

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, 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 ефективності 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 и 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 диференційних 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 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.

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 зовнішніх 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, компетентністний підхід, тренажерна підготовка, людина-оператор, біофізичні параметри, нечітка логіка.

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 control 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.

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 багатofункціонального 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. (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/iapgos.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).*