

## МОДЕЛЬ ЗАХИЩЕНОГО МЕРЕЖЕВОГО ДОДАТКУ ОЦІНЮВАННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ

**Ivanchenko I.S., Pedchenko Y.M. Secure web application model for cybersecurity assessment of cloud service providers.** This article describes the developed model for assessing the security state of cloud service providers on the Internet. The article presents the fully developed model along with all its evaluation parameters. It provides an overview of the principles behind the construction of evaluation parameters and their respective levels. Each evaluation parameter is presented in the form of formulas that comprehensively describe the approach to assessing the security of cloud services for information infrastructure objects. Additionally, a generalized view of the model will be presented in the form of a diagram, including all evaluation parameters and groups of questions/answers used in the evaluation of cloud service providers. Based on the developed principles and assessing parameters, a mathematical evaluation model was built, which is the basis for developing a mathematical method and assessing system.

**Keywords:** cybersecurity, information security, assessment, mathematical model, audit, CSP, Cloud Service Provider, IaaS, PaaS, CaaS, FaaS, SaaS

**Іванченко І.С., Педченко Є.М. Модель захищеного мережевого додатку оцінювання кібербезпеки постачальників хмарних сервісів.** Дана стаття описує розроблену модель оцінки стану захищеності постачальників хмарних сервісів у мережі Інтернет. Під час розгляду статті буде представлено повноцінно розроблену модель зі всіма її параметрами оцінки. Протягом даної статті буде можливість ознайомитися з принципами побудови параметрів оцінки та їх рівнями. Додатково буде представлено узагальнений вигляд моделі у вигляді схеми зі всіма параметрами оцінки та групами запитань/відповідей, що використовуються в розробленій моделі та є ключовими під час проведення оцінки постачальників хмарних сервісів.

**Ключові слова:** кібербезпека, інформаційна безпека, оцінювання, математична модель, аудит, постачальники хмарних сервісів, CSP, IaaS, PaaS, CaaS, FaaS, SaaS

### Вступ

Оцінка захищеності постачальника хмарних сервісів – це проблема будь-якого бізнесу, що планує мігрувати власні сервіси чи мігрував сервіси на ресурси хмарних провайдерів, не розуміючи рівень кіберзахищеності постачальника хмарного сервісу. [1] Опираючись на публікації таких провідних компаній світу, як Proofpoint [2], CrowdStrike [3] та Check Point [4] можна побачити, що кожна з них виділяє проблеми захисту хмар та хмарних сервісів, та що кожна компанія, що використовує хмару, стикається з її ризиками, загрозами та проблемами безпеки. Дані компанії виділяють такі проблематики безпеки хмарних сервісів, як:

1. Невірні конфігурації систем безпеки, що сприяє витоку даних бізнесу за межі ресурсів хмарного сервісу.
2. Можливість отримання несанкціонованого доступу до середовищ, що розгорнуті на ресурсах постачальників хмарних сервісів і є доступними до загальнодоступної мережі Інтернет через відсутність систем безпеки, контролю доступу, компрометації облікових даних чи некоректних налаштувань.
3. Відсутність захисту API-інтерфейсів через які є можливість виконання CLI запитів до конфігурації хмарних сервісів без введення токена чи логіну паролю, що надає зловмиснику повний контроль над сервісами.
4. Відсутність систем протидії кібератакам через що зловмисник має змогу виконувати «вдалі» запити до хмарних сервісів та втручатися в роботу бізнес процесів компаній.

В даному випадку, компанії із виробництва та постачання систем безпеки лише надають опис проблем з безпеки, з якими стикається бізнес, що користується послугами постачальників хмарних сервісів, але не надає можливість проведення аудиту систем безпеки таких хмарних сервісів, як: IaaS, CaaS, PaaS, FaaS та SaaS [5].

**Аналіз останніх досліджень.** На сьогоднішній день більшість компаній та установ апелюють стандартом ISO 27001 [6], який вказує, які мають бути впроваджені підходи ля побудови інформаційної безпеки, але ніяк не надаючи чіткого плану дій для побудови захищеної мережі компанії чи установи, що є суттєвим недоліком даного стандарту. Також, потрібно враховувати, що даний стандарт націлений на побудову інформаційної безпеки саме для Private мережі, а не хмарних сервісів чи систем, що опубліковані в загально-доступній мережі Інтернет [7].

Разом з тим, розпочинаючи з 2004 року на теренах інформаційної простору України та світу існують підходи щодо побудови моделей оцінки стану захищеності систем [8], які також проаналізовано в роботі [9], що направлені на оцінку ризиків інформаційної безпеки компонентів інформаційно-комунікаційних систем та на виявлення аномалій в кіберпросторі, що направлені на оцінку можливостей протидії інформаційних систем відомим кіберзагрозам та інцидентам. Проте всі вище перераховані методи, стандарти та підходи націлені саме на надання рекомендацій, як потрібно проводити оцінку кіберзагроз, проте не націлені на чітке виявлення проблематика в замовника чи сервісу та не надають чітких рекомендацій для усунення виявленого недоліку в кібербезпеці компанії чи установи, а також не надають можливості та засоби оцінки хмарних сервісів на предмет їх захищеності та можливості протидії кіберзагрозам.

Саме тому, на сьогоднішній день актуальним є питання саме оцінки захищеності постачальників хмарних сервісів оскільки, існує брак детальних відомостей про рівень захищеності сервісів, що пропонуються постачальником і нерозуміння, чи є захищеними дані компанії, що розташовуються на ресурсах постачальника хмарних сервісів.

**Метою роботи** є розробка моделі оцінки захищеності постачальників хмарних сервісів в залежності від їх типів та особливостей їх використання в сучасному кіберпросторі.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Для досягнення поставленої мети необхідно сформулювати орієнтовно 120 запитань із підготовленими відповідями та рекомендаціями, що будуть описувати перелік дій для покращення стану захищеності використовуваних хмарних сервісів. Сформовані запитання будуть використані для розробки моделі, що буде побудована на основі використання короткої моделі. На основі розробленої моделі, розробити повномасштабну структурну схему моделі оцінки стану захищеності хмарних сервісів.

Розроблена модель ґрунтується на сформованому «check-list» запитань, в межах якої передбачається використання комплексного опису параметрів оцінки будь-кого із існуючих хмарних сервісів.

Для якісного проведення аудиту, модель було розділено на 11 параметрів, що формують єдиний кортеж [10], що містять більше 120 питань, описаних вище, та застосовуються до хмарних сервісів, типу: IaaS, SaaS, PaaS, FaaS та SaaS [11]. Ключовим компонентом моделі виступає аббревіатура CSP, що означає «Cloud Service Provider».

Загальний вигляд моделі має наступний вигляд:

$$CSP = \left\{ \bigcup_{i=1}^n CSP_i \right\} = \{ CSP_1, CSP_2, \dots, CSP_n \}, \quad (1)$$

де  $CSP_i \subseteq CSP$  ( $i = \overline{1, n}$ ) – описує головний компонент кортежу розробленої моделі, із  $i$ -ідентифікатором параметрів оцінки,  $n$  – їх кількість.

Враховуючи, що модель має 11 параметрів кортежу, загальний вигляд формули (1) набуває наступного вигляду:

$$CSP = \left\{ \bigcup_{i=1}^n CSP_i \right\} = \{ CSP_1, CSP_2, CSP_3, \dots, CSP_7, \dots, CSP_{11} \} = \{ GP, N, S, SR, V, OS, CT, R, A, D, RE \}, \quad (2)$$

де:

- $CSP_1 = GP = \text{"General Points module"}$  – модуль для опису загальних положень постачальника хмарного сервісу;
- $CSP_2 = N = \text{"Network module"}$  – модуль оцінки рівня захищеності мережі постачальника хмарного сервісу;
- $CSP_3 = S = \text{"Storage module"}$  – модуль оцінки рівня захищеності накопичувачів (HDD/SSD/M2 etc);
- $CSP_4 = SR = \text{"Server module"}$  – модуль оцінки захищеності серверного обладнання;
- $CSP_5 = V = \text{"Virtualization module"}$  – модуль оцінки використовуваного середовища віртуалізації;
- $CSP_6 = OS = \text{"Operation System module"}$  – модуль оцінки захищеності використовуваних операційних систем;
- $CSP_7 = CT = \text{"Container Technology module"}$  – модуль оцінки захищеності вика управління контейнерами;
- $CSP_8 = R = \text{"Runtime module"}$  – модуль оцінки систем моніторингу, щодо виявлення аномалій, вразливостей, системних подій тощо;
- $CSP_9 = A = \text{"Application module"}$  – модуль оцінки захищеності програмного забезпечення, що постачається замовникам;
- $CSP_{10} = D = \text{"Data module"}$  – модуль оцінки рівня захищеності даних, що обробляються системами постачальника хмарних сервісів;
- $CSP_{11} = RE = \text{"Requirements' module"}$  – модуль формування рекомендацій по всі можливі варіанти вибору аудитора.

На основі вище описаних параметрів та формули (2) буде побудовано модель захищеного мережевого додатку оцінювання кібербезпеки постачальників хмарних сервісів.

Перший компонент моделі  $GP$  – має наступний вигляд:

$$GP = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_1} GP_j \right\} = \{GP_1, GP_2, \dots, GP_{m_1}\}, \quad (3)$$

де:  $GP_j \subseteq GP$  ( $j = \overline{1, m_1}$ ) – описує загальні положення постачальника хмарних сервісів.

До першого компоненту було віднесено 3 запитання, що надають нам зрозуміти, кого із постачальників хмарних сервісів аудитор оцінює. В даному випадку, формула (3) набуде наступного вигляду:

$$GP = \left\{ \bigcup_{j=1}^3 GP_j \right\} = \{GP_1, GP_2, GP_3\}, \quad (4)$$

де, відповідно, кожний із підкомпонентів першого компоненту буде містити наступне запитання, саме:

- $GP_1 =$  «Виберіть тип хмарного сервісу, для якого ви бажаєте оцінити рівень захищеності:»;
- $GP_2 =$  «Назва хмарного сервісу:»;
- $GP_3 =$  «Співпраця хмарного сервісу з країнами агресорами та на окупованих територіях:».

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина  $GP_j$  набуде наступного вигляду:

$$GP_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} GP_{jk} \right\} = \{GP_{j1}, GP_{j2}, \dots, GP_{jm_{1j}}\} \quad (5)$$

де:  $GP_{jk} \subseteq \overline{GP_j}$  ( $k = \overline{1, m_{1j}}$ ) – представляє собою узагальнений вигляд підмножини для кожного підкомпоненту першого компоненту.

Оскільки, для підмножини  $GP_1$  передбачено застосування 5-ти варіантів відповідей, для підмножини  $GP_2$  передбачено 1-не тестове поле введення назви провайдера хмарних сервісів та для підмножини  $GP_3$  передбачено застосування 2-х варіантів відповідей, то формула (4) із застосуванням формули (5) набуде наступного вигляду:

$$GP = \left\{ \bigcup_{j=1}^3 GP_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^3 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} GP_{jk} \right\} \right\} = \{ \{ GP_{11}, GP_{12}, GP_{13}, GP_{14}, GP_{15} \}, \{ GP_{21} \}, \{ GP_{31}, GP_{32} \} \}, \quad (6)$$

де:

- $GP_{11}$  = «IaaS (Infrastructure-as-a-Service)»;
- $GP_{12}$  = «CaaS (Container-as-a-Service)»;
- $GP_{13}$  = «PaaS (Platform-as-a-Service)»;
- $GP_{14}$  = «FaaS (Function-as-a-Service)»;
- $GP_{15}$  = «SaaS (Software-as-a-Service)»;
- $GP_{21}$  = «<Вказується найменування хмарного сервісу, оцінка якого буде проводитися>»;
- $GP_{31}$  = «Так»;
- $GP_{32}$  = «Ні».

В рамках даної статті буде представлено детальний опис виключно для **першого компоненту моделі**, а всі інші параметри будуть представлені в узагальненому вигляді без деталізації кожного із підкомпонентів та варіантів відповідей.

Другий компонент моделі  $N$  – має наступний вигляд:

$$N = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_2} N_j \right\} = \{ N_1, N_2, \dots, N_{m_2} \}, \quad (7)$$

де:  $N_j \subseteq N$  ( $j = \overline{1, m_2}$ ) – описує вимоги до проведення оцінки мережевої інфраструктури постачальника хмарних сервісів.

До другого компоненту було віднесено 10 запитань, що надають можливість аудитору якісно провести аудит мережевої інфраструктури і оцінити її стан захищеності. В даному випадку, формула (7) набуде наступного вигляду:

$$N = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} N_j \right\} = \{ N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8, N_9, N_{10} \}, \quad (8)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина  $N_j$  набуде наступного вигляду:

$$N_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{2j}} N_{jk} \right\} = \{ N_{j1}, N_{j2}, \dots, N_{jm_{2j}} \} \quad (9)$$

Для кожної підмножини  $N_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (8) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{N} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{N}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{2j}} N_{jk} \right\} \right\} = \{ \{N_{11}, N_{12}, N_{13}, N_{14}, N_{15}, N_{16}\}, \{N_{21}, N_{22}, N_{23}, N_{24}, N_{25}, N_{26}\}, \{N_{31}, N_{32}, N_{33}, N_{34}, N_{35}, N_{36}\}, \{N_{41}, N_{42}\}, \{N_{51}, N_{52}\}, \{N_{61}, N_{62}\}, \{N_{71}, N_{72}\}, \{N_{81}, N_{82}\}, \{N_{91}, N_{92}\}, \{N_{101}, N_{102}\} \}, \quad (10)$$

Враховуючи, що параметри  $N_{41}$  та  $N_{51}$  мають власні підмножини та мають додатково 11 та 1 запитання, відповідно, то формулу (10) можна зобразити у наступному вигляді:

$$\mathbf{N} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{N}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{2j}} N_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{2j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{2jk}} \mathbf{N}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \{ \{N_{11}, N_{12}, N_{13}, N_{14}, N_{15}, N_{16}\}, \{N_{21}, N_{22}, N_{23}, N_{24}, N_{25}, N_{26}\}, \{N_{31}, N_{32}, N_{33}, N_{34}, N_{35}, N_{36}\}, \{ \{N_{411}, N_{412}, N_{413}, N_{414}, N_{415}, N_{416}, N_{417}, N_{418}, N_{419}, N_{4110}, N_{4111}\}, N_{42} \}, \{ \{N_{511}\}, N_{52} \}, \{N_{61}, N_{62}\}, \{N_{71}, N_{72}\}, \{N_{81}, N_{82}\}, \{N_{91}, N_{92}\}, \{N_{101}, N_{102}\} \}, \quad (11)$$

Також, для кожної підмножини  $\mathbf{N}_{jkl}$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (11) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{N} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{N}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{2j}} N_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{2j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{2jk}} \mathbf{N}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{2j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{2jk}} \left\{ \bigcup_{p=1}^{m_{2jkl}} N_{jklp} \right\} \right\} \right\} \right\} = \{ \{N_{11}, N_{12}, N_{13}, N_{14}, N_{15}, N_{16}\}, \{N_{21}, N_{22}, N_{23}, N_{24}, N_{25}, N_{26}\}, \{N_{31}, N_{32}, N_{33}, N_{34}, N_{35}, N_{36}\}, \{ \{ \{N_{4111}, N_{4112}\}, \{N_{4121}, N_{4122}, N_{4123}, N_{4124}, N_{4125}, N_{4126}, N_{4127}, N_{4128}, N_{4129}\}, \{N_{4131}, N_{4132}\}, \{N_{4141}, N_{4142}\}, \{N_{4151}, N_{4152}\}, \{N_{4161}, N_{4162}\}, \{N_{4171}, N_{4172}\}, \{N_{4181}, N_{4182}\}, \{N_{4191}, N_{4192}\}, \{N_{41101}, N_{41102}\}, \{N_{41111}, N_{41112}\} \}, N_{42} \}, \{ \{ \{N_{5111}, N_{5112}\} \}, N_{52} \}, \{N_{61}, N_{62}\}, \{N_{71}, N_{72}\}, \{N_{81}, N_{82}\}, \{N_{91}, N_{92}\}, \{N_{101}, N_{102}\} \}, \quad (12)$$

**Третій компонент моделі S** – має наступний вигляд:

$$\mathbf{S} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_3} \mathbf{S}_j \right\} = \{ \mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2, \dots, \mathbf{S}_{m_3} \}, \quad (13)$$

де:  $\mathbf{S}_j \subseteq \mathbf{S}$  ( $j = \overline{1, m_3}$ ) – описує вимоги до проведення оцінки системи зберігання даних компаній замовників на базі інфраструктурних ресурсах постачальника хмарних сервісів.

До третього компоненту було віднесено 10 запитань, що надають можливість аудиторю якісно провести аудит системи зберігання даних компаній замовників і оцінити її стан захищеності. В даному випадку, формула (13) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{S} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{S}_j \right\} = \{ \mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2, \mathbf{S}_3, \mathbf{S}_4, \mathbf{S}_5, \mathbf{S}_6, \mathbf{S}_7, \mathbf{S}_8, \mathbf{S}_9, \mathbf{S}_{10} \}, \quad (14)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $\mathbf{S}_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{S}_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{3j}} \mathbf{S}_{jk} \right\} = \{ \mathbf{S}_{j1}, \mathbf{S}_{j2}, \dots, \mathbf{S}_{jm_{3j}} \} \quad (15)$$

Для кожної підмножини  $\mathbf{S}_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (14) набуде наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \mathbf{S} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{S}_j \right\} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{3j}} \mathbf{S}_{jk} \right\} \right\} = \{ \{ \mathbf{S}_{11}, \mathbf{S}_{12} \}, \\ &\{ \mathbf{S}_{21}, \mathbf{S}_{22} \}, \{ \mathbf{S}_{31}, \mathbf{S}_{32} \}, \{ \mathbf{S}_{41}, \mathbf{S}_{42} \}, \{ \mathbf{S}_{51}, \mathbf{S}_{52} \}, \\ &\{ \mathbf{S}_{61}, \mathbf{S}_{62} \}, \{ \mathbf{S}_{71}, \mathbf{S}_{72} \}, \{ \mathbf{S}_{81}, \mathbf{S}_{82} \}, \{ \mathbf{S}_{91}, \mathbf{S}_{92} \}, \\ &\{ \mathbf{S}_{101}, \mathbf{S}_{102} \} \}, \end{aligned} \quad (16)$$

Враховуючи, що параметри  $\mathbf{S}_{11}$  та  $\mathbf{S}_{41}$  мають власні підмножини та мають додатково 4 та 5 запитання, відповідно, то формулу (16) можна зобразити у наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \mathbf{S} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{S}_j \right\} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{3j}} \mathbf{S}_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{3j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{3jk}} \mathbf{S}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \\ &\{ \{ \{ \mathbf{S}_{111}, \mathbf{S}_{112}, \mathbf{S}_{113}, \mathbf{S}_{114} \}, \mathbf{S}_{12} \}, \{ \mathbf{S}_{21}, \mathbf{S}_{22} \}, \{ \mathbf{S}_{31}, \mathbf{S}_{32} \}, \\ &\{ \{ \mathbf{S}_{411}, \mathbf{S}_{412}, \mathbf{S}_{413}, \mathbf{S}_{414}, \mathbf{S}_{415} \}, \mathbf{S}_{42} \}, \{ \mathbf{S}_{51}, \mathbf{S}_{52} \}, \{ \mathbf{S}_{61}, \mathbf{S}_{62} \}, \\ &\{ \mathbf{S}_{71}, \mathbf{S}_{72} \}, \{ \mathbf{S}_{81}, \mathbf{S}_{82} \}, \{ \mathbf{S}_{91}, \mathbf{S}_{92} \}, \{ \mathbf{S}_{101}, \mathbf{S}_{102} \} \}, \end{aligned} \quad (17)$$

Також, для кожної підмножини  $\mathbf{S}_{jkl}$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (17) набуде наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \mathbf{S} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{S}_j \right\} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{3j}} \mathbf{S}_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{3j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{3jk}} \mathbf{S}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{3j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{3jk}} \left\{ \bigcup_{p=1}^{m_{3jkl}} \mathbf{S}_{jklp} \right\} \right\} \right\} \right\} \\ &\{ \{ \{ \{ \mathbf{S}_{1111}, \mathbf{S}_{1112} \}, \{ \mathbf{S}_{1121}, \mathbf{S}_{1122} \}, \{ \mathbf{S}_{1131}, \mathbf{S}_{1132} \}, \{ \mathbf{S}_{1141}, \mathbf{S}_{1142}, \mathbf{S}_{1143}, \mathbf{S}_{1144} \} \}, \mathbf{S}_{12} \}, \\ &\{ \mathbf{S}_{21}, \mathbf{S}_{22} \}, \{ \mathbf{S}_{31}, \mathbf{S}_{32} \}, \{ \{ \mathbf{S}_{4111}, \mathbf{S}_{4112} \}, \{ \mathbf{S}_{4121}, \mathbf{S}_{4122}, \mathbf{S}_{4123} \}, \{ \mathbf{S}_{4131}, \mathbf{S}_{4132} \}, \\ &\{ \mathbf{S}_{4141}, \mathbf{S}_{4142}, \mathbf{S}_{4143}, \mathbf{S}_{4144} \}, \{ \mathbf{S}_{4151}, \mathbf{S}_{4152} \} \}, \mathbf{S}_{42} \}, \{ \mathbf{S}_{51}, \mathbf{S}_{52} \}, \{ \mathbf{S}_{61}, \mathbf{S}_{62} \}, \\ &\{ \mathbf{S}_{71}, \mathbf{S}_{72} \}, \{ \mathbf{S}_{81}, \mathbf{S}_{82} \}, \{ \mathbf{S}_{91}, \mathbf{S}_{92} \}, \{ \mathbf{S}_{101}, \mathbf{S}_{102} \} \}, \end{aligned} \quad (18)$$

Четвертий компонент моделі  $\mathbf{SR}$  – має наступний вигляд:

$$\mathbf{SR} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_4} \mathbf{SR}_j \right\} = \{ \mathbf{SR}_1, \mathbf{SR}_2, \dots, \mathbf{SR}_{m_4} \}, \quad (19)$$

де:  $\mathbf{SR}_j \subseteq \mathbf{SR}$  ( $j = \overline{1, m_4}$ ) – описує вимоги до проведення оцінки фізичної захищеності серверного обладнання використовуваного компаніями-замовниками, що знаходяться у власності постачальника хмарних сервісів.

До четвертого компоненту було віднесено 12 запитань, що надають можливість аудитору якісно провести аудит фізичної захищеності серверного обладнання постачальника хмарних сервісів. В даному випадку, формула (19) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{SR} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{12} \mathbf{SR}_j \right\} = \quad (20)$$

$$\{ \mathbf{SR}_1, \mathbf{SR}_2, \mathbf{SR}_3, \mathbf{SR}_4, \mathbf{SR}_5, \mathbf{SR}_6, \mathbf{SR}_7, \mathbf{SR}_8, \mathbf{SR}_9, \mathbf{SR}_{10}, \mathbf{SR}_{11}, \mathbf{SR}_{12} \},$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $\mathbf{SR}_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{SR}_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{j_j}} \mathbf{SR}_{jk} \right\} = \{ \mathbf{SR}_{j1}, \mathbf{SR}_{j2}, \dots, \mathbf{SR}_{jm_{j_j}} \} \quad (21)$$

Для кожної підмножини  $\mathbf{SR}_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (21) набуде наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \mathbf{SR} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^{12} \mathbf{SR}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{12} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{j_j}} \mathbf{SR}_{jk} \right\} \right\} = \\ &= \{ \{ \mathbf{SR}_{11}, \mathbf{SR}_{12}, \mathbf{SR}_{13}, \mathbf{SR}_{14} \}, \{ \mathbf{SR}_{21}, \mathbf{SR}_{22} \}, \\ & \{ \mathbf{SR}_{31}, \mathbf{SR}_{32}, \mathbf{SR}_{33}, \mathbf{SR}_{34}, \mathbf{SR}_{35}, \mathbf{SR}_{36} \}, \{ \mathbf{SR}_{41}, \mathbf{SR}_{42} \}, \{ \mathbf{SR}_{51}, \mathbf{SR}_{52} \}, \\ & \{ \mathbf{SR}_{61}, \mathbf{SR}_{62} \}, \{ \mathbf{SR}_{71}, \mathbf{SR}_{72} \}, \{ \mathbf{SR}_{81}, \mathbf{SR}_{82} \}, \{ \mathbf{SR}_{91}, \mathbf{SR}_{92}, \mathbf{SR}_{93} \}, \\ & \{ \mathbf{SR}_{101}, \mathbf{SR}_{102}, \mathbf{SR}_{103}, \mathbf{SR}_{104} \}, \{ \mathbf{SR}_{111}, \mathbf{SR}_{112}, \mathbf{SR}_{113} \}, \{ \mathbf{SR}_{121}, \mathbf{SR}_{122}, \mathbf{SR}_{123} \} \}, \end{aligned} \quad (22)$$

Оскільки четвертий компонент моделі не має додаткових підзапитань, тобто підкомпонентів в залежності від обраних варіантів відповідей, аудитор зможе перейти до наступного, п'ятого, блоку оцінювання стану захищеності постачальника хмарних сервісів.

**П'ятий компонент** моделі  $\mathbf{V}$  – має наступний вигляд:

$$\mathbf{V} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_5} \mathbf{V}_j \right\} = \{ \mathbf{V}_1, \mathbf{V}_2, \dots, \mathbf{V}_{m_5} \}, \quad (23)$$

де:  $\mathbf{V}_j \subseteq \mathbf{V} (j = \overline{1, m_5})$  – описує вимоги до оцінки захищеності використовуваної системи віртуалізації постачальником хмарних сервісів.

До п'ятого компоненту було віднесено 10 запитань, що надають можливість аудитору якісно провести аудит захищеності впровадженої системи віртуалізації, що відповідає за працездатність VPC/VDS серверів компаній-замовників. В даному випадку, формула (23) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{V} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{V}_j \right\} = \{ \mathbf{V}_1, \mathbf{V}_2, \mathbf{V}_3, \mathbf{V}_4, \mathbf{V}_5, \mathbf{V}_6, \mathbf{V}_7, \mathbf{V}_8, \mathbf{V}_9, \mathbf{V}_{10} \}, \quad (24)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $\mathbf{V}_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{V}_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{s_j}} \mathbf{V}_{jk} \right\} = \{ \mathbf{V}_{j1}, \mathbf{V}_{j2}, \dots, \mathbf{V}_{jm_{s_j}} \} \quad (25)$$

Для кожної підмножини  $V_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (24) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{V} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{V}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} V_{jk} \right\} \right\} = \{ \{V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}, V_{15}, V_{16}, V_{17}\}, \\ \{V_{21}, V_{22}\}, \{V_{31}, V_{32}\}, \{V_{41}, V_{42}\}, \{V_{51}, V_{52}\}, \{V_{61}, V_{62}\}, \\ \{V_{71}, V_{72}\}, \{V_{81}, V_{82}\}, \{V_{91}, V_{92}\}, \{V_{101}, V_{102}\} \}, \quad (26)$$

Враховуючи, що параметри  $V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}, V_{15}$  та  $V_{16}$  мають власні підмножини та мають додатково по 3 запитання кожний, то формулу (26) можна зобразити у наступному вигляді:

$$\mathbf{V} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{V}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} V_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{sjk}} \mathbf{V}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \\ \{ \{ \{ \mathbf{V}_{111}, \mathbf{V}_{112}, \mathbf{V}_{113} \}, \{ \mathbf{V}_{121}, \mathbf{V}_{122}, \mathbf{V}_{123} \}, \{ \mathbf{V}_{131}, \mathbf{V}_{132}, \mathbf{V}_{133} \}, \\ \{ \mathbf{V}_{141}, \mathbf{V}_{142}, \mathbf{V}_{143} \}, \{ \mathbf{V}_{151}, \mathbf{V}_{152}, \mathbf{V}_{153} \}, \{ \mathbf{V}_{161}, \mathbf{V}_{162}, \mathbf{V}_{163} \}, V_{17} \}, \\ \{V_{21}, V_{22}\}, \{V_{31}, V_{32}\}, \{V_{41}, V_{42}\}, \{V_{51}, V_{52}\}, \{V_{61}, V_{62}\}, \\ \{V_{71}, V_{72}\}, \{V_{81}, V_{82}\}, \{V_{91}, V_{92}\}, \{V_{101}, V_{102}\} \}, \quad (27)$$

Також, для кожної підмножини  $\mathbf{V}_{jkl}$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (27) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{V} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{V}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} V_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{sjk}} \mathbf{V}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{sjk}} \left\{ \bigcup_{p=1}^{m_{sjkl}} V_{jklp} \right\} \right\} \right\} \right\} \\ \{ \{ \{ \{ V_{1111}, V_{1112}, V_{1113}, V_{1114}, V_{1115}, V_{1116} \}, \\ \{ V_{1121}, V_{1122}, V_{1123}, V_{1124}, V_{1125}, V_{1126}, V_{1127}, V_{1128} \}, \{ V_{1131}, V_{1132} \} \}, \\ \{ \{ V_{1211}, V_{1212}, V_{1213}, V_{1214}, V_{1215}, V_{1216} \}, \\ \{ V_{1221}, V_{1222}, V_{1223}, V_{1224}, V_{1225}, V_{1226}, V_{1227}, V_{1228} \}, \{ V_{1231}, V_{1232} \} \}, \\ \{ \{ V_{1311}, V_{1312}, V_{1313}, V_{1314}, V_{1315}, V_{1316} \}, \\ \{ V_{1321}, V_{1322}, V_{1323}, V_{1324}, V_{1325}, V_{1326}, V_{1327}, V_{1328} \}, \{ V_{1331}, V_{1332} \} \}, \\ \{ \{ V_{1411}, V_{1412}, V_{1413}, V_{1414}, V_{1415}, V_{1416} \}, \\ \{ V_{1421}, V_{1422}, V_{1423}, V_{1424}, V_{1425}, V_{1426}, V_{1427}, V_{1428} \}, \{ V_{1431}, V_{1432} \} \}, \\ \{ \{ V_{1511}, V_{1512}, V_{1513}, V_{1514}, V_{1515}, V_{1516} \}, \\ \{ V_{1521}, V_{1522}, V_{1523}, V_{1524}, V_{1525}, V_{1526}, V_{1527}, V_{1528} \}, \{ V_{1531}, V_{1532} \} \}, \\ \{ \{ V_{1611}, V_{1612}, V_{1613}, V_{1614}, V_{1615}, V_{1616} \}, \\ \{ V_{1621}, V_{1622}, V_{1623}, V_{1624}, V_{1625}, V_{1626}, V_{1627}, V_{1628} \}, \{ V_{1631}, V_{1632} \} \}, \\ V_{17} \}, \{V_{21}, V_{22}\}, \{V_{31}, V_{32}\}, \{V_{41}, V_{42}\}, \{V_{51}, V_{52}\}, \{V_{61}, V_{62}\}, \\ \{V_{71}, V_{72}\}, \{V_{81}, V_{82}\}, \{V_{91}, V_{92}\}, \{V_{101}, V_{102}\} \}, \quad (28)$$



Шостий компонент моделі OS – має наступний вигляд:

$$OS = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_6} OS_j \right\} = \{OS_1, OS_2, \dots, OS_{m_6}\}, \quad (29)$$

де:  $OS_j \subseteq OS$  ( $j = \overline{1, m_6}$ ) – описує вимоги до оцінки захищеності налаштованих операційних систем, що постачаються компаніям-замовникам і розташовуються на ресурсах постачальника хмарних сервісів.

До шостого компоненту було віднесено 11 запитань, що надають можливість аудитору якісно провести аудит захищеності операційних систем, що є попередньо налаштовані/розгорнуті на ресурсах постачальника хмарних сервісів. В даному випадку, формула (29) набуде наступного вигляду:

$$OS = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} OS_j \right\} = \left\{ \begin{array}{l} OS_1, OS_2, OS_3, OS_4, OS_5, OS_6, \\ OS_7, OS_8, OS_9, OS_{10}, OS_{11} \end{array} \right\}, \quad (30)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $OS_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$OS_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{6j}} OS_{jk} \right\} = \{OS_{j1}, OS_{j2}, \dots, OS_{jm_{6j}}\} \quad (31)$$

Для кожної підмножини  $OS_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (30) набуде наступного вигляду:

$$OS = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} OS_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{6j}} OS_{jk} \right\} \right\} = \{ \{OS_{11}, OS_{12}, OS_{13}, OS_{14}, OS_{15}\}, \quad (32)$$

$$\{OS_{21}, OS_{22}\}, \{OS_{31}, OS_{32}\}, \{OS_{41}, OS_{42}\}, \{OS_{51}, OS_{52}\}, \{OS_{61}, OS_{62}\},$$

$$\{OS_{71}, OS_{72}\}, \{OS_{81}, OS_{82}\}, \{OS_{91}, OS_{92}\}, \{OS_{101}, OS_{102}\}, \{OS_{111}, OS_{112}\} \},$$

Враховуючи, що параметр  $OS_{21}$  має власну підмножини та має додатково 1 запитання, то формулу (32) можна зобразити у наступному вигляді:

$$OS = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} OS_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{6j}} OS_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{6j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{6jk}} OS_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \quad (33)$$

$$\{ \{OS_{11}, OS_{12}, OS_{13}, OS_{14}, OS_{15}\}, \{ \{OS_{211}\}, OS_{22} \},$$

$$\{OS_{31}, OS_{32}\}, \{OS_{41}, OS_{42}\}, \{OS_{51}, OS_{52}\}, \{OS_{61}, OS_{62}\},$$

$$\{OS_{71}, OS_{72}\}, \{OS_{81}, OS_{82}\}, \{OS_{91}, OS_{92}\}, \{OS_{101}, OS_{102}\}, \{OS_{111}, OS_{112}\} \},$$

Також, для кожної підмножини  $OS_{jkl}$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (33) набуде наступного вигляду:

$$OS = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} OS_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{6j}} OS_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{11} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{6j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{6jk}} OS_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \quad (34)$$

$$\left\{ \bigcup_{j=1}^{11} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{6j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{6jk}} \left\{ \bigcup_{p=1}^{m_{6jkl}} OS_{jklp} \right\} \right\} \right\} \right\} = \{ \{OS_{11}, OS_{12}, OS_{13}, OS_{14}, OS_{15}\},$$

$$\{ \{ \{OS_{2111}, OS_{2112}\} \}, OS_{22} \}, \{OS_{31}, OS_{32}\}, \{OS_{41}, OS_{42}\},$$

$$\{OS_{51}, OS_{52}\}, \{OS_{61}, OS_{62}\}, \{OS_{71}, OS_{72}\}, \{OS_{81}, OS_{82}\},$$

$$\{OS_{91}, OS_{92}\}, \{OS_{101}, OS_{102}\}, \{OS_{111}, OS_{112}\} \},$$

**Сьомий компонент** моделі **СТ** – має наступний вигляд:

$$\mathbf{CT} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_7} \mathbf{CT}_j \right\} = \{ \mathbf{CT}_1, \mathbf{CT}_2, \dots, \mathbf{CT}_{m_7} \}, \quad (35)$$

де:  $\mathbf{CT}_j \subseteq \mathbf{CT}$  ( $j = \overline{1, m_7}$ ) – описує вимоги до оцінки захищеності використовуваного середовища контейнеризації для розгортання контейнерів компаній-замовників, що розташовуються на ресурсах постачальника хмарних сервісів.

До сьомого компоненту було віднесено 10 запитань, що надають можливість аудитору якісно провести аудит використовуваного середовища контейнеризації. В даному випадку, формула (35) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{CT} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{CT}_j \right\} = \left\{ \mathbf{CT}_1, \mathbf{CT}_2, \mathbf{CT}_3, \mathbf{CT}_4, \mathbf{CT}_5, \right. \\ \left. \mathbf{CT}_6, \mathbf{CT}_7, \mathbf{CT}_8, \mathbf{CT}_9, \mathbf{CT}_{10} \right\}, \quad (36)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $\mathbf{CT}_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{CT}_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{7j}} \mathbf{CT}_{jk} \right\} = \{ \mathbf{CT}_{j1}, \mathbf{CT}_{j2}, \dots, \mathbf{CT}_{jm_{7j}} \} \quad (37)$$

Для кожної підмножини  $\mathbf{CT}_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (36) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{CT} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{CT}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{7j}} \mathbf{CT}_{jk} \right\} \right\} = \{ \{ \mathbf{CT}_{11}, \mathbf{CT}_{12} \}, \{ \mathbf{CT}_{21}, \mathbf{CT}_{22} \}, \\ \{ \mathbf{CT}_{31}, \mathbf{CT}_{32} \}, \{ \mathbf{CT}_{41}, \mathbf{CT}_{42} \}, \{ \mathbf{CT}_{51}, \mathbf{CT}_{52} \}, \{ \mathbf{CT}_{61}, \mathbf{CT}_{62} \}, \\ \{ \mathbf{CT}_{71}, \mathbf{CT}_{72} \}, \{ \mathbf{CT}_{81}, \mathbf{CT}_{82} \}, \{ \mathbf{CT}_{91}, \mathbf{CT}_{92} \}, \{ \mathbf{CT}_{101}, \mathbf{CT}_{102} \} \}, \quad (38)$$

Оскільки сьомий компонент моделі має тільки один рівень запитань, аудитор зможе перейти до наступного, восьмого, блоку оцінювання стану захищеності постачальника хмарних сервісів.

**Восьмий компонент** моделі **R** – має наступний вигляд:

$$\mathbf{R} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_8} \mathbf{R}_j \right\} = \{ \mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \dots, \mathbf{R}_{m_8} \}, \quad (39)$$

де:  $\mathbf{R}_j \subseteq \mathbf{R}$  ( $j = \overline{1, m_8}$ ) – описує вимоги до оцінки безперервного функціонування сервісів, що розгортаються на ресурсах постачальника хмарних сервісів.

До восьмого компоненту було віднесено 13 запитань, що надають можливість аудитору якісно провести аудит безперервного функціонування сервісів розгорнутих на базі ресурсів провайдера хмарних сервісів. В даному випадку, формула (39) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{R} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{13} \mathbf{R}_j \right\} = \left\{ \mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \mathbf{R}_3, \mathbf{R}_4, \mathbf{R}_5, \mathbf{R}_6, \mathbf{R}_7, \right. \\ \left. \mathbf{R}_8, \mathbf{R}_9, \mathbf{R}_{10}, \mathbf{R}_{11}, \mathbf{R}_{12}, \mathbf{R}_{13} \right\}, \quad (40)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $\mathbf{R}_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{R}_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} R_{jk} \right\} = \{R_{j1}, R_{j2}, \dots, R_{jm_{sj}}\} \quad (41)$$

Для кожної підмножини  $\mathbf{R}_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (40) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{R} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{13} \mathbf{R}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{13} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{sj}} R_{jk} \right\} \right\} = \{ \{R_{11}, R_{12}\}, \{R_{21}, R_{22}\}, \{R_{31}, R_{32}\}, \\ \{R_{41}, R_{42}\}, \{R_{51}, R_{52}\}, \{R_{61}, R_{62}\}, \{R_{71}, R_{72}\}, \{R_{81}, R_{82}\}, \\ \{R_{91}, R_{92}\}, \{R_{101}, R_{102}\}, \{R_{111}, R_{112}\}, \{R_{121}, R_{122}\}, \{R_{131}, R_{132}\} \}, \quad (42)$$

Оскільки восьмий компонент моделі має тільки один рівень запитань, аудитор зможе перейти до наступного, дев'ятого, блоку оцінювання стану захищеності постачальника хмарних сервісів.

**Дев'ятий компонент** моделі  $\mathbf{A}$  – має наступний вигляд:

$$\mathbf{A} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_9} \mathbf{A}_j \right\} = \{ \mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \dots, \mathbf{A}_{m_9} \}, \quad (43)$$

де:  $\mathbf{A}_j \subseteq \mathbf{A}$  ( $j = \overline{1, m_9}$ ) – описує вимоги до оцінки захищеності застосунку, що використовуються компаніями-замовниками як сервіс та розташовується на ресурсах постачальника хмарних сервісів.

До дев'ятого компоненту було віднесено 10 запитань, що надають можливість аудитору якісно провести аудит захищеності застосунку, що надається як послуга компаніям-замовникам. В даному випадку, формула (43) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{A} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{A}_j \right\} = \{ \mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \mathbf{A}_3, \mathbf{A}_4, \mathbf{A}_5, \mathbf{A}_6, \mathbf{A}_7, \mathbf{A}_8, \mathbf{A}_9, \mathbf{A}_{10} \}, \quad (44)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $\mathbf{A}_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{A}_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{oj}} A_{jk} \right\} = \{A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jm_{oj}}\} \quad (45)$$

Для кожної підмножини  $\mathbf{A}_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (44) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{A} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \mathbf{A}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{10} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{oj}} A_{jk} \right\} \right\} = \{ \{A_{11}, A_{12}\}, \{A_{21}, A_{22}\}, \\ \{A_{31}, A_{32}, A_{33}\}, \{A_{41}, A_{42}\}, \{A_{51}, A_{52}\}, \{A_{61}, A_{62}\}, \\ \{A_{71}, A_{72}\}, \{A_{81}, A_{82}\}, \{A_{91}, A_{92}\}, \{A_{101}, A_{102}\} \}, \quad (46)$$

Оскільки дев'ятий компонент моделі має тільки один рівень запитань, аудитор зможе перейти до наступного, десятий, блоку оцінювання стану захищеності постачальника хмарних сервісів.

**Десятий компонент** моделі  $\mathbf{D}$  – має наступний вигляд:

$$\mathbf{D} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_{10}} \mathbf{D}_j \right\} = \{ \mathbf{D}_1, \mathbf{D}_2, \dots, \mathbf{D}_{m_{10}} \}, \quad (47)$$

де:  $\mathbf{D}_j \subseteq \mathbf{D}$  ( $j = \overline{1, m_{10}}$ ) – описує вимоги до оцінки захищеності даних компаній-замовників, що циркулюють на ресурсах постачальника хмарних сервісів.

До десятого компоненту було віднесено 12 запитань, що надають можливість аудиторю якісно провести аудит захищеності даних, що передаються та опрацьовуються на ресурсах постачальника хмарних сервісів. В даному випадку, формула (47) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{D} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{12} \mathbf{D}_j \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{D}_1, \mathbf{D}_2, \mathbf{D}_3, \mathbf{D}_4, \mathbf{D}_5, \mathbf{D}_6, \\ \mathbf{D}_7, \mathbf{D}_8, \mathbf{D}_9, \mathbf{D}_{10}, \mathbf{D}_{11}, \mathbf{D}_{12} \end{array} \right\}, \quad (48)$$

Враховуючи, що кожний із підкомпонентів  $\mathbf{D}_j$  передбачає собою наявність відповідей для аудитора, то підмножина набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{D}_j = \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{10j}} D_{jk} \right\} = \{ D_{j1}, D_{j2}, \dots, D_{jm_{10j}} \} \quad (49)$$

Для кожної підмножини  $\mathbf{D}_j$  передбачено різну кількість відповідей на запитання, то формула (48) набуде наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \mathbf{D} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{12} \mathbf{D}_j \right\} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^{12} \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{10j}} D_{jk} \right\} \right\} = \{ \{D_{11}, D_{12}\}, \{D_{21}, D_{22}\}, \{D_{31}, D_{32}\}, \\ &\{D_{41}, D_{42}\}, \{D_{51}, D_{52}\}, \{D_{61}, D_{62}\}, \{D_{71}, D_{72}\}, \{D_{81}, D_{82}\}, \\ &\{D_{91}, D_{92}\}, \{D_{101}, D_{102}\}, \{D_{111}, D_{112}\}, \{D_{121}, D_{122}\} \}, \end{aligned} \quad (50)$$

Після опрацювання аудитором 10 компонентів коротежної моделі – оцінка захищеності постачальника хмарних сервісів закінчується і відбувається формування звіту із рекомендаціями по роботі із використовуваним програмним забезпеченням у провайдера чи рекомендацій для покращення захищеності хмарних сервісів, у випадку, якщо замовник вирішить вибрати даного провайдера. Всі рекомендації описані у одинадцятому параметрі.

**Одинадцятий компонент** моделі  $\mathbf{RE}$  – має наступний вигляд:

$$\mathbf{RE} = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_{11}} \mathbf{RE}_j \right\} = \{ \mathbf{RE}_1, \mathbf{RE}_2, \dots, \mathbf{RE}_{m_{11}} \}, \quad (51)$$

де:  $\mathbf{RE}_j \subseteq \mathbf{RE}$  ( $j = \overline{1, m_{11}}$ ) – містить перелік рекомендацій для кожної із відповідей від 2 до 10 параметрів оцінки захищеності постачальника хмарних сервісів.

Оскільки, перелік рекомендацій стосується тільки 9 параметрів оцінки, то і одинадцятий параметр містить 9 підмножин, в результаті чого, формула (51) буде виглядати наступним чином:

$$\mathbf{RE} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \mathbf{RE}_j \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{RE}_1, \mathbf{RE}_2, \mathbf{RE}_3, \mathbf{RE}_4, \mathbf{RE}_5, \\ \mathbf{RE}_6, \mathbf{RE}_7, \mathbf{RE}_8, \mathbf{RE}_9 \end{array} \right\}, \quad (52)$$

Враховуючи, що кожна із підмножин  $\mathbf{RE}_j$  означає групу рекомендацій, що стосуються визначеного параметру оцінки та відповідної кількості запитань в параметрах від 2 до 10-го, то формула (52) набуде наступного вигляду:

$$\mathbf{RE} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \mathbf{RE}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \mathbf{RE}_{jk} \right\} \right\} =$$

$$\{ \{ \mathbf{RE}_{11}, \mathbf{RE}_{12}, \mathbf{RE}_{13}, \mathbf{RE}_{14}, \mathbf{RE}_{15}, \mathbf{RE}_{16}, \mathbf{RE}_{17}, \mathbf{RE}_{18}, \mathbf{RE}_{19}, \mathbf{RE}_{110} \},$$

$$\{ \mathbf{RE}_{21}, \mathbf{RE}_{22}, \mathbf{RE}_{23}, \mathbf{RE}_{24}, \mathbf{RE}_{25}, \mathbf{RE}_{26}, \mathbf{RE}_{27}, \mathbf{RE}_{28}, \mathbf{RE}_{29}, \mathbf{RE}_{210} \},$$

$$\{ \mathbf{RE}_{31}, \mathbf{RE}_{32}, \mathbf{RE}_{33}, \mathbf{RE}_{34}, \mathbf{RE}_{35}, \mathbf{RE}_{36}, \mathbf{RE}_{37}, \mathbf{RE}_{38}, \mathbf{RE}_{39}, \mathbf{RE}_{310},$$

$$\mathbf{RE}_{311}, \mathbf{RE}_{312} \},$$

$$\{ \mathbf{RE}_{41}, \mathbf{RE}_{42}, \mathbf{RE}_{43}, \mathbf{RE}_{44}, \mathbf{RE}_{45}, \mathbf{RE}_{46}, \mathbf{RE}_{47}, \mathbf{RE}_{48}, \mathbf{RE}_{49}, \mathbf{RE}_{410} \}, \quad (53)$$

$$\{ \mathbf{RE}_{51}, \mathbf{RE}_{52}, \mathbf{RE}_{53}, \mathbf{RE}_{54}, \mathbf{RE}_{55}, \mathbf{RE}_{56}, \mathbf{RE}_{57}, \mathbf{RE}_{58}, \mathbf{RE}_{59}, \mathbf{RE}_{510}, \mathbf{RE}_{511} \},$$

$$\{ \mathbf{RE}_{61}, \mathbf{RE}_{62}, \mathbf{RE}_{63}, \mathbf{RE}_{64}, \mathbf{RE}_{65}, \mathbf{RE}_{66}, \mathbf{RE}_{67}, \mathbf{RE}_{68}, \mathbf{RE}_{69}, \mathbf{RE}_{610} \},$$

$$\{ \mathbf{RE}_{71}, \mathbf{RE}_{72}, \mathbf{RE}_{73}, \mathbf{RE}_{74}, \mathbf{RE}_{75}, \mathbf{RE}_{76}, \mathbf{RE}_{77}, \mathbf{RE}_{78}, \mathbf{RE}_{79}, \mathbf{RE}_{710}, \mathbf{RE}_{711},$$

$$\mathbf{RE}_{712}, \mathbf{RE}_{713} \},$$

$$\{ \mathbf{RE}_{81}, \mathbf{RE}_{82}, \mathbf{RE}_{83}, \mathbf{RE}_{84}, \mathbf{RE}_{85}, \mathbf{RE}_{86}, \mathbf{RE}_{87}, \mathbf{RE}_{88}, \mathbf{RE}_{89}, \mathbf{RE}_{810} \},$$

$$\{ \mathbf{RE}_{91}, \mathbf{RE}_{92}, \mathbf{RE}_{93}, \mathbf{RE}_{94}, \mathbf{RE}_{95}, \mathbf{RE}_{96}, \mathbf{RE}_{97}, \mathbf{RE}_{98}, \mathbf{RE}_{99}, \mathbf{RE}_{910},$$

$$\mathbf{RE}_{911}, \mathbf{RE}_{912} \} \},$$

Тобто, у формулі (53) представлено перелік всіх запитань, що знаходяться на першому рівні оцінки та стосуються параметрів від 2 по 10-тий.

Враховуючи, що для кожної підмножини  $\mathbf{RE}_{jk}$  присутні варіанти відповідей для сформованих запитань, то формулу (53) можна перетворити на наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
\mathbf{RE} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \mathbf{RE}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \mathbf{RE}_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{1jk}} \mathbf{RE}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{111}, \dots, \mathbf{RE}_{116} \}, \{ \mathbf{RE}_{121}, \dots, \mathbf{RE}_{126} \}, \{ \mathbf{RE}_{131}, \dots, \mathbf{RE}_{136} \}, \{ \mathbf{RE}_{141}, \mathbf{RE}_{142} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{151}, \mathbf{RE}_{152} \}, \{ \mathbf{RE}_{161}, \mathbf{RE}_{162} \}, \{ \mathbf{RE}_{171}, \mathbf{RE}_{172} \}, \{ \mathbf{RE}_{181}, \mathbf{RE}_{182} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{191}, \mathbf{RE}_{192} \}, \{ \mathbf{RE}_{1101}, \mathbf{RE}_{1102} \}, \{ \{ \mathbf{RE}_{211}, \mathbf{RE}_{212} \}, \{ \mathbf{RE}_{221}, \mathbf{RE}_{222} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{231}, \mathbf{RE}_{232} \}, \{ \mathbf{RE}_{241}, \mathbf{RE}_{242} \}, \{ \mathbf{RE}_{251}, \mathbf{RE}_{252} \}, \{ \mathbf{RE}_{261}, \mathbf{RE}_{262} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{271}, \mathbf{RE}_{272} \}, \{ \mathbf{RE}_{281}, \mathbf{RE}_{282} \}, \{ \mathbf{RE}_{291}, \mathbf{RE}_{292} \}, \{ \mathbf{RE}_{2101}, \mathbf{RE}_{2102} \} \}, \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{311}, \mathbf{RE}_{312}, \mathbf{RE}_{313}, \mathbf{RE}_{314} \}, \{ \mathbf{RE}_{321}, \mathbf{RE}_{322} \}, \{ \mathbf{RE}_{331}, \dots, \mathbf{RE}_{336} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{341}, \mathbf{RE}_{342} \}, \{ \mathbf{RE}_{351}, \mathbf{RE}_{352} \}, \{ \mathbf{RE}_{361}, \mathbf{RE}_{362} \}, \{ \mathbf{RE}_{371}, \mathbf{RE}_{372} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{381}, \mathbf{RE}_{382} \}, \{ \mathbf{RE}_{391}, \mathbf{RE}_{392}, \mathbf{RE}_{393} \}, \{ \mathbf{RE}_{3101}, \mathbf{RE}_{3102}, \mathbf{RE}_{3103}, \mathbf{RE}_{3104} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{3111}, \mathbf{RE}_{3112}, \mathbf{RE}_{3113} \}, \{ \mathbf{RE}_{3121}, \mathbf{RE}_{3122}, \mathbf{RE}_{3123} \} \}, \{ \{ \mathbf{RE}_{411}, \dots, \mathbf{RE}_{417} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{421}, \mathbf{RE}_{422} \}, \{ \mathbf{RE}_{431}, \mathbf{RE}_{432} \}, \{ \mathbf{RE}_{441}, \mathbf{RE}_{442} \}, \{ \mathbf{RE}_{451}, \mathbf{RE}_{452} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{461}, \mathbf{RE}_{462} \}, \{ \mathbf{RE}_{471}, \mathbf{RE}_{472} \}, \{ \mathbf{RE}_{481}, \mathbf{RE}_{482} \}, \{ \mathbf{RE}_{491}, \mathbf{RE}_{492} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{4101}, \mathbf{RE}_{4102} \} \}, \{ \{ \mathbf{RE}_{511}, \dots, \mathbf{RE}_{515} \}, \{ \mathbf{RE}_{521}, \mathbf{RE}_{522} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{531}, \mathbf{RE}_{532} \}, \{ \mathbf{RE}_{541}, \mathbf{RE}_{542} \}, \{ \mathbf{RE}_{551}, \mathbf{RE}_{552} \}, \{ \mathbf{RE}_{561}, \mathbf{RE}_{562} \}, \{ \mathbf{RE}_{571}, \mathbf{RE}_{572} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{581}, \mathbf{RE}_{582} \}, \{ \mathbf{RE}_{591}, \mathbf{RE}_{592} \}, \{ \mathbf{RE}_{5101}, \mathbf{RE}_{5102} \}, \{ \mathbf{RE}_{5111}, \mathbf{RE}_{5112} \} \}, \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{611}, \mathbf{RE}_{612} \}, \{ \mathbf{RE}_{621}, \mathbf{RE}_{622} \}, \{ \mathbf{RE}_{631}, \mathbf{RE}_{632} \}, \{ \mathbf{RE}_{641}, \mathbf{RE}_{642} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{651}, \mathbf{RE}_{652} \}, \{ \mathbf{RE}_{661}, \mathbf{RE}_{662} \}, \{ \mathbf{RE}_{671}, \mathbf{RE}_{672} \}, \{ \mathbf{RE}_{681}, \mathbf{RE}_{682} \}, \{ \mathbf{RE}_{691}, \mathbf{RE}_{692} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{6101}, \mathbf{RE}_{6102} \} \}, \{ \{ \mathbf{RE}_{711}, \mathbf{RE}_{712} \}, \{ \mathbf{RE}_{721}, \mathbf{RE}_{722} \}, \{ \mathbf{RE}_{731}, \mathbf{RE}_{732} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{741}, \mathbf{RE}_{742} \}, \{ \mathbf{RE}_{751}, \mathbf{RE}_{752} \}, \{ \mathbf{RE}_{761}, \mathbf{RE}_{762} \}, \{ \mathbf{RE}_{771}, \mathbf{RE}_{772} \}, \{ \mathbf{RE}_{781}, \mathbf{RE}_{782} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{791}, \mathbf{RE}_{792} \}, \{ \mathbf{RE}_{7101}, \mathbf{RE}_{7102} \}, \{ \mathbf{RE}_{7111}, \mathbf{RE}_{7112} \}, \{ \mathbf{RE}_{7121}, \mathbf{RE}_{7122} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{7131}, \mathbf{RE}_{7132} \} \}, \{ \{ \mathbf{RE}_{811}, \mathbf{RE}_{812} \}, \{ \mathbf{RE}_{821}, \mathbf{RE}_{822} \}, \{ \mathbf{RE}_{831}, \mathbf{RE}_{832}, \mathbf{RE}_{833} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{841}, \mathbf{RE}_{842} \}, \{ \mathbf{RE}_{851}, \mathbf{RE}_{852} \}, \{ \mathbf{RE}_{861}, \mathbf{RE}_{862} \}, \{ \mathbf{RE}_{871}, \mathbf{RE}_{872} \}, \{ \mathbf{RE}_{881}, \mathbf{RE}_{882} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{891}, \mathbf{RE}_{892} \}, \{ \mathbf{RE}_{8101}, \mathbf{RE}_{8102} \} \}, \{ \{ \mathbf{RE}_{911}, \mathbf{RE}_{912} \}, \{ \mathbf{RE}_{921}, \mathbf{RE}_{922} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{931}, \mathbf{RE}_{932} \}, \{ \mathbf{RE}_{941}, \mathbf{RE}_{942} \}, \{ \mathbf{RE}_{951}, \mathbf{RE}_{952} \}, \{ \mathbf{RE}_{961}, \mathbf{RE}_{962} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{971}, \mathbf{RE}_{972} \}, \{ \mathbf{RE}_{981}, \mathbf{RE}_{982} \}, \{ \mathbf{RE}_{991}, \mathbf{RE}_{992} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{9101}, \mathbf{RE}_{9102} \}, \{ \mathbf{RE}_{9111}, \mathbf{RE}_{9112} \}, \{ \mathbf{RE}_{9121}, \mathbf{RE}_{9122} \} \} \},
\end{aligned} \tag{54}$$

Оскільки, що для частини підмножин  $\mathbf{RE}_{jk}$  присутні додаткові запитання, що відповідай за поглиблену оцінку захищеності постачальника хмарних сервісів, то формулу (54) можна перетворити на наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
\mathbf{RE} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \mathbf{RE}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \mathbf{RE}_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{1jk}} \mathbf{RE}_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \\
&\left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{1jk}} \left\{ \bigcup_{p=1}^{m_{1jkl}} \mathbf{RE}_{jklp} \right\} \right\} \right\} \right\} = \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{111}, \mathbf{RE}_{112}, \mathbf{RE}_{113}, \mathbf{RE}_{114}, \mathbf{RE}_{115}, \mathbf{RE}_{116} \}, \{ \mathbf{RE}_{121}, \mathbf{RE}_{122}, \mathbf{RE}_{123}, \mathbf{RE}_{124}, \\
&\mathbf{RE}_{125}, \mathbf{RE}_{126} \}, \{ \mathbf{RE}_{131}, \mathbf{RE}_{132}, \mathbf{RE}_{133}, \mathbf{RE}_{134}, \mathbf{RE}_{135}, \mathbf{RE}_{136} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{1411}, \mathbf{RE}_{1412}, \mathbf{RE}_{1413}, \mathbf{RE}_{1414}, \mathbf{RE}_{1415}, \mathbf{RE}_{1416}, \mathbf{RE}_{1417}, \mathbf{RE}_{1418}, \mathbf{RE}_{1419}, \\
&\mathbf{RE}_{14110}, \mathbf{RE}_{14111} \}, \mathbf{RE}_{142} \}, \{ \{ \mathbf{RE}_{1511} \}, \mathbf{RE}_{152} \}, \{ \mathbf{RE}_{161}, \mathbf{RE}_{162} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{171}, \mathbf{RE}_{172} \}, \{ \mathbf{RE}_{181}, \mathbf{RE}_{182} \}, \{ \mathbf{RE}_{191}, \mathbf{RE}_{192} \}, \{ \mathbf{RE}_{1101}, \mathbf{RE}_{1102} \} \}, \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{2111}, \mathbf{RE}_{2112}, \mathbf{RE}_{2113}, \mathbf{RE}_{2114} \}, \mathbf{RE}_{212} \}, \{ \mathbf{RE}_{221}, \mathbf{RE}_{222} \}, \{ \mathbf{RE}_{231}, \mathbf{RE}_{232} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{2411}, \mathbf{RE}_{2412}, \mathbf{RE}_{2413}, \mathbf{RE}_{2414}, \mathbf{RE}_{2415} \}, \mathbf{RE}_{242} \}, \{ \mathbf{RE}_{251}, \mathbf{RE}_{252} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{261}, \mathbf{RE}_{262} \}, \{ \mathbf{RE}_{271}, \mathbf{RE}_{272} \}, \{ \mathbf{RE}_{281}, \mathbf{RE}_{282} \}, \{ \mathbf{RE}_{291}, \mathbf{RE}_{292} \}, \{ \mathbf{RE}_{2101}, \mathbf{RE}_{2102} \} \}, \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{311}, \mathbf{RE}_{312}, \mathbf{RE}_{313}, \mathbf{RE}_{314} \}, \{ \mathbf{RE}_{321}, \mathbf{RE}_{322} \}, \{ \mathbf{RE}_{331}, \mathbf{RE}_{332}, \mathbf{RE}_{333}, \mathbf{RE}_{334}, \mathbf{RE}_{335}, \\
&\mathbf{RE}_{336} \}, \{ \mathbf{RE}_{341}, \mathbf{RE}_{342} \}, \{ \mathbf{RE}_{351}, \mathbf{RE}_{352} \}, \{ \mathbf{RE}_{361}, \mathbf{RE}_{362} \}, \{ \mathbf{RE}_{371}, \mathbf{RE}_{372} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{381}, \mathbf{RE}_{382} \}, \{ \mathbf{RE}_{391}, \mathbf{RE}_{392}, \mathbf{RE}_{393} \}, \{ \mathbf{RE}_{3101}, \mathbf{RE}_{3102}, \mathbf{RE}_{3103}, \mathbf{RE}_{3104} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{3111}, \mathbf{RE}_{3112}, \mathbf{RE}_{3113} \}, \{ \mathbf{RE}_{3121}, \mathbf{RE}_{3122}, \mathbf{RE}_{3123} \} \}, \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{4111}, \mathbf{RE}_{4112}, \mathbf{RE}_{4113} \}, \{ \mathbf{RE}_{4121}, \mathbf{RE}_{4122}, \mathbf{RE}_{4123} \}, \{ \mathbf{RE}_{4131}, \mathbf{RE}_{4132}, \mathbf{RE}_{4133} \}, \\
&\mathbf{RE}_{4141}, \mathbf{RE}_{4142}, \mathbf{RE}_{4143} \}, \{ \mathbf{RE}_{4151}, \mathbf{RE}_{4152}, \mathbf{RE}_{4153} \}, \{ \mathbf{RE}_{4161}, \mathbf{RE}_{4162}, \mathbf{RE}_{4163} \}, \\
&\mathbf{RE}_{417} \}, \{ \mathbf{RE}_{421}, \mathbf{RE}_{422} \}, \{ \mathbf{RE}_{431}, \mathbf{RE}_{432} \}, \{ \mathbf{RE}_{441}, \mathbf{RE}_{442} \}, \{ \mathbf{RE}_{451}, \mathbf{RE}_{452} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{461}, \mathbf{RE}_{462} \}, \{ \mathbf{RE}_{471}, \mathbf{RE}_{472} \}, \{ \mathbf{RE}_{481}, \mathbf{RE}_{482} \}, \{ \mathbf{RE}_{491}, \mathbf{RE}_{492} \}, \{ \mathbf{RE}_{4101}, \mathbf{RE}_{4102} \} \}, \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{511}, \mathbf{RE}_{512}, \mathbf{RE}_{513}, \mathbf{RE}_{514}, \mathbf{RE}_{515} \}, \{ \mathbf{RE}_{5211} \}, \mathbf{RE}_{522} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{531}, \mathbf{RE}_{532} \}, \{ \mathbf{RE}_{541}, \mathbf{RE}_{542} \}, \{ \mathbf{RE}_{551}, \mathbf{RE}_{552} \}, \{ \mathbf{RE}_{561}, \mathbf{RE}_{562} \}, \{ \mathbf{RE}_{571}, \mathbf{RE}_{572} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{581}, \mathbf{RE}_{582} \}, \{ \mathbf{RE}_{591}, \mathbf{RE}_{592} \}, \{ \mathbf{RE}_{5101}, \mathbf{RE}_{5102} \}, \{ \mathbf{RE}_{5111}, \mathbf{RE}_{5112} \} \}, \\
&\{ \{ \mathbf{RE}_{611}, \mathbf{RE}_{612} \}, \{ \mathbf{RE}_{621}, \mathbf{RE}_{622} \}, \{ \mathbf{RE}_{631}, \mathbf{RE}_{632} \}, \{ \mathbf{RE}_{641}, \mathbf{RE}_{642} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{651}, \mathbf{RE}_{652} \}, \{ \mathbf{RE}_{661}, \mathbf{RE}_{662} \}, \{ \mathbf{RE}_{671}, \mathbf{RE}_{672} \}, \{ \mathbf{RE}_{681}, \mathbf{RE}_{682} \}, \{ \mathbf{RE}_{691}, \mathbf{RE}_{692} \}, \\
&\{ \mathbf{RE}_{6101}, \mathbf{RE}_{6102} \} \},
\end{aligned} \tag{55}$$

$$\begin{aligned}
& \{\{RE_{711}, RE_{712}\}, \{RE_{721}, RE_{722}\}, \{RE_{731}, RE_{732}\}, \{RE_{741}, RE_{742}\}, \{RE_{751}, RE_{752}\}, \\
& \{RE_{761}, RE_{762}\}, \{RE_{771}, RE_{772}\}, \{RE_{781}, RE_{782}\}, \{RE_{791}, RE_{792}\}, \{RE_{7101}, RE_{7102}\}, \\
& \{RE_{7111}, RE_{7112}\}, \{RE_{7121}, RE_{7122}\}, \{RE_{7131}, RE_{7132}\}\}, \\
& \{\{RE_{811}, RE_{812}\}, \{RE_{821}, RE_{822}\}, \{RE_{831}, RE_{832}, RE_{833}\}, \{RE_{841}, RE_{842}\}, \\
& \{RE_{851}, RE_{852}\}, \{RE_{861}, RE_{862}\}, \{RE_{871}, RE_{872}\}, \{RE_{881}, RE_{882}\}, \{RE_{891}, RE_{892}\}, \\
& \{RE_{8101}, RE_{8102}\}\}, \\
& \{\{RE_{911}, RE_{912}\}, \{RE_{921}, RE_{922}\}, \{RE_{931}, RE_{932}\}, \{RE_{941}, RE_{942}\}, \{RE_{951}, RE_{952}\}, \\
& \{RE_{961}, RE_{962}\}, \{RE_{971}, RE_{972}\}, \{RE_{981}, RE_{982}\}, \{RE_{991}, RE_{992}\}, \\
& \{RE_{9101}, RE_{9102}\}, \{RE_{9111}, RE_{9112}\}, \{RE_{9121}, RE_{9122}\}\}\},
\end{aligned} \tag{55}$$

Так як, другий рівень запитань передбачає наявність відповідей, то враховуючи значення підмножин  $\mathbf{RE}_{jklp}$ , формулу (55) можна зобразити наступним чином:

$$\begin{aligned}
\mathbf{RE} &= \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \mathbf{RE}_j \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \mathbf{RE}_{jk} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{1jk}} RE_{jkl} \right\} \right\} \right\} = \\
& \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{1jk}} \left\{ \bigcup_{p=1}^{m_{1jkl}} \mathbf{RE}_{jklp} \right\} \right\} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{j=1}^9 \left\{ \bigcup_{k=1}^{m_{1j}} \left\{ \bigcup_{l=1}^{m_{1jk}} \left\{ \bigcup_{p=1}^{m_{1jkl}} \left\{ \bigcup_{s=1}^{m_{1jklp}} RE_{jklps} \right\} \right\} \right\} \right\} \right\} = \\
& \{\{\{RE_{111}, RE_{112}, RE_{113}, RE_{114}, RE_{115}, RE_{116}\}, \{RE_{121}, RE_{122}, RE_{123}, RE_{124}, \\
& RE_{125}, RE_{126}\}, \{RE_{131}, RE_{132}, RE_{133}, RE_{134}, RE_{135}, RE_{136}\}, \\
& \{\{\{RE_{14111}, RE_{14112}\}, \{RE_{14121}, RE_{14122}, RE_{14123}, RE_{14124}, RE_{14125}, RE_{14126}, \\
& RE_{14127}, RE_{14128}\}, \{RE_{14131}, RE_{14132}\}, \{RE_{14141}, RE_{14142}\}, \{RE_{14151}, RE_{14152}\}, \\
& \{RE_{14161}, RE_{14162}\}, \{RE_{14171}, RE_{14172}\}, \{RE_{14181}, RE_{14182}\}, \{RE_{14191}, RE_{14192}\}, \\
& \{RE_{141101}, RE_{141102}\}, \{RE_{141111}, RE_{141112}\}\}, RE_{142}\}, \{\{\{RE_{15111}, RE_{15112}\}\}, RE_{152}\}, \\
& \{RE_{161}, RE_{162}\}, \{RE_{171}, RE_{172}\}, \{RE_{181}, RE_{182}\}, \{RE_{191}, RE_{192}\}, \{RE_{1101}, RE_{1102}\}\}, \\
& \{\{\{\{RE_{21111}, RE_{21112}\}, \{RE_{21121}, RE_{21122}\}, \{RE_{21131}, RE_{21132}\}, \{RE_{21141}, RE_{21142}, \\
& RE_{21143}, RE_{21144}\}\}, RE_{212}\}, \{RE_{221}, RE_{222}\}, \{RE_{231}, RE_{232}\}, \\
& \{\{\{RE_{24111}, RE_{24112}\}, \{RE_{24121}, RE_{24122}, RE_{24123}\}, \{RE_{24131}, RE_{24132}\}, \\
& \{RE_{24141}, RE_{24142}, RE_{24143}\}, \{RE_{24151}, RE_{24152}\}\}, RE_{242}\}, \{RE_{251}, RE_{252}\}, \\
& \{RE_{261}, RE_{262}\}, \{RE_{271}, RE_{272}\}, \{RE_{281}, RE_{282}\}, \{RE_{291}, RE_{292}\}, \{RE_{2101}, RE_{2102}\}\},
\end{aligned} \tag{56}$$



$$\begin{aligned}
& \{ \{ RE_{311}, RE_{312}, RE_{313}, RE_{314} \}, \{ RE_{321}, RE_{322} \}, \{ RE_{331}, RE_{332}, RE_{333}, RE_{334}, RE_{335}, \\
& RE_{336} \}, \{ RE_{341}, RE_{342} \}, \{ RE_{351}, RE_{352} \}, \{ RE_{361}, RE_{362} \}, \{ RE_{371}, RE_{372} \}, \\
& \{ RE_{381}, RE_{382} \}, \{ RE_{391}, RE_{392}, RE_{393} \}, \{ RE_{3101}, RE_{3102}, RE_{3103}, RE_{3104} \}, \\
& \{ RE_{3111}, RE_{3112}, RE_{3113} \}, \{ RE_{3121}, RE_{3122}, RE_{3123} \} \}, \\
& \{ \{ \{ RE_{41111}, RE_{41112}, RE_{41113}, RE_{41114}, RE_{41115}, RE_{41116} \}, \\
& \{ RE_{41121}, RE_{41122}, RE_{41123}, RE_{41124}, RE_{41125}, RE_{41126}, RE_{41127}, RE_{41128} \}, \{ RE_{41131}, RE_{41132} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{41211}, RE_{41212}, RE_{41213}, RE_{41214}, RE_{41215}, RE_{41216} \}, \\
& \{ RE_{41221}, RE_{41222}, RE_{41223}, RE_{41224}, RE_{41225}, RE_{41226}, RE_{41227}, RE_{41228} \}, \{ RE_{41231}, RE_{41232} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{41311}, RE_{41312}, RE_{41313}, RE_{41314}, RE_{41315}, RE_{41316} \}, \\
& \{ RE_{41321}, RE_{41322}, RE_{41323}, RE_{41324}, RE_{41325}, RE_{41326}, RE_{41327}, RE_{41328} \}, \{ RE_{41331}, RE_{41332} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{41411}, RE_{41412}, RE_{41413}, RE_{41414}, RE_{41415}, RE_{41416} \}, \\
& \{ RE_{41421}, RE_{41422}, RE_{41423}, RE_{41424}, RE_{41425}, RE_{41426}, RE_{41427}, RE_{41428} \}, \{ RE_{41431}, RE_{41432} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{41511}, RE_{41512}, RE_{41513}, RE_{41514}, RE_{41515}, RE_{41516} \}, \\
& \{ RE_{41521}, RE_{41522}, RE_{41523}, RE_{41524}, RE_{41525}, RE_{41526}, RE_{41527}, RE_{41528} \}, \{ RE_{41531}, RE_{41532} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{41611}, RE_{41612}, RE_{41613}, RE_{41614}, RE_{41615}, RE_{41616} \}, \\
& \{ RE_{41621}, RE_{41622}, RE_{41623}, RE_{41624}, RE_{41625}, RE_{41626}, RE_{41627}, RE_{41628} \}, \{ RE_{41631}, RE_{41632} \} \}, \\
& RE_{417} \}, \{ RE_{421}, RE_{422} \}, \{ RE_{431}, RE_{432} \}, \{ RE_{441}, RE_{442} \}, \{ RE_{451}, RE_{452} \}, \\
& \{ RE_{461}, RE_{462} \}, \{ RE_{471}, RE_{472} \}, \{ RE_{481}, RE_{482} \}, \{ RE_{491}, RE_{492} \}, \{ RE_{4101}, RE_{4102} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{511}, RE_{512}, RE_{513}, RE_{514}, RE_{515} \}, \{ \{ RE_{52111}, RE_{52112} \} \}, RE_{522} \}, \\
& \{ RE_{531}, RE_{532} \}, \{ RE_{541}, RE_{542} \}, \{ RE_{551}, RE_{552} \}, \{ RE_{561}, RE_{562} \}, \{ RE_{571}, RE_{572} \}, \\
& \{ RE_{581}, RE_{582} \}, \{ RE_{591}, RE_{592} \}, \{ RE_{5101}, RE_{5102} \}, \{ RE_{5111}, RE_{5112} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{611}, RE_{612} \}, \{ RE_{621}, RE_{622} \}, \{ RE_{631}, RE_{632} \}, \{ RE_{641}, RE_{642} \}, \\
& \{ RE_{651}, RE_{652} \}, \{ RE_{661}, RE_{662} \}, \{ RE_{671}, RE_{672} \}, \{ RE_{681}, RE_{682} \}, \{ RE_{691}, RE_{692} \}, \\
& \{ RE_{6101}, RE_{6102} \} \}, \{ \{ RE_{711}, RE_{712} \}, \{ RE_{721}, RE_{722} \}, \{ RE_{731}, RE_{732} \}, \{ RE_{741}, RE_{742} \}, \\
& \{ RE_{751}, RE_{752} \}, \{ RE_{761}, RE_{762} \}, \{ RE_{771}, RE_{772} \}, \{ RE_{781}, RE_{782} \}, \{ RE_{791}, RE_{792} \}, \\
& \{ RE_{7101}, RE_{7102} \}, \{ RE_{7111}, RE_{7112} \}, \{ RE_{7121}, RE_{7122} \}, \{ RE_{7131}, RE_{7132} \} \}, \\
& \{ \{ RE_{811}, RE_{812} \}, \{ RE_{821}, RE_{822} \}, \{ RE_{831}, RE_{832}, RE_{833} \}, \{ RE_{841}, RE_{842} \}, \\
& \{ RE_{851}, RE_{852} \}, \{ RE_{861}, RE_{862} \}, \{ RE_{871}, RE_{872} \}, \{ RE_{881}, RE_{882} \}, \{ RE_{891}, RE_{892} \}, \\
& \{ RE_{8101}, RE_{8102} \} \}, \{ \{ RE_{911}, RE_{912} \}, \{ RE_{921}, RE_{922} \}, \{ RE_{931}, RE_{932} \}, \{ RE_{941}, RE_{942} \}, \\
& \{ RE_{951}, RE_{952} \}, \{ RE_{961}, RE_{962} \}, \{ RE_{971}, RE_{972} \}, \{ RE_{981}, RE_{982} \}, \{ RE_{991}, RE_{992} \}, \\
& \{ RE_{9101}, RE_{9102} \}, \{ RE_{9111}, RE_{9112} \}, \{ RE_{9121}, RE_{9122} \} \} \}, \quad (56)
\end{aligned}$$

За результатами розробленої кортежної моделі, описаної вище, присутня можливість зобразити її в узагальненому вигляді, що представлена на рис. 1.

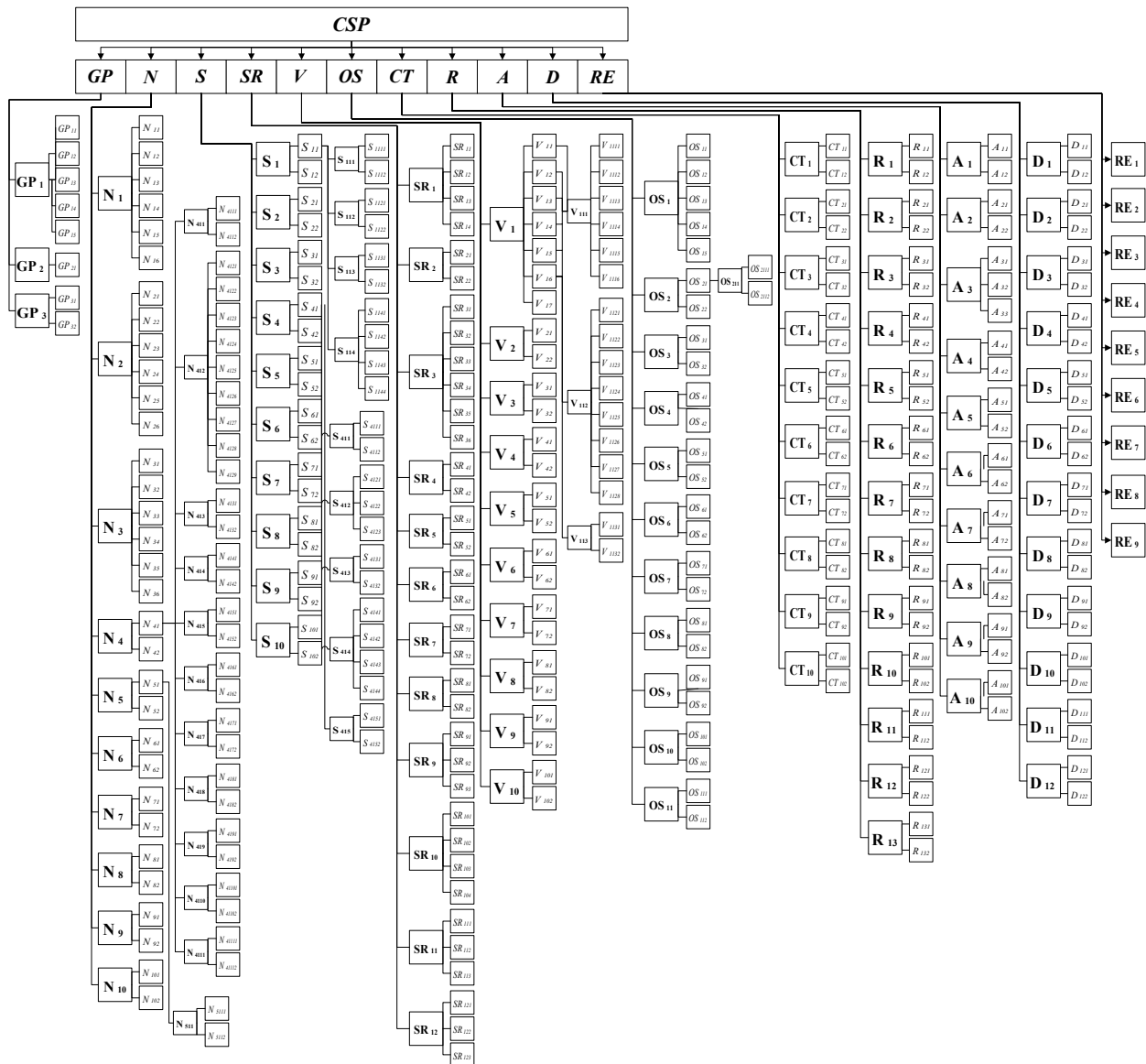


Рис. 1. Узагальнена схема розробленої моделі захищеного додатку оцінювання захищеності хмарних сервісів

## Висновки

В рамках даного дослідження було розроблено модель у вигляді кортежної моделі, що призначена для використання під час оцінки стану захищеності постачальників хмарних сервісів. Для побудови моделі було використано структурні схеми використовуваних типів хмарних сервісів та їх зони відповідальності за організації кіберзахисту даних компаній-замовників. Під час представлення моделі, було розглянуто основні 11 параметрів оцінки, що діляться на 3 категорії: категорія 1 – інформаційні параметри, до яких відноситься виключно параметр №1 (отримання інформації про оцінюваний хмарний сервіс); категорія 2 – параметри оцінки, до яких відносяться параметри від №2 до №10 (набір запитань та відповідей, що необхідні для оцінки стану захищеності хмарного сервісу); категорія 3 – параметри дії, до яких відноситься виключно параметр №11 (набір рекомендацій, що буду видані аудиторю після завершення оцінки задля підвищення рівня захищеності хмарного сервісу). Для всіх розроблених параметрів оцінки представлено побудовані кортежі, що містять в собі точні набори груп запитань та відповідей, що є в основі розробленої моделі. Для прикладу,

повноцінно розкрито параметр №1, щоб надати представлення вмісту запитань та пропонувані варіанти відповідей. Також, в даній статті представлено узагальнену схему розробленої моделі оцінки стану захищеності постачальників хмарного сервісу. За рахунок вище описаної моделі досягнуто фінальної видимості групи запитань, що будуть використані для побудови методу оцінки стану захищеності хмарних сервісів та побудови захищеного мережевого додатку, що буде корисний аудиторам під час оцінки стану захищеності використовуваного хмарного сервісу в компанії-замовника чи перед придбанням/використанням.

#### Список використаної літератури:

1. Analysis of modern cloud services to ensure cybersecurity / Y. Pedchenko et al. *Procedia Computer Science*. 2022. Vol. 207. P. 110–117. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.043>.
2. What Is Cloud Security? - Issues & Threats | Proofpoint US. Proofpoint. URL: <https://www.proofpoint.com/us/threat-reference/cloud-security>.
3. What is Cyber Espionage? | CrowdStrike. CrowdStrike: We Stop Breaches with AI-native Cybersecurity. URL: <https://www.crowdstrike.com/cybersecurity-101/cyberattacks/cyber-espionage/>.
4. Top 15 Cloud Security Issues, Threats and Concerns. Checkpoint. URL: <https://www.checkpoint.com/cyber-hub/cloud-security/what-is-cloud-security/top-cloud-security-issues-threats-and-concerns/>.
5. Top 10 Security Issues in Cloud Computing: Insights and Solutions. Veritis Group. URL: <https://www.veritis.com/blog/top-10-security-issues-in-cloud-computing/>.
6. ISO/IEC 27001:2022. *ISO*. URL: <https://www.iso.org/standard/27001>.
7. Morgan T. Cloud Spending Curtailed, On Premises Spending Heading Into Recession. *The Next Platform*. URL: <https://www.nextplatform.com/2023/04/03/cloud-spending-curtailed-on-premises-spending-heading-into-recession/>.
8. Корченко О. Системи захисту інформації: Монографія. Київ : НАУ, 2004. 264 с.
9. Модель системи характеристик даних для оцінювання стану кіберзахисту в Україні / О. Потій та ін. *Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України №4*. 2023. Т. 107. С. 313–329.
10. Morgan T. Cloud Spending Curtailed, On Premises Spending Heading Into Recession. *The Next Platform*. URL: <https://www.nextplatform.com/2023/04/03/cloud-spending-curtailed-on-premises-spending-heading-into-recession/>.
11. IaaS vs. SaaS vs. PaaS vs. FaaS vs. SaaS – What’s the difference?. *Stample*. URL: <https://stample.com/link/stamples/5ff3d43b60b2acfb9eb5ceb6/iaas-vs-caas-vs-paas-vs-faas-vs-saas-whats-the-difference>.

#### Автори статті

**Іванченко Ігор** – кандидат технічних наук, доцент, Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна.

ORCID: 0000-0003-3415-9039

**Педченко Євгеній** – аспірант, Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна.

ORCID: 0000-0001-8436-5792

#### Authors of the article

**Ivanchenko Ihor** – Candidate of Science (technic), Associate Professor, State Non-Commercial Enterprise "State University "Kyiv Aviation Institute", Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0003-3415-9039

**Pedchenko Yevhenii** – postgraduate, State Non-Commercial Enterprise "State University "Kyiv Aviation Institute", Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0001-8436-5792