головного мозку. Це буває характерним при виникненні психофізіологічної напруженості під час роботи, свідчить про виникнення емоційних станів.

2. Електроміограма (ЕМГ) являє реєстрацію біопотенціалів м'язів людини. ЕМГ служить досить чутливим об'єктивним показником включення в динамічну або статичну роботу окремих груп м'язів. Такий аналіз необхідний при вивченні робочої пози і керуючих рухів оператора. Сумарна біоелектрична активність м'язів оцінюється показником

$$A_M = \frac{\sum_{i=1}^n A_i t_i}{T},$$

де A_i і t_i - відповідно амплітуда і тривалість i -го м'язового скорочення; T - період спостереження. За допомогою ЕМГ можна реєструвати також стомлення

людини. При втомі зменшується сумарна активність м'язів і середня амплітуда коливань [80].

3. Шкірно-гальванічна реакція (ШГР) характеризує зміну електричного опору або різниці потенціалів шкіри. ШГР є одним з найбільш результативних способів реєстрації виникнення емоційної напруженості у оператора. При цьому спостерігається падіння електричного опору шкіри або збільшення різниці потенціалів між двома точками шкірної поверхні (від 10 - 30 мВ/см в нормальному стані до 100 мВ/см і більше при виникненні емоційної напруженості).

4. Електрокардіограма (ЕКГ) полягає в реєстрації електричних явищ, що виникають у серцевій м'язі. ЕКГ складається (див. рис. 1.4, г) з ряду зубців, що характеризують протікання тих чи інших процесів в серцевій м'язі, і інтервалів між ними. Зубець R відповідає моменту збудження шлуночків серця, а зубець T - моменту виходу їх зі стану збудження. Інтервал R-R характеризує тривалість серцевого циклу, а інтервал Q-T відповідає періоду від початку збудження шлуночків серця до закінчення їх збудження.

В інженерній психології ЕКГ використовується для визначення напруженості роботи оператора. Для цього вимірюються: частота серцевих скорочень (ЧСС), систолічний і гістографічний показники:

1). Частота серцевих скорочень визначається величиною, зворотної тривалості R- R інтервалів.

2). Систолічний показник визначається процентним співвідношенням часу скорочення шлуночків серця до всього часу серцевого циклу, тобто

В інженерній психології ЕКГ використовується для визначення напруженості роботи оператора. Для цього вимірюються: частота серцевих скорочень (ЧСС), систолічний і гістографічний показники: Частота серцевих скорочень визначається величиною, зворотною тривалості R- R інтервалів

$$P_C = \frac{t_{QT}}{t_{RR}} 100\%.$$

Для визначення гістографічного показника визначається N послідовних значень величин t_{RR} [81, 82]. Весь діапазон зміни t_{RR} розбивається на m інтервалів однакової довжини. Якщо через t_i позначити середину i -го інтервалу, а через n_i - число значень t_{RR} , що потрапили в i -й інтервал, то величину гістографічного показника можна обчислити за формулою

$$P_C = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{t_i}.$$

При виникненні напруженості в роботі оператора розглянуті показники ЕКГ, як правило, збільшуються.

5. Електроокулограма (ЕОГ) характеризує електричну активність очних м'язів. Зазвичай використовується роздільна реєстрація вертикальних і горизонтальних рухів очей. При цьому знак потенціалу ЕОГ вказує напрямок переміщення погляду, а його величина - кут переміщення. ЕОГ застосовується для аналізу роботи зорової системи людини із засобами відображення інформації, для аналізу розподілу і перемикання уваги оператора в процесі роботи і інших цілей.

6. Пневмограма (ПГ) являє собою запис зовнішнього дихання. Вона використовується для оцінки психофізіологічної напруженості. У стані збудження або напруги частота дихання збільшується до 50 - 60 коливань в хвилину, спостерігається також зменшення глибини дихання і скорочення фази видиху ($t_{\text{вид}}$) щодо фази вдиху ($t_{\text{вд}}$).

7. Мовна відповідь (МВ) вивчається по спектральним і часовим характеристикам мови оператора. За зміною інтонації голосу, яка супроводжується зміною спектрального складу звукових коливань, можна судити про виникнення емоційних станів оператора, напруженості і втоми в його роботі. Інформація про ці стани міститься також у тимчасових параметрах МВ. Наприклад, при розвитку втоми збільшуються тривалість слів і пауз між ними, а також їх дисперсії.

Характеристики розглянутих фізіологічних процесів людини наведено в табл. 1.2. Ознаки, що характеризують людину, у різних індивідуумів при переході від норми до стресу змінюються не однаковою мірою [83-86]. Вони можуть бути отримані безпосередньо з експериментів або ж розрахунковим шляхом за допомогою обробки даних, отриманих в результаті експериментів.

Таблиця 1.2 – Характеристики фізіологічних процесів людини

Досліджувані процес	Предмет дослідження	Електричні характеристики		Досліджувані показники
		Амплітуда, мкВ	Частота, Гц	
Електроенцефалограма (ЕЕГ)	Електрична активність головного мозку	5-10	0,5-100	Сумарна біоелектрична активність ЕЕГ, характеристики окремих ритмів (амплітуда, тривалість, число хвиль ритму, питома вага ритму в ЕЕГ)
Електроміограма (ЕМГ)	Електрична активність м'язів	20-200	20-500	Сумарна біоелектрична активність м'язів, амплітуда і тривалість окремих м'язових скорочень
Шкірно-гальванічна реакція (ШГР)	Електричний опір шкіри	100-200	1-10	Латентний період (t_l), амплітуда (А), тривалість i -ї фази (t_1, t_2, t_3), швидкість наростання (δ) і швидкість спаду (ν). Загальна площа під кривою ШГР
Електрокардіограма (ЕКГ)	Електрична активність серця	300-3000	0,15-300	Інтервали ЕКГ (R-R, Q-T і ін.), частота серцевих скорочень, систолічний і гістографічний показники
Електроокулограма (ЕОГ)	Окорухова активність	20-200	0,1-3,5	Кількість рухів і миготінь в одиницю часу. Амплітуда і тривалість руху (переміщення погляду). Тривалість фіксації погляду
Пневмограма (ПГ)	Характер дихання	Залежить від способу вимірювання	0,8-4	Тривалість і глибина вдиху ($t_{вд}$) і видиху ($t_{вид}$), тривалість дихального циклу, частота дихання

1.5.2. Методи отримання і обробки фізіологічної інформації

Розглянуті фізіологічні показники мають різні електричними характеристиками, і перш за все ширину спектра сигналів і амплітуду. Орієнтовні значення цих характеристик наведено в табл. 1.2. З неї видно, що найбільші труднощі в реєстрації подає ЕЕГ. Для її реєстрації потрібна наявність екранованого приміщення, що істотно ускладнює застосування цього методу в реальних умовах. Найменші труднощі для реєстрації викликає МВ, ЕМГ, ШГР. Електричні сигнали цих показників мають порівняно велику величину, тому знімання сигналів і їх посилення не уявляють особливих труднощів [65].

Деякі сигнали (наприклад, ШГР, ЕОГ) повільно змінюються в часі і являють собою відображення напруги постійного струму. Оскільки безпосереднє посилення постійної напруги важко, ці сигнали необхідно попередньо перетворити в високочастотні і вести посилення на підвищеній частоті, що з точки зору технічної реалізації є більш простим. Принцип вимірювання одного фізіологічного показника розглянемо за допомогою узагальненої схеми зображеної на рис. 1.5.

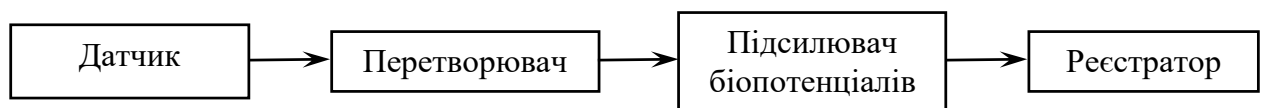


Рис. 1.5 – Структурна схема вимірювання фізіологічного показника

Датчики (електроди) служать для відведення потенціалів з поверхні тіла людини. До конструкції і способу кріплення датчиків висуваються такі вимоги: забезпечення надійного і постійного контакту зі шкірою людини, відсутність зсуву при рухах піддослідного, можливість швидкого і легкого встановлення і знімання електродів, виключення занепокоєння піддослідного або заподіяння йому болю. За способом кріплення датчики можуть бути притискними (що накладаються) або що приклеюються. Класифікація найбільш часто використовуваних датчиків приведена в табл. 1.3.

Перетворювач служить для перетворення вихідного сигналу до виду, з яким легко вести подальше посилення сигналу. Основним видом перетворення

є перетворення повільно змінної напруги у високочастотну. В цьому випадку перетворювач являє собою амплітудний або частотний модулятор.

Таблиця 1.3 – Характеристики датчиків фізіологічних показників

Фізичний принцип конструкції датчика	Форма енергії, що є носієм фізіологічної інформації				
	механічна	акустична	теплова	електрична	хімічна
Електричний	СФГ	—	—	ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ, КГР	—
Зміна ємності конденсатора	АТ, ВТ, СФГ, ПГ, ФКГ	АТ	—	—	—
Зміна активно-го опору	АТ, СФГ, БКГ, ДКГ	—	АТ, ПГ, ТМ	—	—
Електромагнітна індукція	СФГ, ПГ, ДКГ, БКГ	ФКГ, АД	—	—	—
П'єзоелектричний ефект	АТ, СФГ	ФКГ	—	—	—
Механічне переміщення	АТ, ВТ, АГ, СФГ, ФКГ	—	—	АГ	—
Термоелектричний ефект	—	ТМ	—	—	—
Біохімічний і хіміко-електричний	—	—	—	—	C_{Ca} , рН

АТ - артеріальний тиск; ВТ - венозний тиск; СФГ - сфігмограма; ПГ - пневмограма; ФКГ - фонокардіограма; БКГ - баллістограма; ДКГ - динамо-кардіограма; ТМ - термометрія; рН - концентрація водневих іонів; C_{Ca} , C_K - вміст відповідно катіонів кальцію і калію в рідинах організму; АГ - актограма.

Підсилювач біопотенціалів необхідний для посилення вихідного сигналу до величини, яка може бути легко зафіксована за допомогою реєструючих пристроїв. Підсилювачі повинні відповідати таким вимогам: забезпечити необхідний коефіцієнт посилення, мати рівномірному амплітудну характеристику у всьому діапазоні спектра сигналів, мати малі нелінійні спотворення.

Реєстратор служить для візуальної реєстрації (запису) досліджуваного сигналу протягом необхідного часу. У багатьох випадках крім реєстрації та ручної розшифровки інформації використовують також її автоматичну обробку, використовуючи спеціалізовані пристрої або універсальні ЕОМ, що працюють за певною програмою.

Дослідження тільки одного фізіологічного показника, як правило, не може надати однозначної відповіді про стан оператора. Тому в практиці інженерно-психологічних досліджень застосовується зазвичай так званий поліефекторний метод дослідження, що полягає в одночасному записі і аналізі цілого комплексу показників, званого симптомокомплексом. Застосування поліефекторної методики дозволяє значно підвищити надійність і достовірність діагностики станів оператора при виконанні даної діяльності.

При виборі показників, що входять до складу симптомокомплексу, необхідно керуватися такими міркуваннями:

1. Показник повинен бути інформативним, тобто з його допомогою має бути забезпечено встановлення стану оператора.
2. Реєстрація показника не повинна впливати на роботу оператора, не повинна заважати йому і обмежувати його рухів.
3. Реєстрація показника повинна бути легко технічно реалізувати, не повинна вимагати громіздкої і складної апаратури, створення для оператора спеціальних умов, при яких можлива реєстрація цього показника.
4. Повинна бути забезпечена можливість безперервної реєстрації показника протягом всього часу роботи оператора.

Для практичної реалізації поліефекторної методики створюються спеціальні системи знімання та обробки електрофізіологічної інформації [81]. Приклад структури такої системи наведено на рис. 1.6.

У цих системах передбачається автоматизований знімання і реєстрація електрофізіологічних показників з можливістю як первинного математичного аналізу для експрес-контролю за допомогою АОМ, так і вторинного аналізу

для виявлення тонкої статистичної структури реєстрованої інформації за допомогою ЦОМ.

При аналізі отриманої фізіологічної інформації перевагу слід віддавати методам обробки, заснованим на нестационарній моделі випадкового процесу [83]. Для математичної обробки вимірних параметрів найчастіше використовуються [83-87]: методи кореляційного аналізу, ентропійного аналізу по гістограмі розподілу, децильне-рангового аналізу, порівняння з еталоном, кластерного аналізу.

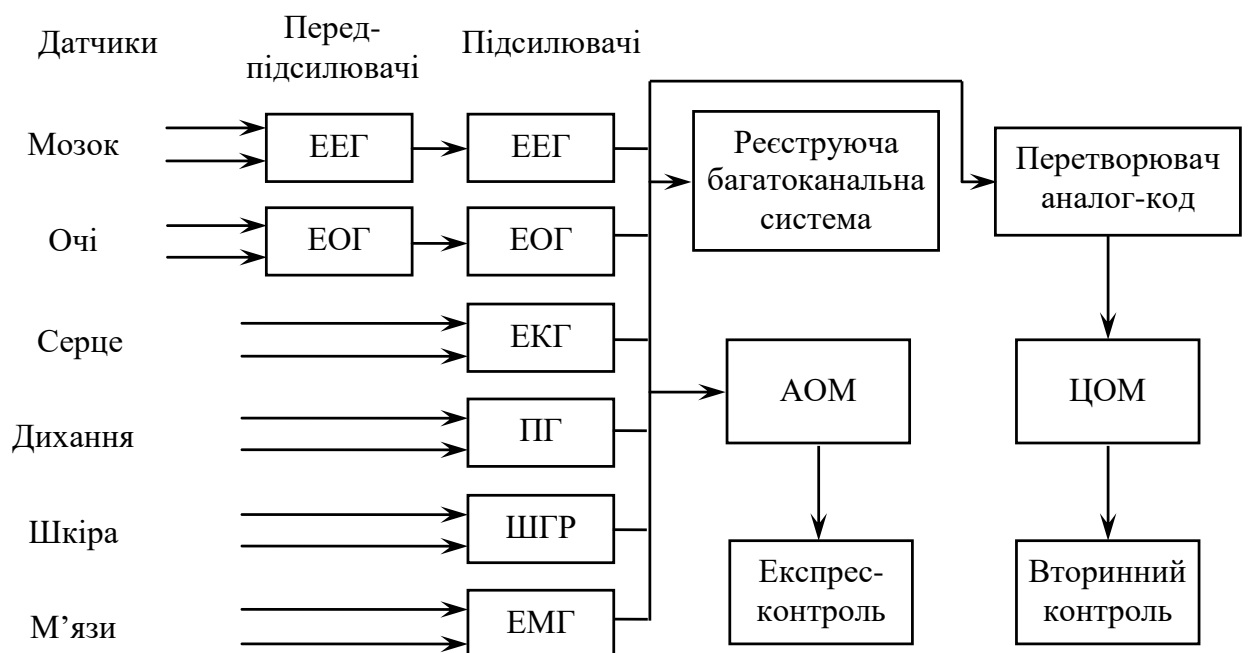


Рис. 1.6 – Структурна схема багатоканальної системи реєстрації електрофізіологічної інформації

1.5.3. Методи відтворення стресового стану

Відтворити в лабораторних умовах стресовий стан ідентичний стану викликаному реальною обстановкою дуже важко або практично неможливо. Для отримання штучного стану стресу використовують різні стресогенні чинники [67-69]. Найбільш простим стресором є демонстрація фільмів страхітливого

змісту. Більш значущим стресором можна вважати завдання, виконання яких викликає значні негативні емоції, що вимагають іноді і мобілізації волі.

У практичному відношенні найбільш легко реалізованим стресором є створення часового дефіциту при виконанні певної роботи. При цьому можливість виконання виданого завдання повинна знаходитися за межами здібностей випробуваного. При виконанні завдання можна «нагнітати» зовнішню обстановку введенням побічних зовнішніх чинників (чергування яскравості джерел світла, увімкнення різних джерел дратівливого або надмірного звуку, загроза ураження електричним струмом і т.п.).

Стресовий стан можна досягати також створенням конфліктних ситуацій.

Можливість прогнозу діяльності людини в критичних умовах зростає з наближенням рівня відтворення екстремальності ситуації до рівня реальної екстремальної ситуації.

Основними факторами, від яких залежить екстремальність стресорів, є наступні:

1) суб'єктивна оцінка небезпеки стресу для цілісності суб'єкта (фізичної цілісності, цілісності соціального статусу, можливості здійснення бажань і т.д.);

2) суб'єктивна чутливість до стресору (значимість стресора для суб'єкта);

3) ступінь несподіванки стресора (значимість стресора для суб'єкта);

4) близькість дії стресора до крайніх точок суб'єктивної шкали «приємно-неприємно»;

5) тривалість дії стресора при збереженні його суб'єктивної значущості (чутливості суб'єкта до нього).

Можна пов'язати описову неоднозначність реагування людини на стрес і успішність виконання поставленого завдання в умовах стресу або його відсутності з чіткими формалізованими поняттями системного підходу, використовуючи результати обробленого експерименту.

З точки зору системного підходу при описі реагування людини-оператора на стрес, людина ставиться до неповністю керованих і не повністю спостере-

жуваних систем. Це істотно ускладнює з точки зору системного підходу його використання як ланки системи управління, оскільки досить складно судити про його передаточну функцію в цій системі і його стійкість (по відношенню до стресу). Це обумовлено тим, що передаточна функція, що традиційно використовується як основна характеристика будь-якої ланки, характеризує тільки повністю керовану і повністю спостережувану частину системи [88]. Тому доцільно аналізувати поведінку такої складної ланки системи управління як людина-оператор, ґрунтуючись на моделі, отриманій з позиції «простору станів».

1.6. Висновки до розділу 1

Аналіз особливостей функціонування людини-оператора в організаційно-технічних системах та причин виникнення помилок людини-оператора показав, що морський фахівець це людина, що взаємодіє зі складною технікою через інформаційні процеси, працює в екстремальних умовах праці, і несе величезну відповідальність за своєчасне, швидке, безпомилкове виконання своїх посадових обов'язків, невиконання яких може призвести до аварії на судні.

У зв'язку з підвищенням вимог до рівня кваліфікації і необхідністю освоєння сучасних методів вирішення професійних завдань застосовують системи професійної підготовки морських фахівців для оновлення теоретичних і практичних знань.

Особливістю тренажерної підготовки є відтворення реалістичних умов, в яких опиняється людина при виконанні своїх професійних обов'язків та мусить приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу. Чим вище рівень компетентності (професійної підготовки) людини, тим нижче рівень напруженості її стану. При таких обставинах людина може швидше справлятися з більш складними завданнями.

Для визначення рівня професійної компетентності оцінюється якість та майстерність засвоєння знань, умінь та навичок, мотивація, активність та успі-

шно виконані завдання з розв'язання практичного навчання. Навчальний контроль традиційно здійснюється у формі тестування під час практичних занять. Для оцінки стану оператора доцільно застосовувати фізіологічні методи контролю його біофізичних параметрів при виконанні навчальних завдань для визначення напруженості роботи.

Моніторинг навчального процесу необхідний для здійснення раціонального управління процесом тренажерної підготовки та формування індивідуальної траєкторії для підвищення ефективності навчання.

РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА ЯК ДИНАМІЧНОГО ОБ'ЄКТУ

Стан людини може бути визначений за біофізичними параметрами, які змінюються під час виконання операцій різного характеру та можуть вимірюватися за допомогою датчиків [26, 30]. На основі аналізу даних, що фіксуються за результатами вимірів, можна виявити рівень напруженості стану людини та оцінити складність оперативної ситуації. Виникає задача побудови математичної моделі, на основі якої можна адекватно ідентифікувати стан людини-оператора.

2.1. Математична модель людини-оператора в «просторі станів»

Людина-оператор як ланка системи керування є динамічною системою, тобто його поведінку можна описати за допомогою системи диференціальних рівнянь. В зв'язку з тим, що людина як динамічна система з точки зору системного підходу відноситься до класу не повністю керованих та не повністю спостережуваних систем, для її дослідження доцільно використовувати математичну модель в просторі станів [89, 90]. Рівняння стану людини-оператора в просторі станів задаються наступним чином

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{Ax}(t) + \mathbf{Bu}(t) + \mathbf{v}(t), \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{Cx}(t) + \mathbf{Du}(t) + \mathbf{n}(t),\end{aligned}\tag{2.1}$$

де \mathbf{A} - матриця стану об'єкта (коефіцієнтів людини-оператора); \mathbf{B} - матриця впливу вхідних сигналів на зміни стану об'єкта; \mathbf{C} - вихідна матриця (матриця спостережень); \mathbf{D} - матриця вхід-вихід; $\mathbf{x}(t)$ - вектор біофізичних параме-

трів людини, які реєструються певною вимірювальною підсистемою;

$\mathbf{u}(t)$ - вектор вхідних впливів; $\mathbf{v}(t)$ - вхідний шум; $\mathbf{n}(t)$ - шум вимірювань.

Розв'язок першого рівняння системи (2.1) на інтервалі $[0, t]$ має вигляд

$$\mathbf{x}(t) = \Phi(t)\mathbf{x}(0) + \int_0^t \Phi(t - \tau)Bu(\tau)d\tau, \quad (2.2)$$

де $\Phi(t) = e^{At}$ - матриця переходів зі стану $\mathbf{x}(0)$ в стан $\mathbf{x}(t)$ [88].

Розв'язок другого рівняння системи (2.1) визначається співвідношенням

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\Phi(t)\mathbf{x}(0) + \int_0^t \mathbf{C}\Phi(t - \tau)Bu(\tau)d\tau + \mathbf{D}\mathbf{u}(t). \quad (2.3)$$

Для отримання значень векторів стану та виходу необхідно визначити перехідну матрицю $\Phi(t)$. Це не викликає труднощів при відомій матриці \mathbf{A} .

Біофізичні параметри суттєво змінюються в залежності від зовнішніх обставин, тому визначення ступеня напруженості стану людини можна здійснювати шляхом ідентифікації параметрів моделі (2.1) та подальшому аналізі значень компонент матриці стану \mathbf{A} .

2.2. Ідентифікація параметрів моделі в реальному часі

Комплекс біофізичних параметрів людини, що реєструються синхронно, відноситься до класу багатомірних часових рядів [91], для опису яких зазвичай використовують дискретизовану форму рівняння (2.1), а саме

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{b}\mathbf{v}(k). \quad (2.4)$$

Для ідентифікації параметрів моделі (2.4) в реальному часі, доцільно використовувати повторювані процедури, які дозволяють отримати оцінку параметрів моделі при надходженні нових вимірювань [92-99].

Періодичні процедури оцінки визначаються залежністю

$$P[k+1] = P[k] + \gamma[k+1] \cdot f(P[k], y[k+1], u[k+1]), \quad (2.5)$$

де $P[k]$ – поточне значення параметрів, $\gamma[k+1]$ - коефіцієнт посилення, $f(\cdot)$ - деяка функція, що залежить від поточного значення, та визначає величину і спрямування наступного кроку, $y[k+1]$ і $u[k+1]$ - вихідні і вхідні сигнали, які йдуть за поточним значенням.

Найбільш відомими повторюваними процедурами є метод стохастичної апроксимації і метод найменших квадратів. Однак, згідно з [92, 100, 101], точність методу стохастичної апроксимації досягається при досить великій кількості ітерацій, тому його недоцільно використовувати при знаходженні параметрів моделі для вирішення задач ідентифікації динамічного об'єкта в реальному часі.

Для реалізації метода задаються початкові значення вектора станів об'єкта і моделі $\mathbf{x}_0[0] = \mathbf{x}_m[0]$, а також матриці $\mathbf{A}[0]$. При відомій динаміці управління $\mathbf{u}[k]$ і вектора станів об'єкта $\mathbf{x}_0[k]$ для $k=1,2,3,\dots$ визначають значення вектора стану моделі

$$\mathbf{x}_m[k] = \mathbf{A}[k-1] \cdot \mathbf{x}_m[k-1] + \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}[k-1], \quad (2.6)$$

вектор відхилення станів об'єкта і моделі

$$\mathbf{e}[k] = \mathbf{x}_0[k] - \mathbf{x}_m[k], \quad (2.7)$$

і матрицю

$$\Gamma[k] = \Gamma[k-1] - \Gamma[k-1] \cdot \mathbf{x}_0[k] \cdot \gamma[k-1] \cdot \mathbf{x}_0^T[k] \cdot \Gamma[k-1], \quad (2.8)$$

$$\gamma[k-1] = [1 + \mathbf{x}_0^T[k] \cdot \Gamma[k-1] \cdot \mathbf{x}_0[k]]^{-1} \quad (2.9)$$

тоді рекурентний алгоритм настройки може бути записаний як

$$\mathbf{A}[k] = \mathbf{A}[k-1] + \Gamma[k] \cdot \mathbf{e}[k] \cdot \mathbf{x}_m^T[k]. \quad (2.10)$$

Умовою завершення етапу ідентифікації є $|a_{ij}[k] - a_{ij}[k-1]| < \delta$, для всіх значень i, j .

2.3. Приклад обробки експериментальних даних

Обчислення оцінок параметрів моделі здійснено для трьох динамічних процесів, що характерні для людини: $x_1(k)$ - кардіограма, $x_2(k)$ - реограма, $x_3(k)$ - пневмограма. Довжина вибірки даних $N = 200$ точок, що фіксувалися на протязі 4 с з інтервалом $\Delta t = 0,02\text{с}$. Данні спостережень було отримано для двох випадків: 1) – при спокійному (фоновому) стані людини та 2) – при напруженому (стресовому) стані. Результати вимірювань для фонового стану наведено на рис. 2.1; а для стресового стану – на рис. 2.2.

Для оцінювання початкових параметрів моделі (2.4) при наявності достатньо великої вибірки спостережень використаємо наступні вирази [11, 102]

$$\hat{\mathbf{A}}_n = \left[\sum_{i=2}^n \mathbf{x}(n+2-i) \mathbf{x}^T(n+1-i) \right] \cdot \left[\sum_{i=2}^n \mathbf{x}(n+1-i) \mathbf{x}^T(n+1-i) \right]^{-1}; \quad (2.11)$$

$$\hat{\mathbf{b}}^2 = \frac{1}{p(n-1)} \text{tr} \left[\sum_{i=2}^n \mathbf{x}(n+1-i) \mathbf{x}^T(n+1-i) - \hat{\mathbf{A}}_n \sum_{i=2}^n \mathbf{x}(n+1-i) \mathbf{x}^T(n+2-i) \right], \quad (2.12)$$

де n – кількість вимірів; p - порядок моделі (розмірність вектору $\mathbf{x}(k)$).

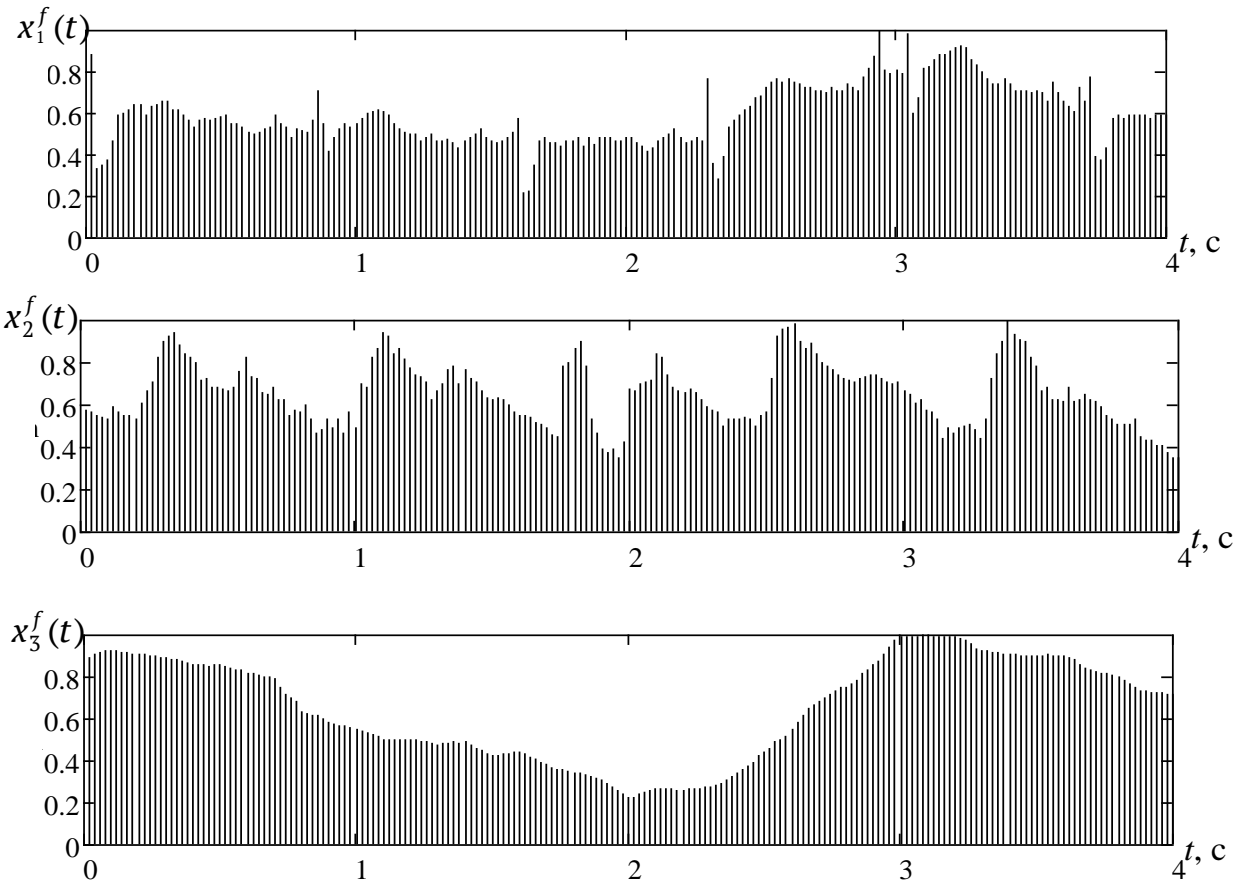


Рис. 2.1 – Результати вимірювань для фоновому стану

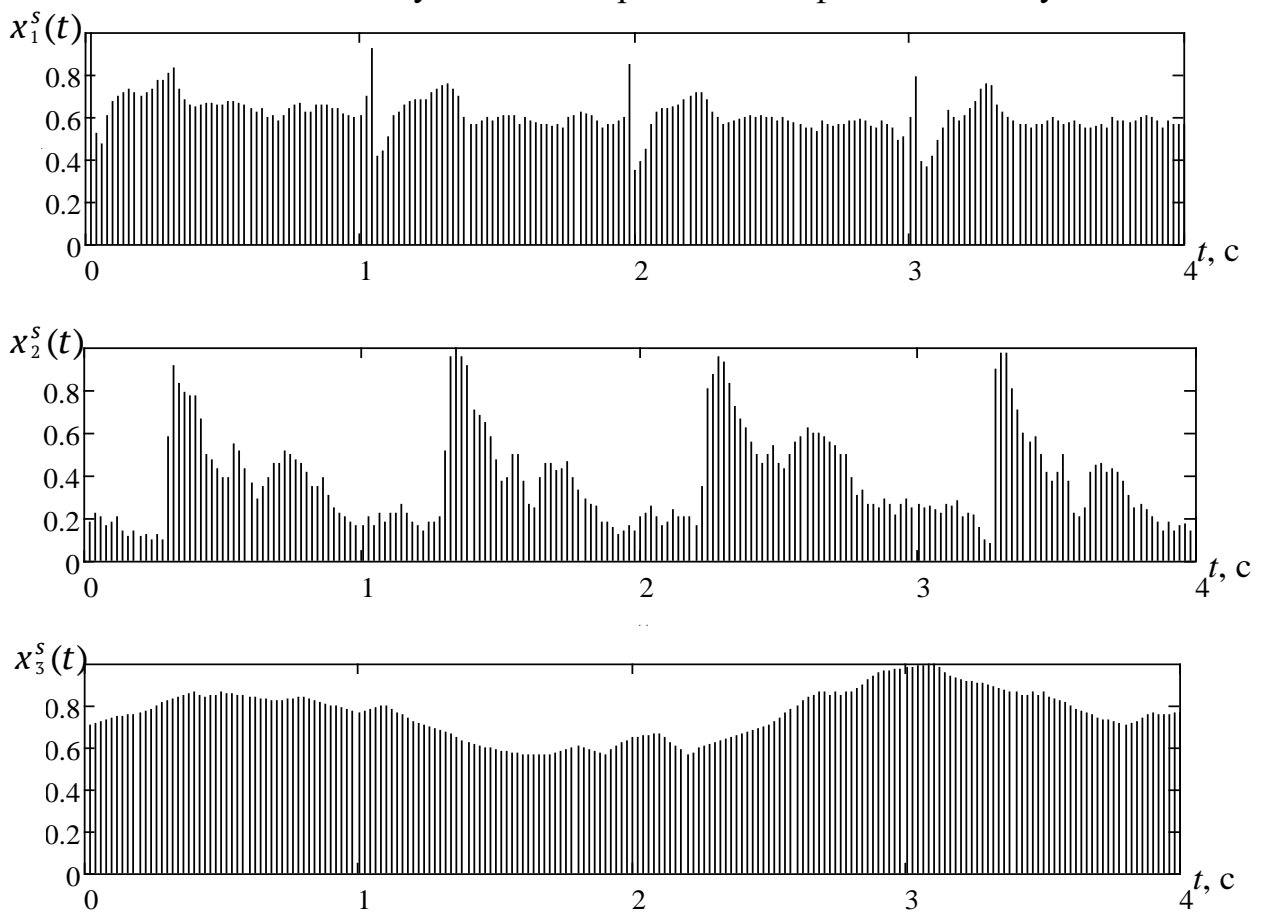


Рис. 2.2 – Результати вимірювань для стресового стану

В результаті розрахунків отримано початкові оцінки матриці $\hat{\mathbf{A}}_n$ та параметра $\hat{\mathbf{b}}$ на основі вибірки довжиною $n = 50$ точок [15].

1) Для фонового стану:

$$\hat{\mathbf{A}}_{f50} = \begin{pmatrix} 0.510 & 0.166 & 0.192 \\ 0.056 & 0.858 & 0.075 \\ -0.024 & -0.018 & 1.023 \end{pmatrix}, \quad (2.13)$$

вектор власних значень матриці $\hat{\mathbf{A}}_{f50}$ одержано у наступному вигляді:

$$\lambda_f = (0.491 \quad 0.909 \quad 0.991)^T; \quad (2.14)$$

оцінка коефіцієнту впливу зовнішніх обурень $\hat{b}_f = 0.1$.

2) Для стресового стану:

$$\hat{\mathbf{A}}_{s50} = \begin{pmatrix} 0.3964 & -0.092 & 0.531 \\ 0.24 & 0.9 & -0.152 \\ 0.039 & 0.0009 & 0.968 \end{pmatrix}, \quad (2.15)$$

вектор власних значень матриці $\hat{\mathbf{A}}_{s50}$ має вигляд

$$\lambda_s = (0.405 \quad 1.001 \quad 0.858)^T; \quad (2.16)$$

оцінка коефіцієнту впливу зовнішніх обурень $\hat{b}_s = 0.088$.

На основі отриманих початкових оцінок параметрів матриць $\hat{\mathbf{A}}_{f50}$ і $\hat{\mathbf{A}}_{s50}$ та із застосуванням рекурентного методу найменших квадратів шляхом послідовного розрахунку за наступними вимірюваними даними ($n = 51 \dots 200$) одержано наступні результати [11]:

1) Для фонового стану:

$$\hat{\mathbf{A}}_{f_{200}} = \begin{pmatrix} 0.519 & 0.174 & 0.201 \\ 0.065 & 0.867 & 0.084 \\ -0.015 & -0.009 & 1.031 \end{pmatrix}, \quad (2.17)$$

вектор власних значень матриці $\hat{\mathbf{A}}_{f_{200}}$ одержано у наступному вигляді:

$$\lambda_f = (0.493 \quad 0.99 \quad 0.916)^T. \quad (2.18)$$

2) Для стресового стану:

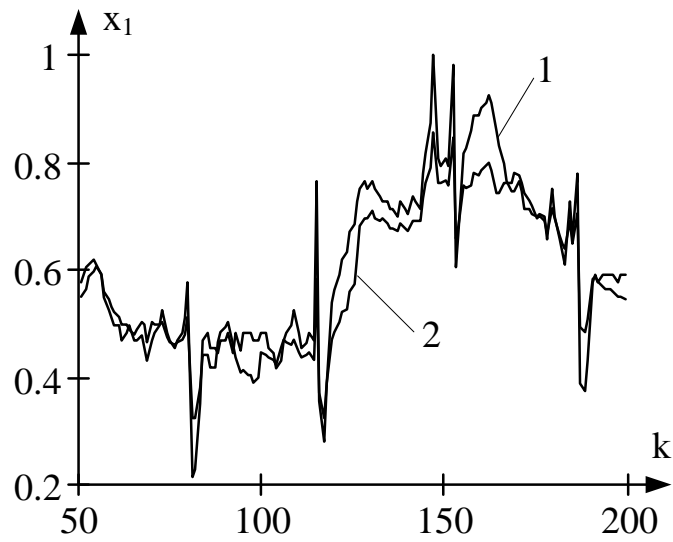
$$\hat{\mathbf{A}}_{s_{200}} = \begin{pmatrix} 0.404 & -0.084 & 0.539 \\ 0.249 & 0.908 & -0.144 \\ 0.048 & 0.009 & 0.976 \end{pmatrix}, \quad (2.19)$$

вектор власних значень матриці $\hat{\mathbf{A}}_{s_{200}}$ має вигляд

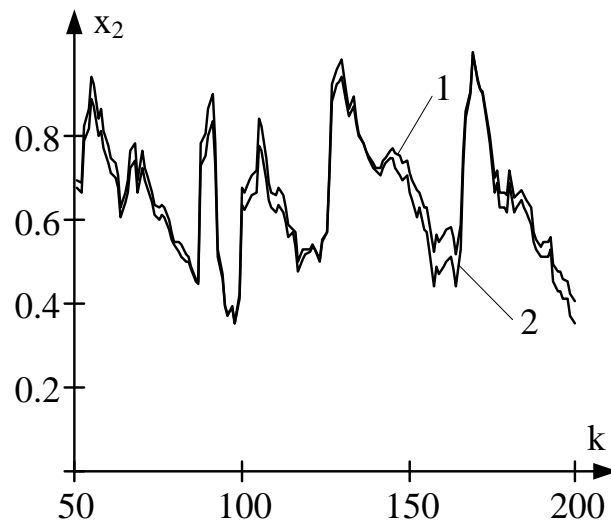
$$\lambda_s = (0.406 \quad 1.019 \quad 0.863)^T. \quad (2.20)$$

Листінг розрахунків параметрів моделі за рекурентним методом найменших квадратів та динаміку зміни оцінок з часом наведено в додатку В.

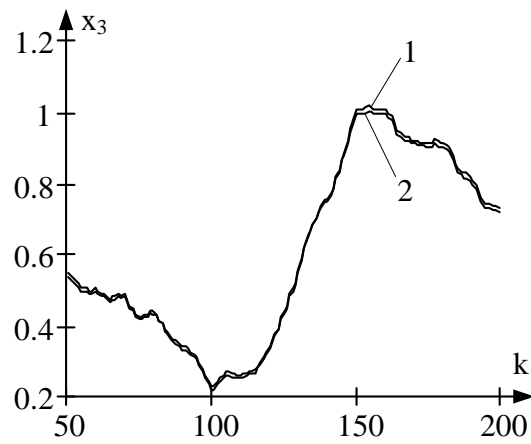
Експериментальні залежності та отримані за моделлю для фонового стану наведені на рис. 2.3. На рис. 2.4 показано їхню відносну похибку. Для стресового стану ці залежності наведені на рис. 2.5; відносну похибку показано на рис. 2.6.



а)



б)



в)

Рис. 2.3 – Експериментальні та розраховані залежності для фоновому стану

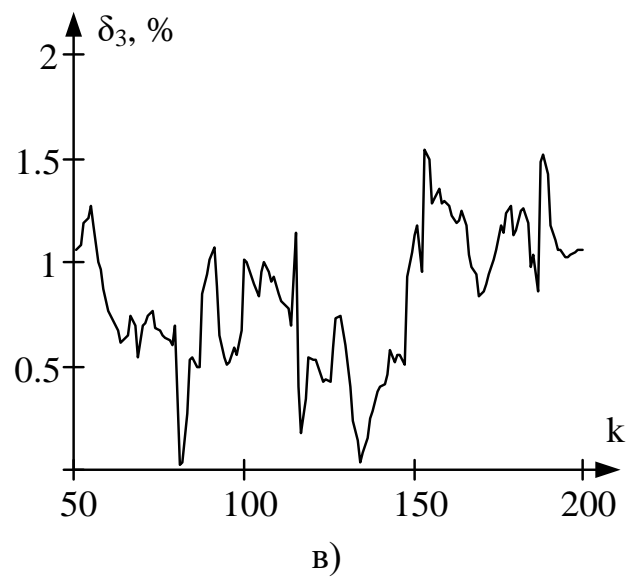
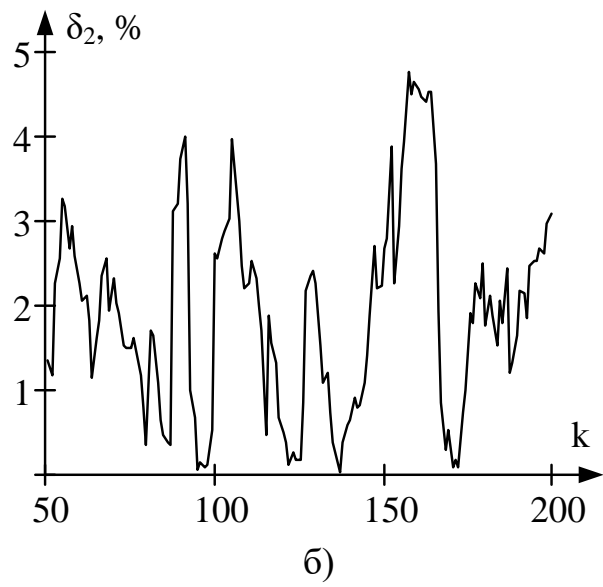
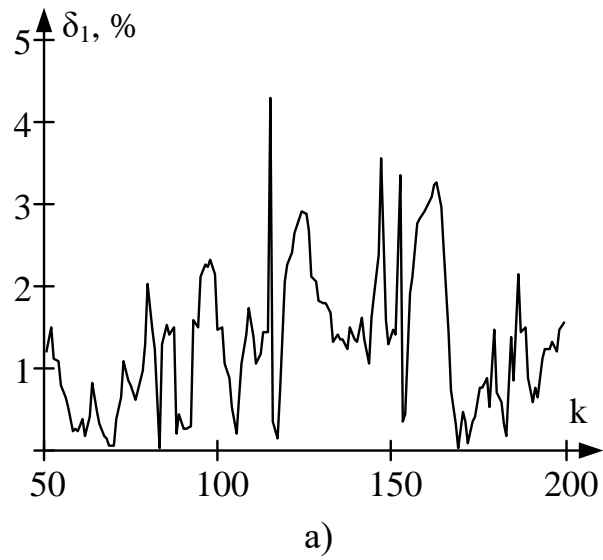
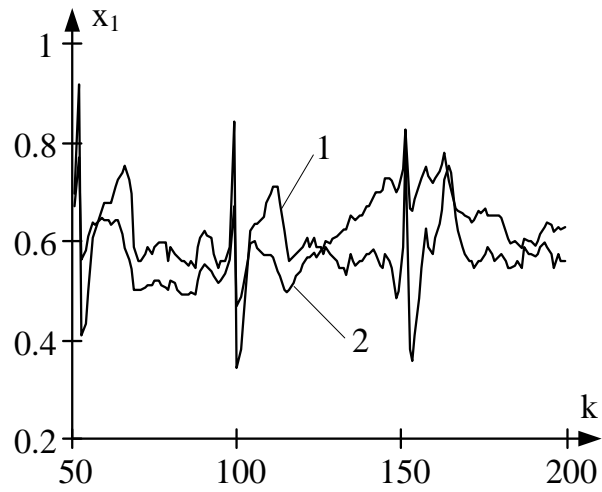
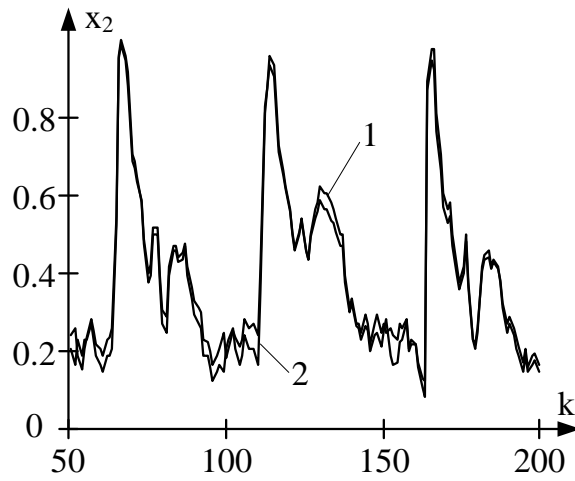


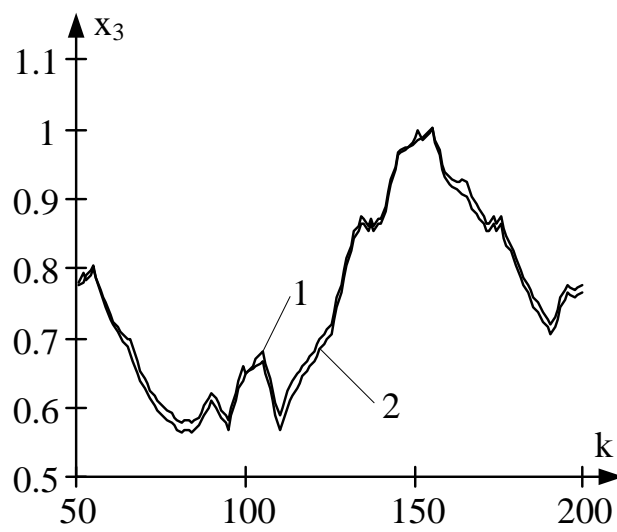
Рис. 2.4 – Похибки моделі для фоновому стану



а)

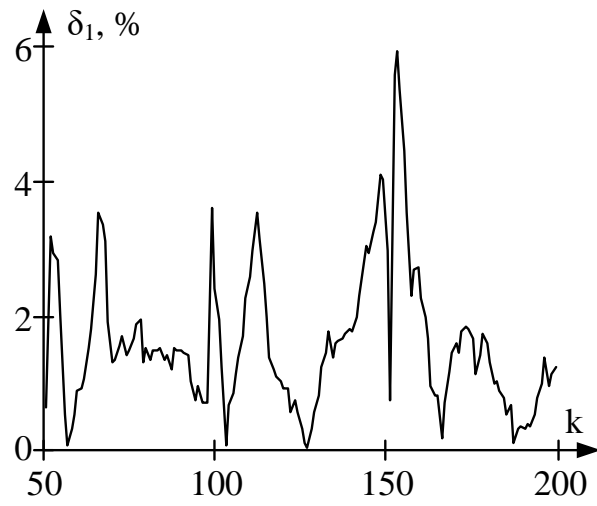


б)

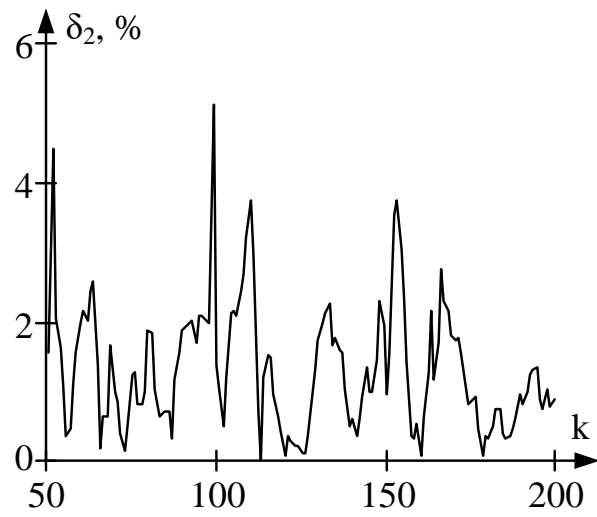


в)

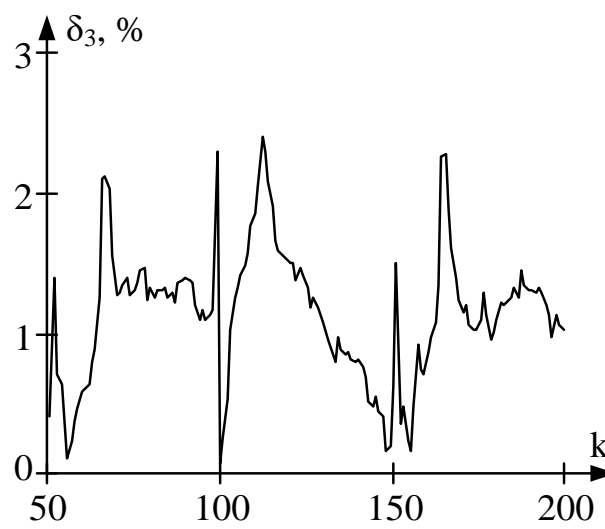
Рис. 2.5 – Експериментальні та розраховані залежності для стресового стану



а)



б)



в)

Рис. 2.6 – Похибки моделі для стресового стану

На основі аналізу отриманих результатів розрахунків можна відмітити, що:

1. Значення всіх власних чисел (2.18) матриці \hat{A}_f за абсолютною величиною менше одиниці. Це свідчить про стаціонарність процесу (2.4) при фоновому стані людини.

2. Для напруженого стану одне з власних значень (2.20) матриці \hat{A}_s становиться більш за одиницю, тобто стаціонарність процесу (2.4) у стресовому стані людини порушується [102].

3. Оцінка коефіцієнту зовнішніх обурень при стресовому стані зменшується на 12% відносно тієї ж оцінки у фоновому стані ($\hat{b}_f > \hat{b}_s$). Це можна пояснити як зменшення здатності сприйняття зовнішніх вхідних сигналів.

2.4. Висновки до розділу 2

Поведінку людини-оператора як динамічного об'єкту можна описати за допомогою математичної моделі у вигляді системи диференціальних рівнянь. В зв'язку з тим, що людина як динамічна система з точки зору системного підходу відноситься до класу не повністю керованих та не повністю спостережуваних систем, для її дослідження доцільно використовувати математичну модель в просторі станів. Завдяки аналізу зміни параметрів моделі можна отримати оцінку рівня напруженості стану людини.

Розрахунки виконані за експериментальними даними, отриманими для індивідуумів в різних станах – спокою та напруженості. Аналіз результатів виказав, що параметри моделі в просторі станів змінюються при зміні напруженості оператора.

Для визначення параметрів моделі в реальному часі, доцільно використовувати повторювані процедури, які дозволяють отримати оцінку параметрів моделі при надходженні нових вимірювань.

Використання рекурентного методу найменших квадратів дозволяє отримувати оцінки параметрів моделі динамічного об'єкту на основі обробки

даних від підсистеми моніторингу, які можна застосовувати для діагностики стану в реальному часі. Це відкриває шляхи для своєчасного виявлення перевантажень і запобігання екстремальних умов функціонування. Доцільно здійснити дослідження закономірностей зміни параметрів моделей для різного типу людей та при різному ступені напруженості.

Стан людини може бути визначений за біофізичними параметрами, які змінюються під час виконання операцій різного характеру та можуть вимірюватися за допомогою датчиків. На основі аналізу даних, що фіксуються за результатами вимірів, можна виявити рівень напруженості стану людини та оцінити складність оперативної ситуації.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТАНУ ЛЮДИНИ, ЩО НАВЧАЄТЬСЯ

При виконанні своїх професійних обов'язків людина доволі часто опиняється в ситуації коли потрібно приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу. Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани і вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації.

Вплив суб'єктивних факторів має особливо важливе значення для надійності складних людино-машинних систем, таких як АСК. Більшість відмов АСК викликається дефектами обслуговування, порушенням інструкцій при експлуатації, помилками в сприйнятті сигналів, запізненням і помилками в діях оператора и т.п. [26, 106, 107].

На появу помилок впливають як індивідуальні характеристики конкретної людини-оператора, так і зміст, умови та організація діяльності людини. Тому своєчасна ідентифікація стану оператора дозволяє істотно підвищити надійність функціонування організаційно-технічних систем є актуальним завданням.

Одним з найважливіших експлуатаційних заходів при дослідженні роботи людини-оператора є визначення біопоказників під час виконання операцій різного характеру. У структурі системи «людина-машина» урахування параметрів стану можна здійснювати трьома датчиками, що визначають температуру тіла людини, опір шкіряних покривів та швидкість серцевних скорочень.

Данні з результатами вимірів передаються безпосередньо на сам пристрій, а потім до ПК. Зіставляючи отримані дані, приймається рішення про стан оператора, вибір режиму роботи. Така робота вимагає коректної роботи

й підвищеної точності, а так само злагоженості й оперативності роботи датчиків.

Найважливішим питанням залишається проблема адекватності прийнятих рішень щодо стану оператора у сформованій ситуації [108]. Для вирішення цієї проблеми доцільно застосувати методи нечіткої логіки.

3.1. Особливості керування з нечіткою логікою

Вихідною передумовою до формування системи керування на базі теорії нечітких множин є те, що стан складної системи й керуючі впливи в САК розглядаються як лінгвістичними змінними, оцінюваними якісними термами (засобами природної мови) [109-113]. Кожний терм розглядається як нечітка множина і формалізується за допомогою відповідної функції приналежності. Формування керуючого впливу здійснюється на підставі певного набору правил (лінгвістичні правила керування), що встановлюють засобами природної мови зв'язок між станом динамічної системи й керуючим впливом у САК. Визначення конкретного значення керуючого впливу здійснюється шляхом реалізації процедури переходу від результуючої функції приналежності, що описує лінгвістичну змінну *керуючий вплив*, до конкретного числового значення. У результаті неточність (нечіткість) опису динамічного поведіння об'єкта компенсується більш високим за рівнем алгоритмом керування завдяки урахуванню, у тому числі, і якісних ознак динамічного поведіння об'єкта керування.

3.1.1. Системи автоматичного керування на базі нечіткої логіки

Для реалізації керування на базі теорії нечітких множин і нечіткої логіки необхідне пристрій, що формує керуючі впливи на об'єкт керування - нечіткий регулятор (регулятор, що працює на базі нечіткої логіки).

Функціональна схема системи автоматичного керування (САК) на базі нечіткої логіки (системи керування з нечітким регулятором (НР) або системи фазі-керування) наведена на рис. 3.1.

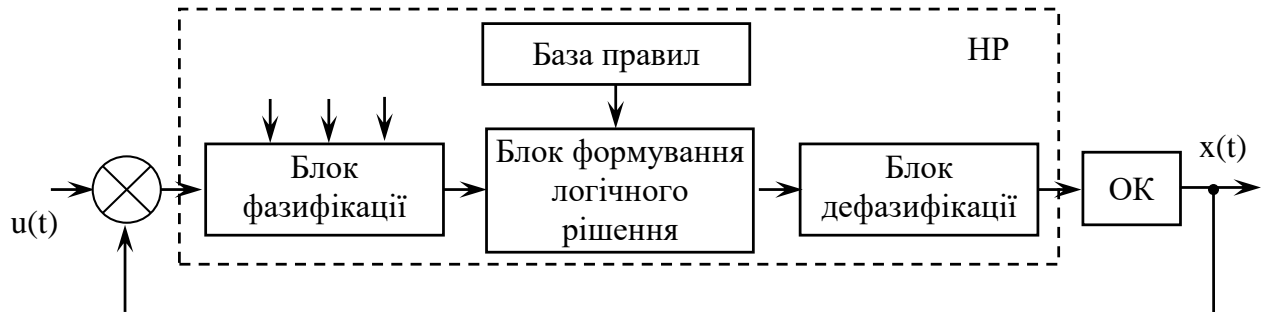


Рис. 3.1 – Функціональна схема системи автоматичного керування на базі нечіткої логіки

Нечіткий регулятор (фазі-регулятор, fuzzy-controller) включає три основних блоки - блок фазифікації (fuzzyfication), блок формування логічного рішення (inference) і блок дефазифікації (de-fuzzyfication).

Нечіткий вивід займає центральне місце в нечіткій логіці й системах нечіткого керування. Процес нечіткого виводу являє собою деяку процедуру або алгоритм одержання нечітких висновків на основі нечітких умов або передумов з використанням понять нечіткої логіки. Цей процес з'єднує в собі всі основні концепції теорії нечітких множин: функції приналежності, лінгвістичні змінні, нечіткі логічні операції, методи нечіткої імплікації й нечіткої композиції.

Варто підкреслити, що як операцію імплікації (логічного зв'язування), так і операцію композиції (згортки) в алгебрі нечітких множин можна реалізувати по різному (при цьому підсумковий результат теж буде різним), але в кожному разі загальний логічний вивід здійснюється за наступні чотири етапи.

1. Визначення нечіткості (фазифікація). Задаються функції приналежності на єдиному універсальному просторі для термів вхідних лінгвістичних змін-

них і для конкретних значень змінних визначаються ступені істинності кожної передумови кожного правила.

2. Логічний вивід. Обчислені значення істинності для передумов кожного правила застосовуються до висновків (выводам) кожного правила. Як правила логічного виводу звичайно використовуються тільки операції \min (мінімум) або prod (множення). У логічному виводі \min функція приналежності виводу "відтинається" по висоті, що відповідає обчисленого ступеня істинності передумови правила (нечітка логіка "ТА"). У логічному виводі prod функції приналежності виводу масштабуються обчисленими величинами добутоків ступенів істинності передумов кожного правила.

3. Композиція. Отримані нечіткі підмножини ("усічені по висоті" функції приналежності) поєднуються разом для формування однієї нечіткої підмножини (результуючої функції приналежності) для змінної виводу (рішення). Для об'єднання звичайно використовуються операції \max (максимум) або sum (сума). При композиції \max результуюча нечітка підмножина конструюється як покрапковий максимум по всіх отриманих нечітких підмножинах (нечітка логіка "АБО"). При композиції sum результуюча нечітка підмножина конструюється як по крапкова сума по всіх отриманих нечітких підмножинах.

4. Приведення до чіткості (дефазифікація). Нечіткий вивід перетвориться в чітке число.

У блоці дефазифікації отримана результуюча функція приналежності для керуючого впливу на об'єкт керування перетвориться в числову величину, як правило, методом визначення "центра ваги" (Centre of Gravity) площини S результуючої фігури, що лежить під графіком результуючої ФН.

Алгоритми нечіткого виводу розрізняються головним чином видом використовуваних правил, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації. Для розробки використовувалася модель нечіткого виводу Мамдані [110].

3.1.2. Алгоритм нечіткого керування Мамдани

Алгоритм Мамдани найбільш широко використовується на практиці. Його називають "минимаксним" методом нечіткого виводу [109].

Базу знань алгоритму Мамдани організують нечіткі правила виду:

$$\begin{aligned} &\text{Якщо } (u_1 = a_1^1) \text{ и } (u_2 = a_2^1), \text{ то } (u_c = a_c^1), \\ &\text{Якщо } (u_1 = a_1^2) \text{ и } (u_2 = a_2^2), \text{ то } (u_c = a_c^2), \end{aligned}$$

де u_i - поточні значення вхідних змінних, перелічені на єдину універсальну множину, ($i = \overline{1,2}$), a_i^j - лінгвістичні оцінки (терм-множини, назви) вхідних змінних, наприклад, $a_i^j \in \{\text{негативна}(j=1), \text{позитивна}(j=2)\}$. a_c^j - лінгвістична оцінка поточної вихідній змінної u_c на єдиній універсальній множини. u_c^* - чітке значення вихідній змінної, котре треба визначити на основі наведеної інформації й відомих чітких значень вхідних змінних u_1^* , u_2^* , $\mu_j(u)$ задані функції приналежності для змінних ($j = \overline{1,2}$).

Цей алгоритм математично описується в такий спосіб:

1. *Нечіткість* (процедура *фаззифікації* - *fuzzification*): знаходяться ступені істинності для передумов або умов (вхідних змінних) кожного правила:

$$\mu^1(u_1^*), \mu^2(u_1^*), \mu^1(u_2^*), \mu^2(u_2^*)$$

де $\mu^1(u_1^*), \mu^2(u_1^*)$ - функції приналежності для змінної u_1 ,

$\mu^1(u_2^*), \mu^2(u_2^*)$ - функції приналежності для змінної u_2 .

2. *Нечіткий вивід*: знаходяться рівні "відсікання" (ступеня істинності) для передумов або умов кожного із правил (процедура *агрегування* - *aggregation*):

$$A = \mu^1(u_1^*) \wedge \mu^1(u_2^*),$$

$$B = \mu^2(u_1^*) \wedge \mu^2(u_2^*),$$
(3.1)

де через " \wedge " позначена операція логічного мінімуму (min); потім знаходяться усічені функції приналежності для змінної виводу або висновку - вихідній змінної u_c (процедура *активізації* - *activation*):

$$\mu_c^1(u) = A \wedge \mu^1(u_c),$$

$$\mu_c^2(u) = B \wedge \mu^2(u_c),$$
(3.2)

де $\mu^1(u_c)$, $\mu^2(u_c)$ - функції приналежності для змінної u_c .

3. *Композиція* (процедура *аккумуляції* — *accumulation*), провадиться об'єднання знайдених усічених функцій, у результаті чого одержуємо підсумкову нечітку множину для змінної виходу з результуючою функцією приналежності:

$$\mu_c(u) = \mu_c^1(u) \vee \mu_c^2(u),$$
(3.3)

де через " \vee " позначена операція логічного максимуму (max).

4. *Приведення до чіткості* (процедура *дефаззифікації* - *defuzzification*): знаходження чіткого значення вихідній змінної u_c^* , наприклад, центроїдним методом центра ваги.

$$u_c^* = \frac{A_1 u_{c1}^* + A_2 u_{c2}^*}{A_1 + A_2} = \frac{\sum_{i=1}^2 c_i A_i}{\sum_{i=1}^2 A_i}, \quad (3.4)$$

де c_i - чіткі значення індивідуальних виводів або висновків правил (деякі дійсні числа), а A_i - ступені істинності для передумов або умов кожного із правил.

В алгоритмі нечіткого виводу Мамдани основними етапами є формування бази правил, фазифікація вхідних змінних, агрегування умов у нечітких правилах, активізація підвисновків і акумуляція (композиція) висновків нечітких правил.

3.1.3. Етапи синтезу систем fuzzy-керування

Синтез систем fuzzy-керування зазвичай виконується за наступною процедурою [110]:

1. Попередньо вивчають об'єкт керування (ОК), його традиційну модель і досвід технологів щодо його експлуатації.

2. Вибирають вимірювані (спостережувані) вихідні змінні x_i , і керуючі впливи y_j ; встановлюють межі їхньої зміни й підбирають масштабні коефіцієнти, що забезпечують нормування всіх змінних у безрозмірному діапазоні $[-1, 1]$.

3. Вводять лінгвістичні змінні x_l й y_l (і представляють їх за допомогою декількох функцій належності (ФН), що відповідають 3-7 термам. При цьому досить важливим для забезпечення якості й ефективності керування є вибір кількості, форми й взаємного розташування ФН на нормованому інтервалі.

4. На основі інтерв'ю й анкетування експертів формують логічні правила (алгоритми) керування. При цьому корисно консультування експертів по об'єкту експертом по fuzzy-керуванню.

Правила з однаковим висновком (виводом) за допомогою союзу «АБО» поєднують в одне правило.

5. Сформульовані правила перевіряють на їхню повноту, несуперечність і надмірність.

6. У випадку двох вхідних змінних x_1 і x_2 становлять таблиці лінгвістичних правил, що встановлюють відповідність між лінгвістичними значеннями вхідних і вихідних змінних.

7. Вибирають оператори імплікації й інференц-процедури і метод дефазифікації.

8. З використанням спеціалізованого пакета програм програмують всі ФП, правила, процедури агрегування посилок окремих правил і всіх правил між собою.

9. Проводять імітаційне моделювання й випробування синтезованої стратегії керування в розімкнутому виді й у з'єднанні з моделлю ОК (чіткої або нечіткої) і оцінюють працездатність, стійкість та якість САК.

3.2. Застосування методів нечіткої логіки для ідентифікації особистого стану людини-оператора

Техніка нечіткої логіки є доцільною, коли в процесі роботи існує невідомість стосовно інформації про елементи вектору стану системи, що характерно для динамічних режимів роботи оператора, коли алгоритм дій та зовнішні впливи на об'єкт керування та людину є недетермінованими у часі та просторі [110].

Спираючись на алгоритм дій оператора та на чисельні дані з технічної документації, базу правил про стан оператора, сформуємо лінгвістичні змінні на основі нечітких множин наступним чином [13].

Обрані терм-множини вхідних нечітких лінгвістичних змінних та межі їхньої зміни запишемо в виді:

$$1) \text{ «температура тіла», } T_1 \in [34 - 38]C^0,$$

$$T1 = \{\text{«низька»}, \text{«середня»}, \text{«висока»}\};$$

$$2) \text{ «рівень опору шкіри»}, T_2 \in [100 \text{ кОм}, 2\text{МОм}],$$

$$T2 = \{\text{«низький»}, \text{«середній»}, \text{«високий»}\}.$$

$$3) \text{ «швидкість скорочення серця»}, T_3 \in [30 - 150] \text{ ск / хв},$$

$$T3 = \{\text{«низька»}, \text{«середня»}, \text{«висока»}\}.$$

Для терму $T1$ обмеження 38 C° означає максимально можливу допустиму при роботі температуру тіла, яка не повинна перевищувати даний показник; обмеження для терму $T2$ - 2МОм означає максимальний рівень опору шкіри, який не може бути вище заданого.

Терм-множина вихідних нечітких лінгвістичних змінних буде одна, яка нестиме в собі висновок про роботу людини-оператора:

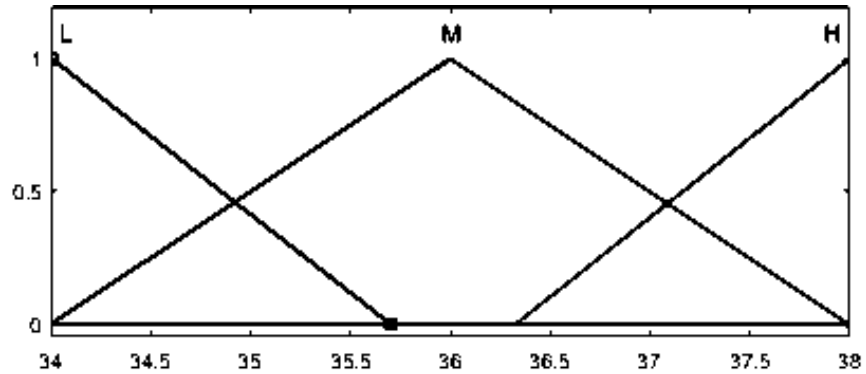
$$T4 = \{\text{«передстартовий стан»}, \text{«стан впрацьовування»}, \\ \text{«оперативний спокій»}, \text{«стан напруження»}\}.$$

Терм-множини нечітких лінгвістичних змінних системи нечіткого виводу для ідентифікації стану оператора наведено в таблиці 3.1.

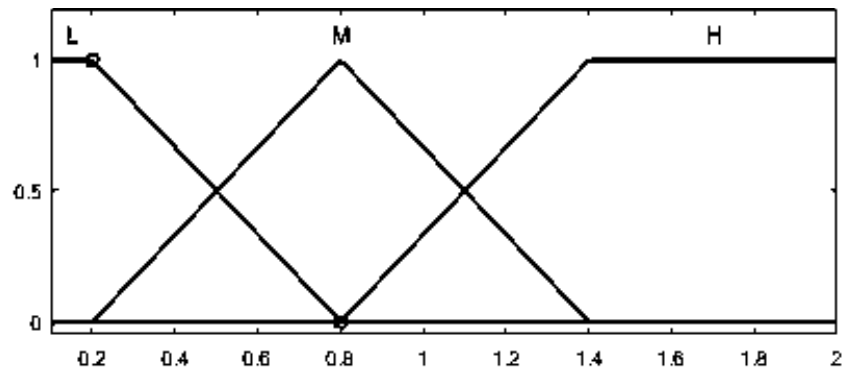
Таблиця 3.1 – Терм-множини вхідних нечітких змінних

Терм-множина		Опис	Значення
Вхідні змінні	$T1_i$	«температура тіла»	{«низька», «середня», «висока»}
	$T2_j$	«рівень опору шкіряних покривів»	{«низький», «середній», «високий»}
	$T3_i$	«швидкість скорочень серця»	{«низька», «середня», «висока»}
Вихідна змінна $T4_{ij}$		«визначення стану ЛО під час роботи»	{«передстартовий стан», «стан впрацьовування», «оперативний спокій», «стан напруження»}

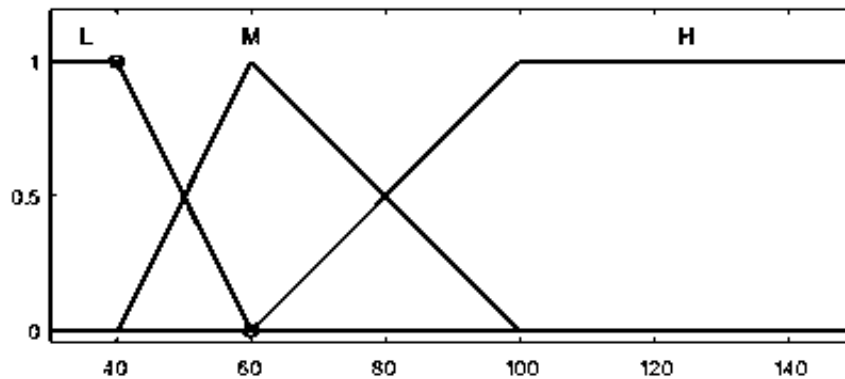
На рис. 3.2 наведено функції належності для кожного терму кожної нечіткої змінної.



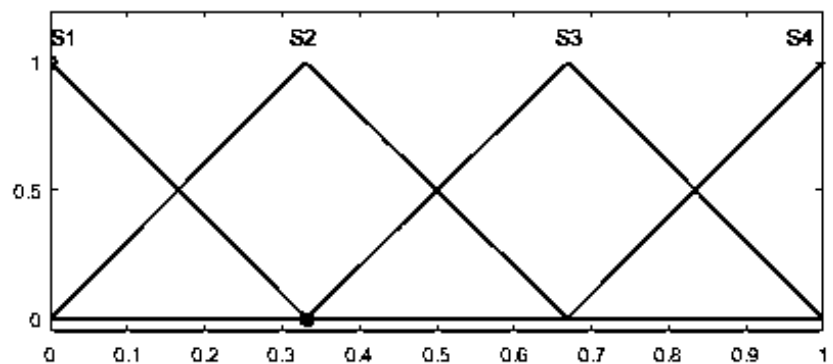
а) «температура тіла» T1



б) «рівень опору шкіряних покривів» T2



в) «швидкість скорочень серця» T3



г) «визначення стану ЛО під час роботи» T4

Рис. 3.2 – Функції належності лінгвістичних змінних

На рисунку 3.2 позначено: L – низький рівень; M – середній рівень; H – високий рівень; S1 – передстартовий стан; S2 – стан впрацьовування; S3 – оперативний спокій; S4 - стан напруження.

Сформуємо логічні правила продукції для визначення вихідного терму $T4_{ij}$ наступним чином:

1. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S2»}$.
2. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S3»}$.
3. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
4. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S1»}$.
5. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S1»}$.
6. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S2»}$.
7. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S1»}$.
8. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S1»}$.
9. IF $T1$ IS «L» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S1»}$.
10. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S3»}$.
11. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
12. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
13. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S3»}$.
14. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S3»}$.
15. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
16. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S2»}$.
17. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S2»}$.
18. IF $T1$ IS «M» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S2»}$.

19. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
20. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
21. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «L» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
22. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S3»}$.
23. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
24. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «M» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S4»}$.
25. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «L» THAN $T4 = \text{«S3»}$.
26. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «M» THAN $T4 = \text{«S3»}$.
27. IF $T1$ IS «H» AND $T2$ IS «H» AND $T3$ IS «H» THAN $T4 = \text{«S4»}$.

Евристичні правила-продукції нечіткої моделі для визначення стану оператора (терму $T4_{ij}$) наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – База правил для визначення вихідної змінної $T4_{ij}$

$T1_i$		L			M			H		
		L	M	H	L	M	H	L	M	H
$T3_i$	L	S2	S1	S1	S3	S3	S2	S4	S3	S3
	M	S3	S1	S1	S4	S3	S2	S4	S4	S3
	H	S4	S2	S1	S4	S4	S2	S4	S4	S4

Використовуючи нечітку модель із запропонованою базою правил можливо підвищити ефективність процесу ідентифікації для визначення стану оператора. Підтвердження ефективності ідентифікації стану людини-оператора вимагає дослідження процесів ідентифікації при запропонованому методі у порівнянні з існуючими за допомогою сучасних засобів комп'ютерного моделювання.

3.3. Моделювання системи нечіткого виводу для ідентифікації стану людини-оператору

Структуру моделі нечіткого виводу наведено на рис. 3.3 [114].

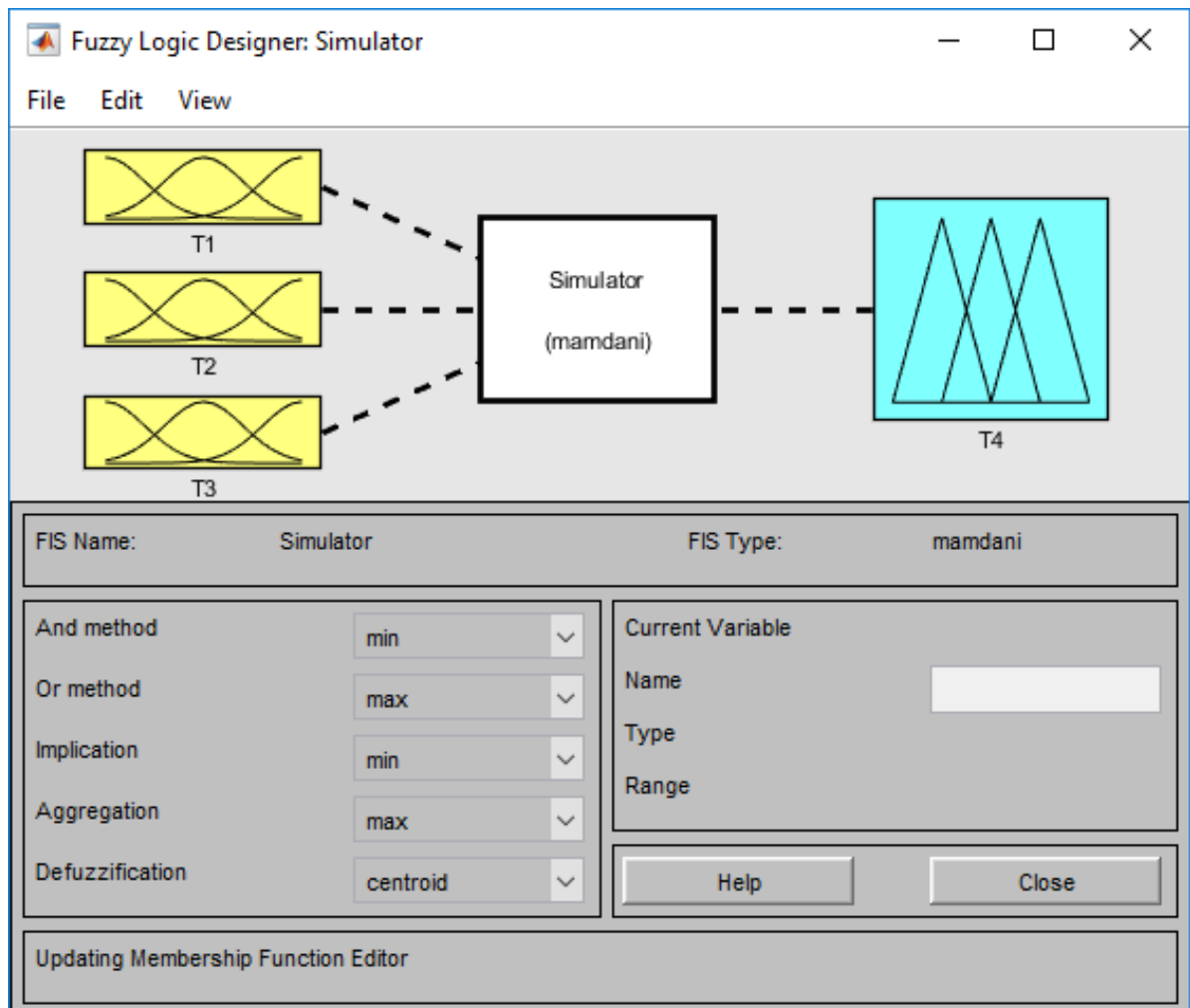


Рис. 3.3 – Структура моделі нечіткого виводу

Система нечіткого виводу містить 27 подібних правил, кожне з яких приймає участь в формуванні значення нечіткої змінної $T4_{ij}$ [110]. На рис. 3.4 наведено фрагмент бази правил моделі нечіткого виводу.

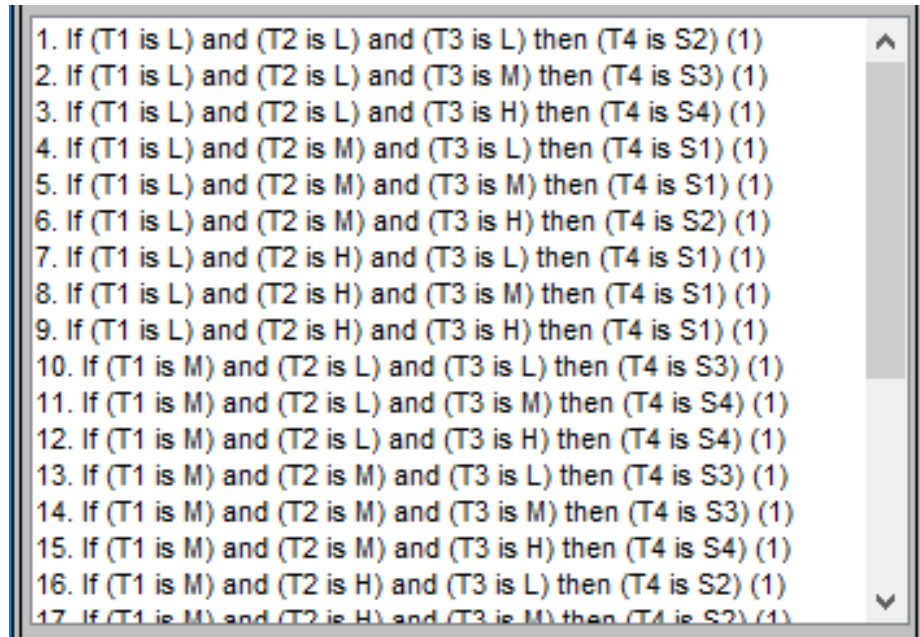


Рис. 3.4 – Фрагмент бази правил моделі нечіткого виводу

Логічний вивід здійснюється шляхом агрегування і акумуляції всіх правил (формування результуючої функції для кожної змінної окремо) [110]. Поверхні рішення, що відповідають визначеним функціям належності та розробленій базі правил, наведено на рис. 3.5.

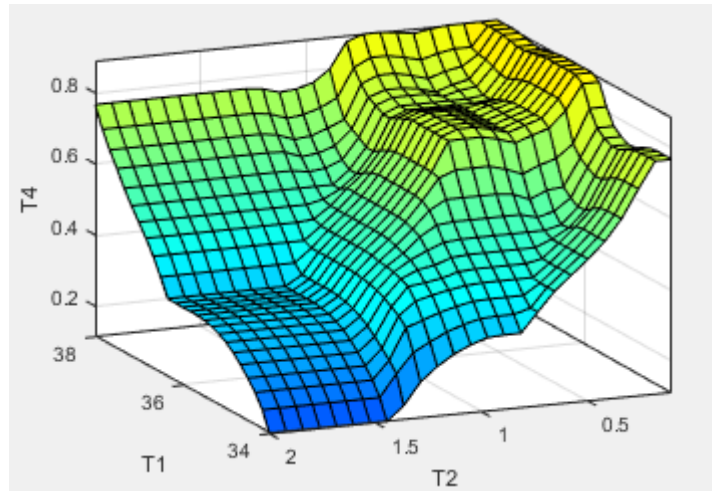
Приклад розрахунку нечіткої змінної T_4 наведено на рис. 3.6.

Тут розглядається випадок, коли

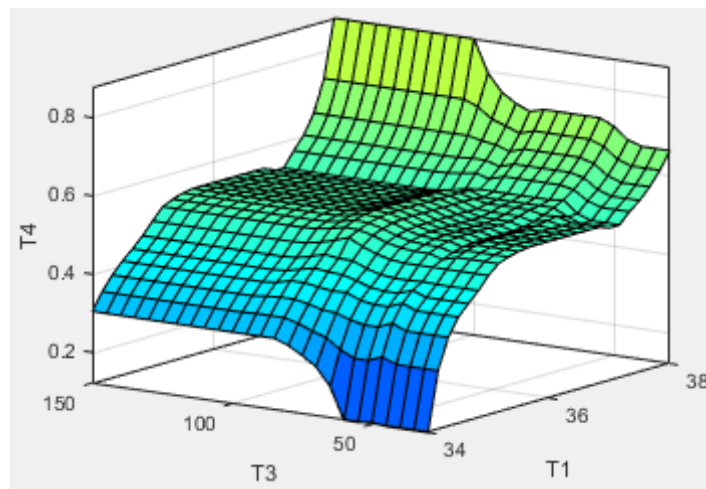
- температура тіла $T_1 = 37^\circ\text{C}$;
- рівень опору шкіряних покривів $T_2 = 0,6 \text{ МОм}$;
- швидкість скорочень серця $T_3 = 100 \text{ ск/хв}$.

З результатів розрахунку видно, що коефіцієнт стану ЛО під час роботи складає $T_4 = 0,87$, що відповідає стану напруження.

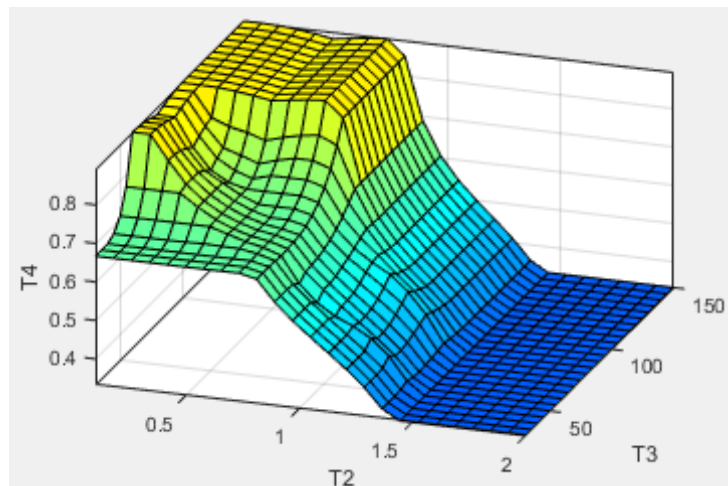
Знаходження чіткого значення з отриманої нечіткої змінної T_{4ij} здійснюється за допомогою програми написаній мовою програмування комплексу комп'ютерного моделювання [114], яка наведена у додатку Г.



а) відносно T1 і T2



б) відносно T1 і T3



в) відносно T2 і T3

Рис. 3.5 – Поверхні рішень правил моделі нечіткого виводу
для вихідної змінної T4

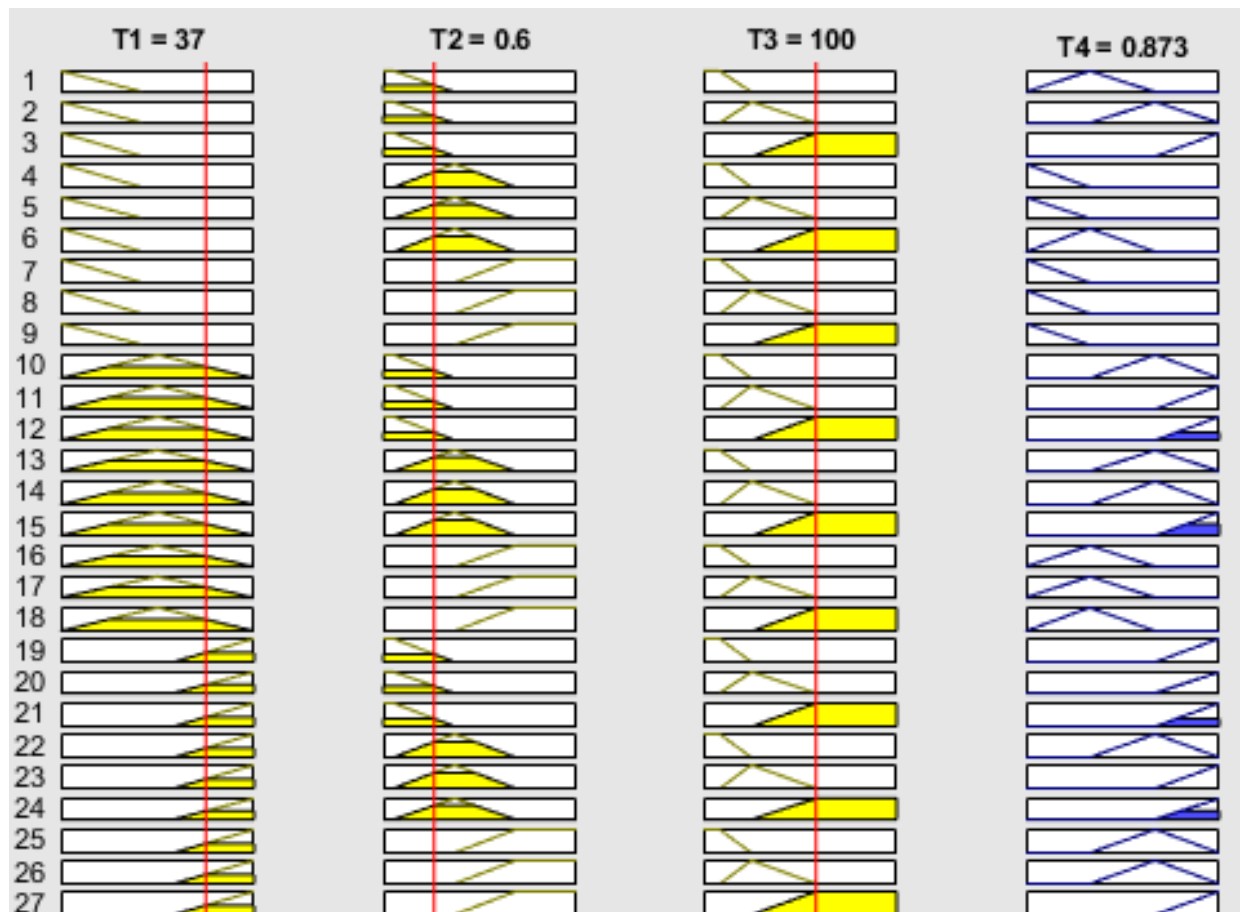


Рис. 3.6 – Приклад розрахунку нечіткої змінної T_4 для випадку: температура тіла $T_1 = 37^\circ\text{C}$; рівень опору шкіряних покривів $T_2 = 0,6 \text{ МОм}$; швидкість скорочень серця $T_3 = 100 \text{ ск/хв}$

3.4. Висновки до розділу 3

При виконанні своїх професійних обов'язків людина доволі часто опиняється в ситуації коли потрібно приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу. Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани і вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації.

Основною перевагою системи визначення стану людини-оператора на основі біологічних параметрів є достатньо висока точність показників з урахування потрібних біопараметрів. Важливим є те, що система може попере-

джувати допускання помилок та підвищувати надійність функціонування автоматизованих систем керування сучасних виробничих комплексів. За допомогою наведеної системи ідентифікації особистого стану людини можливий відбір операторів, які мають менший ступінь впливу зовнішніх подразників та психологічних факторів на рівень кількості помилок, що допускаються.

Використовуючи розроблену модель нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень із запропонованою базою правил для визначення стану людини-оператора можливо підвищити ефективність процесу ідентифікації. Така система, що дозволяє оптимізувати урахування рівня правильної роботи оператора та вирішити проблему адекватності прийняття рішень, повинна реалізовуватися з використанням мікроконтролерних засобів.

РОЗДІЛ 4

АДАПТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТРЕНАЖЕРНОЮ ПІДГОТОВКОЮ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ

4.1. Багатофункціональний тренажер

На основі модельних курсів ІМО та рекомендацій щодо навчання віртуальним тренажером та реальним тренажером, запропоновано структуру спеціалізованого багатофункціонального тренажера (рис. 4.1) та апаратно-програмного комплексу для інженерного моделювання, набуття якісної освіти та підготовки морських фахівців; а також проведення наукових досліджень [12].

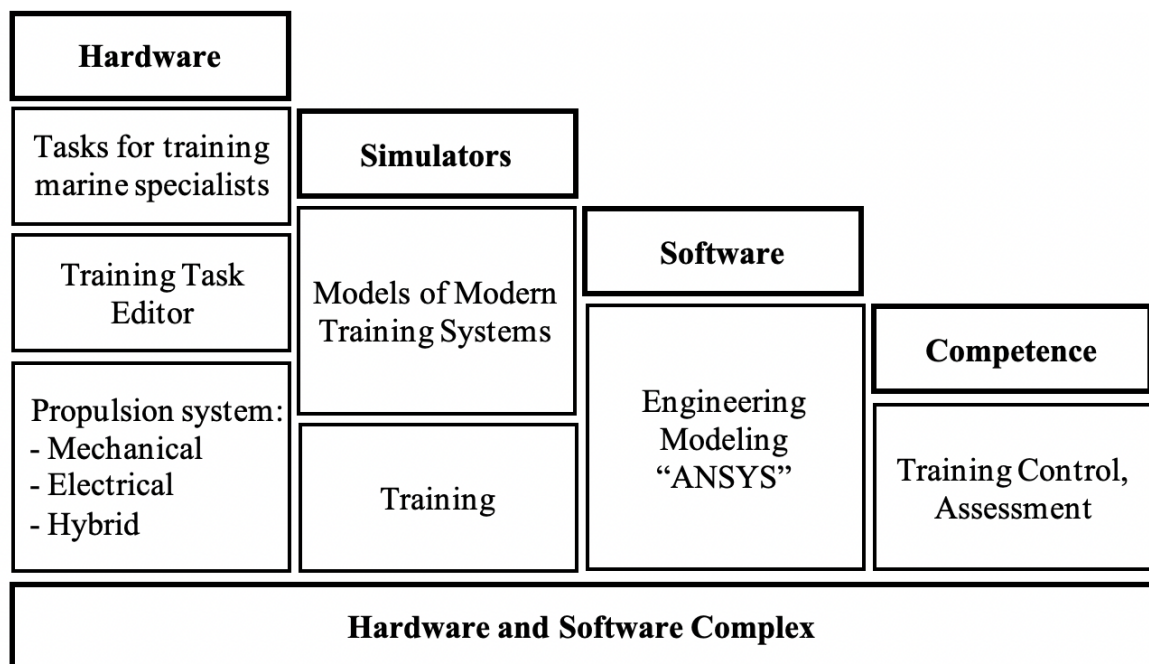


Рис. 4.1 – Архітектура навчального комплексу.

Відмінною рисою запропонованого тренажера є інтегрований підхід, де платформа програмно-апаратного комплексу дає можливість інтегрувати апаратне забезпечення, тренажери, програмне забезпечення з високою якістю вихідних даних, що базується на системі контролю та оцінки навчання.

Така багатозадачність реалізує якісну освіту та підготовку морських фахівців, а також проводить дослідження після обробки результатів інженерного моделювання структурних, теплових, гідравлічних, електричних, електронних, багатофізичних та інших рішень. Необхідність використання навчального комплексу дозволяє сформувати необхідну компетентність персоналу машинного відділення, розробити методи та критерії оцінки компетентності, оцінити та продемонструвати практичні навички.

Кожен модуль багатофункціонального тренажера реалізує певні завдання та цілі. Навчальне обладнання включає ряд апаратних тренажерів, що дає можливість використовувати базу даних та систему моніторингу для реальних кораблів з подальшою інтелектуальною обробкою отриманих даних та моделюванням номінальних та надзвичайних ситуацій [10].

Загальний вигляд програмного забезпечення та взаємозв'язків обладнання наведено на рис. 4.2.

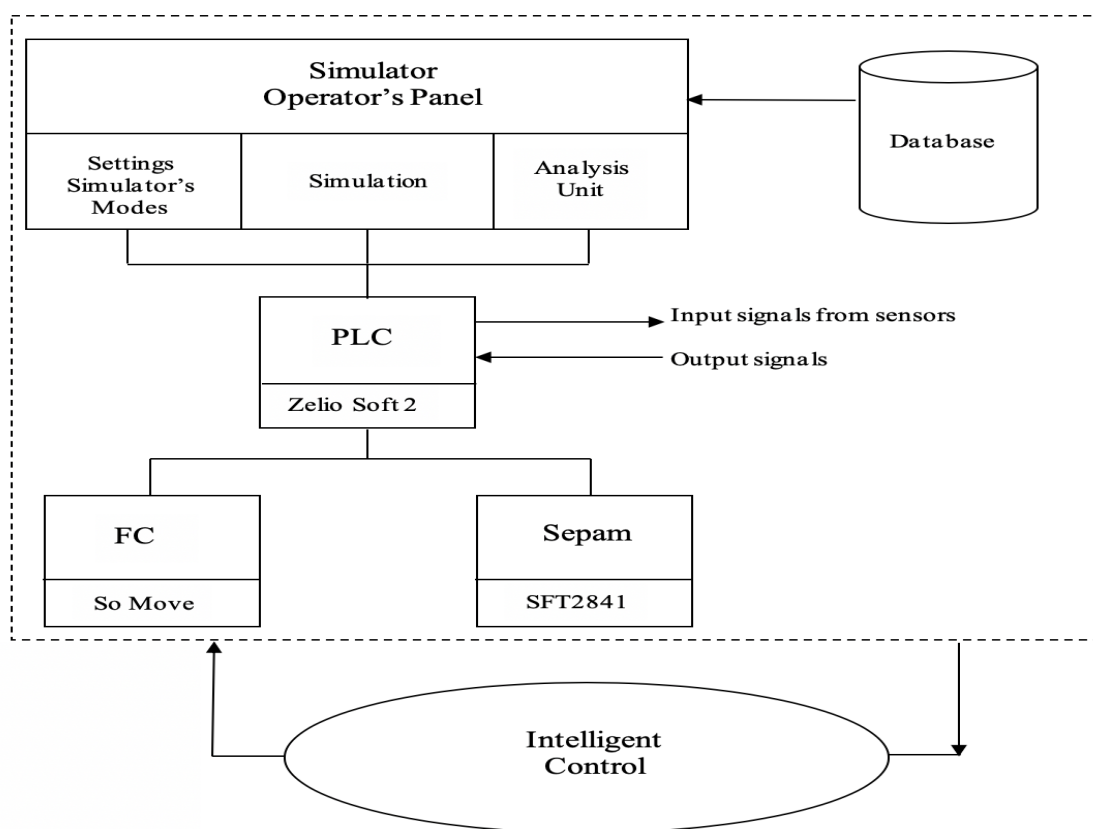


Рис. 4.2 – Загальний вигляд багатофункціонального тренажера з інтелектуальним управлінням

Основна панель оператора дає можливість керувати асинхронними двигунами електростанції за допомогою перетворювачів частоти та імітувати режими роботи та навантаження, такі як: маневрування, робота на низьких і високих швидкостях, стійкий режим, перевантаження та несправності. Через панель оператора за допомогою програмного забезпечення встановлюються різні алгоритми режиму роботи з можливістю управління в автоматичному та ручному режимах. На рис. 4.3 показано структуру модуля високовольтного тренажера з електричною силовою установкою [12].

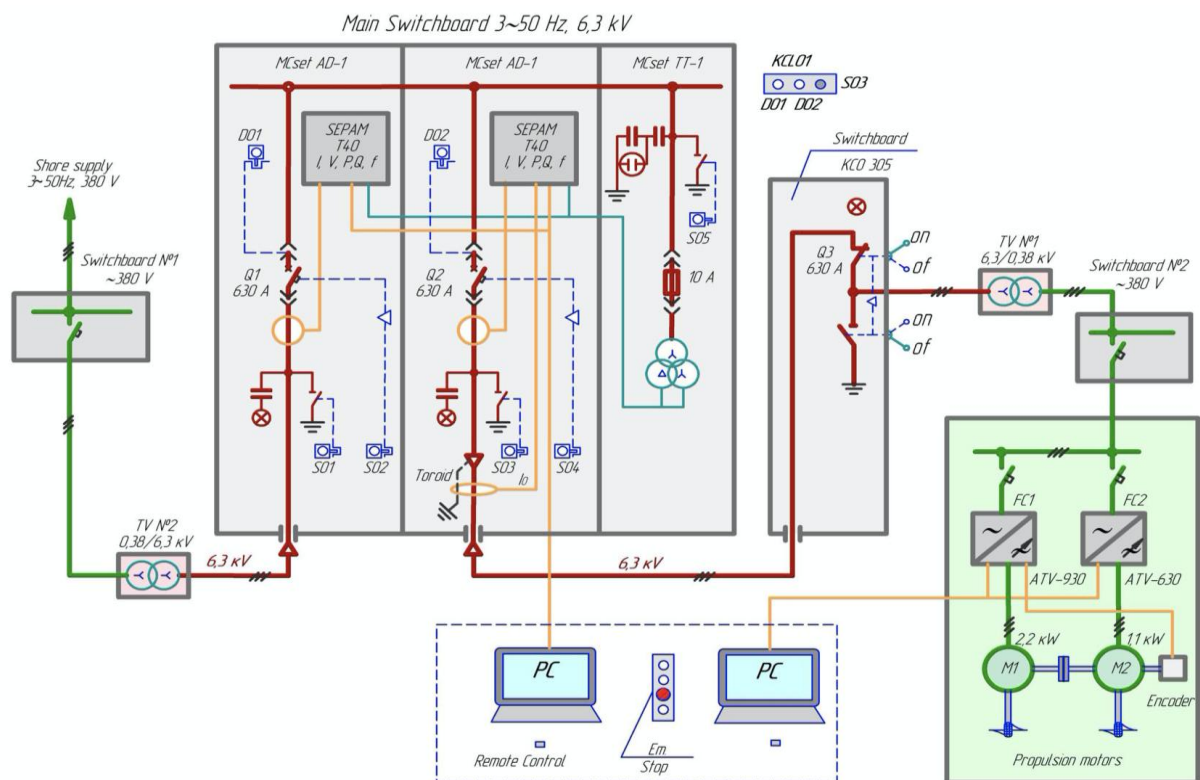


Рис. 4.3 – Структура багатofункціонального електричного силового тренажера

Такий тренажерний комплекс відтворює більшість умов експлуатації судна і дозволяє проводити навчання з моніторингом, контролем та управлінням низьковольтних та високовольтних електростанцій та силових установок.

Особливістю тренажерної підготовки є відтворення реалістичних умов, в яких опиняється людина при виконанні своїх професійних обов'язків та му- сить приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора за- звичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу [13].

Чим вище рівень компетентності (професійної підготовки) людини, тим нижче рівень напруженості її стану. При таких обставинах людина може швидше справлятися з більш складними завданнями.

4.2. Контроль тренувального процесу

Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своє- часно виявити передстресові та стресові стани, вжити певні заходи щодо ста- білізації ситуації та формувати індивідуальну траєкторію навчання.

Моніторинг навчального процесу необхідний для здійснення раціональ- ного управління процесом тренажерної підготовки та формування індивідуа- льної траєкторії для підвищення ефективності навчання.

Адаптивна система управління якістю навчання, яка будується на основі компетентнісного підходу, повинна складатися з трьох взаємопов'язаних мо- дулів (рис. 4.4): підсистеми оцінки результатів діяльності оператора, підсис- теми виявлення його психофізіологічного стану та підсистеми формування інтелектуального інформаційного середовища тренажера [12].

Для визначення рівня професійної компетентності оцінюється якість та майстерність засвоєння знань, умінь та навичок, мотивація, активність та ус- пішно виконані завдання з розв'язання практичного навчання. Навчальний контроль традиційно здійснюється у формі тестування під час практичних вправ.

Стан людини може бути визначений за біофізичними параметрами, які змінюються під час виконання операцій різного характеру та можуть вимі- рюватися за допомогою датчиків [13]. На основі аналізу даних, що фіксують-

ся за результатами вимірів, можна виявити рівень напруженості стану людини та оцінити складність оперативної ситуації.

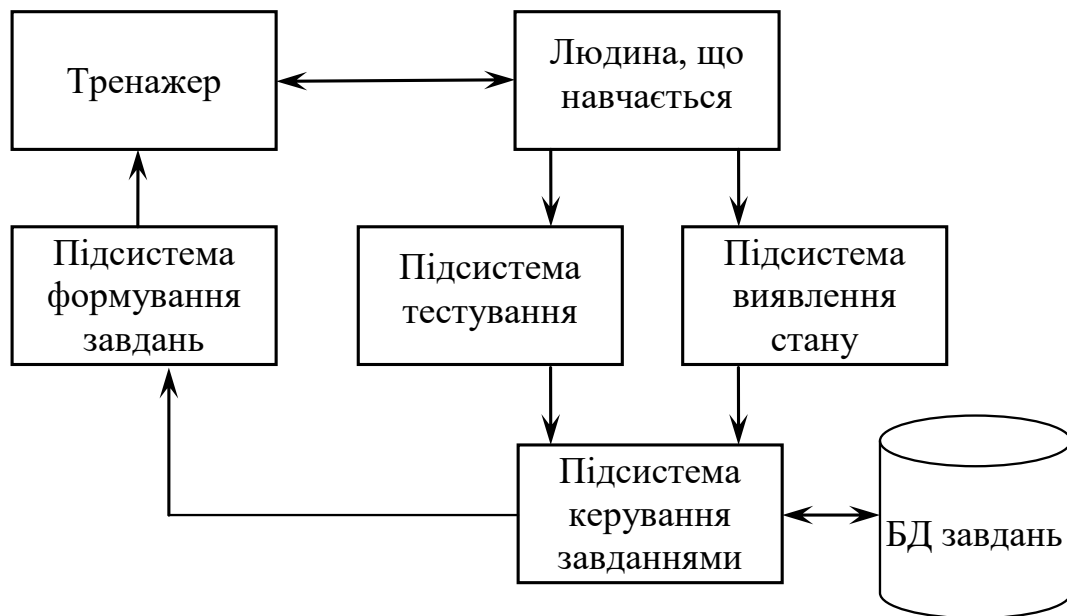


Рис. 4.4 – Адаптивна система управління якістю навчання

У структурі системи «людина-машина» урахування параметрів стану можна здійснювати трьома датчиками, що визначають температуру тіла людини, опір шкіряних покривів та швидкість серцевих скорочень. Данні з результатами вимірів повинні передаватися на пристрій попередньої обробки сигналів, а потім на персональний комп'ютер для ідентифікації стану оператора.

Ідентифікація стану людини може здійснюватися на підставі визначення біофізичних параметрів під час виконання операцій різного характеру. Для обробки результатів вимірювань доцільно використовувати методи нечіткої логіки, що дозволяє своєчасно виявити критичні відхилення психофізіологічних параметрів оператора та адаптивно налаштувати навчальний процес [13]. Блок-схему алгоритму управління процесом навчання наведено на рис. 4.5.

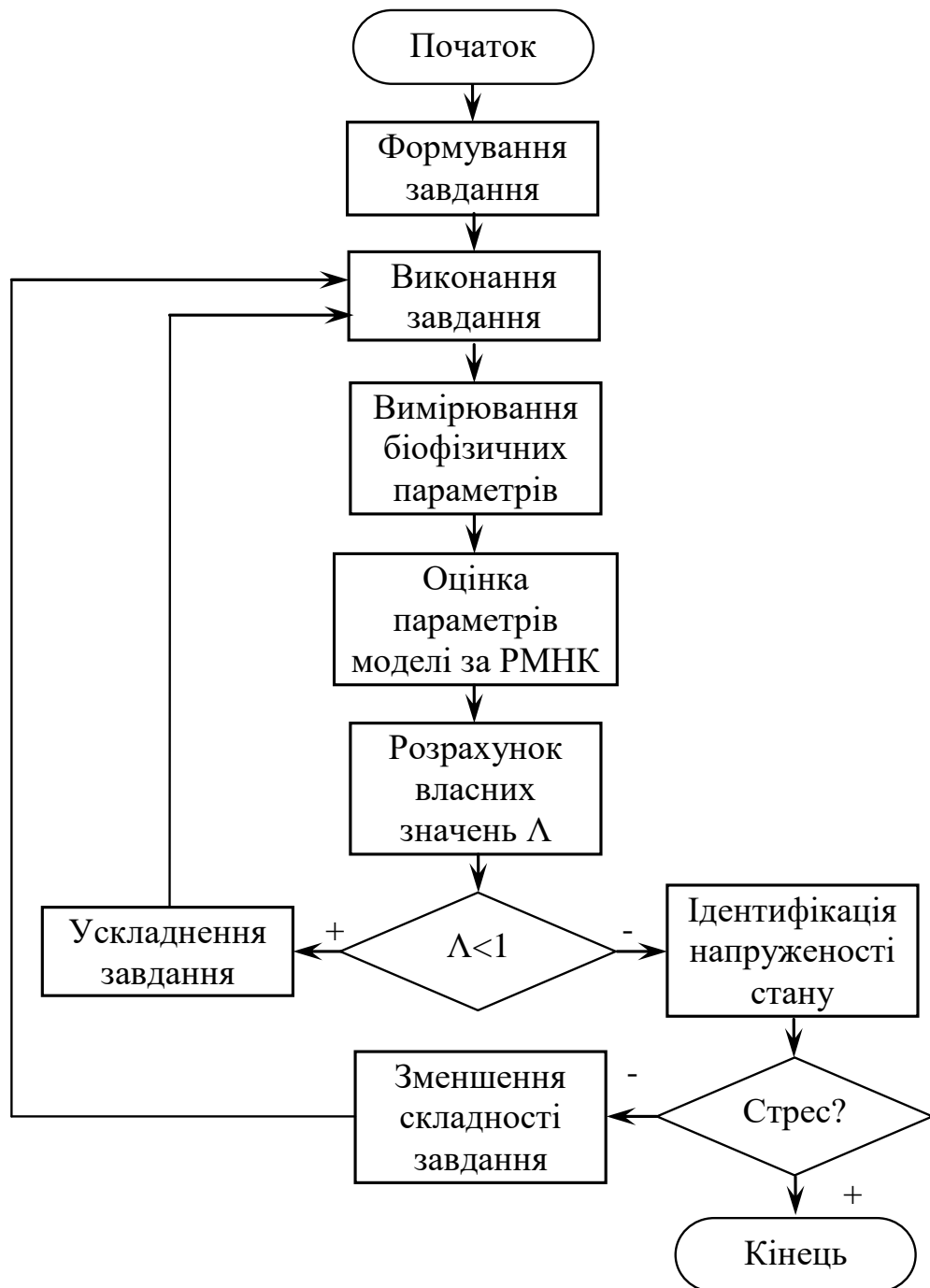


Рис. 4.5 – Блок-схема алгоритму адаптивного управління процесом навчання

На основі зареєстрованих біофізичних параметрів здійснюється оцінка параметрів моделі людини, що навчається, в просторі станів із застосуванням рекурентного методу найменших квадратів, як наведено в п. 2.2.

Після оцінки власних значень матриці моделі в просторі станів виконується перевірка стаціонарності процесів (відсутності напруженості людини). При отриманих значеннях менших одиниці, що свідчить про спокійний стан людини, є можливість прискорити процес навчання шляхом ускладнення завдань. В іншому випадку необхідно оцінити ступень напруженості стану.

Для ідентифікації напруженості стану необхідно застосовувати запропонований вище підхід (див. п. 3.2) з використанням методів нечіткої логіки. В залежності від ступеня напруженості доцільно зменшувати складність завдань, що пропонуються для виконання під час навчання або взагалі зупинити процес тренування.

Індивідуальна корекція підготовки фахівців сприяє усуненню помилкових дій, розвитку позитивних здібностей шляхом коригування складності завдань, підбору завдань, що відповідають спеціалізації навчання, і перерозподілу часу на їх виконання.

4.3. Мікроконтролерна система визначення станів людини-оператора

Одним з найважливіших експлуатаційних заходів при дослідженні роботи ЛО є визначення біопоказників під час виконання операцій різного характеру.

4.3.1. Структура мікроконтролерній системи моніторингу станів

У структурі СЛМ вимірювання параметрів здійснюється трьома датчиками, що визначають температуру тіла людини, опір шкіряних покривів та швидкість серцевих скорочень. Данні з результатами вимірів рівня опору шкіри, інформацію про стан температури тіла, та роботу серця передаються безпосередньо на сам пристрій а потім до ПК. Зіставляючи отримані дані, приймається рішення про стан оператора, вибір режиму роботи. Така робота вимагає коректної роботи й підвищеної точності, а так само злагодженості й оперативності роботи датчиків. Таким чином, найважливішим питанням за-

лишається проблема адекватності прийнятих рішень щодо стану оператора у сформованій ситуації [41]. Для вирішення цієї проблеми доцільно застосувати методи нечіткої логіки.

Дані про рівень фізичного стану оператора та про його готовність до безпомилкової роботи передаються з датчиків на пристрій та ПК. Структурна схема мікроконтролерній системи визначення станів ЛО приведена на рис. 4.6.

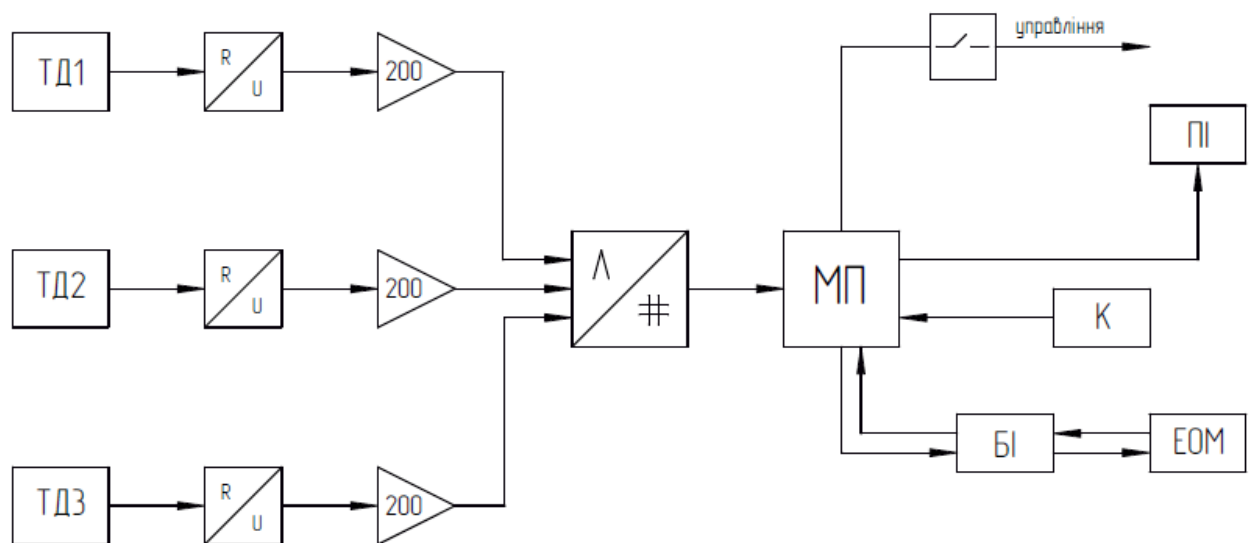


Рис. 4.6 – Структурна схема системи визначення станів ЛО:

ТД1-ТД3 - датчики біопараметрів; МП - мікропроцесор; БІ - блок інтерфейса;
К - клавіатура; ПІ – пристрій індикації

Система складається з таких основних блоків:

- датчиків біопараметрів ТД1-ТД3;
- операційних підсилювачів (коефіцієнт підсилення дорівнює 200, як відношення максимальної напруги входу АЦП до максимальної напруги виходу з тензодатчика);
- аналого-цифрового перетворювача;
- мікропроцесора МП;
- блока індикації БІ;

- клавіатури К;
- інтерфейсної схеми;
- виходу на управління.

Згідно технологічного процесу, для безперервної роботи системи передбачено три потоки, по яких визначаються параметри і стан . Опитування датчиків відбувається по черзі. Потрапляючи до пристрою, дані повинні оброблятися системою підтримки прийняття рішень, в основу якої покладено систему нечіткого логічного виводу, що запропонована [13].

У даній схемі сигнал, що надходить від датчика і проходячи перетворення у блоці АЦП у вигляді цифрового коду поступає на мікропроцесор (МП). МП виконує обробку інформації (формує адреси команд, видає команди з пам'яті, дешифрує їх, виконує над ними операції - передбачені команди, при необхідності записує результат у пам'ять, формує керуючі сигнали для обміну) з урахуванням зовнішнього сигналу від клавіатури. Дії МП управляються даними, що зберігаються в його внутрішньому ПЗП [115].

Клавіатура служить для корегування роботи мікропроцесора. Використовуючи набір з семи кнопок (конкретні функції яких закладені у програмному забезпеченні), оператор формує корегуючі сигнали, на які реагує МП.

Пристрій індикації призначений для візуального відображення результатів обробки інформації мікропроцесором [116].

Для організації зв'язку з ЕОМ верхнього рівня в схемі передбачена інтерфейсна частина, що реалізує обмін інформацією між ЕОМ та мікроконтролером через інтерфейс RS-232.

Згідно процесу контролю, для безперервної роботи системи передбачено три потоки, по яких визначаються параметри і стан оператора. Опитування датчиків відбувається по черзі. Потрапляючи до пристрою, дані повинні оброблятися системою підтримки прийняття рішень, в основу якої покладено систему нечіткого логічного виводу, що наведена вище. Алгоритм роботи програмованої ділянки системи міститься у наступному:

Програма входить в цикл безперервного опитування датчиків щодо стану біопаретрів щоб на їх основі визначити стан оператора. Для переходу на опитування наступного біодатчика значення лічильника збільшується на одиницю і отриманий результат порівнюється з граничними значеннями.

При виявленні критичного стану МП видає сигнал на пристрій індикації про перевантаження оператора та високу вірогідність допущення ним помилки. При недосягненні необхідного значення параметру продовжується визначення біопараметрів, а МП в порядку черговості продовжує цикл датчиків.

При включенні живлення в нижньому рядку дисплея з'явиться повідомлення "Тестування" і проводиться тестування основних вузлів системи. У разі виявлення несправності на дисплей виводиться відповідне повідомлення. Після чого в нижньому рядку дисплея з'явиться повідомлення "Перезавантаження" і подається команда на перезавантаження системи для звільнення його від випадкових предметів. На час калібрування виводиться повідомлення "Калібрування 0 шкали". Після закінчення калібрування в нижньому рядку з'явиться повідомлення «ОЧІКУВАННЯ», а МП перейде в режим очікування з безперервним визначенням станів.

При коректному завершенні калібрування нуля шкали на дисплеї повинне бути значення "оптимальній стан". При необхідності перезавантаження системи можна виконати натисненням клавіші "Перезавантаження".

4.3.2. Програмне забезпечення організації обміну інформацією

Програмне забезпечення організації обміну інформацією між мікроконтролером й ПК повинне забезпечувати:

- запис інформації в програмно - доступні вузли МК;
- читання інформації з пам'яті програм МК;
- читання інформації із програмно - доступних вузлів МК;
- передавання інформації на ПК.

Алгоритм основного циклу програми наведено на рис. Д.1 у додатку Д. На початку роботи основного циклу програми відбувається початкова установка. В процесі цієї установки повинні бути виконані дії:

- вибрати БАНК 2 пам'яті даних мікроконтролера, для зберігання тимчасових змінних, необхідних для роботи програми;
- установити значення керуючого біта SMOD в регістрі спеціальних функцій в 1;
- видати повідомлення ПК про початок роботи програми.

Програма приймає від ПК код виконуваної операції, декодує його й запускає відповідну підпрограму.

Підпрограма прийому одного байта даних очікує приходу інформації, перевіряє правильність даних і заносить прийнятий байт у регістр R0. Якщо дані були прийняті не вірно, то підпрограма прийому одного байта даних заносить у регістр R4 нульове значення.

У випадку не вірно прийнятого коду операції мікроконтролер пропонує ПК повторно передати команду.

На початку роботи, підпрограма задає лічильник помилок, лічильник тактів очікування й дозволяє передачу інформації із ПК у мікроконтролер.

Після цього підпрограма очікує прийому інформації, перевіряє її й, якщо дані прийняті вірно, зберігає результат у регістрі R0.

У випадку виникнення помилок, мікроконтролер передає в ПК повідомлення про помилку й пропонує повторити передачу.

Алгоритм підпрограми прийому одного байта інформації представлений у додатку Д на рис. Д.2.

У випадку багаторазового повторення помилок, підпрограма завершує свою роботу й виставляє в регістрі R4 код 00h, що символізує помилковість прийнятих даних. Якщо від ПК довгий час не буде передана інформація, підпрограма також завершить свою роботу й виставить у регістрі R4 код 00h, що символізує помилковість прийнятих даних.

Як лічильник часу очікування використовується регістр R6.

У МП закладено гнучкий алгоритм визначення станів, тобто, при проходженні циклу немає жорсткої фіксації проходження етапів. Крім того, якщо дійсно зафіксовано критичний стан, то виконання контрольних вимірювань продовжується. Це дає можливість виконати до кінця поставленої задачі ЛО.

4.4. Вимірювання електрофізіологічних параметрів людини

Новим напрямком є побудова автоматизованих мікрокомп'ютерних біотехнічних систем. Розробка такої системи вимірювання електрофізіологічних параметрів людини і впливу на його біологічно активні точки вимагає вирішення проблеми дискретного вимірювання опору шкіри в режимі поділу реального часу для випадків спокою і руху біооб'єкту при мінімальному впливі тестового сигналу на стан біооб'єкту.

4.4.1. Вимірювання повного опору тканин в реальному часі

Можливий єдиний підхід до вимірювання опору біооб'єкту, заснований на моделюванні у вигляді електричних схем [117]. Відомі різні еквівалентні електричні схеми живої тканини. Однак вони не розкривають основних особливостей при вимірюванні її опору на малих струмах. Відомо, що опір живих тканин людини є нелінійним і складним чином залежить від частоти, прикладеної напруги, що проходить струму і від різного роду подразників, що діють на людину. Залежність опору від напруги проявляється при його величині понад 20 В, залежність опору від струму - при його величині більше 1 мкА. Опір залежить також від знака проходить струму і має активну і реактивну складові. Швидкість зміни опору, викликана різними подразниками, становить кілька килонів в хвилину. Відомо також, що опір внутрішніх тканин є в основному активним, лінійним і незначно змінюється з плином часу, тоді як опір шкіри є нелінійним, має як активну, так і реактивну складові і піддається значним амплітудним коливанням у часі. При вимірі опору тіла людини, зазвичай використовують металеві електроди, які, контактуючи зі шкірою, по-

ляризуються [118].

Напруга поляризації є нестабільною в часі, впливає на біотехнічну систему і вносить додаткову погрішність при вимірі, яку важко врахувати. Особливо великі артефакти з'являються в процесі руху біооб'єкту. Ємнісні електроди контактують зі шкірою через діелектрик, який не викликає явищ поляризації, тому в апаратурі для прецизійних завадостійких вимірювань опору тіла як в спокої, так і в русі доцільно використовувати ємнісні електроди. При цьому активний електрод розміщується в досліджуваній біоактивній точці, тоді як індиферентний може бути складений з шести паралельно з'єднаних ємнісних електродів, розташованих в шести системах різних меридіанів однієї руки. Тоді активний опір шкіри з боку індиферентного електрода буде в кілька разів менше такого опору з боку активного електрода, а ємнісне - у кілька разів більше. Принципово не представляється можливим розділити вимірний опір на дві частини: відноситься до активного і індиферентного електрода, - однак очевидно, що при цьому його величина в основному буде визначатися опором з боку активного електрода [118, 119]. На еквівалентній схемі «вихідні каскади - електрод - біооб'єкт» відбувається вимірювання опору біооб'єкту за допомогою ємнісного електрода на токах до 1 мкА тривалістю частки секунди при напрузі до 20 В (рис.4.7).

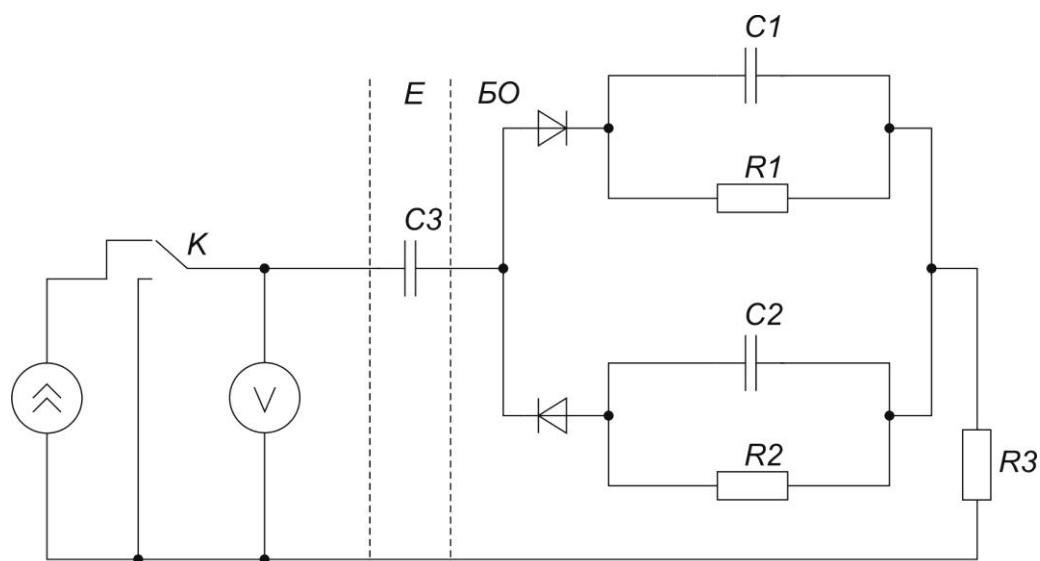


Рис. 4.7 – Схема вимірювання опору біооб'єкту:

БО – біооб'єкт, К – вихідний каскад, Е – електрод

Значний інтерес представляє автоматизована система діагностики (АСД), призначена для оцінки функціонального стану органів і систем організму людини шляхом вимірювання фізичних параметрів біологічно активних точок шкіри на основі методик Й.Накатани і Фере. На її прикладі можна розглянути основні особливості побудови автоматизованих систем рефлексодіагностики на базі ЕОМ. Короткі технічні дані наступні [120]:

- Напруга мережі живлення - 220 В з частотою $50 \pm 1,0$ Гц.
- Напруга електроживлення вимірювальної ланцюга – постійна:
- в режимі Накатани - 12 В, струм короткого замикання - 200 мкА;
- в режимі Фере - 2,4 В, струм короткого замикання - 15 мкА.
- Відносна похибка вимірювань - не менше 7%.
- Час безперервної роботи - не менше 8 годин.
- Потужність, споживана приладом від мережі змінного струму - не більше 10 Вт.

Досліджуваний об'єкт підключаємо до одного з плечей балансного моста, питомим змінним струмом з частотою 150 кГц. Міст балансуємо таким чином, щоб напруга генератора високих частот на його діагоналі була мінімально [121]. Структурна схема пристрою вимірювання електричного опору зображена на рис. 4.8.

Зміни електрошкіряного опору досліджуваного об'єкта призводять до модуляції напруги високої частоти на виході. Модульована високочастотна напруга посилюється і детектується. У результаті детектування виділяється модулююча напруга низької частоти, що подається на реєструючий пристрій, в якості якого є ЕОМ. ЕОМ підключена з цим пристроєм через АЦП [122].

Функціональну схему вимірювального приладу наведено на рис. 4.9.



Рис.4.8 – Структурна схема приладу для вимірювання електрошкіряного опору

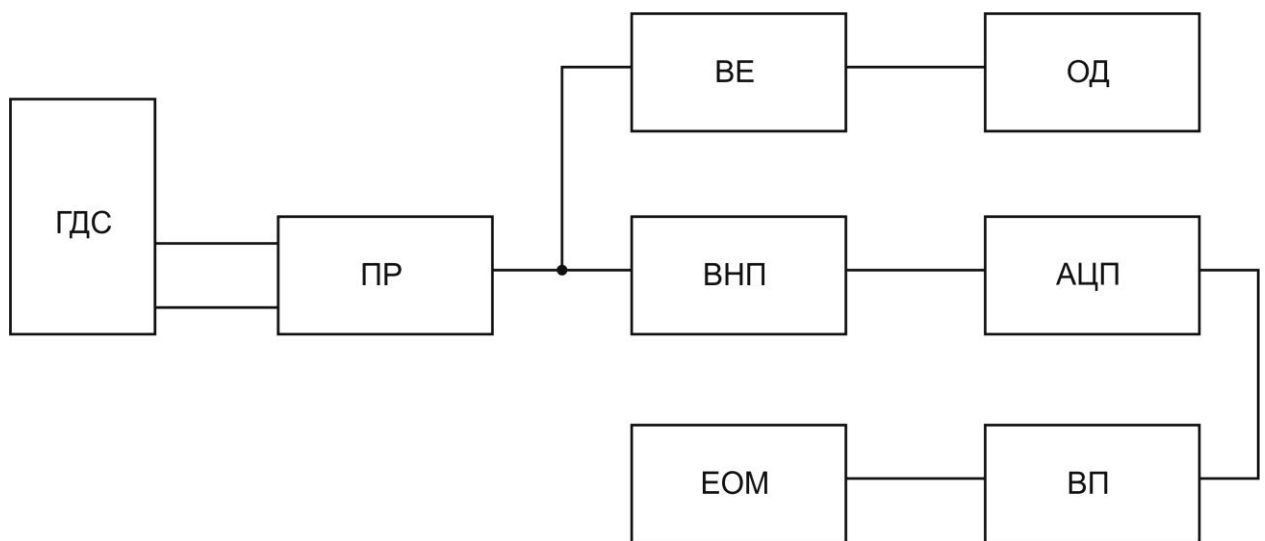


Рис. 4.9 – Функціональна схема вимірювального приладу

Функціональна схема включає в себе наступні основні вузли:

ГДС - генератор діагностичних струмів, що представляє собою два стабілізовані джерела електроживлення постійним струмом з вихідною напругою 12 В для реалізації методики Накатани і 2,4 В - для методу Фере.

ПР - перемикач режимів роботи системи за методикою Накатані і Фере.

ВЕ - вимірювальні електроди: пасивний, який перебуває при роботі в руці пацієнта, і активний, за допомогою якого проводяться вимірювання на біологічно активних точках.

ОД - об'єкт дослідження (оператор).

ВНП - вхідний нормуючий підсилювач.

АЦП - аналого-цифровий перетворювач.

ВП - вихідний перетворювач.

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина, що забезпечує прийом результатів багаторазових вимірювань, їх обробку, аналіз, формування інтегральних оцінок функціонального стану людини і кількісну оцінку рівнів патологічних змін в ньому.

У залежності від режиму діагностування до вимірювальних електродів підводиться напруга 12 або 2,4 В. Електричний струм у зовнішньому ланцюгу протікає між пасивним і активним електродами через біологічно активну точку шкіри. У ланцюзі вимірювальних електродів відбувається формування вимірювальних сигналів (напруги), відповідних електричному опору, які надходять через вхідний нормуючий підсилювач на АЦП і перетвориться далі в послідовний цифровий код, який через вихідні оптоелектронні перетворювачі по кабелю надходить в ЕОМ через послідовний інтерфейс RS-232C [123]. Прилад гранично простий в експлуатації і має тільки один перемикач для управління режимами роботи [124].

4.4.2. Оцінка стану серцево-судинної системи

При оцінці стану серцево-судинної системи людини широко використовується методика так званої, імпедансної реоплетізографії (реєстрації змін електричної провідності тіла людини). Реоплетізографія використовується при дослідженні як центрального, так і периферичного кровообігу. Гідність цього методу полягає в тому, що саме дослідження практично не вносить змін в стан досліджуваного об'єкта [81]. Електричний опір між будь-якими

ділянками тіла людини являє собою комплексний об'ємний опір, спрощена еквівалентна схема якого для змінного струму наведена на рис. 4.10. Ємність C_{e-t} виникає між поверхнями електродів і тканинами, прилеглими до внутрішньої сторони шкіри. Шкіра, особливо епітелій, має вельми високий питомий опір і являє собою діелектрик конденсаторів C_{e-t} . Тканини, що лежать під шкірою, приймаються умовно однорідними за структурою. Вони представлені у вигляді елементів C_t і R_t . Ємності конденсаторів C_{e-t} залежать від діелектричних властивостей шкіри, її стану (наприклад, від зволоженості) і площі накладених електродів.

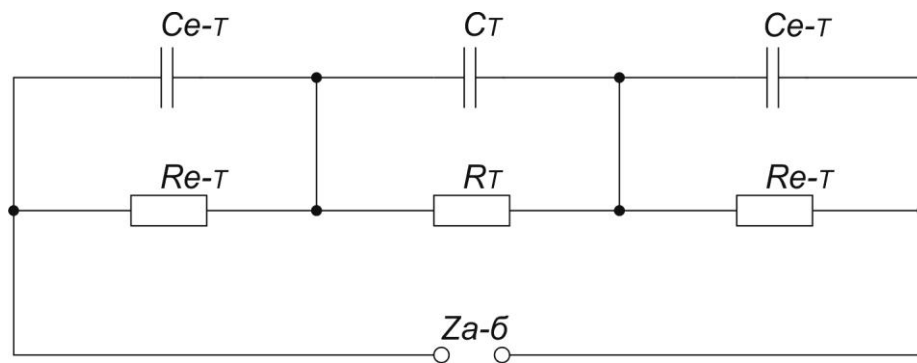


Рис. 4.10 – Еквівалентна схема опору шкіри людини:

C_{e-t} , R_{e-t} - параметри шкіри,

C_t і R_t – параметри тканини, що лежать під шкірою

Величина ємності визначається величиною поляризаційного афекту, який зменшується з ростом частоти. На частотах вище 80 - 100 кГц явище поляризації практично не спостерігається, а ємнісний опір конденсаторів C_t невеликий тому, що провідність тканини в області цих частот має лише активну складову. Абсолютні значення опору живої тканини нестабільні, а залежать від цілого ряду причин, які часто важко врахувати. Внаслідок цього представляють інтерес не абсолютні значення опору, а його відносні зміни від якого-небудь початкового рівня. У даний час можна вважати доведеним, що електропровідність живої тканини визначається головним чином ступенем її кровонаповнення [120]. Це пояснюється тим, що кров (головним чином

її плазма) має дуже високу електропровідність. Тому по електропровідності живої тканини на високих частотах можна судити про кровонаповненні окремих органів чи ділянок тіла. Описуваний нижче прилад, названий реоплетізографом, призначений для досліджень швидких незначних змін електропровідності живої тканини, що відображають пульсові коливання кровонаповнення, а також повільних (від 0 Гц) змін кровонаповнення, наприклад, при диханні [117]. Реоплетізограф являє собою портативну приставку на транзисторах до якого-небудь кардіографу (при записі пульсових коливань кровонаповнення). З виходу цієї приставки напругу можна подавати і на самописець (наприклад, Н373). Робоча частота 150 кГц. Вихідна напруга не менше 2 мВ при зміні опору 50 Ом. на 0,1%. Діапазони частот вихідної напруги, що знімається з виходу 1 - 4 0,2 - 150 Гц, а з виходу 2-30-150 Гц.

У результаті аналізу схемотехнічних рішень приладів реєстрації біопотенціалів була побудована узагальнена структура, що дозволяє оцінювати можливі функціональні варіанти побудови приладів в залежності від поставлених завдань [29]. Незалежно від класу і функціонального призначення пристроїв їх можна представити у вигляді блоків показаних на рис. 4.11.

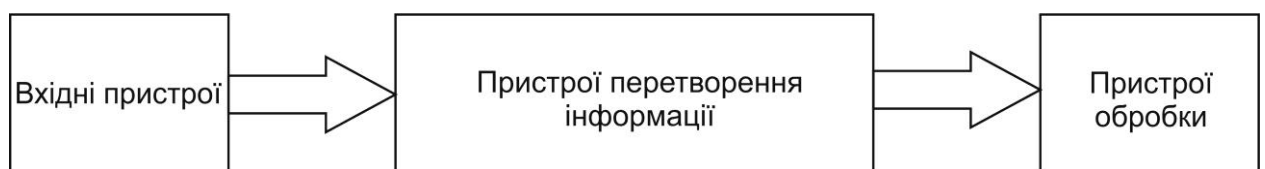


Рис. 4.11 – Узагальнена структура пристроїв реєстрації біопотенціалів

Деталізацію блоків узагальненої структури можна відобразити у вигляді блок-схеми, з характерною для типових випадків реалізації пристроїв реєстрації біопотенціалів показано на рис. 4.12.

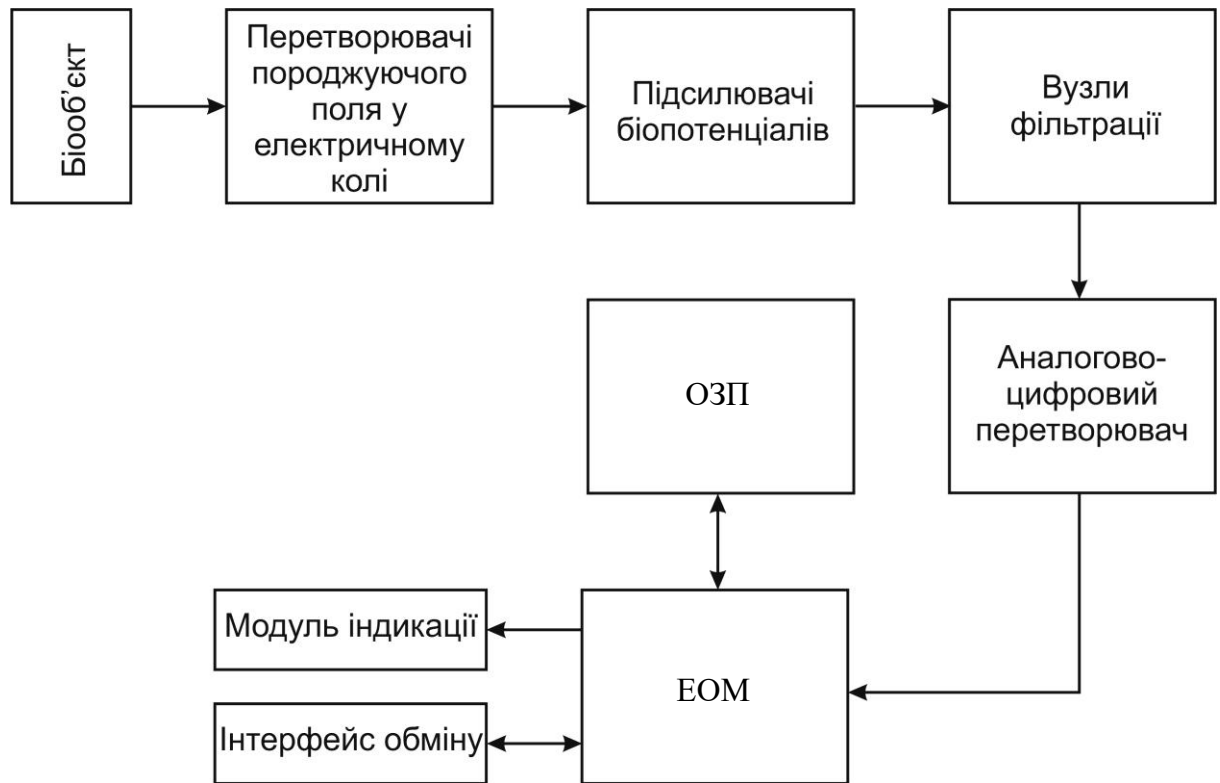


Рис. 4.12 – Деталізована структура пристроїв реєстрації біопотенціалів

Вхідні пристрої та пристрої перетворення інформації належать до пристроїв первинної обробки біопотенціалів. Одна з найважливіших операцій, здійснюваних в пристроях первинної обробки є аналого-цифрове перетворення [125-127]. Для отримання високих дозволених можливостей при широкому вхідному діапазоні необхідний АЦП з ефективною розрядністю при перетворенні не менше 12 біт і частотою перетворення $f = 2f_{\max}$.

Для реєстрування електрокардіосигналу $f_{\max} = 120$ Гц верхня позначка самої інформаційної частини спектру електрокардіосигналу. Необхідна кількість рівнів квантування (N) при заданому вхідному діапазоні (U_{in}) та ефективній роздільній здатності (r_{eff}) дорівнює

$$N = \frac{\Delta U_{in}}{r_{eff}}. \quad (4.1)$$

4.5. Висновки до розділу 4

В структурі системи «людина-машина» можна здійснювати оцінювання параметрів стану оператора на основі вимірювань, які реєструються трьома датчиками, що визначають температуру тіла людини, опір шкіряних покривів та швидкість серцевних скорочень. Наведено структуру системи диспетчерського контролю і управління. Данні з результатами вимірів передаються безпосередньо на сам пристрій, а потім до ПК. Зіставляючи отримані дані, приймається рішення про стан оператора, вибір режиму роботи. Така робота вимагає коректної роботи й підвищеної точності, а так само злагодженості й оперативності роботи датчиків. Для отримання своєчасної оцінки щодо стану оператора у сформованій ситуації доцільно застосувати методи нечіткої логіки.

Наведено обґрунтування структури адаптивної системи керування тренажерною підготовкою морських фахівців та розробка комплексу рекомендацій щодо практичної реалізації її складових. Адаптивна система управління якістю навчання, яка будується на основі компетентнісного підходу, повинна складатися з трьох взаємопов'язаних модулів: підсистеми оцінки результатів діяльності оператора, підсистеми виявлення його психофізіологічного стану та підсистеми формування інтелектуального інформаційного середовища тренажера.

Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани, вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації або (при тренажерної підготовки) формувати індивідуальну траєкторію навчання. Індивідуальна корекція підготовки фахівців сприяє усуненню помилкових дій, розвитку позитивних здібностей шляхом коригування складності завдань, підбору завдань, що відповідають спеціалізації навчання, і перерозподілу часу на їх виконання.

За допомогою наведеної системи ідентифікації особистого стану людини також можливий відбір операторів, які мають менший ступінь впливу зо-

внішніх подразників та психологічних факторів на рівень кількості помилок, що допускаються. Використання результатів дисертаційного дослідження дозволяє: будувати адаптивні системи керування процесом тренажерної підготовки плавскладу, що містять у своєму складі контуру адаптації; визначати напруженість стану людини, що навчається; оцінювати ступінь набуття професійних компетенцій та своєчасно корегувати процес тренажерної підготовки курсантів, завдяки чому значно підвищити ефективність підготовки плавскладу.

ВИСНОВКИ

Розв'язання актуальної науково–технічної задачі розробки методів створення автоматизованих систем керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу, можливе за рахунок застосування адаптивних методів планування процесу навчання з урахуванням стану людини, яка навчається, що дозволить значно підвищити ефективність процесу навчання плавскладу. Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Виконано аналіз існуючих моделей, методів та засобів керування процесом підготовки морських фахівців, обґрунтовано необхідність застосування фізіологічних методів для контролю стану людини, що навчається. Такий підхід також значно розширює можливості оцінки ступеня набуття професійних компетенцій та застосування адаптивних методів планування процесу навчання завдяки розвитку технічних засобів і впровадження математичних методів обробки.

2. Удосконалено математичну модель людини-оператора в процесі навчання, для представлення якої застосовано апарат «простору станів», що дозволяє, на відміну від існуючих, проводити аналіз людини як динамічного об'єкта, який в умовах реагування на стрес ставиться до неповністю керованих і не повністю спостережуваних систем.

3. Запропонований метод ідентифікації напруженого стану людини-оператора шляхом визначення параметрів математичної моделі, яка отримується на основі аналізу біометричних показників, що фіксуються підсистемою моніторингу, можна застосовувати для діагностики стану в реальному часі. Це дає можливість проводити оцінку ступеня напруженості роботи людини та визначати рівень компетентності.

4. Отримала подальший розвиток модель нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень щодо стану людини-оператора завдяки безперервному контролю біофізичних показників та, на відміну від існуючих, дає

зможу оцінювати ступінь набуття професійних компетенцій і дозволяє адаптивно коригувати індивідуальну траєкторію навчання.

5. Доведено шляхом комп'ютерного моделювання, що використання рекурентного методу найменших квадратів для ідентифікації напруженості роботи людини-оператора дозволяє забезпечити необхідну швидкодію обчислень та своєчасно отримувати оцінку стану людини.

6. Удосконалено структуру автоматизованої системи керування тренажерною підготовкою та визначенні вимоги щодо практичної реалізації її складових завдяки застосуванню контуру адаптації, який, на відміну від існуючих, надає можливість коригувати процес навчання з урахуванням стану людини, що навчається, в реальному часі. Визначено шляхи подальшого удосконалення методів керування процесом підготовки морських фахівців та перспективи їх застосування.

Використання результатів дисертаційного дослідження дозволяє: будувати адаптивні системи керування процесом тренажерної підготовки плавскладу, що містять у своєму складі контуру адаптації; визначати напруженість стану людини, що навчається; оцінювати ступінь набуття професійних компетенцій та своєчасно корегувати процес тренажерної підготовки курсантів, завдяки чому значно підвищити ефективність підготовки плавскладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Менеджмент морських ресурсів: навчальний посібник / О.П. Безлуцька, А.П. Бень, М.О. Колегаєв та ін. Херсон: ХДМА, 2011.– 100 с.
2. Волошинов С. А. Реалізація компетентнісного підходу у ступеневій підготовці морських фахівців., [S.l.], v 6, n.1, p.33-48, mar. 2018. ISSN 2521- 1234. Доступно за адресою: <http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/itse/article/view/2396>.
3. Иванов Д. Компетентности и компетентностный подход в современном образовании. М.: Чистые пруды, 2007. 32 с.
4. Гамаш Д.Л., Бідюк П.І. Людський фактор та ергономіка. Київ: «Корнійчук», 2001. 280 с.
5. Чернявський В.В. Стандартизація підготовки фахівців морської галузі на засадах компетентнісного підходу. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. : Педагогічна. 2013. Вип. 19. С. 250-253.
6. Компетентнісний підхід до змістової складової підготовки фахівців морської галузі (Освітньо- кваліфікаційний рівень «бакалавр». Галузь знань 0701 – Транспорт і транспортна інфраструктура. Напрямок підготовки 6.070104 – Морський та річковий транспорт) : монографія (Частина I. Гуманітарні дисципліни) : монографія / Ходаковський В.Ф., Кулікова Л.Б., Бень А.П., Білоусов Є.В., Чернявський В.В., Безлуцька О.П. та ін. Херсон : ХДМА, 2015. 176 с.
7. Федоров В.А., Колегова Е.Д. Инновационные технологии в управлении качеством образования: Учеб. пособие / Под ред. Г. М. Романцева. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2006. 226 с.
8. Компетентнісний підхід у системі сучасної морської освіти / Ходаковський В.Ф., Кулікова Л.Б., Бень А.П., Білоусов Є.В., Чернявський В.В. Херсон : ХДМА, 2014. 376 с.
9. IMO: International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, (STCW Code). London, 2017, 378 p.
10. Ivanov A.A., Lebedenko Yu.A., Rozhkov S.A., Kolosov I.V. Electric Propulsion Ship's Training Simulator Based on Intelligent System. Electronics and Control Systems. 2019. № 2(60). P. 53-60. DOI: 10.18372/1990-5548.60.13815.
11. Колосов І.В., Поливода О.В., Рудакова Г.В. Ідентифікація напруженого

стану людини-оператора. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. 2020. Випуск 5 (130). С. 15-22. DOI 10.34185/1562-9945-5-130-2020-02.

12. Artem Ivanov, Igor Kolosov, Vadim Danyk, Serhii Voronenko, Yurii Lebedenko, Hanna Rudakova. Design of multifunction simulator for engine room personnel training. *Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska, IAPGOS (Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection) / Politechnika Lubelska, Lublin Polska*. 2 (2020). pp. 62-69. <http://doi.org/10.35784/iapgos.1617>.

13. Кузнєцов М.А., Рудакова Г.В., Колосов І.В. Застосування методів нечіткої логіки для ідентифікації особистого стану людини-оператора. Комп'ютерно-інтегровані технології у сьогоденні: збірка наукових праць молодих вчених (студентів, магістрів і аспірантів). Херсон: вид-во ПП Вишемирський В.С., 2016. С.15-19.

14. Колосов І.В., Рудакова Г.В. Проблеми керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу. Матеріали Десятої міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ІТММ'2018). м. Дніпро, 27 – 29 березня 2018 р. Дніпро, 2018. С.158.

15. Колосов І.В., Поливода О.В., Рудакова Г.В. Ідентифікація напруженого стану людини-оператора. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції імені професора Михальова О.І. «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ІТММ'2020). м. Дніпро, 17 – 19 березня 2020 р. Дніпро, 2020. С.172-174.

16. Колосов І.В., Іванов А.А., Рудакова Г.В. Адаптивна система управління тренажерною підготовкою морських фахівців. Матеріали II Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету «Marine Power Plants and Operation» (MPP&O-2020). м.Одеса – м.Стамбул – м.Одеса, квітень 2020р. Одеса, 2020. С.339-342..

17. Данченко С.А., Власенко О.А. Профессиографирование морских профессий (на примере судового электромеханика). Владивосток: МГУ, 2012. 121 с.

18. Носкова О. Г. Психология труда.: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. Е. А. Климова.– М.: Издательский центр «Академия»,

2004. 384 с.

19. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия»; Высшая школа, 2001. 360 с.

20. Стрелков Ю.К. Психологическое содержание операторского труда. М.: Изд. МГУ, 1993. 392с.

21. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несения вахты 1978 года.

22. Меньков А.В., Острейковский В.А. Теоретические основы автоматизированного управления. Учебник для вузов. М.: Издательство Оникс, 2005. 640 с.

23. Саркисян С.А. Большие технические системы [Текст] : Анализ и прогноз развития / С. А. Саркисян, В. М. Ахундов, Э. С. Минаев ; МВ ССО СССР. АН СССР. М-во приборостроения, средств автоматизации и систем упр. СССР. – М. : Наука, 1977. – 350 с.

24. Ломов Б.Ф. Деятельность оператора в системе «человек—машина» / Основы инженерной психологии. Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Высшая школа. 1986. С. 169–196.

25. Цибулевский И.Е. Ошибочные реакции человека-оператора. М.: Сов.радио, 1979. 208с.

26. Носенко Э.Л., Аршава И.Ф. Теоретико-психологические основы компьютерной диагностики эмоциональной устойчивости человека: Монография. Днепрпетровск: Изд-во ДГУ, 2006. 236 с.

27. Burov O. Y. Monitoring of Operators' Professional Aging. // International Encyclopedia of Ergonomics and Human factors. Tailor&Frances, 2006. P. 825 – 828.

28. Щербланов В.Ю., Бобров А.Ф. Надёжность деятельности человека в автоматизированных системах и ее количественная оценка [Текст]. Психол. журн. 1990. № 3. С. 60–69.

29. Брусенцов В.Г., Ворожбян М.И., Брусенцов О.В., Бугайченко И.И., Гончаров А.В. Контроль уровня функциональной надежности как условие обеспечения профессиональной надежности человека-оператораэ // Комунальне господарство міст 120(1) 2015 Харків 2015 – С.85-87.

30. Устюжанин, А. Д., Пупков, К. А. Динамическая идентификация и оце-

нивание состояния человека-оператора в системах «человек – машина» [Текст] : учеб. Пособие. М. : РУДН, 2011. 180 с.

31. Моргунов Е.Б. Человеческие факторы в компьютерных системах. М.: Тривола, 1994. 272с.

32. Кэррол Э. Изард. Психология эмоций. СПб.: «Питер», 2000. 464 с.

33. Васильева Т.Н., Габдреева Г.Ш., Прохоров А.О. Психология состояний. Хрестоматия. / Под ред. проф. А.О. Прохорова. М.: ПЕР СЭ; СПб.: Речь, 2004. 608 с.

34. Вилюнас В. Психология эмоций. СПб.: Питер, 2004. 496 с.

35. Стрелков Ю.К. Психологическое содержание операторского труда. М.: Российское психологическое общество, 1999. 196 с.

36. Практикум по психологии состояний: Учебное пособие / Под ред. проф. А.О. Прохорова. СПб: Речь, 2004. 480 с.

37. Прохоров А.О. Психология неравновесных состояний. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 1998. 152с.

38. Испытательная техника. Кн.1/Под ред. В.В. Клюева. М.:Машиностроение, 1982, 432с.

39. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека. СПб.: Питер, 2005. 412 с.

40. Очерки психологии труда оператора. Под ред. Проф. Е.А. Милеряна. М.: Наука 1974. 307 с.

41. Котик М.А., Емельянов А.М. Природа ошибок человека-оператора. М.: Транспорт, 1993. 252 с.

42. Зараковский Г.М., Медведев В.И. Классификация ошибок оператора // Техническая эстетика. 1971. № 10. С. 49–50.

43. Крылов А.А. Человек в автоматизированных системах управления. Л.: ЛГУ, 1972. 192 с.

44. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.

45. Нечипоренко О.М. Основи надійності літальних апаратів [Текст]: навч. посіб. К.: НТУУ “КПІ», 2010. 240 с.

46. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. Москва: Финансы и Статистика, 2002. 480 с.

47. Общая теория статистики: Учебник / Под ред. Р.А. Шмойловой. Москва:

Финансы и Статистика, 2002. 560 с.

48. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. Москва: Высшая школа, 2004. 479 с.

49. Бодров В.А., Орлов В.Я. Психология и надежность: человек в системах управления техникой. - М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998. 288 с.

50. Бодров В.А. Психология профессиональной пригодности. Учебное пособие для вузов. М.: ПЕР СЭ, 2001. 511 с.

51. Герганов Л. Д. Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации работников морского профиля на производстве: стратегические цели и задания для морской отрасли // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – № 8 (август). – С. 101–105. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14219.htm>.

52. Психологические проблемы подготовки специалистов с использованием тренажных средств. Сб. научных трудов. Отв. ред. В.А.Бодров. М.: ИП АН СССР, 1988. 283 с.

53. Рудный Н.М., Бодров В.А. С учетом психофизиологических показателей // Авиация и космонавтика. 1977. № 6. С. 14–15.

54. Жерनावков В.Ф., Кузнецов В.Г. Психофизиологические принципы контроля и оценки готовности летчика к полетам // Военно-медицинский журнал. 1975. № 1. С. 58–63.

55. Орлов В.Я. К вопросу оценки уровня подготовки операторов. Проблемы оценивания в психологии. Саратов: СГУ, 1984. С. 102–108.

56. Шибанов Г.П. Колтественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. М.: Машиностроение, 1983. 263 с.

57. Kongsberg. <https://www.kongsberg.com/digital/products/maritime-simulation/k-sim-engine/>

58. Wartsila. <https://www.wartsila.com/marine/optimize/simulation-and-training>

59. IMO: Model Course 4.05 Energy Efficiency Operation of ship. London, 2014, 60.

60. IMO: MEPC 63/23 Annex9. London, 2012, 14.

61. IMO: Model Course 2.07 Engine-Room Simulator. London, 2017, 184.

62. IMO: Model Course 7.02 Chief Engineer Officer and Second Engineer Officer. London, 2014, 278.

63. IMO: Model Course 7.04 Officer in Charge of an Engineering Watch. London,

2014, 236.

64. IMO: Model Course 7.08 Electro-Technical Officer. London, 2014, 152.

65. 3. Бобков А.И., Далматов С.Б., Преснякова Г.В., Шашин Г.В. Принципы построения адаптивных аналоговых систем обучения и контроля знаний. Учеб. пособие. Л.: Лен. инст. авиац. приборостроения, 1987. 80с.

66. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Основы инженерной психологии : Учебник для студентов вузов. М.: Академический Проект; Екатеринбург:Деловая книга, 2002. 576 с.

67. Завалишина Д.Н. Деятельность оператора в условиях дефицита времени // Инженерная психология. М.: Наука, 1977, С. 190-218.

68. Мельникова М. Л. Психология стресса: теория и практика : учебно-методическое пособие . — Урал. гос. пед. ун-т; науч. ред. Л. А. Максимова. Электрон. дан. — Екатеринбург : [б. и.], 2018.

69. Сергиенко С. К., Бодров В.А., Писаренко Ю.Э. и др. Практикум по инженерной психологии и эргономике: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений /; Под ред. Ю.К.Стрелкова. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 400 с.

70. Свиридов А.П. Основы статистической теории обучения и контроля знаний. М.: Высшая школа, 1981. 262 с.

71. Зайцева Л.В. Модели и методы адаптации к учащимся в системах компьютерного обучения. // Educational Technology & Society. Nr. 6(3), 2003. С.204 – 212.

72. Леонова А.Б., Капица М.С. Метод субъективной оценки функциональных состояний человека. В кн.: Ю.К. Стрелков (Ред.), Практикум по инженерной психологии и эргономике. М.: Академия, 2004. С. 136–167.

73. Леонова А.Б., Медведев В.И. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности. М.: Изд-во Моск. гос. университета, 1981.

74. Леонова А. Б., Кузнецова А. С. Глава 13. Функциональные состояния и работоспособность человека в профессиональной деятельности / Психология труда, инженерная психология и эргономика. Учебник для академического бакалавриата / под ред. Е. А. Климова, О. Г. Носковой и Г. Н. Солнцевой. М.: Юрайт, 2015. С.328-330.

75. Райгородский Д. Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. Самара: Издательский Дом «БАХРАХ-М», 2001. 672 с.

76. Ильин, Е. П. Психофизиология состояний человека. СПб.: Питер, 2005. 411 с.
77. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф., Скрипец А.В. Авиационная инженерная психология. М.: Машиностроение, 1983.
78. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. М.: Машиностроение, 1982.
79. Шмидт, Р. Физиология человека. В 3-х томах. Т.3 [Текст] / Р. Шмидт – М.: Мир, 1996. 313 с.
80. Moore, J. Biomedical technology and devises. Handbook [Текст] / Edited by J. Moore – CRC Press LLC, 2004. 750 p.
81. Сергеев ГЛ., Романенко В.Г., Евграфов В.Г. Статистическая обработка электрофизиологической информации. Проблемы инженерной психологии, вып.2. М.: Об-во психологов СССР, 1973, с. 188-189.
82. Федотов А.А., Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. М.: Радио и связь, 2013. 248 с.
83. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход [Текст] / Пер. с англ. Под ред. А. П. Немирко. М.: Физматлит, 2007. 440 с.
84. Лукьянов А.Н., Фролов М.В. Сигналы состояния человека-оператора. М.: Наука, 1969.
85. Забродин Ю.М., Лебедев А.Н. Психофизиология и психофизика. М.: Наука, 1977.
86. Носенко Э.Л., Аршава И.Ф. Теоретико-психологические основы компьютерной диагностики эмоциональной устойчивости человека. Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 2006. 236 с.
87. Суходольский Г.В. Основы математической статистики для психологов. Л.: ЛГУ, 1972.
88. Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пространство состояний в теории управления. М.: Наука, 1970.
89. Рудакова Г.В., Димов В.С. Елементи сучасної теорії управління. Херсон: ХДТУ, 2004. 112с.
90. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 464с.

91. Мишулина О. А. Статистический анализ и обработка временных рядов. М.: МИФИ, 2004. 180 с.
92. . Современные методы идентификации систем// под ред. П. Эйкхоффа ; пер. с англ. Я. З. Цыпкина. М.: Мир, 1983. 400 с.
93. Киричков В.Н. Автоматика и управление в технических системах. В 11-ти кн. Кн.2. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами / под ред. А.А. Краснопрошиной. К.: Выща шк. 1990. 263 с.
94. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. М.: Физматлит, 1995. 336 с.
95. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. М.: Энергия, 1979. 240 с.
96. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя [под ред. Я.З. Цыпкина]. М.: Наука, 1991. 432 с.
97. Штейнберг Ш.Е. Идентификация в системах управления. М.: Энергоатомиздат, 1987. 80 с.
98. Бессонов А.А., Занашвили Ю.В., Маркелов А.С. Методы и средства идентификации динамических объектов. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отделение, 1989. 280 с.
99. Семенов А. Д., Артамонов Д. В., Брюхачев А. В. Идентификация объектов управления: Учебн. пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. 211 с.
100. Rudakova H. Using Recurrent Procedures in Adaptive control System for Identify the Model Parameters of the Moving Vessel on the Cross Slipway / H. Rudakova, O. Polyvoda, A. Omelchuk //Data 2018, 3(4), 60; <https://doi.org/10.3390/data3040060>.
101. Жданов А.И. Прямые рекуррентные алгоритмы решения линейных задач метода наименьших квадратов, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1994, том 34, номер 6, С.805–814.
102. Домбровский В.В. Эконометрика: Учебник для вузов. М.: Новый учебник, 2004. 342с.
103. Огарков М.А. Методы статистического оценивания параметров случайных процессов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 208 с.
104. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1968. - 576 с.
105. Носенко Э.Л., Аршава И.Ф. Теоретико-психологические основы компьютерной диагностики эмоциональной устойчивости человека. Днепрпе-

тровск: Изд-во ДГУ, 2006. 236 с.

106. Цибулевский И.Е. Ошибочные реакции человека-оператора. М.: Сов.радио, 1979. 208с.

107. Васильева Т.Н., Габдреева Г.Ш., Прохоров А.О. Психология состояний. Хрестоматия. / Под ред. проф. А.О. Прохорова. СПб.: Речь, 2004. 608 с.

108. Котик М.А., Емельянов А.М. Природа ошибок человека-оператора. М., 1993. 216 с.

109. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB М.: Горячая линия - Телеком, 2007. 288 с.

110. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. К.: «Радіоаматор», 2008. – 972с.

111. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; Т.5: Методы современной теории автоматического управления. / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 784с.

112. Лукас В.А. Теория управления техническими системами. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 675с.

113. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 200с.

114. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003.- 343с.

115. Гитис Э.И., Пискулов Е.А. Аналого-цифровые преобразователи: Учебное пособие для вузов. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.

116. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. / Нефедов А.В.. Т.3. М.:КубК-а, 1997. 544 с.

117. Ким В.М. Формальное описание показателей электропунктурной диагностики и их структурная факторизация для популяционных задач. М., Паимс, 1998, 224с.

118. Черныш И.М., Гуров А.А. Обоснование выбора реперных точек в электропунктурной диагностике. Сборник материалов конгресса «Традиционная медицина — 2000». Элиста, 27-29 сентября 2000 г. М.,2000. 590с.

119. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1986. 512 с.

120. Черныш И.М. Глава 8 «Инструментальная рефлексодиагностика» в Кн. «Лекции по рефлексотерапии» (Василенко А.М. с соавт.). М.: «Су-Джок Академия», 2002. С.172-180.
121. Аш, Ж. и др. Датчики измерительных систем: В 2-х Книгах. М.: Мир, 1992. 480 с.
122. 24-битный прецизионный АЦП с 8051 микроконтроллерным ядром и Flash памятью. [Электронный ресурс] - режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Texas_Instruments/adc/integrating/mscl210.htm.
123. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия Телеком, 2009. 608 с.
124. Справочник по микросхемам. Составитель Рахимов Т.М. М.: Эхо 1991. 250 с.
125. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования = Digital Integrated Circuits. М.: Вильямс, 2007. 911 с.
126. Новиков Ю.Н. Электротехника и электроника. Теория цепей и сигналов, методы анализа. СПб.: Питер, 2005. 384 с.
127. Кашкаров А. П. 500 схем для радиолюбителей. Электронные датчики. СПб.: Наука и техника. 2008. 276 с.

ДОДАТОК А.
КОМПЕТЕНЦІЇ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ (НА ПРИКЛАДІ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА)

Судновий електромеханік повинен володіти універсальними і професійними компетенціями [17], а саме.

1. Універсальні компетенції (соціально-особистісні і загальнокультурні, загальнонаукові, інструментальні).

а) Соціально-особистісні і загальнокультурні компетенції:

- здатність до переоцінки накопиченого досвіду, аналізу своїх можливостей, самоосвіти і постійного вдосконалення в професійній, інтелектуальній, культурній та моральної діяльності;

- розуміння сутності і соціальної значущості своєї майбутньої професії, прояв до неї стійкого інтересу, висока мотивація до роботи;

- володіння математичною і природничонауковою культурою як частиною професійної та загальнолюдської культури;

- володіння здатністю проводити доведення тверджень, як складової когнітивної та комунікативної функції;

- вміння бути гнучким, готовність адаптуватися до мінливих ситуацій, здатність оперативно приймати рішення, в тому числі в кризових ситуаціях;

- готовність покладатися на суб'єктивні оцінки, йти на помірний ризик;

- націленість на врегулювання конфліктів, забезпечення соціальної згуртованості та відповідальності в екіпажі, володіння навичками професійної та корпоративної етики, зберігання конфіденційної інформації;

- знання і розуміння норм здорового способу життя, вміння використовувати засоби фізичної культури для оптимізації праці і підвищення працездатності;

- здатність і готовність розуміти роль мистецтва в людській життєдіяльності, розвивати художнє сприйняття, прагнути до естетичного розвитку і самовдосконалення;

- здатність і готовність здійснювати свою діяльність в різних сферах суспільного життя з урахуванням моральних і правових норм;

- комплексне знання і розуміння тенденцій розвитку світової економіки, проблем сучасної економічної інтеграції, місця і ролі України в цьому процесі, її підходів до проблеми включення країни в систему світогосподарських зв'язків;

- здатність до організації і планування;

- готовність шанобливо і дбайливо ставитися до історичної спадщини і культурних традицій, толерантно сприймати соціальні і культурні відмінності;

- здатність породжувати нові ідеї, виявляти проблеми, пов'язані з реалізацією професійних функцій, формулювати завдання і намічати шляхи дослідження.

б) Загальнонаукові компетенції:

- здатність науково аналізувати соціально-значущі проблеми та процеси, вміння використовувати на практиці методи гуманітарних, соціальних та економічних наук в різних видах професійної і соціальної діяльності;

- здатність збирати й інтерпретувати з використанням сучасних інформаційних технологій дані, необхідні для формування суджень по відповідним соціальним, науковим і етичним проблемам;

- володіння культурою мислення, знання його загальних законів, здатність в письмовій та усній формі правильно (логічно) оформити його результати;

- розуміння ролі охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування для розвитку і збереження цивілізації.

в) Інструментальні компетенції:

- готовність застосовувати аналітичні та чисельні методи вирішення поставлених завдань (з використанням готових програмних засобів);

- навички використання програмних засобів і навички роботи в комп'ютерних мережах, вміння створювати бази даних і використовувати ресурси Інтернет;

- здатність використовувати мови і системи програмування, інструментальні засоби комп'ютерного моделювання для вирішення різних дослідницьких і виробничих завдань;

- навички письмової та усної комунікації на державною або іноземною мовою;
- здатність використовувати організаційно-управлінські навички в роботі з малими колективами, знаходити і приймати управлінські рішення в умовах суперечливих вимог, готовність бути лідером;
- вміння працювати з інформацією з різних джерел;
- здатність використовувати природничо-наукові знання для вирішення завдань професійної діяльності;
- здатність до організації і планування робіт по спеціальності з використанням нормативних документів;
- вміння вибирати методи і засоби вимірювань і випробувань і аналізувати отримані результати;
- знання стандартів, правил побудови креслень і схем, способів графічного представлення просторових образів.

2. Професійні компетенції (експлуатаційно-технологічна і сервісна діяльність, організаційно-управлінська діяльність, виробничо-технологічна діяльність, науково-дослідна діяльність, науково-педагогічна діяльність).

а) експлуатаційно-технологічна і сервісна діяльність:

- 1). Функція суднового електромеханіка - суднові механічні установки на рівні експлуатації, включає:
 - використання відповідних інструментів для виготовлення деталей і ремонту, зазвичай виконуваних на судах;
 - використання ручних інструментів і вимірювальних приладів для розбирання, технічного обслуговування, ремонту і складання судновий силової установки та обладнання;
 - використання ручних інструментів, електричного і електронного вимірювального і випробувального устаткування несправностей, технічного обслуговування і ремонту;
 - несення безпечної машинної вахти;
 - використання англійської мови в письмовій або усній формі;

- експлуатація головних установок і допоміжних механізмів і пов'язаних з ними систем управління;
 - експлуатація насосних систем і пов'язаних з ними систем управління;
 - експлуатація перетворювачів, генераторів і систем управління;
 - обслуговування суднових механічних систем, включаючи системи управління;
 - забезпечення виконання вимог щодо запобігання забрудненню;
 - підтримання судна в морехідному стані;
 - запобігання пожежам і боротьба з пожежами на судах;
 - використання рятувальних засобів;
 - застосування засобів першої медичної допомоги на судах;
 - спостереження за дотриманням законодавства;
 - командування рятувальною шлюпкою, рятувальним плотом або черговою шлюпкою «АО» під час і після спуску;
 - експлуатація двигуна рятувальної шлюпки;
 - керівництво людьми, що залишилися в живих, і керування рятувальною шлюпкою або плотом після залишення судна;
 - використання пристроїв, що вказують розташування, включаючи обладнання зв'язку та сигнальну апаратуру, а також піротехнічні засоби;
 - надання першої медичної допомоги;
 - командування швидкісною шлюпкою, рятувальним плотом або черговою шлюпкою «АО» під час і після спуску;
 - експлуатація двигуна швидкісної шлюпки.
- 2). Функція - суднові механічні установки на допоміжному рівні:
- виконання звичайних обов'язків по вахті в машинному відділенні, які доручаються особам рядового складу;
 - розуміння команд і вміння бути зрозумілим з питань, що належать до обов'язків з несення вахти;
 - для несення вахти в котельному відділенні - підтримування потрібного рівня води і тиску пари;

- керівництво операціями по боротьбі з пожежею на судах;
 - організація та підготовка пожежних партій;
 - перевірка і обслуговування систем і устаткування для виявлення пожежі та пожежогасіння;
 - розслідування і складання доповідей про інциденти, пов'язані з пожежами;
 - надання невідкладної медичної допомоги у разі нещасного випадку або захворювання на судні;
 - медичне обслуговування на судні за хворими і що отримали травми;
 - участь в скоординованих схемах надання судам допомоги з медичних питань;
 - вміння управляти судновими навігаційними системами і приладами на рівні експлуатації;
 - знання пристрою головних енергетичних установок судна, допоміжних механізмів і правил їх експлуатації;
 - володіння навичками технічного обслуговування, діагностики та організації ремонту суднового устаткування;
 - знання національних і міжнародних вимог по експлуатації судна;
 - знання пристрою і правил експлуатації суднової автоматизованої електроенергетичної системи судна;
 - знання влаштування електроприводів суднових механізмів судна, засобів їх автоматизації і правил їх експлуатації;
 - знання правил експлуатації і устрій радіоелектронних і технічних систем суднобудівництва і зв'язку.
- б) організаційно-управлінська діяльність:
- здатність застосовувати базові знання фундаментальних і фахових дисциплін, проводити техніко-економічний аналіз, обґрунтовувати прийняті рішення по використанню суднового устаткування, вміння вирішувати на їх основі практичні завдання професійної діяльності;
 - навички прийняття рішення на основі всебічного аналізу наявної інформації, здатність планувати стратегічний розвиток колективу;

- знання правил несення суднової вахти, здатність здійснювати контроль над виконанням встановлених вимог, норм і правил;

- володіння міжнародною стандартною мовою в обсязі, необхідному для виконання своїх функціональних обов'язків;

- здатність брати участь в розробці технічно обґрунтованих норм обслуговування обладнання, нормативів матеріальних витрат (норм витрат запасних частин, матеріалів, енергії).

в) виробничо-технологічна діяльність:

- знання національних і міжнародних вимог по експлуатації судна;

- знання і вміння застосовувати правила обробки і розміщення вантажів;

- здатність здійснювати контроль над дотриманням технологічної дисципліни, станом і правильною експлуатацією, технічним обслуговуванням і ремонтом суднового і технологічного обладнання, їх екологічною безпекою.

г) науково-дослідницька діяльність:

- здатність брати участь в наукових дослідженнях і впровадженні технічних розробок, здійснювати аналіз науково-технічної інформації;

- здатність ідентифікувати нові галузі досліджень, нові проблеми в сфері використання суднового устаткування.

д) науково-педагогічна діяльність:

- здатність передавати знання з дисциплін професійних циклів в системах середньої та вищої професійної освіти;

- вміння організувати роботу по підвищенню науково-технічних знань працівників, впровадження використання передового досвіду;

- здатність розробляти навчальне обладнання для освітнього процесу.

ДОДАТОК Б.
ПРИЧИНИ ПОМИЛОК ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

Таблиця Б.1. Причини помилок людини за показником особистого фактору

Типи причин	Зміст причини
1. Професійні якості	Низький рівень операторських знань. Недоліки у розвитку та реалізації професійних навичок і умінь. Відсутність або недостатність професійного досвіду Непідготовленість до виконання спеціальних прийомів підтримки працездатності.
2. Індивідуальні особливості	Несприятлива спрямованість на конкретну операторську професію. Низька установка на виконання конкретного завдання. Недоліки у розвитку професійно важливих психічних якостей. Несприятливі особливості особистості (запальність, невтриманість, нервозність, загальмованість, агресивність, пригніченість, невпевненість, тривожність, несумлінність, ліниво, брехливість і т.д.). Несприятливі психічні стани (емоційна напруженість, низька готовність, недостатня пильність, фобії, домінантні стану; стомлення, монотонія, стрес).
3. Морально-етичні властивості	Недостатня морально-етична зрілість . Моральна нестійкість. Низька цілеспрямованість. Недисциплінованість, халатність, безвідповідальність.
4. Фізіологічні та соматичні особливості	Розвиток гострих або загострення хронічних захворювань. Зниження чутливості аналізаторів. Порушення біологічних ритмів. Змішаний або лівобічний профіль функціональної асиметрії певних органів. Змішаний або лівобічний профіль. Функціональної асиметрії парних органів. Несприятливий функціональний стан та т.п.
5. Фізичні особливості	Недоліки розвитку сили, швидкості та витримки. Несприятливі антропометричні та біомеханічні особливості.

Таблиця Б.2. Класифікація причин помилок людини по груповому фактору

Тип причин	Зміст причин
1. Засоби діяльності (елементи робочого місця)	Нераціональна компоновка приладів. Недоліки кодування інформації. Незадовільна розбірливість текстури.
1.1. Засоби відображення інформації	Недостатній кут візування і час впливу сигналу. Порушення ергономічних вимог по яскравості, контрастності.
1.2. Органи керування	Недоліки в конструкції (розміри, форма, характер поверхонь та ін.) Порушення просторових співвідношень (взаємне розташування та групування) . Нераціональне завантаження, інерційність, амплітуда переміщень і т. д.
2. Умови діяльності (фактори зовнішнього середовища)	Порушення геометричних розмірів елементів робочого місця, огляду, досяжності, та ін.. Незадовільні умови проживання (по мікроклімату, газовому складу, освітленості та ін..). Порушення ергономічних вимог до спецспорядження та одязі. Несприятливий вплив кліматичних факторів. Внутрішньо групові конфлікти, психологічна несумісність і т. д.
3. Зміст діяльності (виконання дій, операцій)	Надмірна інформаційна завантаження Неоптимальні способи виконання дій. Нераціональне розподіл функцій між людиною і автоматикою. Зайвий високий темп роботі або монотонність.
4. Організація діяльності (регламентація, управління, забезпечення праці)	Нераціональний режим праці та відпочинку. Надмірне професійне навантаження протягом дня. Неадекватні програми підготовки. Недоліки в керівництві та забезпеченні діяльності т.д.
5. Суб'єкт діяльності (методи і критерії оцінки стану оператора)	Недоліки у професійному доборі (методичному, психологічному) . Низька ефективність психологічного або медичного контролю (експертизи) і т.д.

ДОДАТОК В.

ЛИСТІНГ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ЗА РЕКУРЕНТНИМ
МЕТОДОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

Номер відліку

$T := (0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ 12 \ 13 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 18 \ 19 \ 20 \ 21 \ 22 \ 23 \ 24 \ 2)$

Зареєстровані значення:

Кардіограма

$U_{kaf} := (0 \ 2640 \ 1000 \ 1040 \ 1120 \ 1400 \ 1760 \ 1800 \ 1840 \ 1920 \ 1920 \ 1760 \ 1880 \ 1920)$

Реограма

$U := (0 \ 1180 \ 1160 \ 1120 \ 1100 \ 1080 \ 1200 \ 1160 \ 1120 \ 1120 \ 1080 \ 1240 \ 1360 \ 1440 \ 16)$

Пневмограма

$U_{raf} := (0 \ 2200 \ 2240 \ 2260 \ 2280 \ 2280 \ 2280 \ 2260 \ 2260 \ 2240 \ 2240 \ 2232 \ 2220 \ 2208)$

Нормалізація даних

$U_{kafmax} := \max(U_{kaf})$

$U_{rafmax} := \max(U_{raf})$

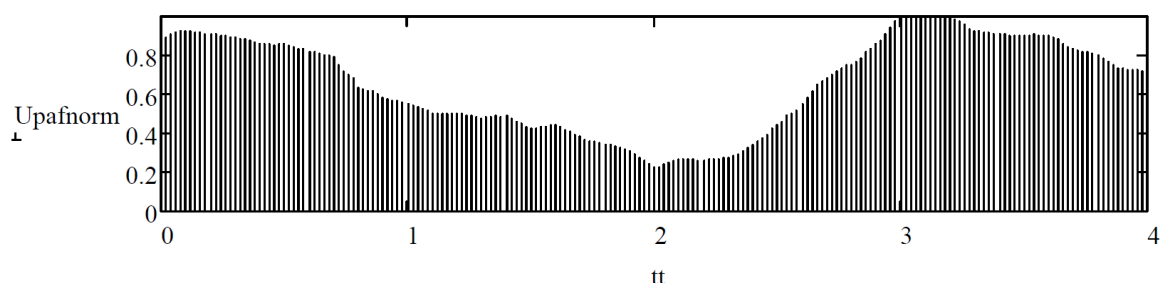
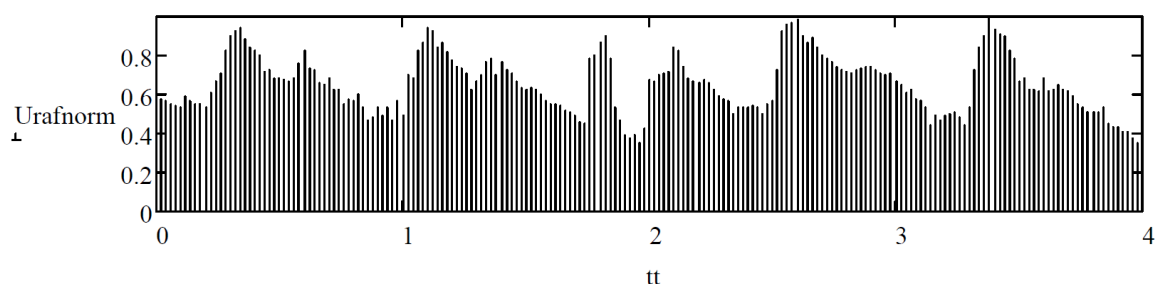
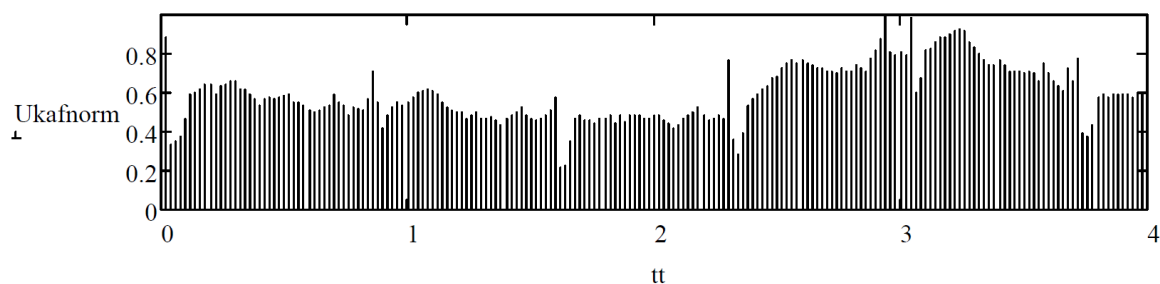
$U_{pafmax} := \max(U_{paf})$

$U_{kafnorm} := \frac{U_{kaf}}{U_{kafmax}}$

$U_{rafnorm} := \frac{U_{raf}}{U_{rafmax}}$

$U_{pafnorm} := \frac{U_{paf}}{U_{pafmax}}$

$tt := 0.02 \cdot T$



Масив вихідних даних

$X := \text{stack}(\text{Ukafnorm}, \text{Urafnorm}, \text{Urafnorm})$

$$X =$$

	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0.886	0.336	0.349	0.376	0.47	0.591
1	0	0.578	0.569	0.549	0.539	0.529	0.588
2	0	0.894	0.911	0.919	0.927	0.927	...

Розрахунок початкової матриці

$$S_{\text{ww}} := \left[\sum_{i=2}^{\text{ns}} \left(X^{\langle \text{ns}+2-i \rangle} \cdot X^{\langle \text{ns}+1-i \rangle \text{T}} \right) \right] \cdot \left[\sum_{i=2}^{\text{ns}} \left(X^{\langle \text{ns}+1-i \rangle} \cdot X^{\langle \text{ns}+1-i \rangle \text{T}} \right) \right]^{-1}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0.51 & 0.166 & 0.192 \\ 0.056 & 0.858 & 0.075 \\ -0.024 & -0.018 & 1.023 \end{pmatrix}$$

Власні значення

$$\text{LS} := \text{eigenvals}(S) \quad \text{LS} = \begin{pmatrix} 0.491 \\ 0.909 \\ 0.991 \end{pmatrix}$$

Коефіцієнт впливу зовнішніх збурень

$$B2 := \text{tr} \left[\sum_{i=2}^{\text{ns}} \left(X^{\langle \text{ns}+1-i \rangle} \cdot X^{\langle \text{ns}+1-i \rangle \text{T}} \right) - S \cdot \sum_{i=2}^{\text{ns}} \left(X^{\langle \text{ns}+1-i \rangle} \cdot X^{\langle \text{ns}+2-i \rangle \text{T}} \right) \right]$$

$$b2 := \frac{B2}{3 \cdot (\text{ns} - 1)} \quad b2 = 0.01$$

$$b := \sqrt{b2} \quad b = 0.1$$

$\text{nn} := \text{длина}(U_{\text{kaf}}^{\text{T}})$

$$\text{nn} = 201$$

Рекурентний метод найменших квадратів

$$D_{ns} := S$$

$$I := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A0 := \left| \begin{array}{l} xm_{ns} \leftarrow X^{\langle ns \rangle} \\ A_{ns} \leftarrow D_{ns} \\ \text{for } k \in ns + 1 .. nn - 1 \\ \quad \left| \begin{array}{l} xm_k \leftarrow A_{k-1} \cdot X^{\langle k-1 \rangle} \\ \epsilon_k \leftarrow X^{\langle k \rangle} - xm_k \\ \gamma_{k-1} \leftarrow \left(1 + X^{\langle k \rangle T} \cdot D_{k-1} \cdot X^{\langle k \rangle} \right)^{-1} \\ D_k \leftarrow D_{k-1} - D_{k-1} \cdot X^{\langle k \rangle} \cdot \gamma_{k-1} \cdot X^{\langle k \rangle T} \cdot D_{k-1} \\ A_k \leftarrow A_{k-1} + \gamma_{k-1} \cdot X^{\langle k \rangle T} \cdot D_{k-1} \cdot \frac{I}{k} \cdot \epsilon_k \\ A5_k \leftarrow \text{augment}(A_k, xm_k) \end{array} \right. \\ A5 \end{array} \right.$$

Матриця, одержана в результаті розрахунків

$$nn1 := nn - 1$$

$$nn1 = 200$$

$$A0_{nn1} = \begin{pmatrix} 0.519 & 0.174 & 0.201 & 0.512 \\ 0.065 & 0.867 & 0.084 & 0.405 \\ -0.015 & -8.877 \times 10^{-3} & 1.031 & 0.729 \end{pmatrix}$$

Власні значення

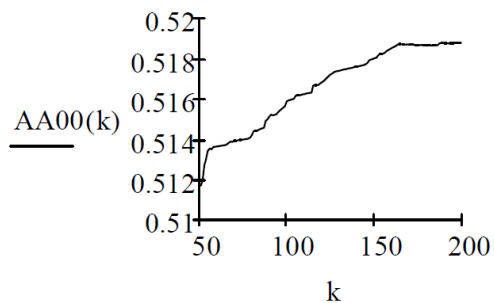
$$\Lambda := \text{eigenvals}(\text{submatrix}(A0_{nn1}, 0, 2, 0, 2))$$

$$\Lambda = \begin{pmatrix} 0.493 \\ 0.99 \\ 0.916 \end{pmatrix}$$

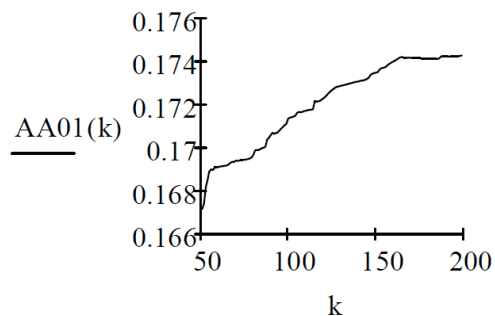
Динаміка значень коефіцієнтів матриці A

$$k := ns + 1 .. nn - 2 \quad AA(k) := A0_k$$

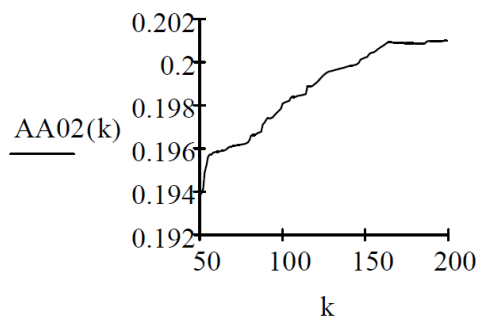
$$AA00(k) := AA(k)_{0,0}$$



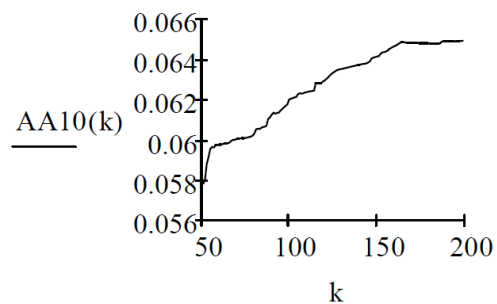
$$AA01(k) := AA(k)_{0,1}$$



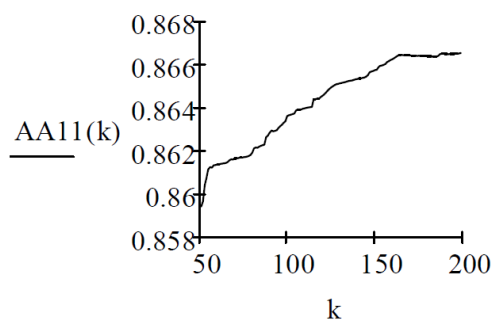
$$AA02(k) := AA(k)_{0,2}$$



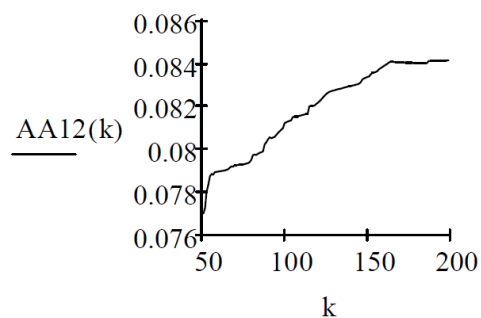
$$AA10(k) := AA(k)_{1,0}$$



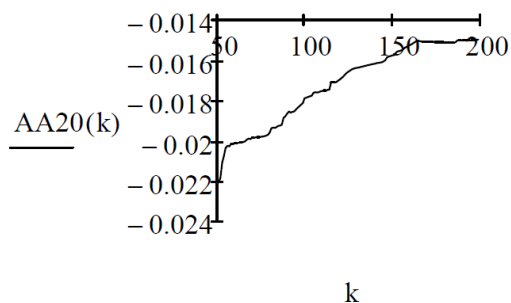
$$AA11(k) := AA(k)_{1,1}$$



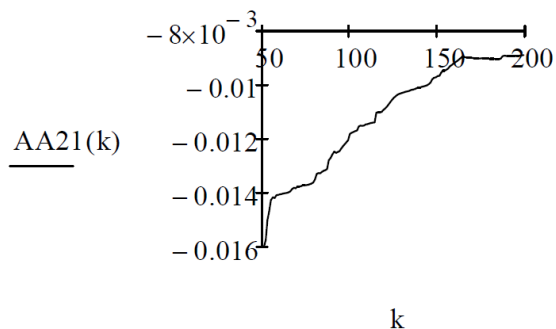
$$AA12(k) := AA(k)_{1,2}$$



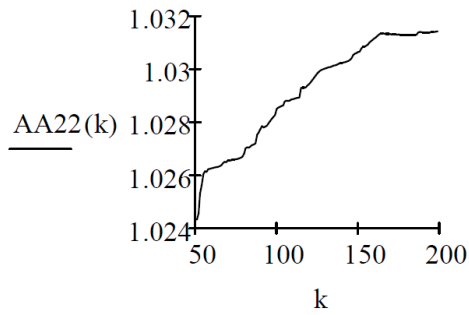
$$AA20(k) := AA(k)_{2,0}$$



$$AA21(k) := AA(k)_{2,1}$$



$$AA22(k) := AA(k)_{2,2}$$



Порівняння експериментальних та розрахункових даних

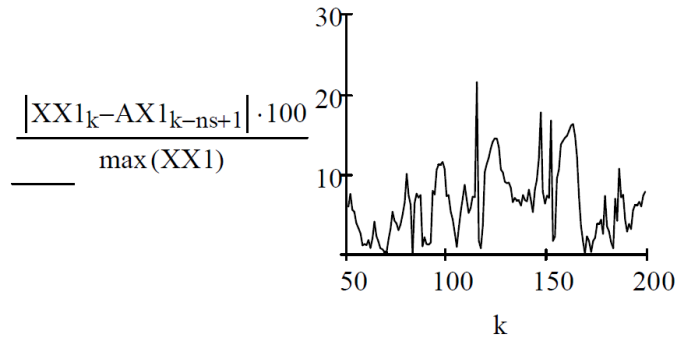
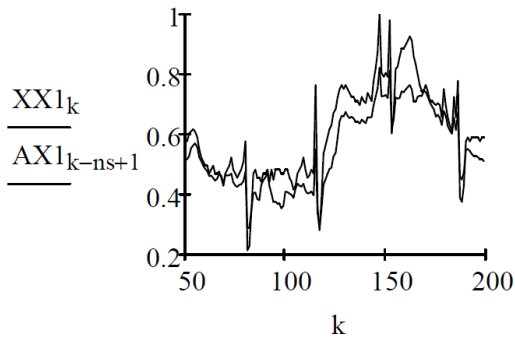
$$Ax := \begin{cases} Xx \leftarrow AA(ns + 1)^{\langle 3 \rangle} \\ \text{for } k \in ns + 1 .. nn - 1 \\ Xx \leftarrow \text{augment}(Xx, AA(k)^{\langle 3 \rangle}) \\ Xx \end{cases}$$

$$XX := X^T \quad AX := Ax^T$$

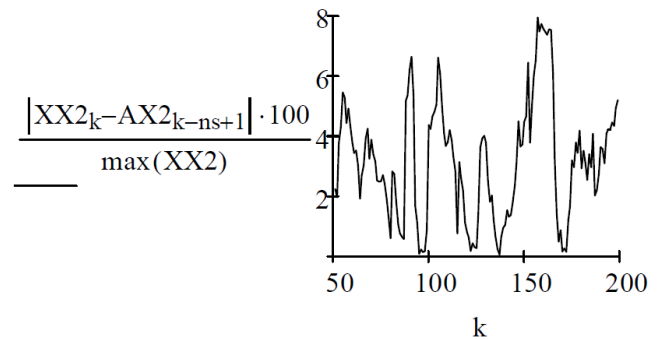
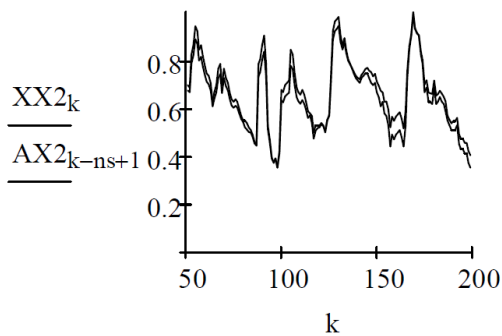
Залежності

Похибка

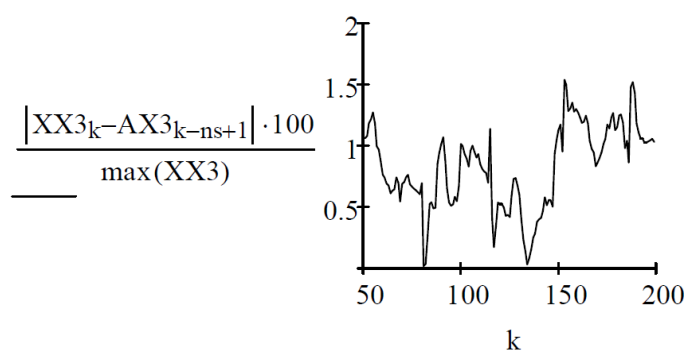
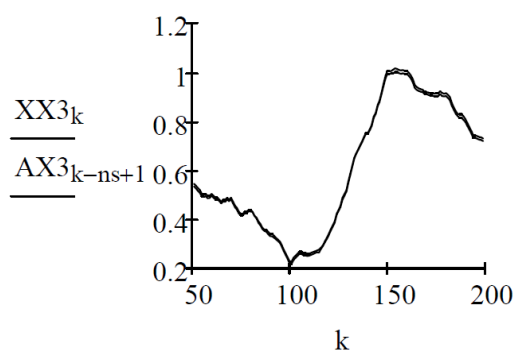
$$XX1 := XX^{\langle 0 \rangle} \quad AX1 := AX^{\langle 0 \rangle}$$



$$XX2 := XX^{\langle 1 \rangle} \quad AX2 := AX^{\langle 1 \rangle}$$



$$XX3 := XX^{(2)} \quad AX3 := AX^{(2)}$$



ДОДАТОК Г.
РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ ПРИНАЛЕЖНОСТІ ЗМІННИХ НЕЧІТКОГО
РЕГУЛЯТОРУ

```

Фазифікація вхідної змінної T1
{Фазифікація вхідної змінної T1 за допомогою функції приналежності типу
трапеції}
input x;
{Функція приналежності типу трапеції}
function Trap( x, z0,x0,z1,x1)
if x < x0 then  $T_{rap} = z0$ 
                else if x > x1 then  $T_{rap} = z1$ 
                else  $T_{rap} = \frac{(z1 - z0)}{(x1 - x0) \cdot (x - x0) + z_0}$ 
end;
{Масиви параметрів для розрахунку термів}
var x0[2], z0[2], xi [2], z1 [2];
{Розмірність масивів [2] дорівнює кількості термів лінгвістичної змінної}
initialization
{Дії записані після initialization і до end виконуються один раз при старті
моделі.}
const N = 2;
{N - кількість термів}
Min = -1;
Max = 1;
{Min...Max - діапазон вхідної змінної}
{Задаємо значення чисельно;}
x0[1] = -0.1; z0[1] = 0;
x1[1] = 0.1; z1[1] = 1;

```

```
x0[2] = -0.1; z0[2] = 1;
```

```
x1[2] = 0.1; z1 [2] = 0;
```

```
end;
```

```
for (i = 1,N)
```

```
begin
```

```
    y[i]= Trap(x,z0[i],x0[i], z1 [i],x1 [i]);
```

```
end;
```

```
output y[2]
```

```
{Розмірність виходу y[3] дорівнює кількості термів вхідної змінної
```

```
N = 3}
```

ДОДАТОК Д.

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ РОБОТИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ

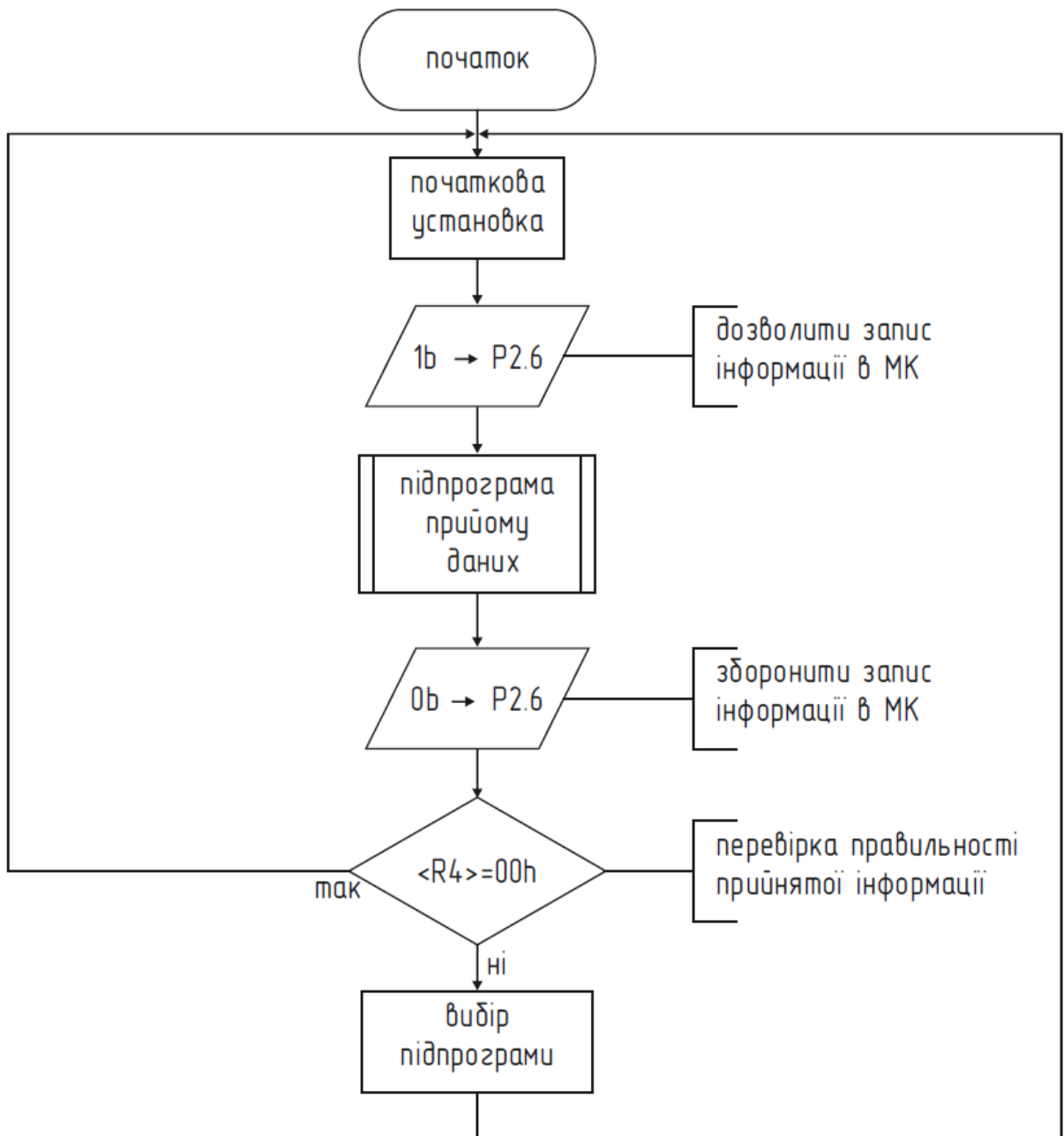


Рис. Д.1 – Алгоритм основної програми

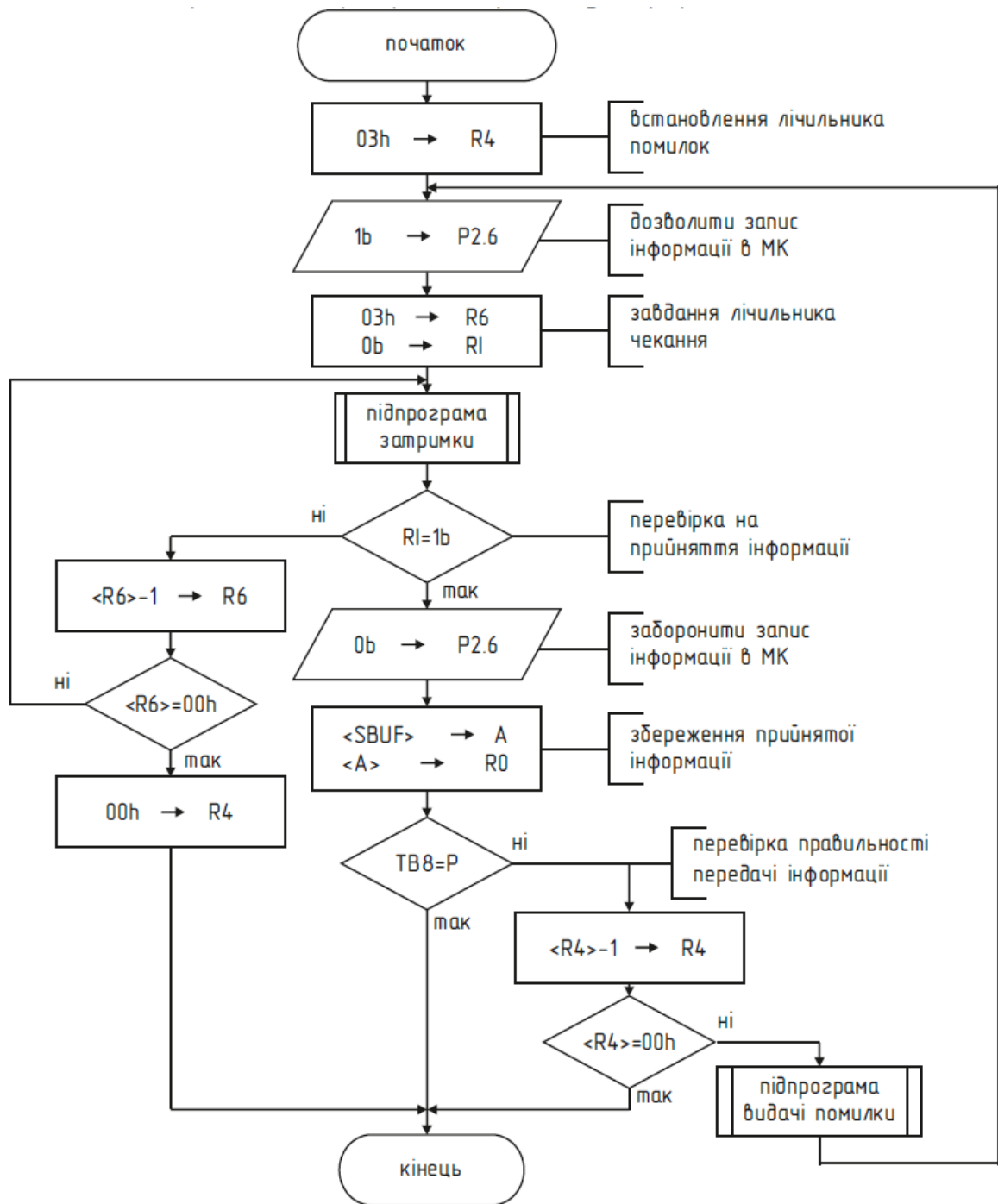


Рис. Д.2 – Алгоритм підпрограми прийому даних

ДОДАТОК Е.

ДОВІДКИ ПРО ВИКОРИСТАННЯ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ



Марлоу Навігейшн Україна

Вул. Троїцька, 45

65045, Одеса

Україна

Т: +380 48 734 08 00

Ф: +380 482 429 383

Email: marlow@marlow.od.ua

Web: marlow-navigation.com

ЗАТВЕРДЖУЮ
ДИРЕКТОР
ТОВ «МАРЛОУ НАВІГЕЙШН УКРАЇНА»



Езрі Б.М.

«15» травня 2020 р.

АКТ

про використання результатів дисертаційної роботи на здобуття
наукового ступеня доктора філософії

«Методи створення автоматизованих систем керування процесом підготовки морських фахівців на основі
компетентнісного підходу»

Колосова Ігора Володимировича

Комісія у складі:

Голова комісії: Езрі Б.М., директор ТОВ «Марлоу Навігейшн Україна»

Члени комісії: Хлопков С.І., заступник директора ТОВ «Марлоу Навігейшн Україна»

Сагло С.Г., керівник тренінгового центру ТОВ «Марлоу Навігейшн Україна»

цим Актом засвідчують, що результати дисертаційного дослідження Колосова Ігора Володимировича на тему «Методи створення автоматизованих систем керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу», представлені на здобуття наукового ступеня доктора філософії, використані в професійно-технічній освітній діяльності ТОВ «Марлоу Навігейшн Україна» у вигляді:

1) Методик оцінювання ступеня набуття професійних компетенцій при підготовці плавскладу завдяки безперервному контролю біофізичних показників та застосування моделі нечіткого виводу для системи підтримки прийняття рішень щодо стану людини-оператора.

2) Практичних рекомендацій щодо побудови автоматизованої системи керування тренажерною підготовкою, що містять у своєму складі контуру адаптації, для навчання морських фахівців.

Використання вказаних результатів дозволяє: підвищити ефективність підготовки плавскладу; коригувати процес навчання з урахуванням стану людини, що навчається, в реальному часі; надати необхідні професійні компетенції щодо технічної експлуатації суднового обладнання.

Заступник директора ТОВ «Марлоу Навігейшн Україна»

Керівник тренінгового центру ТОВ «Марлоу Навігейшн Україна»

Хлопков С.І

Сагло С.Г.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Херсонської
державної морської академії

Лілія КУЛИКОВА

2020 р.

М.П.

АКТ**про використання результатів дисертаційної роботи**

Колосова Ігоря Володимировича на тему «Методи створення автоматизованих систем керування процесом підготовки морських фахівців на основі компетентнісного підходу» у освітньому процесі Херсонської державної морської академії та у навчально-тренажерному процесі підготовки моряків у Херсонському морському спеціалізованому тренажерному центрі

Ми, що підписалися нижче, в.о. декана факультету судноводіння ХДМА І.Л. Барильник-Кураков та директор Херсонського морського спеціалізованого тренажерного центру С.В. Дудченко склали дійсний Акт про те, що результати дисертаційної роботи Колосова І.В., представленої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, впроваджені у освітній процес підготовки фахівців за спеціальністю 271 – «Річковий та морський транспорт» з освітньо-професійною програмою «Навігація і управління морськими суднами».

При викладанні ряду дисциплін, при курсовому та дипломному проектуванні, а також під час проведення тренажерних курсів «Real Pilot», «Bridge Resource Management» для рядового та офіцерського складу екіпажів морських суден використовувалися результати досліджень, що дозволяють:

- будувати адаптивні системи керування процесом тренажерної підготовки плавскладу, що містять у своєму складі контуру адаптації;
- визначати напруженість стану людини, що навчається;
- оцінювати ступінь набуття професійних компетенцій та своєчасно корегувати процес тренажерної підготовки курсантів, завдяки чому значно підвищити ефективність підготовки плавскладу.

В.о. декана факультету судноводіння

Іван БАРИЛЬНИК-КУРАКОВ

Директор
Херсонського морського
спеціалізованого тренажерного центру

Сергій ДУДЧЕНКО