

УДК 004.9:614

Тимчик С.В.

## БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ І МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я СТУДЕНТІВ

*Вінницький національний технічний університет*

*Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна*

*Тел. (0432)59-81-23, e-mail: tymchyksv@ukr.net*

**Анотація.** В роботі запропоновано структуру біотехнічної системи, яка поєднує в собі біологічну і технічну складові, забезпечує встановлену форму організації обміну інформацією, що дає можливість інтегрувати її в структуру технологічного процесу забезпечення здоров'я студентів та наведено порівняння результатів, отриманих розрахунковим шляхом за участі експертів та із використанням системи.

**Ключові слова:** система, норма, показник, стан здоров'я, діапазон норми, біотехнічна система.

**Анотация.** В работе предложена структура биотехнической системы, которая сочетает в себе биологическую и техническую составляющие, обеспечивает установленную форму организации обмена информацией, что позволяет интегрировать ее в структуру технологического процесса обеспечения здоровья студентов и приведено сравнение результатов, полученных расчетным путем с участием экспертов и с использованием системы.

**Ключевые слова:** система, норма, показатель, состояние здоровья, диапазон нормы, информация, биотехническая система.

**Abstract.** The article proposes the structure of a biotechnical system, which combines biological and technical components, provides an established form of information exchange organization, which enables to integrate it into the structure of technological process of ensuring the health of students and compares the results obtained by calculation with the participation of experts and with using the system.

**Keywords:** system, norm, indicator, health mill, range of norms, information, biotechnical system.

**DOI: 10.31649/1681-7893-2019-38-2-62-70**

### ВСТУП

Здоров'я оцінюється за багатьма ознаками, хоча аналіз за окремими показниками не завжди надає цілісного уявлення. Крім того, використання багатьох ознак, кожної окремо незручно. Необхідна інтеграція даних з метою отримання сумарного кількісного показника – індексу здоров'я.

Основою такої інтеграції можуть служити дві концепції: якості життя, пов'язаного зі здоров'ям та функціональних резервів організму людини.

Концепція якості життя, пов'язаного зі здоров'ям, як інтегральна характеристика фізичного, емоційного, психологічного та соціального функціонування людини, заснована на його суб'єктивній оцінці, що дозволяє дати багатоплановий аналіз найважливіших складових здоров'я людини відповідно до критеріїв Всесвітньої організації охорони здоров'я. Концепція функціональних (психофізіологічних) резервів організму людини характеризує діапазон можливих рівнів змін функціональної активності фізіологічних систем організму, який може бути забезпечений його активаційними механізмами [1].

Забезпечення високого рівня професійного здоров'я зумовлює необхідність використання біотехнічних систем для збору, зберігання, обробки та представлення інформації, що його характеризує та створення систем чи технологій, що реалізує, крім традиційних методів лікування, технології управління компенсаторними властивостями і резервами організму.

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНОГО КОНТЕНТУ

Е.П. Попечітелєв пропонує звернути увагу на проблему, яка пов'язана із синтезом БТС, що дає змогу розглядати систему, як систему-процес і включати до її складу операції з біологічними об'єктами із застосуванням технічних засобів і засобів підтримки життєдіяльності біооб'єкта. Ще однією

особливістю таких систем-процесів і технічних засобів є те, що до їх складу можуть одночасно входити декілька осіб з різними функціями [2, 3, 4].

В залежності від функцій, які виконує людина у складі БТС, вона може бути класифікована як людина-оператор (ЛО), людина-користувач (ЛК), людина-об'єкт управління (ОУ), людина-експерт (ЛЕ) і член групи фахівців (ГФ) різних спеціальностей, що працюють над вирішенням поставленої проблеми. Зрозуміло, що кожний із перерахованих класів орієнтований на вирішення своїх задач та представлений в спеціальній літературі досить широко [2, 5].

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Процес побудови сучасних біотехнічних систем є достатньо складною, багатокомпонентною процедурою, який повинен враховувати всі принципи позиції і малозначущі, на перший погляд, ознаки та особливості, що властиві системі, яка проектується.

Враховуючи те, що виміряти рівень здоров'я достатньо складно, ВООЗ рекомендує для оцінювання здоров'я використовувати такі показники як фізичний розвиток і працездатність, адаптація, функціональний стан, фізіологічний резерв та психологічний статус. Планування тих чи інших показників здоров'я конкретного студента, які підлягають контролю, повинно бути уніфікованим, стандартизованим і персоналізованим. При прийнятті діагностичних рішень та керуванні станом здоров'я студента необхідно враховувати можливості їх реалізації та можливу негативну реакцію з боку пацієнта тощо. Заслугує уваги і визначення критеріїв для оцінювання діагностично-відновлювального процесу та окремих його складових в т.ч. біологічної і технічної.

**Мета дослідження:** підвищення ефективності визначення і моніторингу стану здоров'я студентів в процесі їх навчання у ВНЗ.

### ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

На рис. 1 представлено структуру біотехнічної системи, в якій для підвищення достовірності оброблення даних в структуру біотехнічної системи введено модуль ідентифікації психофізіологічних показників пацієнта (студента) – МПФП, в якому за сукупністю характеристичних ознак здійснюється процедура ідентифікації зареєстрованих вхідних біомедичних сигналів. Повнота процесу ідентифікації забезпечується додатковою довідниковою інформацією, що зберігається в модулі додаткової інформації – МДІ та у загальній базі даних. На наступному етапі дані, що надходять з модуля ідентифікації до модуля перевірки повноти даних – МППД, проходять перевірку їх достатності для подальшого оброблення, після чого, в модулі оцінювання стану – МОС, здійснюється діагностика поточного функціонального стану студента.

Подальше підвищення достовірності даних, що поступають на модуль прийняття рішень – МПР, здійснюється в модулі оцінювання стану шляхом порівняння поточних даних з модельними, отриманими в модулі розроблення моделей – МРМ і такими, що пройшли перевірку на адекватність в модулі перевірки адекватності моделей – МПМ.

Функціонування модуля прийняття рішень здійснюється за алгоритмом формування заключного діагнозу і вибору на його основі персоналізованої, адекватної поточному функціональному стану студента, тактики відновлювального лікування.

В загальному випадку на модуль прийняття рішень надходять дані частково через інтелектуальний інтерфейс користувача і безпосередньо з модуля оцінювання стану, баз даних належних значень психофізіологічних показників, медикаментів і критеріїв. Водночас інформаційне наповнення зазначених даних стосується: процесу постановки діагнозу та його, за необхідності, корегування; вибору із множини альтернатив адекватної діагнозу і фактичному стану здоров'я студента тактики лікування; даних про медичні препарати, їх дози, періодичності прийому, протипоказання і побічні ефекти, переносимість пацієнтом, сумісність з іншими тощо; даних, що стосуються зовнішніх і внутрішніх ризиків та інших.

Сформована сукупність є системоутворюючою для процесу визначення фізичного здоров'я студентів, моніторингу, профілактичних оглядів і диспансеризації і надає можливість періодичного оцінювання здоров'я студентів як: засобу визначення стану здоров'я студентів в момент його

оцінювання і контролю за змінами в цьому стані; методу своєчасного виявлення захворювань, особливо на ранніх стадіях; джерела достовірної інформації, необхідної для визначення подальшої медичної або реабілітаційної допомоги; методу контролю за ефективністю профілактичних, лікувальних і реабілітаційних заходів; методу отримання різнобічної медико-соціальної інформації.

Вперше, в системах і комплексах подібного рівня призначення для підвищення надійності їх роботи до структури БТС введено модуль самооцінки стану лікаря – МССЛ, який шляхом періодичних, адекватних до загальної структури досліджень, тестувань, визначає поточний стан лікаря і порівнює його з суб'єктивною оцінкою самого лікаря. В разі виявлення відхилень від норми або різкого погіршення стану лікаря, в модулі самооцінки його стану формується тривожний сигнал, який сповіщає про необхідність його заміни і надання йому кваліфікованої медичної допомоги.

Ще однією особливістю розробленої структури біотехнічної системи є включення до її складу модуля визначення функціонального резерву – МВФР, який надає лікарю можливість разом з діагнозом та обраною тактикою лікування отримати, на відміну від існуючих систем, дані щодо функціонального резерву студента, які суттєво підвищують достовірність прогнозування його фізичної працездатності і водночас, сприяють подовженню його активного життєвого період.

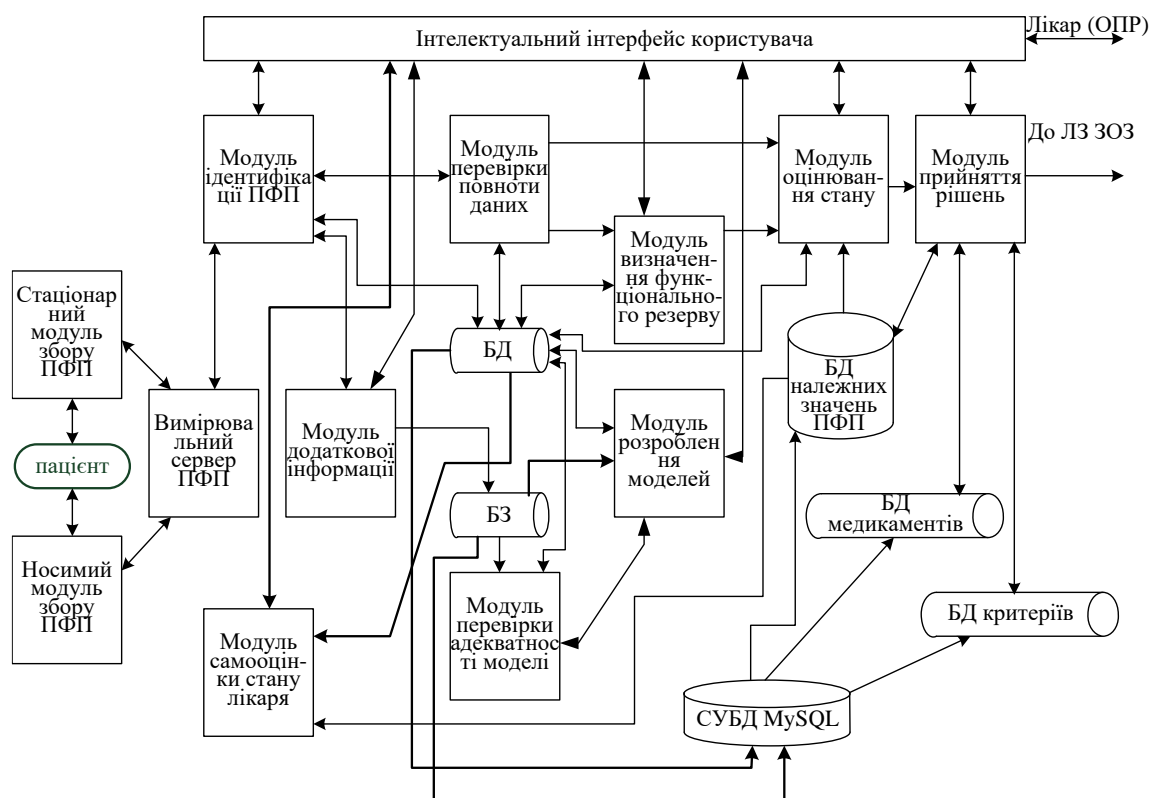


Рисунок 1 – Структурна схема біотехнічної системи

За (Мозжухіним А.С. і Давиденком Д.Н., 1982) фізіологічні резерви людини це можливості організму, систем та органів так змінювати інтенсивність своїх функцій та їх взаємодію, щоб досягти оптимального, за даних умов, рівня функціонування організму. За іншим визначенням (Загрядський В.П., 1972) адаптаційні резерви – це відпрацьована в процесі еволюції адаптаційна властивість організму в цілому підсилювати в багато разів інтенсивність власної діяльності порівняно до стану відносно до спокою [6]. Для оцінювання резервних можливостей системи кровообігу Баєвський Р.М. та Берсенева А.П. запропонували використовувати функціональний тест – активну ортостатичну пробу [7], після виконання якої обчислюється ортостатичний індекс за Б.М.Кущелєвським

$$OI = \frac{ЧСС_c}{ЧСС_l} + \frac{АТС_c}{АТС_l} + \frac{АТД_c}{АТД_l}.$$

Аналогічно, функціональний резерв можна оцінювати за індексом функціональних змін (ІФЗ) [8].

Фізична сутність ІФЗ полягає в тому, що він як комплексний інтегральний показник відображає всю складність взаємозв'язків, які характеризують діяльність серцево-судинної системи людини. Це зумовлено тим, що вихідні параметри, які входять до ІФЗ, тісно пов'язані із параметрами центральної гемодинаміки (ударний і хвилинний об'єми кровообігу, середній динамічний тиск, загальний периферійний опір тощо).

Водночас, дослідження рівня функціонального резерву та індекса функціональних змін підтвердили необхідність відображення одного і того ж фізіологічного процесу одночасно у багатьох фізичних проявах, що вимагає використання і нормування різномірних психофізіологічних показників з одночасним урахуванням діючих на організм студента внутрішніх і зовнішніх факторів, індивідуальної внутрішньо-рухової мінливості показників, що вимірюються тощо.

Такий розподіл вагових коефіцієнтів і пріоритетів психофізіологічних показників; їх діапазонів норми, допустимих і граничних значень; мінімізація психофізіологічних параметрів, які підлягають визначенню та моніторингу без втрати діагностичної інформації, послідовність реєстрації та оброблення визначаються, як правило, апаратним і

*Модуль оцінювання фізичної працездатності і здоров'я студентів.*

Функціональна схема модуля оцінювання фізичної працездатності і здоров'я студентів (МОФПЗ) базується на схемотехнічних і системно-технічних методах, які дозволяють інтегрувати сучасні наукові підходи в технічну систему, адаптовану під користувачів різного рівня підготовки.

Враховуючи достатньо велику кількість наявних визначень понять процес, сигнал, параметр, індекс, показник, для забезпечення однозначності сприйняття інформації в подальшому будемо використовувати ті, що наведені в [9, 10]. Процес – зміна фізичної величини, яка зумовлена функціонуванням фізіологічної системи організму, або, за іншим визначенням під процесом розуміється зміна фізичної величини, яка зумовлена життєдіяльністю організму в цілому. Відповідно до першого визначення, наприклад, зміна потенціалу електричного поля в точці поверхні тіла людини складається з декількох процесів (ЕКГ, ЕМГ, ШГР) з різними спектральними і динамічними діапазонами, у той час як за іншим визначенням, це – єдиний процес.

Індекс – характеристика процесу, яка інформативна відносно визначеної групи психофізичних станів. У БТС використовуються індекси варіаційної пульсометрії, середня амплітуда Т-зубця, частота і хвилинний об'єм подиху, потужність і усереднена кількість перетинань рівня ШГР, відношення потужностей ритмів ЕЕГ і т. д. При цьому варто віддавати перевагу індексам, що відбивають динамічні властивості окремих фізіологічних систем і динаміку їх взаємодії [9, 10]. Варто відмітити, що найчастіше параметр сигналу виступає якраз у ролі індексу. Необхідність поділу простору параметрів та індексів зумовлена системотехнічним розумінням проектування каналу оцінки стану, у якому безліч параметрів визначається апріорі, а безліч індексів може піддаватися трансформації при проведенні експериментальних досліджень.

Однією з основних функцій каналу оцінки стану є функція виміру і порівняння рівнів напруженості різних функціональних систем організму. Традиційним підходом до рішення цієї задачі є вимір напруженості різних функціональних схем організму в одиницях зміни відповідного фізіологічного індексу. Розходження в розмірностях і діапазонах зміни фізіологічних індексів не дозволяють безпосередньо порівнювати рівні напруженості різних функціональних систем організму. Математично некоректна і задача нормування вектора фізіологічних зрушень з метою побудови узагальненого показника стану. Необхідність порівняння рівнів напруженості різних функціональних систем організму зумовлює доцільність застосування процедури паспортизації з метою одержання кількісних показників стану здоров'я студента. Основу індивідуального психофізіологічного паспорта складає регресійна модель, яка зв'язує величини порівняння фізіологічних показників з рівнями факторів навантаження, що впливають.

Водночас, одержання оцінок фізіологічного стану характеристик належності пов'язано з процедурою ухвалення рішення про належність показника до одного із класів заданих станів при рішенні

задачі класифікації та порівняння з деяким нормативом у задачі оцінки поточного рівня напруженості. В обох випадках перспективним є застосування адаптивної індивідуальної норми [11], що відображає компенсаторно-приспосувальні можливості студента у визначених умовах діяльності.

Результати оцінювання фізичного здоров'я студентів та порівняльного аналізу, які було отримано в результаті апробації розробленої БТС наведені в табл. 1-4 і на рис. 3.

Таблиця 1. Оцінювання рівнів фізичного здоров'я студентів

№ п/п	Функція рівень фізичного здоров'я	Методика											
		БТС		Експертна оцінка		Медика В.А.		Апанасенка Г.Л.		Шаповалова В.А.		Язловецького В.С., Іванченко В.О.	
		Чол..	Жін	Чол..	Жін	Чол..	Жін	Чол..	Жін	Чол..	Жін	Чол..	Жін
1	низький	5	4	3	5	1	4	5	6	7	7	4	5
2	нижче середнього	9	8	6	7	4	4	7	6	8	10	8	7
3	середній	20	20	19	16	21	18	16	16	15	14	14	15
4	вище середнього	12	14	15	13	18	20	19	18	14	12	14	16
5	високий	9	9	12	14	11	9	8	9	11	12	15	12
	час обстеження, хв	8		11		10		11		12		14	
	Кількість обстежених	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	Колір	зелений		жовтий		червоний		синій					

Слід відзначити (не враховуючі відмінності методик) наступне: а) кожна із них є втіленням ідеї кількісної оцінки стану здоров'я і базується на тих принципах, методах і підходах, які сповідує автор; б) наведені цифри підтверджують наявність кореляції між ними, що свідчить про життєздатність кожної з них; в) кожна з методик забезпечує високу репрезентативність і може бути використана для практичного застосування при проведенні донозологічних і профілактичних обстежень; г) виражена однобічність методик Язловецького В. С. і Іванченка В. О. (тест «Здоров'я») дещо знижує їх ефективність та обмежує можливості практичного застосування.

Таблиця 2. Інтегральна оцінка фізичного здоров'я (чутливість, специфічність точність)

Значення	Всі пацієнти			Жінки			Чоловіки		
	Se	Sp	Ac	Se	Sp	Ac	Se	Sp	Ac
Низький	0.625	0.96078	93.6364	0.6	0.98	94.5455	0.66667	0.94231	92.7273
Нижче середнього	0.84615	0.93814	92.7273	0.85714	0.95833	94.5455	0.83333	0.91837	90.9091
Середній	0.85714	0.86667	86.3636	0.875	0.84615	85.4545	0.84211	0.88889	87.2727
Вище середнього	0.75	0.93902	89.0909	0.84615	0.92857	90.9091	0.66667	0.95	87.2727
Високий	0.61538	0.97619	89.0909	0.57143	0.97561	87.2727	0.66667	0.97674	90.9091
Загальне	0.75455	0.93864	90.1818	0.76364	0.94091	90.5455	0.74545	0.93636	89.8182

Таблиця 3. Інтегральна оцінка фізичного здоров'я (прогностична цінність технології)

Значення	Всі пацієнти		Дівчата		Хлопці	
	PVP	PVN	PVP	PVN	PVP	PVN
Низький	55.5556	97.0297	75	96.0784	40	98
Нижче середнього	64.7059	97.8495	75	97.8723	55.5556	97.8261
Середній	75	92.8571	70	94.2857	80	91.4286
Вище середнього	80.7692	91.6667	78.5714	95.122	83.3333	88.3721
Високий	88.8889	89.1304	88.8889	86.9565	88.8889	91.3043
Загальне	75.4545	93.8636	76.3636	94.0909	74.5455	93.6364

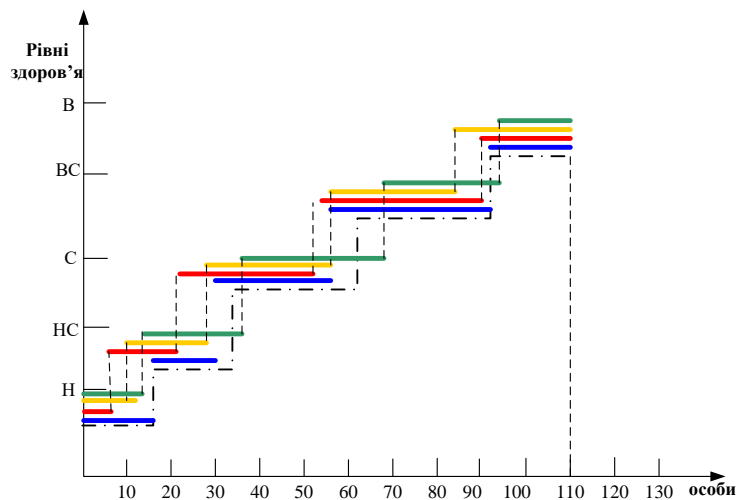


Рисунок 3 – Ефективність оцінювання фізичного здоров'я студентів за різними методиками

З результатів табл. 2 - значення точності відносно низькі для всіх груп пацієнтів, у яких інтегральна оцінка фізичного здоров'я діагностується на рівні «низький» та «високий». В той же час, для рівнів, що знаходяться в середньому діапазоні точність роботи системи становить більше 75%. Для хлопців та дівчат даний параметр приблизно однаковий. Отже, можна стверджувати про високу чутливість та ефективність визначення рівня здоров'я студентів.

Розрахунок специфічності показав практично рівні сумарні значення цього показника для всіх груп досліджуваних (в межах 86-97%). Водночас, найнижче значення стосується середнього рівня інтегральної оцінки, що дозволяє говорити про найменшу надійність підтвердження захворювання. В решті випадків специфічність достатньо висока (вище 90%), що також може приводити до деякого числа пропусків захворювання.

Значення точності розробленої системи також знаходиться в рівному коридорі значень для всіх груп досліджуваних хворих (коридор значень в районі 90%). Можна відмітити лише деяке зменшення цього показника для групи хлопців для рівня «середній» (84%), але в той же час значення параметра залишається високим і дозволяє стверджувати, що кількість правильних результатів, які отримані в ході застосування даної БТС буде високою.

Прогностична цінність позитивного результату в розробленій технології має середнє значення 75%. Підвищення значення даного показника відбувається з підвищенням рівня інтегральної оцінки. При цьому рівні «низький» та «нижче середнього» мають досить невисокі значення. Отже, для низьких рівнів можна говорити про малу ймовірність захворювання при позитивному результаті діагностики.

Таблиця 4. Класифікація діагнозів при оцінюванні адаптаційних можливостей серцево-судинної системи за допомогою ІТ МППР ВСЗС

Значення	Всі учасники				З ІТ	Без ІТ	Дівчата				Хлопці			
					Помилка класифікації									
	TP	FP	TN	FN	-		TP	FP	TN	FN	TP	FP	TN	FN
Низький	13	19	413	3	0,05	0,08	9	9	204	2	4	10	209	1
Нижче середнього	26	16	401	5	0,05	0,08	16	7	198	3	10	9	203	2
Середній	93	17	311	27	0,1	0,14	29	5	181	9	64	12	130	18
Вище середнього	77	19	329	23	0,09	0,12	18	6	194	6	59	13	135	17
Високий	43	9	374	22	0,07	0,1	7	2	206	9	36	7	168	13
	252	80	1828	80	0,07	0,1	79	29	983	29	173	51	845	51
Всього	2240						1120				1120			

Прогностична цінність негативного результату, який свідчить про ймовірність відсутності захворювання при негативному результаті діагностики в нашому випадку висока і не опускається нижче 93%. Загальні значення позитивної прогностичної цінності приблизно рівні.

Оцінювання розробленою системою адаптаційних можливостей серцево-судинної системи полягає у класифікації всіх поставлених діагнозів на групи TP (істинно позитивні результати обстеження); FP (хибно позитивні результати обстеження); TN (істинно негативні результати обстеження); FN (хибно негативні результати обстеження) за категоріями «Дівчата», «Хлопці» та «Всі пацієнти» (табл. 4).

Із таблиці 4 видно, що для варіанту оцінювання адаптивних можливостей серцево-судинної системи: а) значення помилок першого і другого роду співпали, хоча окремо для хлопців і дівчат вони різні; б) відмов від прийняття рішення не було. Зниження хибно-позитивних результатів з 111 (прототип) до 80 студентів (БТС) дозволило попередити проведення непотрібних лікувально-реабілітаційних заходів, а зменшення хибно-негативних діагнозів з 118 до 80 дозволило запобігти несвоєчасному виявленню захворювання.

## ВИСНОВКИ

Специфіка досліджуваного контингенту зумовлює ряд особливостей і складностей, як у виборі найбільш інформативних психофізіологічних показників, так і в розподілі їх вагових коефіцієнтів, нормуванні діапазонів значень тощо. Обов'язковою умовою до методик дослідження є вимога максимально можливої інформативності, точності і достовірності даних, що оброблюються при мінімальній кількості давачів і сенсорів, які реєструють біомедичні сигнали.

Біотехнічна система для визначення і моніторингу стану здоров'я студентів відповідає багаторівневій структурі охорони здоров'я і забезпечує нормативно-встановлену форму організації обміну інформацією, створила умови і можливості для її інтеграції в структуру медичного технологічного процесу забезпечення здоров'я студентів та підвищує ефективність визначення стану їх здоров'я в середньому на 4,3-8,9% у порівнянні з відомими методами.

Оцінювання фізичної працездатності студентів за допомогою модуля з системними характеристиками на рівні процесів, сигналів і показників забезпечило вимір фізіологічних параметрів, які визначають рівні напруженості фізіологічних систем організму та обґрунтувало доцільність і необхідність застосування процедури нормування і ранжування для узгодження розмірностей і діапазонів мінливості фізіологічних показників.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Інформаційна технологія моніторингу, підтримки прийняття рішень та ідентифікації здоров'я студентів / С. В. Тимчик, М. В. Московко, С. М. Злепко, О. Л. Лаугс // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – № 1. – С. 162–166.
2. Попечителей Е. П. Системный анализ медико-биологических исследований. – Саратов: Науч. книга, 2009. – 366 с.
3. Ахутин В. М. Поэтапное моделирование и синтез адаптивных биотехнических и эргатических систем. В кн. Инженерная психология. – М: Наука. - 1977. – С. 149-180.
4. Крачун Г. П. Анализ и моделирование сложных биологических процессов самоорганизации в организме человека / Г. П. Крачун, Н. Г. Леонова // Вестник новых медицинских технологий. - 2011. - № 1. – С. 1-6.
5. Падерно П. И., Попечителей Е. П. Надежность и эргономика биотехнических систем. – СПб. : ООО «Техномедиа», изд-во «Элмор». - 2007. – 315 с.
6. Общая характеристика и классификация функциональных резервов организма. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://bookwu.net/book\\_adaptaciya\\_854/](http://bookwu.net/book_adaptaciya_854/).
7. Маталыгина О. А. О диагностике функциональных резервов организма / О. А. Маталыгина // Вестник С-Пб медицинской академии после дипломного образования. - 2009. - №2. - С. 42-48.
8. Косолапов А. Б., Лофицкая В. А. Проблемы изучения и развития здоровья студентов. – Владивосток: ДВГАЭУ, 2002. – 154 с.
9. Толковый словарь русского языка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vedu.ru/expdic/>.
10. Большой энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vedu.ru/bigenedic/>.
11. Трахтенберг И. М., Поляков И. М. Здоровье, «норма» и трудоспособность человека в возрастном аспекте. / И. М. Трахтенберг, И. М. Поляков // Журнал практичного лікаря: спеціалізоване інформаційне видання. - 2007. - №5. - С. 66-69.
12. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
13. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
14. Оптико-електронні засоби діагностування периферичного кровообігу з підвищеною достовірністю (Монографія) / [Павлов С. В., Козловська Т. І., Василенко В. Б.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 140 с.
15. Фізичні основи біомедичної оптики (Монографія) / [Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Колісник П. Ф. Козловська Т. І., Думенко В. П.] – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 155 с.

**REFERENCES**

1. Informatsiina tekhnolohiia monitorynhu, pidtrymky pryiniattia rishen ta identyfikatsii zdorovia studentiv / S. V. Tymchuk, M. V. Moskovko, S. M. Zlepko, O. L. Lauhs // Vymiriivalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. – 2015. – № 1. – S. 162–166.
2. Popezhitelev E. P. Sistemnyj analiz mediko-biologicheskikh issledovanij. – Saratov: Nauch. kniga, 2009. – 366 s.
3. Ahutin V. M. Poetapnoe modelirovanie i sintez adaptivnyh biotekhnicheskikh i ergaticheskikh sistem. V kn. Inzhenernaya psihologiya. – M: Nauka. - 1977. – S. 149-180.
4. Krachun G. P. Analiz i modelirovanie slozhnyh biologicheskikh processov samoorganizacii v organizme cheloveka / G. P. Krachun, N. G. Leonova // Vestnik novyh medicinskih tehnologij. - 2011. - № 1. – S. 1-6.
5. Paderno P. I., Popezhitelev E. P. Nadezhnost' i ergonomika biotekhnicheskikh sistem. – SPb. : ООО «Tehnomedia», izd-vo «Elmor». - 2007. – 315 s.
6. Obshchaya harakteristika i klassifikaciya funkcional'nyh rezervov organizma. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://bookwu.net/book\\_adaptaciya\\_854/](http://bookwu.net/book_adaptaciya_854/).



7. Matalygina O. A. O diagnostike funkcional'nyh rezervov organizma / O. A. Matalygina // Vestnik S-Pb medicinskoj akademii posle diplomnogo obrazovaniya. - 2009. - №2. - S. 42-48.
8. Kosolapov A. B., Lofickaya V. A. Problemy izucheniya i razvitiya zdorov'ya studentov. – Vladivostok: DVGAEU, 2002. – 154 s.
9. Tolkovyj slovar' russkogo yazyka [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.vedu.ru/expdic/>.
10. Bol'shoj enciklopedicheskij slovar' [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.vedu.ru/bigenedic/>.
11. Trahtenberg I. M., Polyakov I. M. Zdorov'e, «norma» i trudosposobnost' cheloveka v vozrastnom aspekte. / I. M. Trahtenberg, I. M. Polyakov // ZHurnal praktichnogo likarya: specializovane informacijne vidannya. - 2007. - №5. - S. 66-69.
12. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages.
13. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
14. Opto-electronic means of diagnosing peripheral circulation with high accuracy (Monograph) / [Pavlov SV, Kozlovskaya TI, Vasilenko VB] - Vinnitsa: VNTU, 2014. - 140 p.
15. Physical basis of biomedical optics (Monograph) / [Pavlov SV, Kozhem'ako VP, Kolesnik PF Kozlovskaya. I., Dumenko VP] - Vinnitsa: VNTU, 2010. - 155 p.

Надійшла в редакцію: 06.08.2019р.

**ТИМЧИК СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ – к.т.н., доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна**