«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з наукової роботи
Національного аерокосмічного університету
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»
д.т.н., с.н.с.

_____ Павліков В.В.

« 17 » грудня 2019 р.

Витяг

з протоколу № 1 засідання фахового семінару за спеціальністю «Комп'ютерні науки» кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» від «12» грудня 2019 р.

Присутні: Голова засідання – к.т.н., професор кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Орєхов О.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Харченко В.С., д.т.н., професор, завідувачка кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Висоцька О.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення Туркін І.Б., д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Федорович О.Є., д.т.н., доцент, завідувач кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту Чухрай А.Г., д.т.н., професор, професор кафедри систем управління літальними апаратами Барсов В.І., професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Конорєв Б.М., д.т.н., професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Шостак І.В., к.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Коробков М.Г., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Узун Д.Д., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Пєвнєв В.Я., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Морозова О.І., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Лисенко І.В., к.т.н.,

доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Піскачов О.І., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Шостак А.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Колісник М.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Фесенко Г.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Ілляшенко О.О., к.т.н., доцент, професор кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Куліш С.М., к.т.н., доцент, професор кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Бабаков М.Ф., к.т.н., доцент, професор кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Олійник В.П., к.т.н., доцент, доцент кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Довнар О.Й., к.т.н., доцент, доцент кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Порван А.П., к.т.н., доцент, доцент кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Печерська А.І., к.т.н., ст. викладач кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Страшненко Г.М., доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Галькевич О.О., ст. викладач кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Холодна З.Б., ст. викладач кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Желтухін О.В., асистент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Тецький А.Г., аспірантка кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Мерлак В.Ю., аспірант кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Вамболь О.С., аспірант кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Аль-Хафаджі А.В., аспірант кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Фролов О.В., аспірант кафедри інформаційно-комунікаційних технологій Рубель О.С.

Серед присутніх 8 докторів технічних наук в галузі інформаційних технологій.

Порядок денний: апробація дисертаційної роботи аспірантки кафедри компютерних систем, мереж і кібербезпеки Стрєлкіної Анастасії Андріївни на тему «Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності

медичних систем на основі Інтернету речей», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Науковий керівник:

Узун Дмитро Дмитрович – к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки.

Рецензенти:

Шостак Ігор Володимирович – д.т.н., професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення.

Чухрай Андрій Григорович – д.т.н., доцент, завідувач кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту.

Слухали:

1. Головуючого на засіданні, к.т.н., професора кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Орєхова О.О. про порядок денний семінару та дані про здобувача.

2. Доповідь Стрєлкіної Анастасії Андріївни про дисертаційну роботу на тему «Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Тему дисертації затверджено Вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», протокол № 4 від 26.10.2016 р. та перезатверджено протоколом № 3 від 16.10.2019 р.

Стрєлкіна Анастасія Андріївна протягом 20 хвилин доповіла основні положення та результати дисертаційної роботи, які було проілюстровано на 25 плакатах.

3. Відповіді здобувача на питання присутніх з метою роз'яснення окремих положень та висновків дисертаційної роботи.

Було задано 10 запитань. Питання задали: д.т.н., професор Федорович О.Є., к.т.н., доцент Довнар О.Й., д.т.н, професор Барсов В.І., д.т.н., професор Конорєв Б.М., д.т.н., доцент Чухрай А.Г., д.т.н., професор Шостак І.В., к.т.н., доцент Порван А.П., к.т.н., доцент Шостак А.В.

4. Наукового керівника доцента кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки к.т.н., доцента, Узуна Д.Д., який надав відомості щодо основних моментів з трудової та наукової діяльності та навчання Стрєлкіної А.А. в аспірантурі. В своєму виступі він зазначив, що Стрєлкіна А.А. сумлінно відноситься до своїх службових обов'язків та роботи над дисертацією.

5. Виступи рецензентів.

Рецензент, д.т.н., доцент Чухрай А.Г. відмітив, що підготував висновок на 7 сторінках і зачитав його. Додав коментар, що дисертаційна робота Стрєлкіної А.А. є завершеною науковою роботою, яка містить нові і цікаві результати, а також усі результати, які виносяться на захист є достовірними та отриманими авторкою особисто. Рецензент відмітив кілька недоліків роботи, які не знижують загальне позитивне враження від дисертації і не впливають на висновок. Давши в цілому позитивну оцінку, Чухрай А.Г. рекомендував до захисту дисертацію «Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей» у разовій спеціалізованій раді на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки (напрям 12 Інформаційні технології).

Рецензент, д.т.н., професор Шостак І.В. у виступі сказав, що підготував висновок на 4 сторінках і зачитав його. Позитивно оцінив дисертаційну роботу, відзначив, що вона містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати в галузі інформаційних технологій та комп'ютерних наук, які у сукупності забезпечують розв'язання актуальної задачі, яка полягає в удосконаленні моделей і методів оцінювання та забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем, з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонент, а також процедур функціонування медичних пристроїв. Також Шостак І.В. зауважив, що при вивченні рукопису їм не було встановлено фактів

партнерів та IT-служб, намагаються знайти та надати ефективні рішення щодо моніторингу та контролю стану здоров'я людей. Сучасні апаратні, програмні та мережеві технології, зокрема, що базуються на хмарних сервісах та Інтернеті речей суттєво змінилися і інтегрувалися; прийняття рішень щодо діагностування, лікування і догляду за пацієнтами суттєво ускладнюються, засоби і відповідні системи стають все більш вразливими і потребують відповідної модельної, методичної та технічної підтримки. Щоб залишатися на ринку, компанії та організації, пов'язані з охороною здоров'я та медициною, зосереджуються більше на окремих цілях – компанії на продажі продукції, організації з надання медичної допомоги на наданні послуг за необхідною ціною тощо.

Варто також зазначити, що медична IoT система є системою з особливими вимогами до безпеки. Для таких систем характерна велика кількість відмов через динамічність, багатокомпонентність та багаторівневість. Під час використання мережевих медичних пристроїв можуть виникнути наступні проблеми:

– випадкові відмови (неможливість функціонувати, експлуатувати систему);

– приватність (зібрані особисті дані пацієнта);

– навмисне порушення функціонування (медичні IoT системи можуть мати безліч вразливостей, які можуть експлуатувати зловмисники; атаки зловмисного програмного забезпечення можуть пошкодити всю систему, атакуючи лише один пристрій, наприклад, інсулінову помпу).

Таким чином, із усіма перевагами використання медичних IoT систем, зростають ризики кібербезпеки, функціональної безпеки та надійності. Ці властивості повинні розглядатися більш широко, не як поодинокі, а як комплексне поняття – гарантоздатність. Оцінювання та забезпечення гарантоздатності критичних систем, до яких відносяться і медичні системи, є відносно трудомістким і складним процесом. Існуючі моделі і методи проведення такого оцінювання та забезпечення недостатньо формалізовані, не відповідають сучасним моделям оцінювання та забезпечення гарантоздатності, не мають інструментальних засобів підтримки оцінювання і забезпечення гарантоздатності, а також не враховують специфічних особливостей медичної галузі. У зв'язку з цим існує необхідність в

текстових запозичень, що не мають посилань на відповідні джерела. Шостак І.В. рекомендував до захисту дисертаційну роботу Стрєлкіної А.А. у разовій спеціалізованій раді на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Під час обговорення дисертаційної роботи Стрєлкіної А.А. виступили: к.т.н., професор Орєхов О.О., д.т.н., доцент Чухрай А.Г., д.т.н., професор Шостак І.В., д.т.н., професор Федорович О.Є., к.т.н., доцент Довнар О.Й., д.т.н., професор Харченко В.С., д.т.н., професор Висоцька О.В.

У результаті обговорення дисертаційної роботи Стрєлкіної Анастасії Андріївни голова семінару, рецензенти, а також учасники семінару відзначили обґрунтованість теми, новизну основних результатів дисертаційної роботи, їхню апробацію та практичне значення і зробили такий висновок:

Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Стрєлкіної А.А. на тему «Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей» на здобуття наукового ступеня доктора філософії галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

Актуальність теми дослідження. Інтернет речей (IoT) є однією з найперспективніших технологій сучасності, яка працює з різними типами мережевих пристроїв, які відстежують, збирають та обробляють дані, надсилаючи їх у приватні або загальнодоступні хмарні сховища.

Одними із головних проблем сучасного суспільства є серцево-судинні захворювання і хвороби ендокринної системи. Через поширеності таких захворювань, як (перелік не обмежується) діабет, нестабільність артеріального тиску і частоти серцевих скорочень, а також ниркової недостатності, протягом останніх десятиліть в галузі охорони здоров'я (в тому числі пункти надання медичної допомоги, страхові компанії тощо), клінічної підтримки, і пов'язаних з нею бізнес-

удосконаленні моделей і методів оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей, з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонент, процедур функціонування медичного пристрою.

Для зменшення проблеми наслідків динамічності, багатокомпонентності та багаторівневості в деяких випадках слід використовувати фрагментарність моделей, що розробляються для опису повторних частин моделей, які мають схожу структуру і відрізняються лише значеннями деяких параметрів. Це стосується фрагментарності, спричиненої зміною дефектів розробки та кількості атакованих вразливостей та відповідних показників відмов.

Таким чином, актуальним науковим завданням є розроблення моделей та методів інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонентів, а також процедур функціонування медичного пристрою.

Мета і завдання дослідження відповідно до предмета та об'єкта дослідження. Об'єкт дослідження – процеси забезпечення і оцінювання функціонування та безпеки медичних систем на основі Інтернету речей.

Предмет дослідження – моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей.

Метою дисертаційного дослідження є підвищення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей базуючись на розробці та практичному застосуванні моделей та методів інформаційної технології для медичних систем.

Для досягнення поставленої мети авторкою було вирішено наступні задачі:

– проведено аналіз існуючих національних і міжнародних стандартів, нормативних документів, моделей, методів оцінки і забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем;

– розроблено комплекс моделей оцінювання гарантоздатності медичних IoT систем;

– розроблено модель функціональної поведінки медичного IoT пристрою;

– удосконалено метод забезпечення кібербезпеки медичної IoT системи від кібератак;

– удосконалено метод кейс-орієнтованої оцінки гарантоздатності медичних IoT систем;

– розроблено програмні засоби та елементи інформаційної технології оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем;

– виконано практичне впровадження отриманих результатів при оцінюванні та забезпеченні гарантоздатності медичних IoT систем.

Наукові положення, розроблені особисто дисертантом та їх новизна. Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

1) удосконалено комплекс моделей оцінювання гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей шляхом врахування різних функціональних станів, типів відмов та кібератак, що дає змогу розраховувати показники готовності, функціональної безпеки, кібербезпеки, визначати їх залежність від параметрів медичних мобільних пристроїв та хмарного середовища;

2) вперше одержано модель функціональної поведінки медичного пристрою, яка, на відміну від відомих, враховує різні закони розподілу часу між заявками на обслуговування, а також різні типи відмов за рівнем критичності, що дозволяє визначити вплив показників медичного пристрою на готовність та гарантоздатність в цілому;

3) набув подальшого розвитку метод забезпечення кібербезпеки медичних систем на основі Інтернету речей шляхом вибору контрзаходів з використанням теорії матричних ігор, що дозволяє вибирати за максіміним критерієм множину засобів захисту;

4) удосконалено метод кейс-орієнтованої оцінки кібербезпеки медичних систем на основі Інтернету речей за рахунок формування профільоутворюючої бази стандартів та функціональних вимог, а також процедури вибору інструментів оцінювання, що дозволяє підвищити повноту оцінювання.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Усі результати науково обґрунтовані, при

вирішенні наукових задач використовувалися такі методи: методи системного аналізу, методи теоретико-множинного опису, теорії ймовірностей, апарат теорії марковських процесів, числові методи розв'язання лінійних систем диференційних рівнянь – при розробленні комплексу моделей оцінювання гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей; технології аналітичного моделювання алгоритмів поведінки відмовостійких систем – при розробленні моделі функціональної поведінки медичного пристрою; методи математичного моделювання і теорії оптимізації, теорії ігор – при розробці методу забезпечення кібербезпеки медичних систем на основі Інтернету речей; методи ризик-аналізу – при розробці методу кейс-орієнтованої оцінки гарантоздатності медичних IoT систем; методи об'єктно-орієнтованого програмування – при розробленні інструментальних засобів для отримання аналітичної моделі розподілу міжнародних стандартів та нормативних документів та для допомоги в прийнятті рішення щодо вибору оптимальних варіантів забезпечення кібербезпеки для всього діапазону атак медичних систем; методи функціонального моделювання – при розробленні інформаційної технології підтримки оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей.

Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором. Основні результати дисертації опубліковані у 17 наукових працях, серед яких 2 глави в колективних англомовних монографіях (Springer, River Publishers), які включено до бази даних Scopus, 5 статей у наукових фахових журналах та збірниках наукових праць, у томі числі 1 стаття, яку опубліковано у періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до Європейського Союзу, 6 публікацій в працях англомовних конференцій, матеріали яких включено до бази даних Scopus і Web of Science, 4 публікацій у матеріалах (тезах і доповідях) наукових конференцій:

1. A. Strielkina, D. Uzun, V. Kharchenko and A. Tetskyi, "Modeling and Availability Assessment of Mobile Healthcare IoT Using Tree Analysis and Queueing Theory", in *Dependable IoT for Human and Industry: Modeling, Architecting, Implementation*, River Publishers, 2018, pp. 105-126.

2. A. Strielkina, V. Kharchenko and D. Uzun, "Availability Models of the Healthcare Internet of Things System Taking into Account Countermeasures Selection", *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications*, vol 1007, pp. 220-242, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-13929-2_11.

3. A. Strielkina, A. Tetskyi A., B. Selin, O. Solovyov, D. Uzun, "Service for Vulnerabilities Analysis and Security Assessment of Open Source Systems", *CERes Journal*, Volume 1, Issue 2, pp. 53-64, 2015.

4. А. А. Стрєлкіна, Д. Д. Узун, "Забезпечення кібербезпеки медичних систем: виклики і рішення в контексті Інтернету речей", *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*, № 1, с. 44–50, 2017.

5. А. С. Андрійчук, А. А. Стрєлкіна, "Розроблення моделі керування доступом до приватної медичної інформації", *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*, № 2, с. 26–32, 2018.

6. Д. Э. Ляхов, А. А. Стрелкина, Д. Д. Узун, "Анализ методов и средств оценивания и обеспечения кибербезопасности IoT системы", *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр.*, Харьков, вып. 80, с. 182-193, 2018.

7. А. А. Стрєлкіна, "Інформаційна технологія оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем", *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*, №. 3(91), с. 48-54, 2019.

8. A. Strielkina and D. Uzun, "Researching the Applicability of Mathematical Approaches for Modeling Cyber Security Processes", *PhD Symposium at 13th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications ICTERI 2018 co-located with 14th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2017)*, pp. 29-35, 2017.

9. A. Strielkina, D. Uzun and V. Kharchenko, "Modelling of healthcare IoT using the queueing theory", *2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, pp. 849-852, 2017. DOI: 10.1109/idaacs.2017.8095207.

10. A. Streilkina, V. Kharchenko and D. Uzun, "A Markov Model of Healthcare Internet of Things System Considering Failures of Components", *14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*, p. 14, 2018.

11. A. Strielkina, O. Illiashenko, M. Zhydenko and D. Uzun, "Cybersecurity of healthcare IoT-based systems: Regulation and case-oriented assessment", *2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, pp. 67-73, 2018. DOI: 10.1109/dessert.2018.8409101.

12. A. Strielkina, S. Volochiy and V. Kharchenko, "Discrete-Continuous Stochastic Model of Insulin Pump Functioning for Health IoT System Using Erlang Phase Method", *5th International Workshop on Theory of Reliability and Markov Modeling for Information Technologies (TheRMIT 2019)*, pp. 794-809, 2019.

13. A. Strielkina, B. Volochiy and V. Kharchenko, "Model of Functional Behavior of Healthcare Internet of Things Device", *2019 10th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, pp. 63-69, 2019. DOI: 10.1109/dessert.2019.8770020.

14. А. А. Стрелкина, "Исследование подходов к обеспечению кибербезопасности медицинских систем в контексте интернета вещей", *Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2016*, Харків: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", Том 2, с.286-287, 2016.

15. М. О. Жиденко, А. А. Стрєлкіна, "Дослідження нормативних документів щодо ризиків кібербезпеки медичних пристроїв", *Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми науково-технічного та правового забезпечення кібербезпеки у сучасному світі»*, с. 94, 2017.

16. А. А. Стрєлкіна, А. Г. Тецький, О. А. Ілляшенко, "Аналіз можливостей використання вільного програмного забезпечення R для задач моделювання", *Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017*, Харків: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", Том 2, с.233, 2017.

17. А. А. Стрєлкіна, "Розроблення моделей готовності IoT систем в галузі охорони здоров'я", *Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2018*, Харків: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", Том 2, с.197, 2018.

Праці [7, 14, 17] опубліковано без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: аналіз стану розвитку сфери медичного IoT, існуючих проблем і нормативної бази [4], аналіз ризиків медичних IoT систем [15], аналіз вимог нормативних документів щодо забезпечення кібербезпеки медичних систем [5], аналіз проблем забезпечення і оцінювання кібербезпеки медичних систем [6], аналіз можливостей застосування марковських моделей і методів теорії ігор для оцінювання кібербезпеки [8], аналіз можливостей програмного забезпечення R для моделювання марковських процесів [16], комплекс моделей оцінювання гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей, марковські моделі оцінювання готовності медичних IoT систем і метод забезпечення кібербезпеки медичних систем на основі Інтернету речей шляхом вибору контрзаходів з використанням теорії матричних ігор [2, 3], моделі готовності медичних систем, що базуються на системах масового обслуговування [1, 9], моделі готовності з урахуванням відмов медичних IoT систем [10], метод кейс-орієнтованої оцінки кібербезпеки МС на основі Інтернету речей за рахунок формування профільоутворюючої бази стандартів та функціональних вимог [11], структурно-автоматна модель функціонування інсулінової помпи [13], а також використовуючи закон розподілу Ерланга [12].

Результати дисертації опубліковано в повному обсязі.

Апробація дисертації. Апробацію основних положень, ідей, висновків дисертаційної роботи проведено на міжгалузевому науково-технічному семінарі «Критичні комп'ютерні технології та системи» на кафедрі комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки у Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». Наукові результати роботи доповідалися також на:

– міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми науково-технічного та правового забезпечення кібербезпеки у сучасному світі (ПНПЗК-2017)» (м. Харків, 2017 р.);

– міжнародній конференції з інформаційно-комунікаційних технологій у галузі освіти, досліджень та промислових застосувань «ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI)» (м. Київ, 2017-18 рр., м. Херсон, 2019 р.);

– міжнародній конференції з інтелектуального збору даних та сучасних обчислювальних систем «Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)» (м. Бухарест, Румунія, 2017 р.);

– міжнародній науково-технічній конференції «Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)» (м. Київ, 2018 р., м. Лідс, Велика Британія, 2019 р.);

– науково-технічній конференції «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні» (м. Харків, 2016-18 рр.).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, результати яких викладено в дисертації, виконано на кафедрі комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» в рамках виконання науково-дослідних робіт за держбюджетною темою "Методи, програмно-апаратні засоби та інформаційні технології розроблення і модернізації гарантоздатних комп'ютерних систем, мереж та IT-інфраструктур" (ДР №0117U005349) та міжнародних проектів TEMPUS-SEREIN і ERASMUS+ - ALIOT.

Роль автора в НДР і проектах, в яких вона є безпосереднім виконавцем, полягає у розробленні моделей, методів інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних положень дисертації до конкретних алгоритмів, рекомендацій та безпосередньому використанні на підприємстві. Були розроблені методики та інструментальні засоби «IoHTStandard» і «GTC», які є безпосередньо частиною прикладної інформаційної технології оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету

речей. В свою чергу, це дозволило підвищити повноту оцінювання гарантоздатності такого роду систем. Результати дисертаційної роботи впроваджено:

– у ТОВ «ХАІ-МЕДИКА» (акт впровадження від 10.09.2019 р.) при проектуванні систем телемедицини першого рівня і моделюванні поведінки медичних систем і оцінюванні гарантоздатності;

– при виконанні держбюджетного проекту кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки "Методи, програмно-апаратні засоби та інформаційні технології розроблення і модернізації гарантоздатних комп'ютерних систем, мереж та IT-інфраструктур", ДР №0117U005349 (акт впровадження від 04.09.2019 р.);

– у навчальному процесі Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» та виконанні міжнародних проектів за програмами TEMPUS і ERASMUS+ (акт впровадження від 04.09.2019 р.).

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації. Дисертацію написано грамотною українською мовою. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечує легкість і доступність їх сприйняття. Дисертацію оформлено за вимогами, передбаченими Наказом МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Дотримання академічної доброчесності. Роботу Стрєлкіної А.А. перевірено на плагіат програмним засобом «Advego Plagiatus». Рівень оригінальності становить: Розділ 1 – 97%, Розділ 2 – 100%, Розділ 3 – 100%, Розділ 4 – 83%. Визначено, що наявні окремі співпадіння з власними публікаціями, термінологією, посиланнями на літературу та нормативними документами, а також загальновживаними фразами.

Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона захищається. За змістом дисертаційна робота Стрєлкіної А.А. повністю відповідає спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Рекомендація дисертації до захисту. Робота Стрєлкіної А.А. «Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей» відповідає вимогам передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова

Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167) та може бути представлена у разовій спеціалізованій вченій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

З урахуванням викладеного, на фаховому семінарі винесена пропозиція поставити на голосування три питання:

1. Ухвалити в цілому наукову доповідь здобувача Стрєлкіної А.А.

2. Враховуючи наукову новизну отриманих результатів дисертаційної роботи, їх практичне значення, високий науковий і практичний рівень виконаних досліджень, рекомендувати дисертаційну роботу Стрєлкіної А.А. до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

3. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Стрєлкіної А.А.

Відбулося відкрите голосування.

Результати відкритого голосування:

Перше питання – «за» – 35, «проти» – немає, «утримались» – немає.

Друге питання – «за» – 35, «проти» – немає, «утримались» – немає.

Третє питання – «за» – 35, «проти» – немає, «утримались» – немає.

Рецензент, д.т.н., професор І.В. Шостак

Рецензент, д.т.н., доцент А.Г. Чухрай

Голова фахового семінару, к.т.н., професор О.О. Орєхов

Секретар фахового семінару,
старший викладач З.Б. Холодна

Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Стрєлкіної А.А. «Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей»

Актуальність теми дослідження та її зв'язок з планами наукових робіт університету. Актуальність теми роботи визначається тим, що Інтернет речей (IoT) є однією з передових технологій в теперішній час. Серед найважливіших сфер його застосувань особливе місце посідає сфера охорони здоров'я. Мережеві медичні пристрої вже набувають все більшого поширення і за попередніми прогнозами до 2022 року їх ринок становитиме близько 410 мільярдів доларів.

Медична IoT система є системою з особливими вимогами до безпеки. Під час використання мережевих медичних пристроїв можуть виникнути наступні проблеми: випадкові відмови, приватність, навмисне порушення функціонування. Таким чином, зростають ризики кібербезпеки, функціональної безпеки та надійності. Ці властивості повинні розглядатися як комплексне поняття – гарантоздатність. Оцінювання та забезпечення гарантоздатності медичних систем (МС) є складним процесом. Існуючі моделі і методи проведення такого оцінювання та забезпечення недостатньо формалізовані, не мають інструментальних засобів підтримки оцінювання і забезпечення гарантоздатності, а також не враховують специфічних особливостей медичної галузі. У зв'язку з цим існує необхідність в удосконаленні моделей і методів оцінювання і забезпечення гарантоздатності МС на основі Інтернету речей з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонент. Таким чином, актуальним науковим завданням є розроблення моделей та методів інформаційної технології забезпечення гарантоздатності МС на основі Інтернету речей з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонентів, а також процедур функціонування медичного пристрою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано на кафедрі комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» в рамках виконання науково-дослідних робіт за держбюджетною темою "Методи, програмно-апаратні засоби та інформаційні технології розроблення і модернізації гарантоздатних комп'ютерних систем, мереж та IT-інфраструктур" (ДР №0117U005349) та міжнародних проектів TEMPUS – SEREIN і ERASMUS+ – ALIOT.

Формулювання наукової задачі, нове вирішення якої одержане в дисертації. Науковою задачею дисертаційного дослідження є розроблення моделей та методів інформаційної технології забезпечення гарантоздатності МС на основі Інтернету речей з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонент, а також процедур функціонування медичного пристрою. Декомпозиція задачі включає ряд часткових наукових і прикладних завдань, які необхідно вирішити, а саме: 1. Провести аналіз існуючих національних і міжнародних стандартів, моделей, та методів та інструментальних засобів оцінки гарантоздатності медичних IoT систем. 2. Розробити комплекс моделей оцінювання гарантоздатності медичних IoT систем. 3. Розробити модель функціональної поведінки медичного IoT пристрою. 4. Удосконалити метод забезпечення кібербезпеки медичної IoT системи від кібератак. 5. Удосконалити метод кейс-орієнтованої оцінки гарантоздатності медичних IoT систем. 6. Розробити програмні засоби та елементи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем. 7. Виконати практичне впровадження отриманих результатів при оцінюванні та забезпеченні гарантоздатності медичних IoT систем.

Наукова новизна одержаних автором результатів. До наукової новизни слід віднести: 1) удосконалено комплекс моделей оцінювання гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей шляхом врахування різних функціональних станів, типів відмов та кібератак, що дозволяє розраховувати показники готовності, функціональної безпеки,

кібербезпеки, визначати їх залежність від параметрів медичних мобільних пристроїв та хмарного середовища; 2) вперше одержано модель функціональної поведінки медичного пристрою, яка, на відміну від відомих, враховує різні закони розподілу часу між заявками на обслуговування, а також різні типи відмов за рівнем критичності, що дозволяє визначити вплив показників медичного пристрою на готовність та гарантоздатність в цілому; 3) набув подальшого розвитку метод забезпечення кібербезпеки медичних систем на основі Інтернету речей шляхом вибору контрзаходів з використанням теорії матричних ігор, що дозволяє вибирати за максіміним критерієм множину засобів захисту; 4) удосконалено метод кейс-орієнтованої оцінки кібербезпеки медичних систем на основі Інтернету речей за рахунок формування профільоутворюючої бази стандартів та функціональних вимог, а також процедури вибору інструментів оцінювання, що дозволяє підвищити повноту оцінювання.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в доведенні теоретичних положень дисертації до конкретних алгоритмів, рекомендацій та безпосередньому використанні на підприємстві. Були розроблені методики та інструментальні засоби, які є безпосередньо частиною прикладної інформаційної технології оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей, що, в свою чергу, дозволило підвищити повноту оцінювання гарантоздатності такого роду систем. Результати дисертаційної роботи впроваджено у: ТОВ «ХАІ-МЕДИКА» (акт впровадження від 10.09.2019 р.) при проектуванні систем телемедицини першого рівня і моделюванні поведінки медичних систем і оцінюванні гарантоздатності; при виконанні держбюджетного проекту кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки "Методи, програмно-апаратні засоби та інформаційні технології розроблення і модернізації гарантоздатних комп'ютерних систем, мереж та IT-інфраструктур", ДР №0117U005349 (акт впровадження від 04.09.2019 р.); у навчальному процесі Національного аерокосмічного університету

ім. М.Є. Жуковського «XAI» та виконанні міжнародних проектів за програмами TEMPUS і ERASMUS+ (акт впровадження від 04.09.2019 р.).

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Обґрунтованість та достовірність доведена коректними постановками задач, правильним використанням методів системного аналізу, методів теоретико-множинного опису, теорії ймовірностей, апарату теорії марковських процесів, числових методів розв'язання лінійних систем диференційних рівнянь (СДР); технології аналітичного моделювання алгоритмів поведінки відмовостійких систем, методів математичного моделювання і теорії оптимізації, теорії ігор, методів ризик-аналізу, методів об'єктно-орієнтованого програмування; методів функціонального моделювання тощо.

Особистий внесок здобувача. Всі основні наукові положення, результати, висновки і рекомендації дисертаційної роботи отримані автором особисто. Основні результати дисертації опубліковані у 17 наукових працях, серед яких 2 глави в колективних англомовних монографіях (Springer, River Publishers), які включено до бази даних Scopus, 5 статей у наукових фахових журналах та збірниках наукових праць, у томі числі 1 стаття, яку опубліковано у періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до Європейського Союзу, 6 публікацій в працях англомовних конференцій, матеріали яких включено до бази даних Scopus і Web of Science, 4 публікацій у матеріалах (тезах і доповідях) наукових конференцій. Праці [7, 14, 17] опубліковано без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: аналіз стану розвитку сфери медичного IoT, існуючих проблем і нормативної бази [4], аналіз ризиків медичних IoT систем [15], аналіз вимог нормативних документів щодо забезпечення кібербезпеки медичних систем [5], аналіз проблем забезпечення і оцінювання кібербезпеки медичних систем [6], аналіз можливостей застосування марковських моделей і методів теорії ігор для оцінювання кібербезпеки [8], аналіз можливостей програмного забезпечення R для моделювання марковських процесів [16],

комплекс моделей оцінювання гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей, марковські моделі оцінювання готовності медичних IoT систем і метод забезпечення кібербезпеки медичних систем на основі Інтернету речей шляхом вибору контрзаходів з використанням теорії матричних ігор [2, 3], моделі готовності медичних систем, що базуються на системах масового обслуговування [1, 9], моделі готовності з урахуванням відмов медичних IoT систем [10], метод кейсорієнтованої оцінки кібербезпеки МС на основі Інтернету речей за рахунок формування профільоутворюючої бази стандартів та функціональних вимог [11], структурно-автоматна модель функціонування інсулінової помпи [13], а також використовуючи закон розподілу Ерланга [12].

Апробація матеріалів дисертації. Апробацію основних положень, ідей, висновків дисертаційної роботи проведено на міжгалузевому науково-технічному семінарі «Критичні комп'ютерні технології та системи» на кафедрі комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки у Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». Наукові результати роботи доповідалися також на: – міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми науково-технічного та правового забезпечення кібербезпеки у сучасному світі (ПНПЗК-2017)» (м. Харків, 2017 р.); – міжнародній конференції з інформаційно-комунікаційних технологій у галузі освіти, досліджень та промислових застосувань «ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI)» (м. Київ, 2017-18 рр., м. Херсон, 2019 р.); – міжнародній конференції з інтелектуального збору даних та сучасних обчислювальних систем «Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)» (м. Бухарест, Румунія, 2017 р.); – міжнародній науково-технічній конференції «Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)» (м. Київ, 2018 р., м. Лідс, Велика Британія, 2019 р.); – науково-технічній конференції «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні» (м. Харків, 2016-18 рр.).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи становить 301 сторінок друкованого тексту, з них анотація – на 6 стор., зміст – на 4 стор., перелік умовних скорочень – на 1 стор., основний текст – на 146 стор., список із 152 використаних джерел – на 15 стор., додатки – на 128 стор. Дисертація містить 69 рисунків, з яких 1 на 1 окремій сторінці, та 24 таблиць, з яких 6 на 7 окремих сторінках.

Недоліки.

1) На рис.1.2. стор. 22 наведено не всі ознаки класифікації;
2) Не доведено повноту видів відмов на рис. 2.18., стор.76;
3) На стор. 83 описано, що дослідження системи диференційних рівнянь для моделювання відмов медичної IoT інфраструктури зроблено в середовищі R. Але не зрозуміло, як це середовище вписується в загальну архітектуру системи;
4) В загалом, висока складність математичних моделей обумовлює необхідність дуже ретельних їх верифікації і тестування побудованих на їх основі алгоритмів як складової частини інформаційної технології.

Але ці недоліки не знижують загальне позитивне враження від дисертації.

Загальний висновок. Таким чином, дисертаційна робота Стрєлкіної А.А. є завершеною науковою роботою, яка містить нові і цікаві результати. Усі результати, які виносяться на захист є достовірними та отриманими авторкою особисто. Вважаю, що робота «Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей» відповідає всім вимогам наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», а також відповідає вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України № 167 від 6.03.2019 р.), а її

авторка, Стрєлкіна Анастасія Андріївна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Рецензент:
д.т.н., доцент, завідувач кафедри
математичного моделювання та штучного інтелекту
Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут» А. Г. Чухрай

Підпис Чухрая ЗАВІРЯЮ
Учений секретар ХАІ
Чмихун С.Є.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Стрєлкіної Анастасії Андріївни

«Моделі та методи інформаційної технології забезпечення гарантоздатності медичних систем на основі інтернету речей», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 12 Інформаційні технології» за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

На даний час значного поширення набули інформаційні системи, що базуються на технології інтернету речей (IoT). IoT системи мають значні переваги у порівнянні із тими, що побудовані з використанням традиційних засобів, але ж їх впровадження та експлуатація породжують низку проблем, пов'язаних із забезпеченням належного рівня кібербезпеки, функціональної безпеки та надійності. Зазначені проблеми вельми актуальні для систем критичного застосування, зокрема медичних IoT систем, оскільки в процесі їх експлуатації виникає значна кількість відмов через динамічність, багатокомпонентність та багаторівневість. Конструктивним шляхом зниження ризиків в даному випадку є аналіз процесу експлуатації таких систем в аспекті гарантоздатності. Варто зазначити, що ефективність експлуатації медичних IoT систем, серед інших систем критичного застосування, багато в чому залежить від забезпечення особливих вимог до безпеки.

Існуючі моделі і методи проведення оцінювання та забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем на сьогодні недостатньо формалізовані, не відповідають сучасним моделям оцінювання та забезпечення гарантоздатності, не мають інструментальних засобів підтримки оцінювання і забезпечення гарантоздатності, а також не враховують специфічних особливостей медичної галузі.

Виходячи із зазначеного вище, вважаю, що удосконалення моделей і методів оцінювання та забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем, з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонент, а також процедур функціонування медичних пристроїв, є актуальним науковим завданням.

Здобувачем на початку дослідження, з методичної точки зору, правильно позначено об'єкт і предмет дослідження. Так, об'єктом дослідження виступають, як явище, медичні системи на основі Інтернету речей та підходи до оцінювання їх функціонування та безпеки. Предмет же дослідження - підвищення гарантоздатності медичних систем на основі Інтернету речей, базуючись на розробці та практичному застосуванні моделей та методів інформаційної технології для медичних систем – міститься в рамках об'єкту, та співвідноситься з ним як часткове до цілого.

Часткові завдання роботи, а також методи загалом відповідають меті дисертаційного дослідження, що полягала у підвищенні гарантоздатності медичних IoT систем, базуючись на розробці та практичному застосуванні відповідних моделей та методів інформаційної технології.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, додатків та списку джерел зі 152 найменувань. При цьому рукопис доволі добре збалансований відносно окремих рубрик, загальний обсяг матеріалу складає близько чотирьох з половиною авторських аркушів.

У рукописі наведено аналітичний огляд сучасних методик оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем. Встановлено, що існуючі методики не враховують специфічних особливостей медичної галузі, недостатньо формалізовані і передбачають використання недосконалих інструментальних засобів підтримки оцінювання і забезпечення гарантоздатності такого роду систем.

При вирішенні наукових задач використовувалися методи системного аналізу, методи теорії множин, теорії ймовірностей, апарат теорії марковських процесів, числові методи розв'язання лінійних систем диференційних рівнянь, технології аналітичного моделювання алгоритмів поведінки відмовостійких систем, методи математичного моделювання і теорії оптимізації, теорії ігор, методи ризик-аналізу, методи об'єктно-орієнтованого програмування, методи функціонального моделювання.

Основні результати дисертації опубліковані у 17 наукових працях, серед яких 2 глави в колективних англомовних монографіях (Springer, River Publishers), які включено до бази даних Scopus, 5 статей у наукових фахових журналах та збірниках наукових праць, у томі числі 1 стаття, яку опубліковано у періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до Європейського Союзу, 6 публікацій в працях англомовних конференцій, матеріали яких включено до бази даних Scopus і Web of Science, 4 публікації у матеріалах (тезах і доповідях) наукових конференцій.

При вивченні рукопису мною не було встановлено фактів текстових запозичень, що не мають посилань на відповідні джерела.

У ході дослідження вперше одержано модель функціональної поведінки медичного пристрою, яка, на відміну від відомих, враховує різні закони розподілу часу між заявками на обслуговування, а також різні типи відмов за рівнем критичності, що дозволяє визначити вплив показників медичного пристрою на готовність та гарантоздатність в цілому. Удосконалені комплекс моделей оцінювання гарантоздатності медичних IoT систем шляхом врахування різних функціональних станів, типів відмов та кібератак, що дає змогу розраховувати показники готовності, функціональної безпеки, кібербезпеки, визначати їх залежність від параметрів медичних мобільних пристроїв та хмарного середовища та метод кейс-орієнтованої

оцінки кібербезпеки медичних IoT систем за рахунок формування профільоутворюючої бази стандартів та функціональних вимог, а також процедури вибору інструментів оцінювання, що дозволяє підвищити повноту оцінювання. Набув подальшого розвитку метод забезпечення кібербезпеки медичних IoT систем шляхом обґрунтування вибору контрзаходів з використанням теорії матричних ігор, що дозволяє вибирати за максімінним критерієм множину засобів захисту.

Усі теоретичні розробки дисертації доведено до конкретних інженерних методик та алгоритмів із застосуванням запропонованої інформаційної технології оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем. Розроблені методики та інструментальні засоби «IoHTStandard» і «GTC», є безпосередньо частиною прикладної інформаційної технології оцінювання і забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем, застосування якої дозволило підвищити повноту оцінювання гарантоздатності такого роду систем. У додатках містяться акти впровадження результатів дослідження у діяльність профільного підприємства ТОВ «ХАІ-МЕДИКА» та у навчальний процес Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», а також на міжнародному рівні, в рамках проектів за програмами TEMPUS і ERASMUS+.

В результаті вивчення рукопису мною сформована низка таких зауважень.

1. У вступі розглянуто узагальнену структуру медичної IoT системи, але ж при цьому не наведено прикладів вже існуючих систем такого класу.

2. Фрагмент дерева відмов, що подано на рисунку 1.16, відображає доволі прості сценарії виникнення позаштатних ситуацій. Разом з тим, на цьому рисунку можна було б описати комплексний сценарій, який би вміщував більшість таких ситуацій.

3. У підрозділі 2.2 при формуванні умовного сценарію кібератаки на медичну IoT систему сказано, що отримання нового запиту від користувача становить 30 хвилин, обробка цього ж запиту у середньому займає 10 хвилин. Ці дані, за твердженням здобувача, визначено на основі суб'єктивних характеристик. Не надано пояснень, що взагалі мав на увазі здобувач під терміном «Суб'єктивні характеристики».

4. Щодо позначення додатків у рукописі: не слід було б використовувати літеру Г, бо в українській абетці є дві близькі за написанням літери Г.

Зазначені зауваження суттєвим чином не впливають на загальний, доволі високий рівень проведеного дослідження.

Вважаю, що дисертаційна робота Стрєлкіної Анастасії Андріївни містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати в галузі інформаційних технологій, які у сукупності забезпечують розв'язання актуальної задачі, яка полягає в удосконаленні моделей і методів оцінювання та забезпечення гарантоздатності медичних IoT систем, з урахуванням атак на вразливості і дефектів програмних та апаратних компонент, а також процедур функціонування медичних пристроїв.

Дисертація відповідає вимогам всіх нормативних та методичних документів, що дійсні для галузі знань 12 Інформаційні технології та спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент,

професор кафедри

інженерії програмного забезпечення

Національного аерокосмічного ун-ту

ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

д-р техн. наук, проф. І.В. Шостак

Підпис Шостака ЗАВІРЯЮ

Учений секретар ХАІ

Чмихун С.Є.