

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЙ АЕРОПОРТІВ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри

_____ О. Тамаргазін

«_____» _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ

«ТЕХНОЛОГІЇ РОБІТ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ АЕРОПОРТІВ»

Тема: «Оптимізація системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому»

Виконавець: здобувач вищої освіти групи ТА-205М

Сафонов Денис Костянтинович

(група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Білякович Олег Миколайович

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант з розділу «Охорона праці»:

Тамаргазін О.А.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант з розділу

«Охорона навколишнього середовища»:

Падун А.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

Білякович О.М.

(прізвище, ім'я, по батькові)

КИЇВ 2022

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Оптимізація системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому»: сторінок 114, ілюстрацій 27, таблиць 8, додатків 5, інформаційних джерел 71.

Об'єктом досліджень є процес забезпечення системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому в межах використання технології цифрових двійників.

Метою роботи є оптимізація системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому для підвищення ефективності заходів, спрямованих на попередження авіаційних подій та інцидентів, пошкоджень ПС, ДТП, а також несанкціонованих виїздів на ЗПС.

Виходячи з мети кваліфікаційної роботи у пояснювальній записці сформульовано та вирішено наступні задачі:

1. Проведення інформаційного пошуку за тематикою кваліфікаційної роботи з метою обґрунтування її актуальності.
2. Розробка і реалізація комплексних методів досліджень, які включають різні концептуальні рішення щодо моделювання системи управління наземним рухом на робочій площі аеродрому.
3. Дослідження можливості використання концепції цифрових двійників для моделювання віртуальної динамічної моделі системи наземного руху на робочій площі аеродрому.
4. Розробка практичних рекомендацій щодо впровадження результатів імітаційного моделювання систем безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому.
5. Розробка заходів щодо поліпшення охорони праці та охорони навколишнього середовища у відповідності до тематики кваліфікаційної роботи.

АЕРОДРОМ, АВІАЦІЙНА НАЗЕМНА ТЕХНІКА, СИСТЕМА БЕЗПЕКИ НАЗЕМНОГО РУХУ, ПОВІТРЯНЕ СУДНО, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМА БЕЗПЕКИ НАЗЕМНОГО РУХУ В АЕРОПОРТАХ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ.....	11
1.1. Аналіз функціонування та забезпечення безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому.....	11
1.2. Аналіз вимог безпеки, що пред'являються до технічного стану та обладнання АНТ	27
1.3. Аналіз правил, норм і стандартів, що стосуються руху транспортних засобів на робочій площі аеродрому	32
1.4. Аналіз правил, положень та сертифікаційних вимог, що стосуються допуску водіїв до керування транспортними засобами на території аеродрому	42
1.5. Аналіз функціонування систем управління наземним рухом і контролю за ним (SMGCS).....	47
1.6. Висновки до розділу	53
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ	54
2.1. Концептуальні рішення щодо моделювання системи наземного руху на робочій площі аеродрому	54
2.2. Аналіз різних видів моделювання	56
2.3. Розробка імітаційної моделі системи наземного руху на робочій площі аеродрому.....	61
2.4. Висновки до розділу	65
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ТЕМАТИКОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	66
3.1. Дослідження можливості використання концепції цифрових двійників для моделювання динамічної системи наземного руху в аеропортах.....	66

3.2. Основні рекомендації щодо оптимізації імітаційної моделі системи наземного руху на робочій площі аеродрому.....	68
3.3. Практична реалізація отриманих результатів	72
3.4. Висновки до розділу	76
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	77
4.1. Вступ.....	77
4.2. Аналіз умов праці.....	77
4.2.1. Організація робочого місця інженера-програміста	77
4.2.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	78
4.3. Розробка заходів з охорони праці.....	79
4.3.1. Захист від впливу електромагнітного поля та випромінювань.....	80
4.3.2. Захист від робочого шуму та вібрацій	81
4.3.3. Захист від ураження електричним струмом.....	82
4.4. Пожежна безпека виробничого приміщення.....	82
4.5. Визначення рівня звукового тиску	83
4.6. Висновки до розділу	85
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	86
5.1. Вплив електромагнітного забруднення на навколишнє середовище	86
5.2. Засоби та заходи зниження впливу електромагнітного забруднення.....	89
5.3. Висновки до розділу	92
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95
ДОДАТКИ.....	104

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

- АДВ – аеродромно-диспетчерська вишка;
- АНТ – авіаційна наземна техніка;
- АПУ – авіаційні правила України;
- БП – безпека польотів;
- ДТП – дорожньо-транспортна пригода;
- ЗПС – злітно-посадкова смуга;
- МС – місце стоянки;
- НБРЦА – Національне бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами;
- ОВПА – обладнання виявлення перешкод на поверхні аеродрому;
- ПММ – паливно-мастильні матеріали;
- ППС – пошкодження повітряного судна на землі;
- ПС – повітряне судно;
- РД – руліжна доріжка;
- ТЗ – транспортний засіб;
- ЦА – цивільна авіація;
- ADP – дозвіл на право керування транспортним засобом у контрольованій зоні (Airside Driving Permit);
- DGPS – диференціальна глобальна навігаційна система (Differential Global Positioning System);
- GSE – наземне допоміжне обладнання (Ground Support Equipment);
- IATA – Міжнародна асоціація повітряного транспорту (International Air Traffic Association);
- ICAO – Міжнародна організація цивільної авіації (International Civil Aviation Organization).

ВСТУП

Актуальність теми. Однією з умов розвитку цивільної авіації є постійно зростаючі вимоги щодо забезпечення безпеки польотів та безпеки наземного руху. Збільшення обсягів авіаційних перевезень в умовах спільного авіаційного простору має здійснюватися за суворого дотримання вимог безпеки польотів. Отже, правильне вирішення питань з організації безпеки наземного руху є важливою складовою забезпечення безпеки польотів на робочій площі аеродрому.

Мета і завдання виконання дипломної роботи є оптимізація системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому для підвищення ефективності заходів, спрямованих на попередження авіаційних подій та інцидентів, пошкоджень ПС, ДТП, а також несанкціонованих виїздів на ЗПС.

Виходячи з мети кваліфікаційної роботи у пояснювальній записці сформульовано та вирішено наступні **задачі**:

1. Проведення інформаційного пошуку за тематикою кваліфікаційної роботи з метою обґрунтування її актуальності.
2. Розробка і реалізація комплексних методів досліджень, які включають різні концептуальні рішення щодо моделювання системи управління наземним рухом на робочій площі аеродрому.
3. Дослідження можливості використання концепції цифрових двійників для моделювання віртуальної динамічної моделі системи наземного руху на робочій площі аеродрому.
4. Розробка практичних рекомендацій щодо впровадження результатів імітаційного моделювання систем безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому.
5. Розробка заходів щодо поліпшення охорони праці та охорони навколишнього середовища у відповідності до тематики кваліфікаційної роботи.

Об'єкт дослідження роботи – процес забезпечення системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому в межах використання технології цифрових двійників.

Предмет дослідження – імітаційна модель, яка гарантує забезпечення процесу підтримки безпеки наземного руху на аеродромі.

Методи дослідження – розрахунково-статистичні та аналітичні методи проведення досліджень, імітаційне моделювання, метод експертних оцінок.

Наукова новизна отриманих результатів – проведено дослідження з розробки та впровадження технології цифрових двійників в процес системи управління наземним рухом на робочій площі аеродрому, що базується на використанні імітаційної моделі транспортної системи в аеропорту.

Практичне значення отриманих результатів – результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані в аеропортах України з метою підвищення ефективності функціонування системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому.

Особистий внесок випускника. Наукові результати кваліфікаційної роботи, що виносяться на захист, належать особисто здобувачу. Автору належать: планування експериментів, деталізація і виконання наукових задач досліджень, проведення і контроль якості експериментальних випробувань, обробка результатів і їх аналіз, підготовка до друку наукових робіт. Вибір об'єктів дослідження, постановка наукової мети та обговорення одержаних результатів виконано спільно з науковим керівником.

РОЗДІЛ 1

СИСТЕМА БЕЗПЕКИ НАЗЕМНОГО РУХУ В АЕРОПОРТАХ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

1.1. Аналіз функціонування та забезпечення безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому

Безпека наземного руху на робочій площі аеродрому є невід'ємною частиною системи управління безпекою польотів (СУБП), як одна з важливих складових, пов'язаних із ефективним функціонуванням будь-якого сучасного аеропорту [1].

З подальшим розвитком цивільної авіації (ЦА), впровадженням нових поколінь повітряних суден і гелікоптерів, реконструюванням та будівництвом аеропортів пов'язане широке застосування авіаційної наземної техніки (АНТ), яка використовується для проведення наземного і технічного обслуговування повітряних суден (ПС), експлуатаційного утримування аеродромів, аварійно-рятувального забезпечення польотів і т.д.

У сучасних аеропортах працюють десятки тисяч ПС і сотні тисяч одиниць АНТ в постійній взаємодії між собою. Ця взаємодія в першу чергу спрямована на здійснення обслуговування повітряних суден, включаючи заправку, завантаження або розвантаження вантажу (багажу), технічне обслуговування, охорону, доставку пасажирів та екіпажу до повітряного судна, тощо.

АНТ, яка бере участь у цьому процесі, згрупована у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Структура авіаційної наземної техніки [1]

Група А. Наземні засоби для обслуговування повітряних суден	
	Аеродромний паливозаправник (АПЗ)

	<p>Аеродромний водозаправник «Water Service»</p>
	<p>Аеродромна асенізаційна машина «Lavatory Service»</p>
	<p>Аеродромний тягач</p>
	<p>Аеродромний пересувний електроагрегат (АПА)</p>
	<p>Уніфікований моторний підігрівач (УМП)</p>
	<p>Автомобіль з підйомним кузовом (АПК)</p>

 A white ground power unit (GPU) is connected to the engine of a large white aircraft on a tarmac. The GPU has a large circular fan on top and is connected to the engine via a thick black cable.	<p>Наземне джерело електроживлення (GPU)</p>
 A white truck with a large white container on its back is connected to the open cargo door of a large white aircraft. The truck is used for starting the aircraft's engines.	<p>Установка повітряного запуску авіадвигунів (ASU)</p>
 A white truck with a large white container on its back is connected to the engine of a large white aircraft. The truck is used for providing air conditioning to the aircraft's cabin.	<p>Аеродромний кондиціонер (ACU)</p>
 A white ambulance lift is connected to the open door of a large white aircraft. The lift is used for transporting passengers with disabilities to and from the aircraft.	<p>Спецмашина-амбуліфт для транспортування осіб з інвалідністю до/від літака</p>
 A white catering truck is connected to the open door of a large white aircraft. The truck is used for providing food and beverages to passengers during flights.	<p>Кейтеринговий автоліфт</p>

	<p>Аеродромний перонний автобус</p>
	<p>Автомобіль для перевезення екіпажу</p>
	<p>Самохідний пасажирський трап (СПТ)</p>
	<p>Телескопічний пасажирський трап (ТПТ)</p>
	<p>Самохідний стрічковий навантажувач</p>
	<p>Електричний тягач (ЕТ)</p>

	<p>Дизельний тягач (ДТ)</p>
	<p>Багажний візок</p>
	<p>Контейнерний візок</p>
	<p>Самохідний навантажувач контейнерів (СНК)</p>
	<p>Машина для нанесення рідин проти обмерзання (Деайсер)</p>

Група Б. Наземні засоби для обслуговування аеродромів	
	<p>Спеціалізована машина для розмітки аеродромів</p>
	<p>Аеродромна вітрова машина</p>
	<p>Аеродромна універсальна прибиральна машина</p>
	<p>Аеродромний фрезо-роторний снігоочисник</p>
	<p>Трактор колісний з навісним (причіпним) обладнанням</p>
	<p>Аеродромний розкидач хімічних реагентів</p>
	<p>Аеродромний засіб вимірювання зчеплення на ЗПС</p>

Група В. Наземні засоби спеціального призначення	
	Автомобіль супроводу ПС «Follow Me»
	Автомобіль медичної допомоги
	Автомобіль авіаційної безпеки
	Аеродромний пожежний автомобіль

Однією із головних задач при організації такої взаємодії між повітряними судами і АНТ в аеропортах є забезпечення безпеки наземного руху, яке передбачає захист від зіткнень повітряних суден і наземних транспортних засобів, наслідком яких може бути не тільки пошкодження транспортних засобів або літака, але може статися авіаційна подія.

Аварії в аеропортах за участю ПС і АНТ за класифікацією ICAO та IATA поділяються на такі категорії: наземна безпека (GS), експлуатаційні пошкодження (OD) і безпека злітно-посадкової смуги (RS). ICAO та IATA періодично подають звіти про безпеку [2,3] (ICAO Safety Report, 2020; Runway Safety Accident Analysis Report, 2020), включаючи дані про наземну безпеку, експлуатаційні пошкодження та безпеку злітно-посадкової смуги (ЗПС).

Однак дані, представлені в цих звітах, не містять детальної інформації про те, скільки аварій сталося за участю повітряних суден і наземних транспортних засобів, а тільки відображають узагальнену статистику для категорій GS, OD та RS (рис. 1.1).

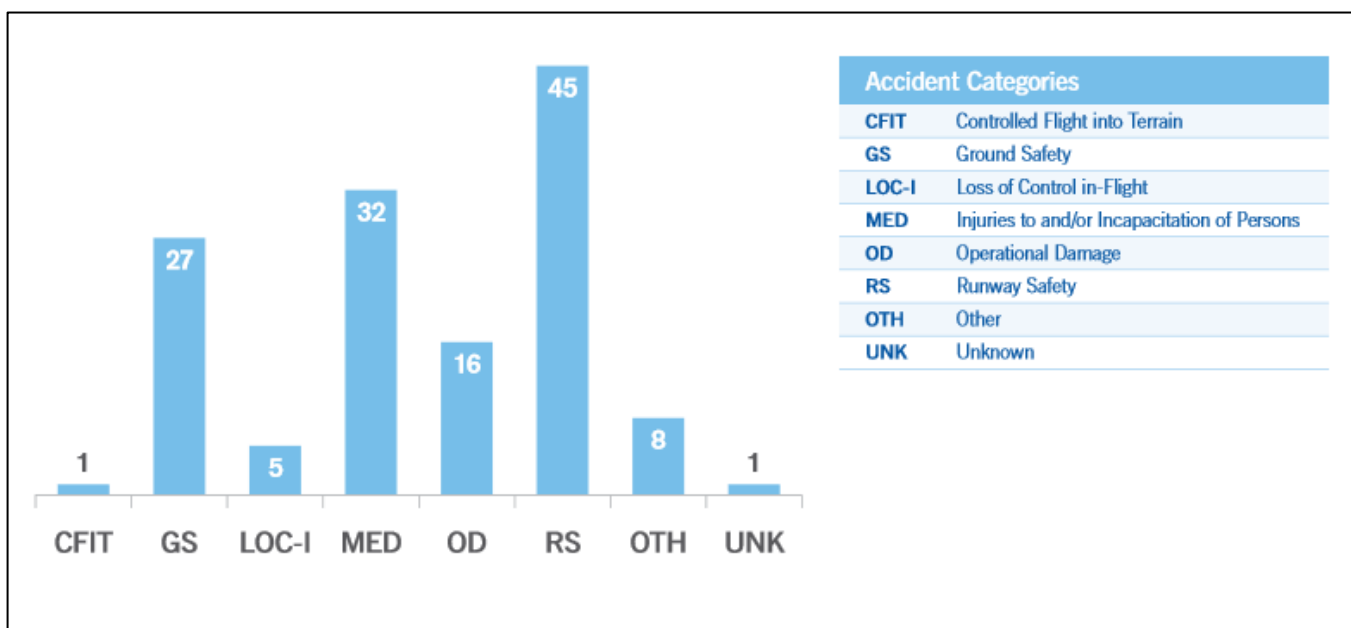


Рис. 1.1. Кількість авіаційних подій по категоріям [2]

Щороку в аеропортах, саме за недотримання вимог правил безпеки наземного руху та безпеки наземного обслуговування, фіксується значна кількість наземних інцидентів, ППС і ДТП з вини водіїв. Ці події часто призводять до затримки рейсів, створюють незручності для пасажирів, наносять збитки для авіакомпаній, а також приводять до травмування і навіть загибелі людей. Незначні на перший погляд події, що трапляються під час наземного обслуговування (НО), можуть суттєво впливати на безпеку польотів.

У сфері комерційної авіації в усьому світі авіакомпанії страждають приблизно на 4 мільярди доларів США від збитків, спричинених наземними інцидентами. Цей показник є поєднанням прямих витрат та пов'язаними з ними непрямих витрат, які зазвичай в 3-5 разів перевищують прямі витрати. Наведений нижче приклад дає уявлення щодо прямих витрат, пов'язаних з пошкодженнями ПС Boeing-737 на перонах аеропорту (рис. 1.2) [4].



Рис. 1.2. Витрати, пов'язані з пошкодженнями ПС Boeing-737 [4]

Для того, щоб запобігти пошкодженням ПС на пероні, необхідно дослідити місця на робочій площі аеродрому, де саме найчастіше відбуваються пошкодження літаків (рис. 1.3). Інформація, яка вказує як на точне місце, в якому було заподіяно пошкодження літакам, так і місця на робочій площі аеродрому, у яких саме стався наземний інцидент, надані корпорацією «Boeing», які показують, що 18% усіх наземних інцидентів відбулося в зоні за межами перону в місці примикання РД до перону. Повітряні судна, що працюють у цій зоні, зазвичай знаходяться на зв'язку з органом управління повітряного руху (УПР) та під його контролем [4].

Ще 39% наземних інцидентів відбувається в зоні в'їзду/виїзду, де сходяться лінії зарулювання на пероні в напрямку руху до МС. У цій зоні екіпаж ПС керується сигналами наземного персоналу або інформацією системи візуального стикування в аеропорту (Visual Docking Guidance System) [4].

Найбільший відсоток усіх наземних інцидентів (43%), відбувається на МС біля телескопічного трапу в межах 6,1 метрів (20 футів) від лінії зупинки передньої опори

шасі (носового колеса). На цьому етапі екіпажі ПС зазвичай повністю покладаються на вказівки наземного персоналу (маршала) для успішного проходження перешкод та отримання остаточних інструкцій щодо руління. Ці вказівки часто подаються у формі встановлених сигналів рукою або сигналів системи візуального стикування чи вказівних вогнів, встановлених на будівлі терміналу [4].

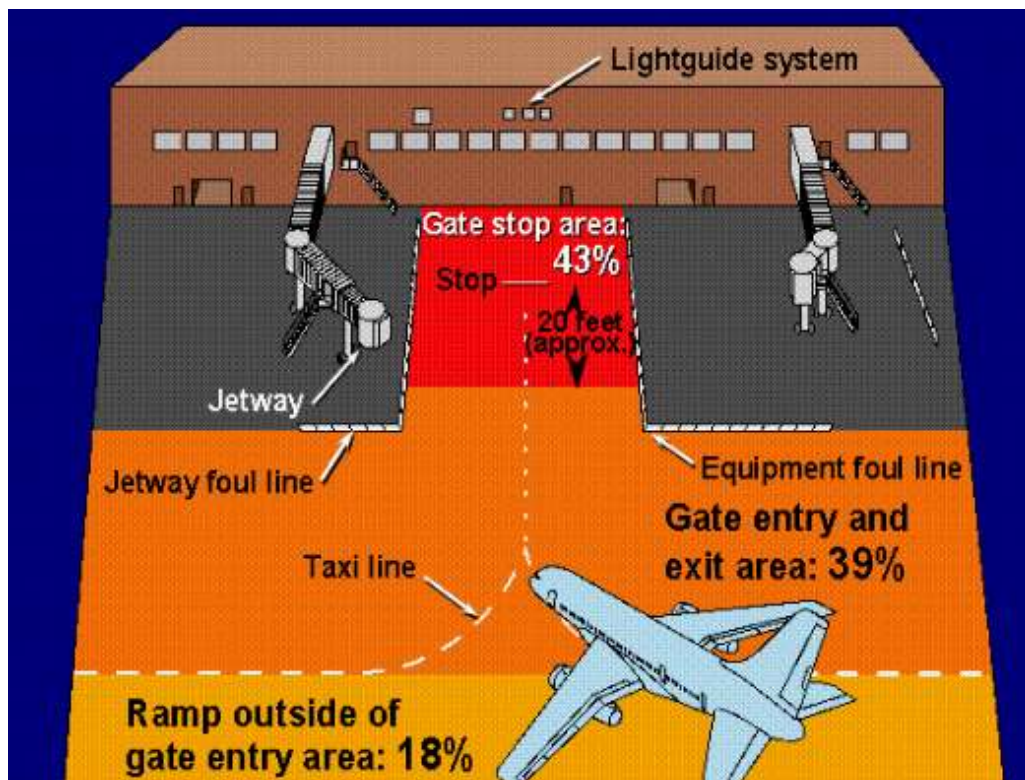


Рис. 1.3. Операційні зони на робочій площі аеродрому та проценте відношення наземних інцидентів у цих зонах [4]

Слід відзначити, що під час прибуття літака більше наземних інцидентів відбувалося у зоні зупинки біля телескопічного трапу (48%), ніж під час його відправлення (31%), можливо через те, що тут зустрічається більше перешкод, яких слід уникати щоб не зіткнутися з ними під час зарулювання в найбільш завантажену зону біля телескопічного трапу і будівлі терміналу [4].

Іноді буває, що обслуговуючий наземний персонал не знаходиться на МС під час прибуття літака, що збільшує ймовірність того, що наземне допоміжне обладнання залишається за обмежувальною лінією під час руху літака на МС [4].

Також, було відзначено що під час прибуття літака було менше наземних інцидентів поза пероном (13%), ніж під час його відправлення (30%). Це може бути пов'язано з великою кількістю процедур буксирування літака хвостом вперед, відключення та вимикання живлення, які відбуваються під час операцій вильоту ПС.

Загальна картина того, що відбувається (рис. 1.4) дозволяє нам зробити висновок, що понад 75% усіх пошкоджень припадає на фюзеляж, двері пасажирських виходів та люки вантажних відділень, а також самі відсіки, що дає чітке уявлення на чому саме необхідно зосередити увагу [4].

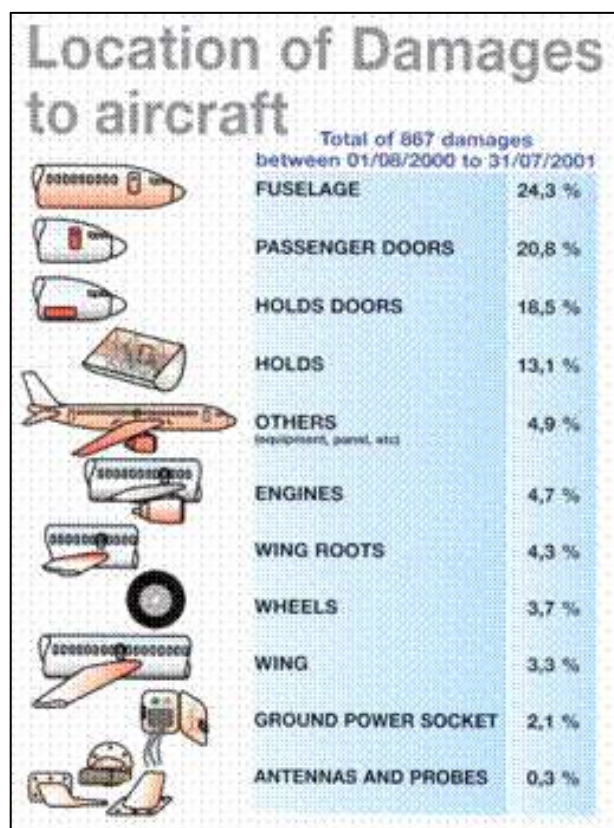


Рис. 1.4. Розташування зон пошкоджень літака [4]

З даних в [4] про АНТ стає зрозуміло, що аеродромні тягачі, завантажувальне обладнання, телескопічні трапи та транспортні засоби для доставки бортового харчування є найпоширенішими винуватцями пошкоджень літаків. Особливу увагу заслуговує те, що майже дві третини всіх випадків потрапляють в такі категорії як «інших» та «невідомого походження», тому їх необхідно більш детально дослідити (рис. 1.5).

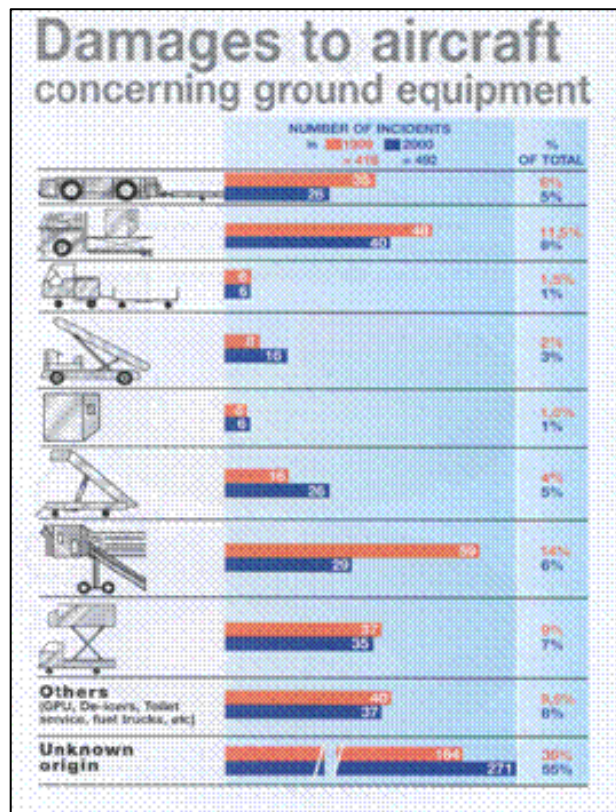


Рис. 1.5. Розподіл кількості пошкоджень літаків засобами АНТ [4]

У рамках проведеного дослідження в [5], встановлено, що частота виникнення інциденту під час наземного обслуговування, пов'язаного з пошкодженням літака, складає 1 випадок на 5000 польотів.

Дослідження причин наземних інцидентів в [5] показав, що 61% цих подій трапляється коли встановлюється певний зв'язок (відбувається підключення кабелів, шлангів, рукавів, під'єднання телескопічних пасажирських трапів) тобто інтерфейс між літаком і обладнанням для наземного обслуговування. Більшість пошкоджень відбувається саме під час стоянки ПС на МС з метою його обслуговування, із них 90% відбувається з вини наземного персоналу, а 10% – з вини самого екіпажу літака. У таких випадках зазвичай пошкоджуються фюзеляж (особливо двері) і двигуни ПС.

Наступним найбільш ризикованим етапом обслуговування ПС є процедура буксирування. На цьому етапі інциденти часто призводять до пошкодження шасі, крил або оперення. Також, під час різних видів буксирування GSE трапляються випадки нанесення пошкодження літаку. За даними, наведеними в [6] пересувні засоби наземного обладнання спричиняють 47% усіх пошкоджень літаків на землі.

Високий рівень ППС може бути пояснений тим фактом, що у так званні «години пік» виконавці наземних операцій обслуговують ПС за участю великої кількості АНТ одночасно, коли досить часто спостерігається перенасиченість перонів і МС АНТ. Для ілюстрації складності ситуації з обслуговування ПС наведена схема стандартного розміщення АНТ для наземного обслуговування (рис. 1.6).

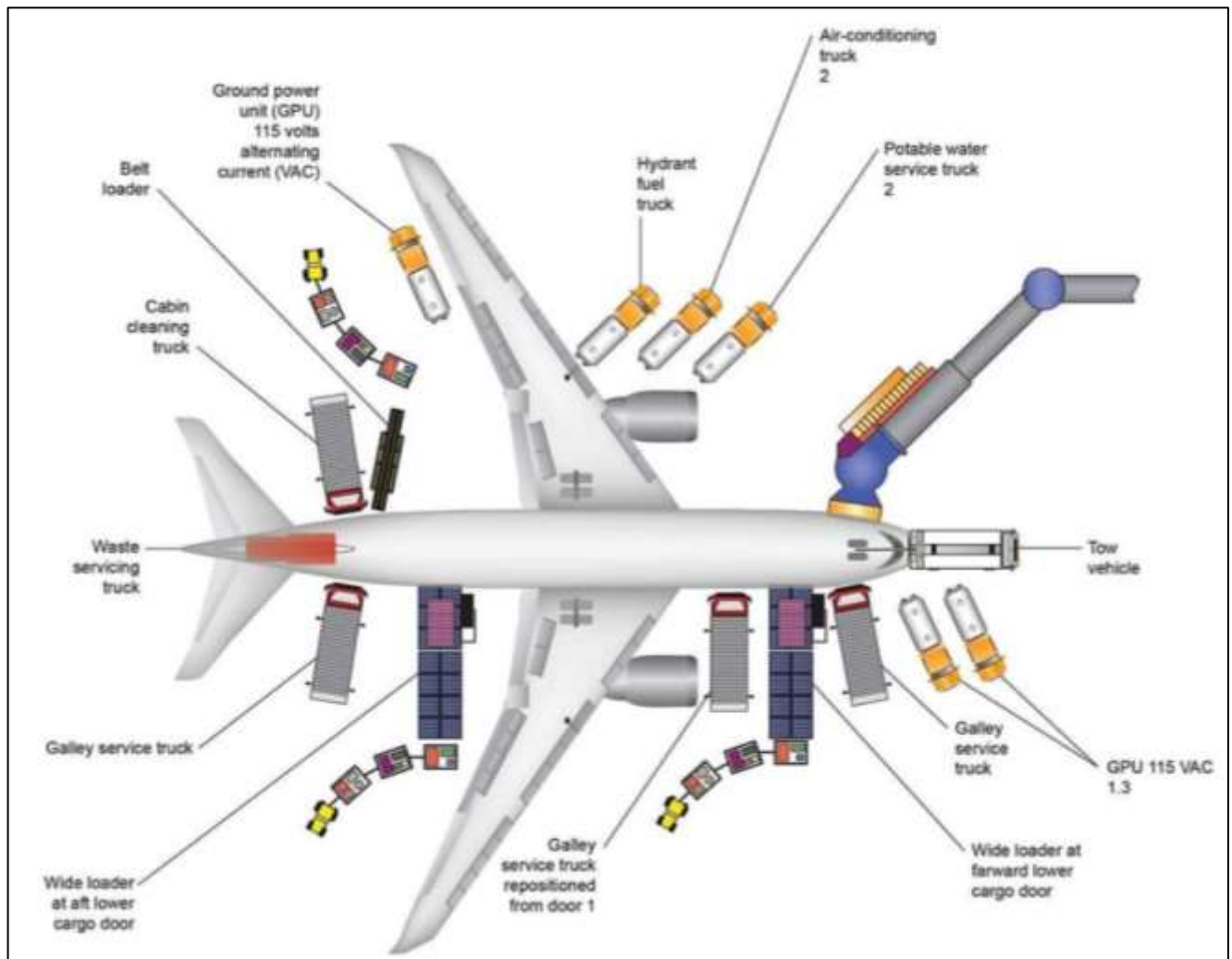


Рис. 1.6. Схема стандартного розміщення АНТ для НО ПС Boeing-737-800 [7]

Дослідження проведені Адміністрацією цивільної авіації Швеції і Лундським університетом в [8], показали, що правильно організоване НО є важливою складовою безпеки польотів на аеродромі. З цього випливає необхідність досягнути безпечних та ефективних процесів при керуванні заправкою, навантаженням, розвантаженням, буксируванням та інших видів обслуговування ПС. Безпека стосується як літаків так і персоналу, що працює безпосередньо на місцях. ПС на пероні можуть бути

ненавмисно пошкоджені через неправильне управління транспортними засобами в безпосередній близькості біля літака. Безпека і економічність тісно пов'язані в цьому типі операцій. Ремонт літаків надзвичайно коштовний, а затримки або скасування рейсів через пошкодження літака призводять до супутніх витрат, які можуть бути значними. Добре функціонуюча на аеродромі система управління безпекою польотів відіграє вирішальну роль в мінімізації ризиків.

Як зазначає автор, В. Vandel, у своїй статті [4], є два підходи вирішення проблеми пошкоджень на пероні – технологічний та людський. Технології дозволяють не тільки оцінити те, що насправді відбувається на пероні, але і знайти шляхи усунення деяких категорій таких пошкоджень. Одним із «людських» методів є розробка та впровадження конфіденційної системи звітів, що виключає негативні наслідки для співробітників. Введення такої системи стане важливим кроком у розумінні причин наземних інцидентів в майбутньому.

Також, в [5] зазначається, що шляхами зменшення кількості наземних інцидентів є вдосконалення технологічного процесу наземного обслуговування і удосконалення відповідної нормативної бази.

Аналізуючи зміст міжнародних керівництв з НО цивільної авіації [10,11,12,13] можна дійти висновку, що існує майже єдиний підхід до процесів наземного обслуговування літаків з урахуванням їх конкретного призначення.

Згідно з інформацією, що надходить до Національного бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів (НБРЦА), кількість інцидентів та пошкоджень ПС, пов'язаних з наземним обслуговуванням становить близько 5,4% від усіх подій, що виникають під час експлуатації цивільних повітряних суден в Україні [9,14,15,16,17].

Події, що відбуваються в аеропортах України, як правило свідчать про недоліки в організації роботи хендлінгових компаній. Під час розслідувань подій на землі, часто виявляються недоліки в професійній підготовці та досвіді водіїв, операторів спецтехніки та інших фахівців з наземного обслуговування ПС на пероні [9,14].

Також, однією з головних причин таких ситуацій є недотримання, а здебільшого відсутність чітких та інформативних правил, які регламентують організацію руху ПС і АНТ в аеропортах України [1].

Треба враховувати, що існуючі в Україні відомчі документи з організації руху повітряних суден, спецавтотранспорту і засобів механізації на аеродромах ЦА не повною мірою відповідають сучасним вимогам забезпечення регулярності та БП та не враховують рекомендацій міжнародних стандартів [1].

Слід зазначити, що на території України, основним нормативним документом, який регламентував вимоги з організації руху ПС, спецавтотранспорту та засобів механізації на аеродромах ЦА, а також заходи, спрямовані на забезпечення збереження ПС, унеможливлення їх пошкоджень на землі і попередження ДТП – було Керівництво, 1987 року видання [18], що дісталось у спадок від єдиного технічного простору Радянського Союзу, та яке втратило свою чинність на території України тільки у 2019 році на підставі наказу Міністерства інфраструктури України [19].

В рекомендаціях НБРЦА з розслідування подій, що сталися під час обслуговування повітряних суден на землі в [20,21,22], неодноразово наголошувалося про необхідність прискорення Державіаслужбою України розгляду та затвердження нового документа на заміну застарілого Керівництва.

Таким чином, проведений аналіз показує, що існує нагальна потреба в оновленні ряду правил, норм і стандартів, що стосуються безпеки наземного руху та безпеки наземного обслуговування в аеропортах України, насамперед на основі концептуального підходу до функціонування аеропортів у сучасних умовах та врахування досвіду зарубіжних аеропортів і авіакомпаній.

Слід відмітити, що останнім часом, кількість прийнятих Україною міжнародних документів в авіаційній сфері дуже велика, але подальший розвиток авіації вбачається у приведенні національних вимог у відповідність до стандартів і рекомендованої практики ІКАО, ІАТА.

Перехід на нові стандарти є складним процесом, який повинен враховувати наявні ресурси – технічні, інформаційні, кадрові. При цьому слід враховувати той факт, що в країнах на стандарти яких здійснюється перехід, розвиток технічної,

економічної та законодавчої бази не стоїть на місці, а значить в міру здійснення реформ доводиться переходити з нових стандартів на більш нові.

Перехід на нові стандарти пов'язаний як із змінами певних технічних вимог, умов і т.д. так і переглядом визначень, понять, зміни керуючих і виконавчих структур і т.д.

Позитивним з точки зору інформаційної підтримки реформ є той факт, що Україна є членом ІСАО, ІАТА може спертися на керівні документи європейських партнерів.

Уряд України продовжує реформу своєї національної галузі наземного обслуговування в ЦА, яка передбачає розробку законодавчої бази і модернізацію технічної бази, що експлуатується наземними службами аеропортів. Реформа передбачає більш активне прийняття європейських стандартів в українській галузі ЦА [23].

Процес приведення документів одних керівних документів у відповідність іншим часто називають гармонізацією, отже гармонізація нормативної бази є одним із шляхів подолання проблем забезпечення безпеки наземного руху та безпеки наземного обслуговування в аеропортах України.

Як бачимо, зазначені шляхи вирішення проблем потребують встановлення зв'язків між виконуваними процесами, нормативною базою, ресурсами, та результатами, що отримуються. В такому випадку обґрунтування конкретних заходів щодо внесення змін до стандартів, можливе тільки на підставі результатів системного аналізу із застосуванням методів моделювання.

В залежності від вирішуваної проблеми можуть бути застосовані сучасні відомі моделі, наприклад динамічна, статична, кінцевий автомат, структурна, поведінкова, агентська, об'єктна, заснована на процесах, метадааних, відносинах сутностей, активності, композиції, узагальнення, спільної роботи, трасування подій, послідовності і т.д.

1.2. Аналіз вимог безпеки, що пред'являються до технічного стану та обладнання АНТ

Зі зростанням обсягу пасажирських та вантажних авіаперевезень підвищуються й вимоги безпеки до технічного стану АНТ, оскільки несправний ТЗ є джерелом небезпеки, що може привести до ДТП та ППС.

Технічний стан АНТ впливає не тільки на експлуатаційну надійність АНТ, але й безпосередньо пов'язаний з питанням забезпечення безпеки польотів.

Технічний стан ТЗ та їх обладнання повинні відповідати вимогам стандартів, що стосуються безпеки дорожнього руху та охорони навколишнього середовища, а також правил технічної експлуатації, інструкцій підприємств-виробників та іншої нормативно-технічної документації [24].

В документах [25,26,27,28] зазначено, що експлуатант аеродрому повинен розробити, оновлювати та забезпечити впровадження конкретних вимог щодо стану та технічного обслуговування транспортних засобів, які працюють у контрольованій зоні аеропорту. Ці вимоги повинні включати:

- вимоги до маркування транспортних засобів та оснащення їх загороджувальними вогнями, якщо вони експлуатуються у темну пору доби та в умовах низької видимості;
- вимоги до оснащення та роботи засобів зв'язку;
- вимоги до технічного стану та регулярних перевірок безпеки транспортних засобів;
- вимоги до зовнішнього вигляду та граничних розмірів (обмежень щодо габаритів);
- вимоги щодо усунення несправностей.

Чинне законодавство України детально описує загальні вимоги безпеки до технічного стану і обладнання спецмашин під час обслуговування в аеропортах ЦА в [29], а також сам порядок перевірки технічного стану ТЗ [30].

На робочій площі аеродрому в безпосередній близькості до повітряних суден працює багато одиниць АНТ та наземного допоміжного обладнання. У зв'язку з цим регулярна перевірка технічного стану та своєчасне проведення технічного обслуговування транспортних засобів та обладнання, призначених для використання в контрольованій зоні, мають важливе значення для зниження ризику авіаційних подій та наземних інцидентів, спричинених експлуатацією несправних транспортних засобів та обладнання на території аеродрому.

З метою запобігання ППС, ДТП та убезпечення польотів, можна виділити наступні обов'язкові вимоги безпеки до АНТ, які базуються на цілій низці державних і міжнародних стандартів, викладених в [1,13,25,26,31,32]:

1. Характеристики АНТ повинні відповідати параметрам конструкції та систем ПС, для обслуговування яких дана АНТ призначена.

2. АНТ, яка виїжджає на ЗПС і РД, повинна бути обладнана радіостанціями та проблісковими світлосигнальними вогнями, що вмикаються під час їх роботи незалежно від часу доби.

3. Конструкція АНТ повинна забезпечувати зручний і безпечний під'їзд до ПС на відстань, яка потрібна для її нормальної роботи за безпосереднім призначенням.

4. Засоби з'єднання АНТ з ПС не повинні пошкоджувати лакофарбове покриття й елементи літака чи гелікоптера в процесі його обслуговування.

5. Типорозміри і технічні параметри наконечників, фішок та інших пристосувань для з'єднання із ПС повинні відповідати типу ПС, що обслуговується.

6. Спецмашини (СМ), які використовуються під час НО ПС, повинні бути обладнані пристроєм блокування руху в разі небезпечного зближення з ПС.

7. Сидіння водія (оператора) має бути обладнане механізмом регулювання оптимального положення для забезпечення зручного огляду робочих зон під час наближення (стикування) до (з) ПС.

8. Частици спецмашин, що безпосередньо контактують з обшивкою літака, мають бути обладнані датчиками стикування, які автоматично припиняють рух у разі контакту з літаком.

9. Трансмiсія ТЗ, на яких змонтовано АНТ, повинна мати додаткові пристрої для зменшення швидкості руху (ходозменшувачі), які використовуються для безпечного, якомога ближчого під'їзду до ПС.

10. Системи спеціального обладнання АНТ повинні мати запобіжні і захисні пристрої (основні і дублюючі), що унеможливають ушкодження систем ПС, які обслуговуються, у разі некерованої зміни режимів роботи техніки.

11. Навантажувально-розвантажувальні машини й механізми, що обслуговують ПС, повинні мати пристрої автоматичного сполучення рівнів вантажної платформи з нижнім рівнем люків ПС.

12. Наземні джерела електроживлення мають забезпечувати необхідні параметри електроенергії для живлення бортових систем ПС.

13. Засоби автоматичного управління наземних електроагрегатів повинні забезпечувати захист від перевантажень струму, аварійного підвищення (зниження) напруги.

14. Конструкція наконечників заправних і зарядних спецмашин повинні унеможливлювати їх неправильне підключення до ПС, використання надмірних зусиль під час стикування, спрацьовувати без «заїдань» і надійно фіксувати задані положення.

15. Засоби заправки повітряних суден ПММ і спеціальними рідинами мають забезпечувати обов'язкове фільтрування рідин, вимірювання виданої кількості, підтримання її температури в необхідних експлуатаційних межах та відкачування спецрідини з роздавального рукава після заправлення.

16. Тонкість фільтрації під час заправлення має відповідати вимогам Держстандарту 19328-81.

17. На кінці роздавального шлангу аеродромного водозаправника повинен бути передбачений зливальний кран для добору проб води і контролю її якості.

18. Кондиціонер і моторний підігрівач не повинні додавати в повітря, що нагнітається в літак, механічних домішок (припустимий вміст пилу 0,00025 мг/л), крапель вологи, парів мастила, відпрацьованих газів і неприємного запаху.

19. Трансмiсія аеродромного тягача для буксирування ПС має забезпечувати надійне і плавне (без ривків) зрушення з місця системи «буксирувальник – літак» і забезпечувати швидкість буксирування до 20 км/год.

20. Транспортні засоби та інші рухомі об'єкти, за виключенням повітряних суден, відповідно до нижче зазначених характеристик мають бути обладнані загороджувальними вогнями (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Характеристики загороджувальних вогнів [25,26,32]

Тип вогню	Колір	Тип сигналу/ (частота спалахів)	Максимальна інтенсивність (кд) при заданій фоновій яскравості			Мінімальна інтенсивність	Максимальна інтенсивність	Розсіювання променю по вертикалі	
			День (більш 500 кд/м ²)	Сутінки (50–500 кд/м ²)	Ніч (менше 50 кд/м ²)			Мінімальний кут розсіювання променю	Інтенсивність
Низької інтенсивності, типу С (рухома перешкода)	Жовтий/синій* (для аварійної служби або служби безпеки)	Проблисковий (імпульсний) (60-90 обертів за хвилину)	N/A	40	40	40 кд	400 кд	12°	20 кд
Низької інтенсивності, типу D (автомобіль супроводження ПС)	Жовтий	Проблисковий (імпульсний) (60-90 обертів за хвилину)	N/A	200	200	200 кд	400 кд	N/A	N/A

Проблисковий вогонь має бути встановлений на даху кабіни чи у верхній частині конструкції кузова спецмашини таким чином, щоб був забезпечений круговий огляд і його не затінювали надбудови на машині. Опорна площадка проблискового вогню повинна бути розташована горизонтально (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Приклад встановлення пробліскового вогню на спецмашині [33]

21. Конструкція щітки підмітально-прибиральних та універсальних очисних машин повинна виключати можливість випадання ворсу протягом терміну експлуатації.

22. Конструкція прибиральних та очисних машин має забезпечувати неушкодзованість бічних вогнів ЗПС під час їх очищення.

23. Машини для очищення від снігу безпосередньо лінз вогнів повинні також одночасно очищати площі покриттів біля вогнів завширшки близько 1 м.

24. Чистота поверхні після прибиральних машин має відповідати вимогам до експлуатації аеродромних покриттів.

25. Після роботи снігоприбиральних машин коефіцієнт зчеплення на ЗПС повинен відповідати нормативному значенню.

26. АНТ, що працює на площі маневрування, повинна бути обладнана буксирувальними пристроями.

27. Перонні засоби обслуговування пасажирів та багажу (вантажу) не повинні мати конструктивних елементів (гострі кути, кромки, виступи і т. д.), які можуть призвести до травмування пасажирів, псування багажу (вантажу).

28. Площадки і сходи засобів обслуговування пасажирів повинні мати поверхню, що перешкоджає ковзанню.

29. Аеродромні перонні автобуси мають бути обладнані двостороннім гучномовним зв'язком водія із салоном автобуса.

30. Аеродромні перонні автобуси повинні мати пристрої аварійної сигналізації в салоні та пристрої для аварійного відчинення дверей автобуса.

31. Конструкція дверей автобусів має бути такою, щоб у разі защемлення пасажирів не травмувалися.

32. У конструкції аеродромних перонних автобусів мають бути передбачені:

- ефективні системи кондиціонування й опалення салонів;
- вертикальні стінки і бортові поручні в салоні;
- у бічних стінках салону – не менше 2 люків для аварійного виходу з автобуса.

33. Самохідні пасажирські трапи повинні бути обладнані аутригерами, пристроями, що унеможливають самовільне опускання сходів трапа, а також мати огороження по всій довжині сходів.

34. Конструкція перонних засобів механізації повинна передбачати захист пасажирів, багажу (вантажу) від опадів.

35. Транспортувальні засоби та навантажувачі повинні мати пристрої (огороження, кріплення і т. ін.), що запобігають можливості падіння і пошкодження контейнерів, палет із транспортної, робочої, перевантажувальної платформ або одиничних вантажів зі стрічки транспортера у процесі транспортування чи навантажувально-розвантажувальних операцій.

1.3. Аналіз правил, норм і стандартів, що стосуються руху транспортних засобів на робочій площі аеродрому

У відповідності до статті 66 Повітряного кодексу України [34] керівник експлуатанта аеродрому несе відповідальність за забезпечення безпеки польотів, контроль за діяльністю суб'єктів на аеродромі, підтримання встановленого порядку виконання і забезпечення польотів на аеродромі та здійснює координацію діяльності на аеродромі підприємств і організацій.

В результаті проведеного у 2001 році в Європі аналізу [35], особливу увагу було приділено руху транспортних засобів на території аеродрому, як діяльності, що

представляє собою високий потенційний ступінь ризику, який потребує впровадженню ряду офіційних заходів контролю та усуненню цього ризику.

Рух ПС і транспортних засобів на робочій площі аеродрому суворо регламентується низкою нормативних документів.

На пероні спільні дії повітряних суден та транспортних засобів є неминучими, тому водіям транспортних засобів необхідна направляюча інформація для безпечного та ефективного використання наявної площі.

В документах [27,28] вказано, що саме експлуатант аеродрому повинен забезпечити безпечний рух транспортних засобів на робочій площі аеродрому шляхом:

- встановлення та введення правил руху транспортних засобів на аеродромі;
- встановлення та здійснення контролю щодо застосування правил руху транспортних засобів на аеродромі;
- запровадження дозволених шляхів руху транспортних засобів;
- встановлення та оновлення належних знаків і маркування.

Розробка правил та вимог, які регламентують організацію руху ПС і АНТ в аеропорту, має базуватись на існуючому досвіді організації руху АНТ і ПС та взаємодії служб аеропорту, що забезпечують польоти, рекомендаціях міжнародних організацій цивільної авіації, АПУ, існуючих галузевих нормативних та провідних документів, які розроблені за останні роки і діють на території України.

Завданням правил руху транспортних засобів на аеродромі є встановлення вимог, які дозволять знизити ризики подій, травмування людей, пошкодження повітряних суден та іншого майна, що виникають внаслідок експлуатації транспортних засобів на території аеродрому, а також ризики несанкціонованих виїздів на ЗПС.

Безпека та ефективність наземного руху на аеродромі буде залежати від того, наскільки точно водії наземних транспортних засобів та пішоходи будуть дотримуватися встановлених на аеродромі правил руху.

Як зазначається в [27], правила руху транспортних засобів в контрольованій зоні аеропорту повинні містити, як мінімум, наступне:

- загальні правила;
- обмеження (швидкості руху, висоти, тощо);
- переважне право руху;
- маршрути руху;
- вимоги щодо технічного стану транспортних засобів та обладнання;
- використання світлосигнального обладнання транспортних засобів;
- процедури керування транспортними засобами в умовах низької видимості;
- візуальні засоби (знаки, маркування, вогні) на робочій площі аеродрому;
- правила стоянки та зупинки транспортних засобів;
- правила роботи в зоні обслуговування ПС;
- небезпечні зони поблизу ПС;
- порядок руху на площі маневрування;
- правила безпеки (запобігання FOD, протипожежні заходи, дії з речовинами, мастилом, паливом тощо);
- заходи на випадок аварійної ситуації на аеродромі;
- процедури в'їзду в зони /виїзду із зон перону, в яких має місце змішаний рух повітряних суден і транспортних засобів.

Також, у кожному аеропорту на основі нормативних документів в залежності від місцевих умов розробляють схеми руху транспортних засобів на робочій площі аеродрому (Додаток А). Ці схеми вивчають усі водії та інший персонал, пов'язаний із експлуатацією АНТ на території аеродрому.

На схемах вказують:

- перон(и), РД, ЗПС;
- місця стоянок (зони обслуговування) ПС;
- розміщення, маршрути руління (буксирування) ПС;
- дозволені шляхи та швидкість руху транспортних засобів;

- зони, заборонені або обмежені для руху транспортних засобів.

Рух транспортних засобів на території аеродрому повинен здійснюватися лише за встановленими маршрутами відповідно до схеми руху транспортних засобів на робочій площі аеродрому. Рух транспортних засобів за межами встановлених шляхів руху заборонено за винятком обслуговування ПС на місцях стоянок, буксирування ПС, а також під час проведення робіт з утримання аеродрому в експлуатаційному стані або аварійних робіт.

Крім цього, робоча площа аеродрому повинна мати маркування, що відповідає міжнародним стандартам і нормам.


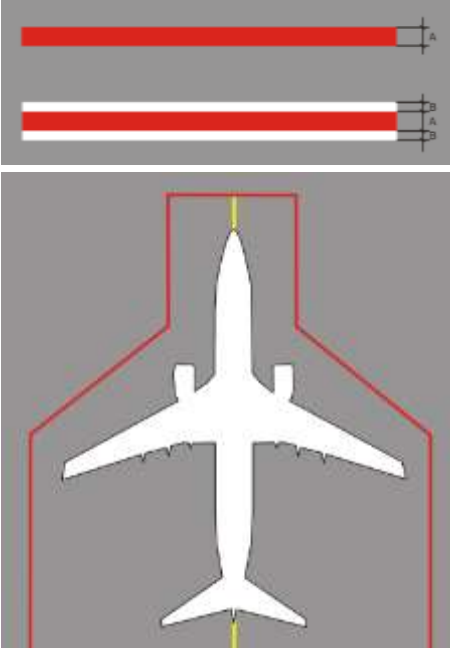
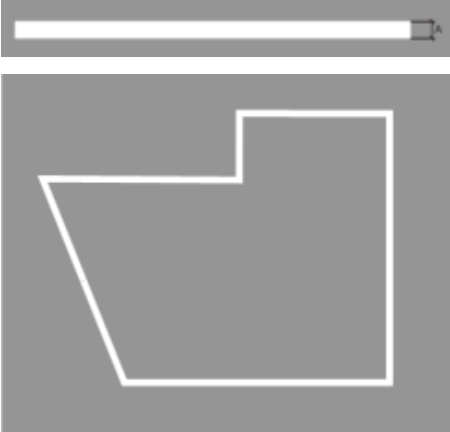
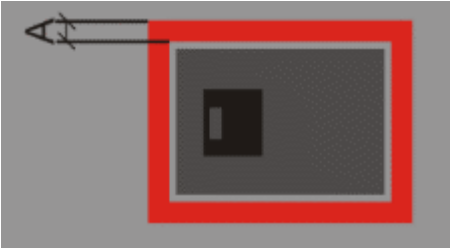
Рух як ТЗ, так і ПС на робочій площі аеродрому здійснюється з урахуванням маркування покриття, світлосигнального обладнання і знаків (дорожніх, аеродромних), тобто візуальних засобів (Додатки Б, В, Д). Пілоти та водії транспортних засобів, які використовують візуальне спостереження, покладаються на візуальні засоби (маркування, вогні та знаки) під час руху за призначеними маршрутами з метою оцінки відповідних відносних положень повітряних суден та транспортних засобів на робочій площі аеродрому.


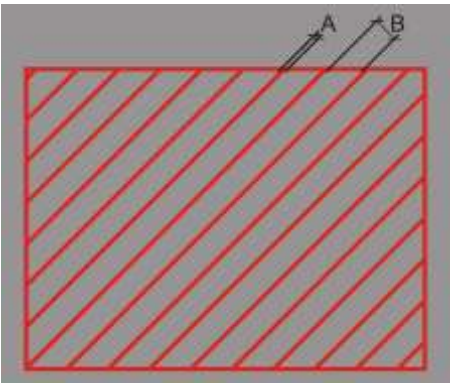
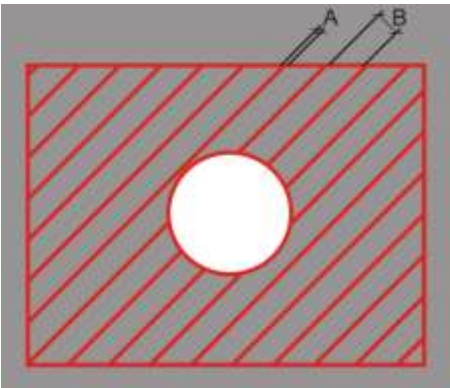
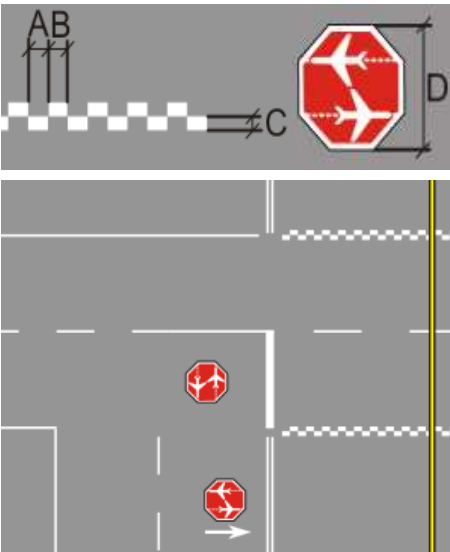
Для організації наземного руху на робочій площі аеродрому застосовується трикольорове (біле, жовте та червоне) маркування (табл. 1.3).

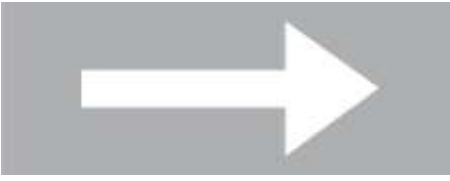


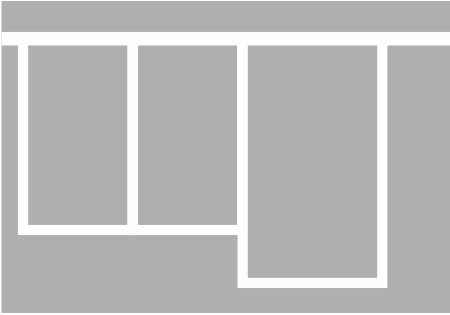

Таблиця 1.3

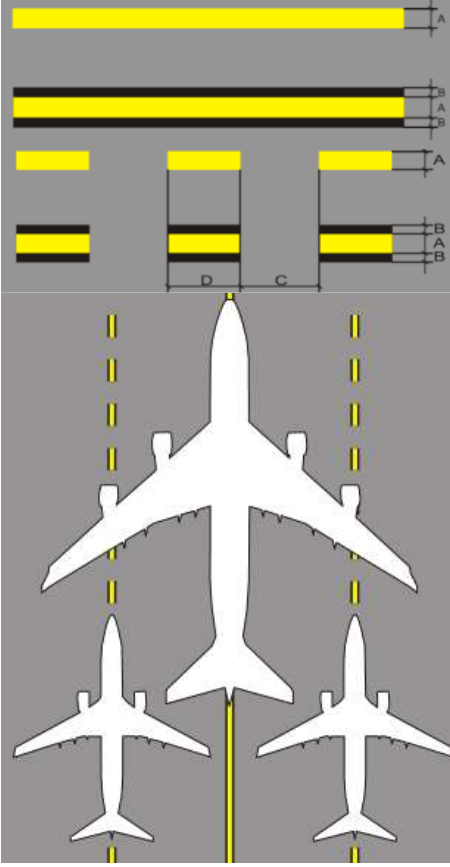
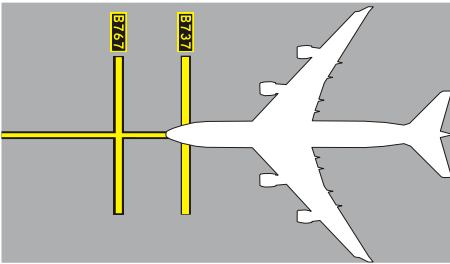
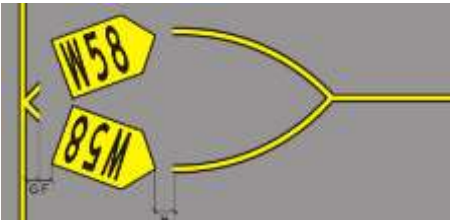


Маркування робочої площі аеродрому [36,37]



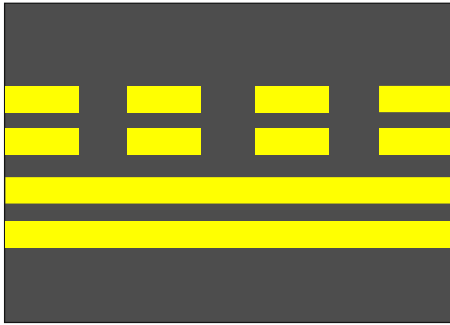
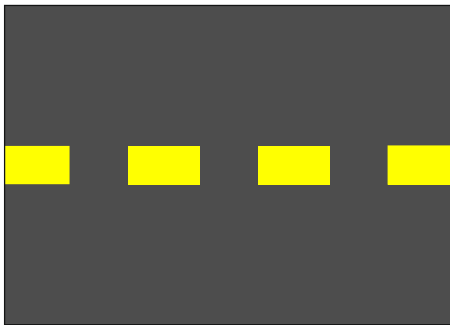
Найменування	Вигляд	Призначення
1	2	3
МАРКУВАННЯ НА ПЕРОНІ		
Шляхи руху транспортних засобів		Дві суцільні лінії білого кольору, які позначають ширину проїзної частини, що становить не менш 3,5 м для односторонніх шляхів та не менше 7 м для двосторонніх шляхів руху. Двосторонні шляхи, крім цього, розділені розподільною пунктирною лінією. Дозволяється перетинати ці лінії за умови забезпечення безпеки руху

1	2	3
<p>Обмежувальна лінія</p>		<p>Суцільна подвійна біла лінія наноситься в місцях, де необхідно обмежити виїзд ТЗ на маршрути руління або РД. Забороняється перетин цієї лінії всіма ТЗ за винятком пожежних, аварійно-рятувальних автомобілів, прибиральної техніки під час виконання робіт</p>
<p>Лінія безпеки на МС (контур зони обслуговування ПС)</p>		<p>Суцільна червона лінія, за якою розміщується АНТ під час руху ПС на МС або з нього, а також межа безпечної зупинки для усіх транспортних засобів та GSE, до того так вони остаточно під'їдуть до ПС, і межа зони безпеки для уникнення дії реактивних або гвинтових двигунів. Забороняється перетинати цю лінію під час руху літака</p>
<p>Зона паркування спецмашин та наземного допоміжного обладнання</p>		<p>Біле маркування, яке визначає спеціальну зону, що призначена для паркування АНТ необхідної для проведення наземного обслуговування ПС. Позначає зону, в якій спецмашина та GSE може бути припарковано за умови не створення перешкод для руління (буксирування) ПС та інших ТЗ</p>
<p>Колодязі електроживлення, колодязі системи централізованої заправки ПС</p>		<p>Позначає сервісні точки стаціонарного електроживлення або централізованої заправки ПС. Забороняється стоянка транспортних засобів на цих лініях</p>





1	2	3
<p>Контактні гнізда заземлювальних пристроїв</p>		<p>Призначені виключно для захисту від статичної електрики. Позначаються у вигляді червоного кола діаметром 0,3 м з обведенням його білим кільцем завширшки 0,1 м</p>
<p>Зона «паркування заборонено»</p>		<p>Червоні штрихові лінії, що вказують зону в якій заборонено паркування транспортних засобів і GSE. Через цю зону можна рухатись при дотримуванні особливої обережності</p>
<p>Положення коліс телескопічного пасажирського трапу</p>		<p>Вказує на неприпустимість паркування транспортних засобів або розміщення іншого обладнання для забезпечення безпеки експлуатації телескопічного пасажирського трапу (ТПТ), а також позначає розташування коліс ТПТ таким чином, щоб ТПТ знаходився на безпечній відстані від ПС, що прибуває (відправляється) на (з) МС</p>
<p>Перетин шляхів руху транспортних засобів з РД або маршрутами руління на пероні</p>		<p>Позначаються двома переривчастими у «шаховому порядку» лініями білого кольору. Поряд із розміткою використовується знак, що вказує на перетин шляхів руху з РД, маршрутами руління ПС на пероні, крім цього додатково наноситься стоп-лінія на безпечній відстані від ПС, що рухається (в залежності від коду ПС) Під час руління ПС водії повинні зупинити ТЗ перед стоп-лінією. Забороняється виїжджати за межі цих ліній</p>

1	2	3
Знак «Увага перетин з маршрутом руління ПС» для транспортних засобів		Попереджає про ПС, що рухається попереду. Знак може бути стаціонарним та/або наноситься на шляху руху транспортних засобів, які перетинають РД або маршрути руління ПС на пероні
Білі стрілки		Позначення напрямку руху для транспортних засобів
Дати дороги		Позначення місця, де водій зобов'язаний уступити дорогу ТЗ, які наближаються до нього у разі перехрещення напрямків їх руху
Стоп-лінія		Одиночна біла лінія шириною 40 см, яка позначає місце зупинки ТЗ за наявності знаку або напису «STOP»
Білі прямокутники		Позначає місця для стоянки ТЗ, майданчиків для паркування
Пішохідна доріжка		Призначена для безпечного пересування пішоходів (пасажирів, екіпажу і персоналу аеропорту) між об'єктами аеропорту або пасажирським терміналом і ПС, що стоїть на МС. Забороняється їхати через цю зону якщо на ній знаходяться пішоходи. Стоянка на цих лініях заборонена

1	2	3
<p>Маршрути руління ПС, перонні РД, лінії зарулювання на МС</p>		<p>Суцільні або пунктирні лінії жовтого кольору шириною не менше 15 см, що позначають траєкторію руху повітряного судна на робочій площі аеродрому, яка забезпечує безпечну відстань до перешкод</p>
<p>Місце зупинки ПС</p>		<p>Позначає місце зупинки ПС, що знаходиться у стадії руління або буксирування на МС. Поперечна лінія вказує маршалу, де необхідно зупинити передню опору шасі ПС відповідного типу</p>
<p>Показчик напрямку руху на МС</p>		<p>Інформаційне маркування, яке вказує напрямок і пункт призначення. Допомагає пілоту ПС визначити відповідну стоянку перед початком повороту ПС</p>
<p>Ідентифікаційний номер місця стоянки ПС</p>		<p>Вказує пілоту і експлуатаційному персоналу ідентифікаційний номер МС для повітряного судна</p>
<p>Тип ПС</p>		<p>Позначає відповідний тип повітряного судна, що використовує місце стоянки</p>

1	2	3
МАРКУВАННЯ НА ПЛОЩІ МАНЕВРУВАННЯ		
Осьова лінія РД		<p>Одиночна жовта лінія використовується для позначення напрямку руху ПС до ЗПС. Носові колеса шасі ПС прямують по цій осьовій лінії для того, щоб гарантувати перебування його головних коліс на покритті і відсутність контакту крил з будь-якими перешкодами</p>
Край РД		<p>Дві суцільні лінії жовтого кольору шириною 15 см, що проходять на відстані 15 см одна від одної та позначають край РД, що відокремлює покриття узбіччя від несучої частини. Діагональні лінії, що відходять від подвійної жовтої лінії також позначають наближення до узбіччя РД. Забороняється заїжджати за ці лінії. Цими лініями також позначають край перонів</p>
Місце очікування біля ЗПС		<p>Набір з двох суцільних і двох переривистих жовтих паралельних ліній, що пересікають РД по ширині. Транспортні засоби і ПС повинні зупинитися перед суцільними лініями і продовжувати рух лише після отримання дозволу від диспетчера АДВ</p>
Проміжне місце очікування		<p>Одиночна жовта переривиста лінія, що вказує на перетин двох РД, де можливе одночасне знаходження ПС і транспортного засобу та вимагає зупинки транспортного засобу на безпечній відстані. Таке маркування також використовується для позначення перонних входів</p>

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3
Позначення ЗПС		<p>Білі цифри на кожному кінці ЗПС, направлені до ПС, що заходить на посадку. ЗПС ідентифікуються по своєму положенню у відповідності до показань магнітного компасу, виражених у десятках градусів (положення 180° читається як 18). Паралельні ЗПС ідентифікуються по їх відносному положенню одна відносно одної, L або R відповідно позначає ліва або права</p>
Осьова лінія ЗПС		<p>Центр ЗПС маркується переривистою білою лінією, шириною не менше 0,9 м. (лінії мають довжину 30 м з проміжками 30 м між ними)</p>
Поріг ЗПС		<p>Серія паралельних білих ліній, шириною 1,8 м з проміжками між ними 1,8 м, довжиною 30 м, розташованих під кутом 90° до кінця ЗПС. Маркування порогу вказує початок ділянки ЗПС, що використовується для посадки ПС</p>
Край ЗПС		<p>Суцільна біла смуга шириною 0,9 м, розташована між межами покриття ЗПС у разі відсутності контрасту між краями ЗПС і узбіччями або навколишньою місцевістю</p>

1.4. Аналіз правил, положень та сертифікаційних вимог, що стосуються допуску водіїв до керування транспортними засобами на території аеродрому

У відповідності до сертифікаційних вимог, експлуатант аеродрому повинен розробити та впровадити систему офіційної атестації підготовки всіх водіїв та порядок їх допуску до керування транспортними засобами в контрольованій зоні аеропорту [25,26].

Порядок допуску до керування транспортними засобами в контрольованій зоні поширюється на три конкретні зони аеродрому, які виділені окремо, виходячи з характерного для них зростаючого рівня ризику [27]:

- дороги та перони в контрольованій зоні;
- площа маневрування, за виключенням ЗПС;
- площа маневрування, включно із ЗПС.

У міжнародних документах та вимогах АПУ відсутня необхідність однакового рівня підготовки для усіх водіїв транспортних засобів [26,32]. Наприклад, якщо водії працюють тільки на пероні. Враховуючи викладене, експлуатант аеродрому може запровадити різні види (категорії) ADP з різними термінами дії, наприклад, один вид (категорія) дозволу для управління на дорогах і перонах в контрольованій зоні, інший – для управління на площі маневрування (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Категорії ADP, що застосовуються на аеродромі Київ (Бориспіль) [36]

Категорія ADP	Дозволені зони	Термін дії ADP
«А»	Перон(и), службові та периметрові (патрульні) дороги в контрольованій зоні, об'єкти аеропорту у зоні обмеженого доступу, встановлені місця нерегульованих переїздів через РД	2 роки
«В»	Маршрути руління повітряних суден на пероні (перонні РД) і вибірково визначені РД	
«С»	Зона обслуговування повітряного судна (відповідно до типових схем розстановки АНТ при обслуговуванні ПС)	
«D»	Площа маневрування (ЗПС, МРД, РД)	

Таким, чином зміст кожної програми підготовки водіїв повинен бути пов'язаний з типом (категорією) такого дозволу.

Право на керування транспортним засобом в контрольованій зоні оформляється талоном (карткою) встановленого зразка (рис. 1.8), в якому вказується тип (категорія) допуску водія до ТЗ засобом у різних зонах аеродрому та термін його дії.



Рис. 1.8. Зразок картки ADP, що видається на аеродромі Київ (Бориспіль) [36]

Для отримання ADP відповідної категорії, водій повинен [26,27,38]:

- працювати в організації, якій дозволено виконувати свою діяльність на території аеродрому;
- мати функціональні обов'язки, які передбачають керування ТЗ на робочій площі аеродрому, а також мати дійсну особисту перепустку, що дає право перебувати в цих зонах на території аеродрому;
- мати національне посвідчення водія відповідної категорії;
- не мати медичних протипоказань або обмежень до керування ТЗ у відповідності до чинного законодавства;
- пройти відповідне теоретичне та практичне навчання на території аеродрому відповідно до затвердженої програми підготовки водіїв у контрольованій зоні (див. Додаток Е);
- після закінчення навчання продемонструвати своє розуміння встановлених правил руху транспортних засобів на аеродромі шляхом успішного складання відповідних іспитів.

Експлуатант аеродрому, також повинен визначити обставини, за яких ADP припинятиме свою дію і має здаватися для анулювання. Такі обставини можуть включати [26,27]:

- припинення роботи, для виконання якої було видано ADP;
- вилучення національного посвідчення водія за порушення відповідно до державних правил дорожнього руху;
- порушення правил руху транспортних засобів на аеродромі;
- будь-яке псування, підробка або неналежне використання ADP;
- управління транспортним засобом у стані алкоголю сп'яніння чи під дією наркотичних речовин.

У контрольованій зоні аеропорту водії транспортних засобів та наземного обладнання стикаються з багатьма проблемами, які зазвичай не виникають у зоні загального доступу аеропорту. Транспортні засоби, які працюють поблизу ПС, що рулять, самі створюють ризик, який повинен враховуватися експлуатантом аеродрому. У зв'язку з цим, для управління такими видами ризику необхідно впроваджувати ряд офіційних заходів із забезпечення безпеки наземного руху. Одним із таких заходів є програма підготовки водіїв на робочій площі аеродрому, яка може бути впроваджена та має стати частиною загальної СУБП на аеродромі [27].

Мета програми підготовки водіїв полягає у встановленні вимог та інструкцій, що забезпечують мінімізацію ризику авіаційних подій та тілесних ушкоджень людей, а також заподіяння шкоди ПС та майну при експлуатації ТЗ у контрольованій зоні аеропорту. Проведенні дослідження в [35], вказують на те, що ТЗ та їхні водії стали причиною несанкціонованих виїздів на ЗПС, пошкоджень ПС внаслідок зіткнень із ТЗ на різних аеродромах в світі. Тому, вимоги щодо допусків до водіння на площі маневрування безпосередньо направлені на попередження несанкціонованих виїздів на ЗПС.

Як зазначено в документі [27], ефективність програми підготовки водіїв буде залежати від ступеня її підтримки та застосування всіма зацікавленими сторонами, включаючи постачальників аеронавігаційного обслуговування, постачальників НО,

експлуатантів ПС та інших постачальників обслуговування у контрольованій зоні. Успіх програми підготовки водіїв, також буде залежати від спільної співпраці та взаємодії цих зацікавлених сторін.

В залежності від масштабів та складності аеродрому, а також напряду діяльності водія, програма підготовки має включати, як мінімум наступні основні теми [26,27,35]:

- загальна програма підготовки щодо управління транспортним засобом на робочій площі, включаючи поняття експлуатаційної безпеки транспортних засобів та обладнання, що знаходяться у безпосередній близькості до повітряних суден у зоні руху повітряних суден, зокрема, на ЗПС, РД, перонах, місцях стоянки, внутрішньо аеропортових дорогах, та прилеглих до робочої площі територій;
- спеціальна підготовка (стажування) на конкретному типі спецмашини або GSE, наприклад, на аеродромному тягачі, перонному автобусі стрічковому транспортері, електричному тягачі, тощо;
- додаткова підготовка в області небезпек, пов'язаних з використанням площі маневрування, правильного використання засобів радіозв'язку та ведення стандартної фразеології радіообміну.

Належна підготовка водіїв транспортних засобів, які працюють в контрольованій зоні аеропорту повинна передбачати, залежно від обов'язків водія, знання [26,27,38]:

- географічного плану аеродрому;
- аеродромних знаків, маркування робочої площі аеродрому, також світлосигнального обладнання аеродрому;
- процедур використання радіозв'язку на площі маневрування;
- терміни та фразеологію, яка використовується диспетчерським пунктом, включаючи прийняту ІКАО таблицю позначень букв алфавіту для ведення радіозв'язку з диспетчером АДВ;

- правил обслуговування повітряного руху в частині виконання наземних операцій;
- правил та процедур, які використовуються на аеродромі;
- процедур експлуатації в умовах низької видимості;
- небезпечних ситуацій, які можуть виникнути під час керування транспортним засобом на робочій площі, наприклад, перетинами РД на пероні, небезпечними зонами поблизу повітряного судна, персоналом та пасажирами, які перетинають перон, тощо);
- аварійних процедур, наприклад, у разі ППС, ДТП, пожежі;
- переважне право руху ПС.

Програма підготовки водіїв транспортних засобів у контрольованій зоні є ключовим елементом забезпечення безпеки та ефективності операцій на аеродромі. Для забезпечення дотримання встановлених процедур та підтримки необхідного рівня компетентності всього персоналу при розробці програми підготовки водіїв транспортних засобів у контрольованій зоні необхідно враховувати елементи, які перелічені у Додатку Е [26,27,35,38].

Як правило, за здійснення призначеної для всіх водіїв контрольованої зони офіційної програми підготовки, відповідає експлуатант аеродрому.

Усі три види підготовки повинні складатися із двох частин: першої, теоретичної, де мають використовуватися презентації, карти, діаграми, відео, буклети та чек-листи (при необхідності). Друга частина має включати практичну підготовку та візуальне ознайомлення із аеродромом за допомогою відповідно підготовленої особи (інструктора). Тривалість такої підготовки будить залежить від складності аеродрому [26,27,35].

Залежно від розмірів та складності аеродрому, а також індивідуальних вимог до водія ТЗ, програма підготовки може коригуватися з розрахунком на місцеве застосування.

Навчання та оцінка знань повинні проводитись кваліфікованими інструкторами, які мають належний досвід роботи та відповідні знання, які документально підтверджені.

Усі записи, що підтверджують навчання та успішне складання іспиту, повинні зберігатися та в разі необхідності могли бути пред'явлені для їх перевірки.

Якість навчання має оцінюватися внутрішніми аудитором аеропорту під час їх проведення експлуатантом аеродрому.

Зазначені у цьому розділі рекомендації є компіляцією матеріалів, взятих із численних джерел, включаючи ICAO, IATA, а також вимог АПУ ADR.OPS.B.025 та ряду аеродромів, де вже застосовуються програми підготовки водіїв транспортних засобів.

1.5. Аналіз функціонування систем управління наземним рухом і контролю за ним (SMGCS)

Організація наземного руху на робочій площі аеродрому повинна відповідати прийнятій у міжнародній практиці системі аеронавігаційного обслуговування повітряного руху та системі управління наземним рухом і контролю за ним (SMGCS).

Поняття SMGCS (Surface Movement Guidance and Control System) означає систему засобів, обладнання та правил, призначених для виконання вимог до керування і контролю за наземним рухом у конкретних експлуатаційних умовах на конкретному аеродромі. Система SMGCS у тій або іншій формі є на кожному аеродромі [28].

Система SMGCS включає відповідні візуальні та невізуальні засоби, засоби радіотелефонного зв'язку, процедури, засоби контролю та інформації. Системи управління наземним рухом і контролю за ним, що використовуються в сучасних аеропортах, можуть бути найпростішими на невеликих аеродромах з невисокою інтенсивністю руху, який здійснюється тільки за умов гарної видимості або дуже складними на великих і завантажених аеродромах, де ТЗ експлуатуються в умовах дуже низької видимості [28,39].

Оснащення аеродромів системами SMGCS призначається передусім для забезпечення успішного та безпечного управління наземним рухом і контролю за ним у конкретних умовах експлуатації.

Аналіз [28] показує, що систему потрібно проектувати таким чином, щоб запобігти зіткненню ПС між собою, ПС з ТЗ та перешкодами, а також наземних ТЗ з перешкодами та між собою.

Базові системи SMGCS, які описані в керівництві ICAO [28,39], не завжди здатні забезпечити ПС відповідну підтримку, щоб витримувалась необхідна пропускна здатність аеропорту без зниження рівня безпеки, особливо в умовах низької видимості.

Тому, використання удосконаленої системи управління наземним рухом і контролю за ним (Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-MGCS)) зможе забезпечити адекватну пропускну здатність аеропорту на необхідному рівні безпеки з урахуванням специфічних метеорологічних умов, інтенсивності руху та планування конкретного аеродрому завдяки застосуванню сучасної технології та високого ступеня інтеграції різноманітних функцій. У нових технологіях мають бути ураховані можливості підвищення пропускну здатності в умовах низької видимості на аеродромах зі складним плануванням та високою інтенсивністю руху [39,40].

Таким чином, тенденція зростання інтенсивності повітряного руху та вимог до безпеки польотів стали головними каталізаторами розвитку A-SMGCS рішень.

Концепція системи A-SMGCS була розроблена в результаті проведених досліджень із удосконалення системи, та в 2004 році ICAO опублікувало керівництво [40]. Ця система створена для підвищення безпеки руху ПС на площі маневрування аеродрому за рахунок зменшення впливу людського фактору при великій завантаженості в аеропортах [40].

Усі системи A-SMGCS виконують наступні основні функції [40]:

- спостереження;
- маршрутизація;
- управління;
- контроль.

Структурна схема системи в кожному випадку буде мати специфічні ознаки. Утім користувачам системи в будь-якій зоні руху має завжди надаватися однорідна,

стандартизована інформація, характерна для відповідної функції роботи системи. Приклад структурної схеми системи, що відповідає концепціям A-SMGCS і придатна до застосування на аеродромах зі складним плануванням та високими швидкостями руху, зображено на рис. 1.9, на якому показано спосіб інтегрування візуальних засобів у систему такого типу, а також ілюструється взаємозв'язок між різними компонентами обладнання, який необхідно забезпечити, щоб таку систему практично втілити в життя і використовувати усі її чотири базові функціональні аспекти, тобто вказівки напрямку, визначення маршруту, керування рухом за маршрутом і спостереження. Зокрема, можна бачити, що світлотехнічні установки і всі інші складові елементи системи незалежні один від одного [39].

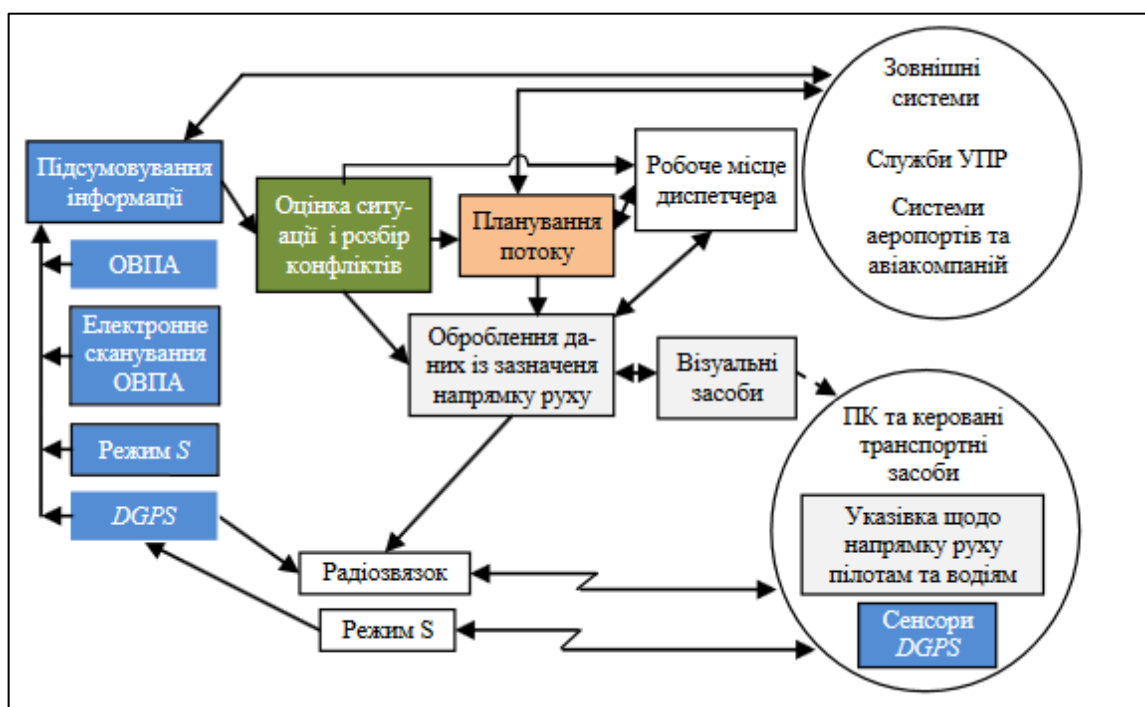


Рис. 1.9. Приклад структурної схеми системи A-SMGCS [39]

Впровадження цієї системи передбачає інтеграцію вже встановлених систем в одне робоче місце, наприклад диспетчера АДВ, для отримання на одному моніторі всієї необхідної інформації (основної та додаткової, яку він може отримати за допомогою панелі інструментів).

Відповідно до вимог ICAO, A-SMGCS має чотири рівня впровадження системи, кожен з яких має свої особливості.

A-SMGCS 1 і 2 рівня вже встановлені у всіх аеропортах, які обладнані світлосигнальним обладнанням, та де здійснюється робота з організації наземного руху. Третій рівень впроваджується тоді, коли є необхідність у інтеграції. Але при цьому роботу з вирішення конфліктів та призначення маршрутів, також частково виконує диспетчер руління. Також, на третьому рівні є окремі підсистеми інформації – наприклад, система, яка відстежує несанкціонований виїзд на ЗПС. 4 рівень – це робота в повністю автоматичному режимі. Існує також, додаткова опція системи A-SMGCS, яка призначена в основному для пілота або для водіїв наземних транспортних засобів, у яких є відповідні бортові системи. Інформація про всіх учасників руху на площі маневрування аеродрому по захищеному радіоканалу передається водіям транспортних засобів та відображається на моніторах у кабінах (для цього встановлюються додаткові монітори). Після посадки пілот може бачити не тільки себе як учасника руху, а й інших учасників наземного руху. При складних метеорологічних умовах – туман, хуртовина, сильний дощ, при видимості навіть на межі допустимих мінімумів – пілоту складно, а іноді неможливо, побачити всі перешкоди на своєму шляху руління або на ЗПС. Але, маючи на борту необхідну інформацію від A-SMGCS, він може орієнтуватися по монітору – відстежувати і маршрут руління, і рух інших транспортних засобів. При цьому система сама буде контролювати маршрут та рух ПС.

У Європейській організації з безпеки повітряної навігації (EUROCONTROL) [41] використовують дещо відмінний від ICAO підхід щодо визначення категорій A-SMGCS. Замість рівнів у вищезазначеній організації виділяють функції систем (рис. 1.10), зокрема це:

- служба спостереження (Surveillance Service);
- служба підтримки безпеки аеропорту (Airport Safety Support Service);
- служба маршрутизації (Routing Service);
- служба управління (Guidance Services).

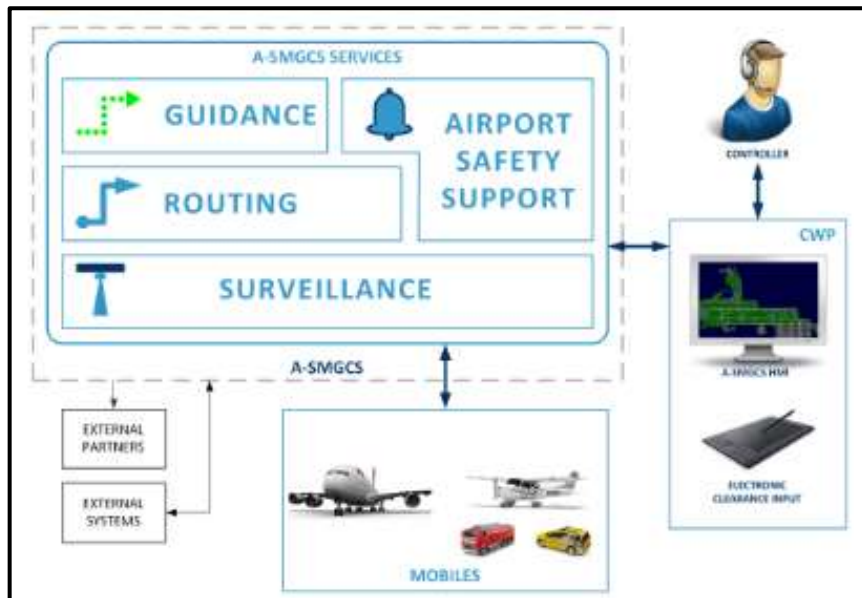


Рис. 1.10. Специфікація EUROCONTROL A-SMGCS [41]

В основі A-SMGCS лежать багатопозиційні системи спостереження, які складаються зі спеціалізованих станцій, розподілених по території аеродрому. Повітряні судна і наземні ТЗ оснащуються мобільними відповідачами, так званими транспондерами (рис. 1.11), сигнали від яких приймає багатопозиційна система спостереження. Таким чином, наземні транспортні засоби вбудовуються у спільну мережу.



Рис. 1.11. Антена транспондера, яка встановлена на даху транспортного засобу для його ідентифікації на робочій площі аеродрому [41]

Для забезпечення безпеки наземного руху використовується комплексно координатна інформація від ПС і ТЗ та радіолокаційна інформація, що надходить від радіолокатору контролю наземного руху (SMR). Спостереження відбувається у режимі реального часу з високою точністю, завдяки чому диспетчера завжди знають де знаходиться ПС або ТЗ, навіть якщо їх неможливо спостерігати візуально. Пілоти ПС, також мають інформацію про переміщення усіх рухомих об'єктів на площі маневрування аеродрому.

З [41] аналізу ефективності використання систем А-SMGCS відомо, що переваги систем рівнів 1 і 2 доведені на практиці і добре відомі. Також було зазначено, що ризики від несанкціонованих виїздів ТЗ на ЗПС можуть бути зменшені щонайменше вдвічі, а затримки пов'язані з погодними умовами можуть бути скорочені на 10%.

Серед додаткових систем, що також інтегруються з А-SMGCS – спеціалізовані камери відеоспостереження, які допомагають диспетчерам здійснювати візуальне спостереження ПС. Наприклад, в аеропорту Риги, де також розгорнуто систему А-SMGCS, додаткові відеокамери були встановлені на АДВ, які охоплюють злітно-посадкову смугу аеропорту, зони руління та МС. Камери можуть керуватись віддалено, а загальна інформація виводиться на монітор диспетчера (рис. 1.12) [41].

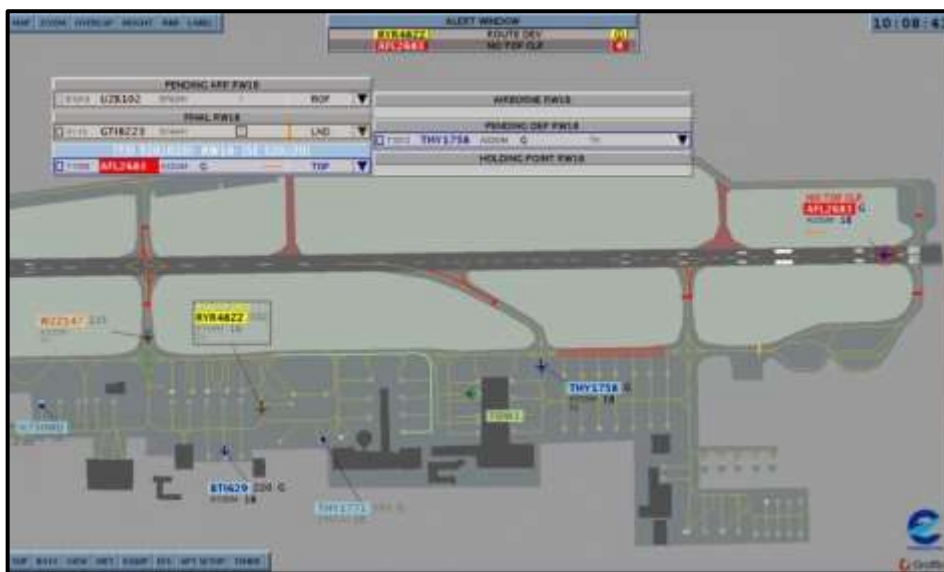


Рис. 1.12. Приклад візуалізації роботи А-SMGCS на моніторі диспетчера АДВ в аеропорту Риги [41]

Таким чином, A-SMGCS є ефективним засобом зниження ризику виникнення авіаційних подій, пов'язаних із переміщеннями на площі маневрування аеродрому рухомих об'єктів, але за умови її правильної експлуатації та відповідної підготовленості персоналу.

На сьогоднішній день A-SMGCS рішення набули широкого поширення по всьому світу. Серед найбільших світових аеропортів, що експлуатують A-SMGCS, можна виділити Хітроу в Лондоні, Схіпгол в Амстердамі, Франкфурт-на-Майні в Німеччині, аеропорти Лос-Анджелеса та Сан-Франциско, а також багато інших аеропортів.

1.6. Висновки до розділу

Виходячи з аналізу інформаційних джерел за тематикою кваліфікаційної роботи, можна зробити наступні висновки:

1. Розглянуто нормативну базу функціонування системи безпеки наземного руху в аеропортах України, яка побудована на основі національного законодавства, міжнародних стандартів ICAO, IATA, а також з урахуванням вимог EASA.
2. Проаналізовано вимоги, що пред'являються до технічного стану АНТ, підготовки та допуску водіїв до керування транспортними засобами на території аеродрому, функціонування системи управління наземним рухом і контролю за ним.
3. Визначено, що існує нагальна потреба в оновленні ряду правил, норм і стандартів у сфері безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому для подолання проблеми забезпечення безпеки наземного руху в аеропортах України.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ

2.1. Концептуальні рішення щодо моделювання системи наземного руху на робочій площі аеродрому

Всі основні функції з організації та контролю наземного руху на робочій площі аеродрому на даний момент виконує людина – диспетчер АДВ. Його основне завдання – забезпечення безпеки шляхом запобігання зіткненню ПС один з одним, з наземними ТЗ або іншими перешкодами (об'єктами). Сьогодні ПС і АНТ також керують люди, які виконують функції пілотів або водіїв (операторів). Повітряні судна рулять до МС після приземлення або до ЗПС, готуючись для зльоту. АНТ пересувається між МС ПС та різними об'єктами інфраструктури аеропорту. Таким чином, шляхи для ПС встановлені у формі маршрутів руління (РД), а шляхи для АНТ – у формі доріг з одностороннім або двостороннім рухом. Майже завжди є точки перетину шляхів руху ПС і АНТ (конфліктні точки). Дуже часто координація дій учасників процесу наземного руху здійснюється лише шляхом обміну голосовою інформацією за допомогою радіозв'язку. Очевидно, що ідеальний рівень БП в аеропортах не може бути досягнутий при збереженні великої частки участі людини в плануванні та реалізації руху окремої транспортної системи. Основним шляхом вирішення цієї проблеми є підвищення рівня автоматизації процесів управління наземним рухом на робочій площі аеродрому.

У документі [42], опублікованому ІАТА зазначається, що в майбутньому управління наземним рухом на робочій площі аеродрому буде передано автоматизованим системам, у результаті чого диспетчери будуть виконуватимуть в першу чергу роль операторів та контролюватимуть функціонування таких систем.

Автоматизована система управління зможе аналізувати поточну ситуацію в транспортній системі аеропорту лише за наявності доступу до точних даних про місцезнаходження (геолокацію) кожного об'єкта в режимі реального часу. Просторові

дані у вигляді координат (x, y) можна отримувати в режимі реального часу як від радіолокатора контролю наземного руху (SMR), так і від бортових систем ТЗ. Дані про статус усіх рухомих об'єктів на робочій площі аеродрому (пункт призначення, маршрут, пріоритет тощо) можуть надходити з системи планування-маршрутизації.

Впровадження автоматичного централізованого управління, звісно, не скасовує використання децентралізованих (місцевих) методів управління наземним рухом. Ці методи включають як звичайне ручне керування, яке забезпечують водії або пілоти, так і найсучасніші технології автоматичного керування безпілотними транспортними засобами. Децентралізовані методи управління засновані на побудові просторової динамічної моделі, яка безпосередньо оточує конкретний транспорт. В якості вихідних даних для такої моделі використовуються як дані різних типів датчиків, розташованих на борту транспортного засобу, так і дані, отримані під час обміну інформацією з іншими учасниками транспортного процесу. Дослідженню методів децентралізованого контролю присвячено багато публікацій в [43,44]. У публікації [45] коротко згадується концепція поділу території аеродрому на зони, стан заповненості яких повинен враховувати центральний процесор. У свою чергу, зони руху транспортних засобів можна розділити на комірки, які послідовно займаються або звільняються під час руху певного об'єкта. Ідея виділення контрольованих зон детально описана в роботі [46]. На рис. 2.1, показано зони та напрямки руху GSE на МС ПС.

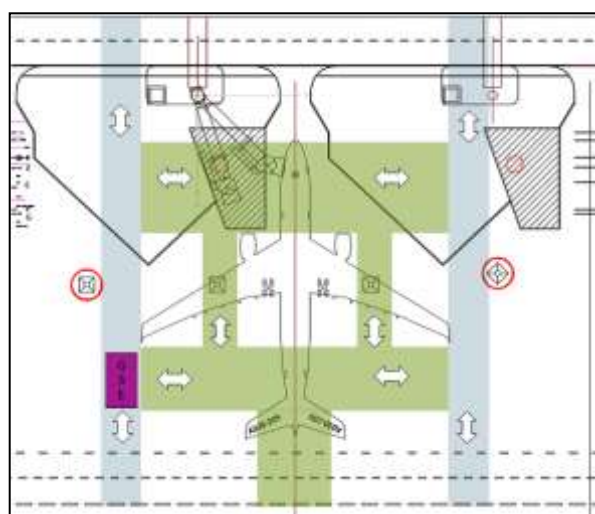


Рис. 2.1. Приклади зонування та напрямки руху GSE на МС ПС [46]

Відомо, що моделювання є найефективнішим методом вивчення транспортних процесів в аеропортах [47]. З метою вивчення процесу управління рухомим об'єктом, має бути розроблена модель, яка включає наступні компоненти:

- модель руху об'єктів по обраних шляхам і модель вільного переміщення по майданчиках;
- модель для визначення координат місця розташування, швидкості та напрямку руху об'єктів;
- модель автоматичного диспетчера, який формує команди для управління рухом об'єктів.

Результатом проведеного аналізу є рішення щодо розробки спеціальних методів концептуального та комп'ютерного моделювання, які дозволяють вирішувати поставлені задачі дослідження транспортних процесів в аеропортах в умовах автоматичного централізованого управління.

2.2. Аналіз різних видів моделювання

Основною особливістю моделі руху об'єктів є необхідність урахування їх взаємного розташування в 2D просторі. При цьому слід враховувати реальну форму і розмір кожного об'єкта, оскільки одним з головних завдань авіадиспетчера є запобігання зіткненню як рухомих об'єктів один з одним, так і рухомих об'єктів з перешкодами. Простий спосіб розв'язати цю задачу – зобразити форму рухомого або нерухомого об'єкта у вигляді багатокутника (рис. 2.2). Потім виникає необхідність перевірити стан перетину всіх багатокутників, які відображають рухомі об'єкти, з сусідніми об'єктами або перешкодами поблизу. Вищевказану перевірку в моделі необхідно проводити з інтервалом близько 0,1 секунди, оскільки за цей час на швидкості 30-40 км/год об'єкт може пройти відстань близько 1 метра. Задачу перевірки умови перетину двох багатокутників можна вирішити за допомогою методів геометричного моделювання, але цю задачу доведеться вирішувати 600 разів за кожну хвилину модельного часу, що при десятках взаємодіючих об'єктів призведе до помітного уповільнення роботи програми моделювання.

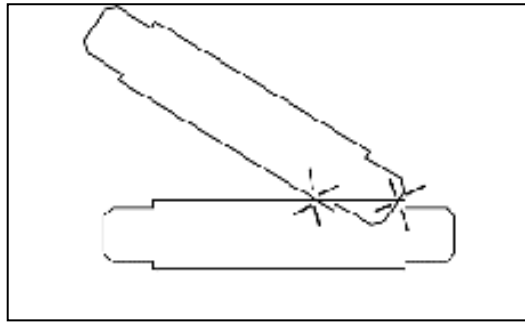


Рис. 2.2. Виявлення зіткнень об'єктів, представлених багатокутниками

Другою особливістю моделі руху об'єктів є необхідність врахування прискорень і пов'язаних з ними змін швидкості руху об'єктів. Зрозуміло, що процеси розгону і гальмування ПС будуть відрізнятися від тих, що спостерігаються в наземних ТЗ. Важливо відзначити, що такі процеси можуть відбуватися як з ініціативи водіїв, так і у відповідь на команди автоматичного диспетчера. На рис. 2.3, показано результати вимірювання швидкості 10 літаків на одній конкретній РД протягом 180 секунд [48]. Видно, що швидкості змінюються в широкому діапазоні, наприклад від 6 до 10 м/с.

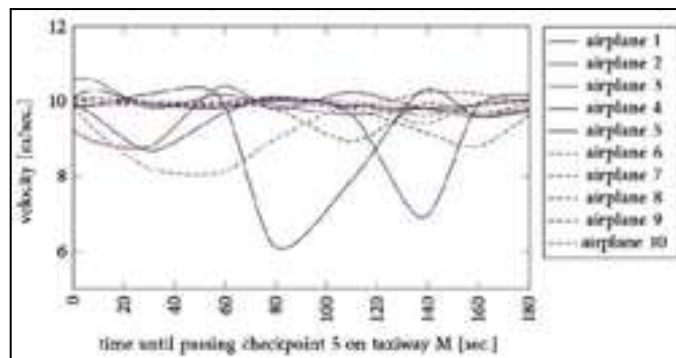


Рис. 2.3. Швидко-часовий графік руління 10 літаків по РД [48]

Дві особливості моделі руху об'єкта, про які вже згадувалося вище, унеможливають використання парадигми моделювання дискретної події. Необхідність застосування в моделі кроку за часом « Δt » також пов'язана з тим, що реальний автоматичний диспетчер також повинен отримувати інформацію про поточний стан усіх учасників руху кілька разів на секунду. Метод « Δt » використовується в комерційних пакетах програмного забезпечення моделювання

транспортного потоку, таких як Vissim (PTV Vision). Але в таких моделях рух об'єктів здійснюється переважно по виділених смугах, тобто в математичному плані такі моделі є одновимірними, оскільки враховують лише відстань між автомобілями, що йдуть один за одним. Моделі, засновані на клітинних автоматах, також є одновимірними [48]. У моделях транспортного потоку застосовуються принципи локального управління, коли для кожного автомобіля на кроці « Δt » визначається нове значення швидкості в залежності від швидкості автомобіля попереду та відстані до нього. У таких моделях відсутня мета збору даних про окремі об'єкти та централізований контроль цих об'єктів. Оскільки стандартні методи моделювання транспортних потоків не дозволяють вирішити поставлену задачу моделювання у 2D просторі, виникає необхідність розгляду інших напрямків застосування моделювання для дослідження взаємодії керованих рухомих об'єктів.

З початку 90-х років у виробництві та логістиці почали використовувати транспортні системи на основі автоматично керованих транспортних засобів (AGV – Automated Guided Vehicles). Найчастіше такі системи моделюються в припущенні, що окремі ТЗ рухаються по фіксованих ділянках маршруту, які разом складають транспортну мережу. Централізована система управління зазвичай встановлює лише маршрут руху для кожного автомобіля, а потім не контролює його положення під час поїздки. Конфліктні ситуації, які можуть виникнути між ТЗ, вирішуються за допомогою місцевих систем управління, які встановлені на самих ТЗ. Типовий приклад моделі, створеної за допомогою пакета Plant Simulation на основі парадигми Discrete Event Simulation, можна знайти в [49]. Ця робота спрямована на моделювання систем з кількома вільними навігаційними AGV. Серйозним дослідженням є магістерська робота [50], в якій рухомі об'єкти та перешкоди описуються багатокутниками, а для відображення динаміки процесу використовується принцип « Δt ». Для прогнозування зіткнення об'єктів використовується згадана вище геометрична модель (див. рис. 2.2). Імітаційна модель реалізована за допомогою мови програмування Python. Приклад симуляції сценарію із залученням 10 AGV наведено на рис. 2.4.

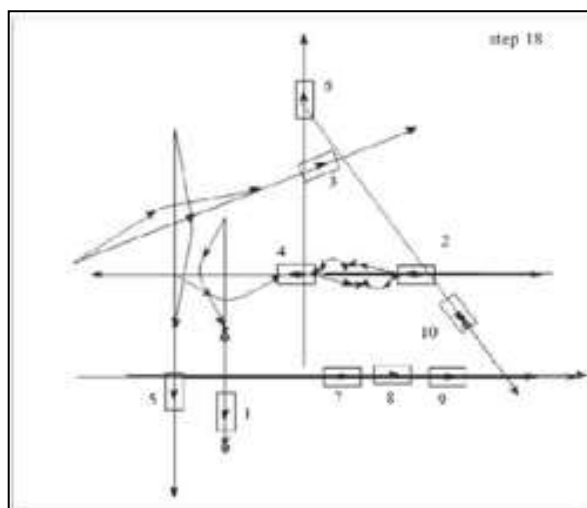


Рис. 2.4. Імітаційна модель з 10 AGV [51]

Імітаційну модель системи з вільними навігаційними AGV також можна знайти в статті [51]. Він головним чином зосереджений на локальному управлінні різними AGV, щоб запобігти зіткненню AGV один з одним, а також з перешкодами (рис. 2.5). Імітаційна модель реалізована за допомогою мови програмування Visual C++.

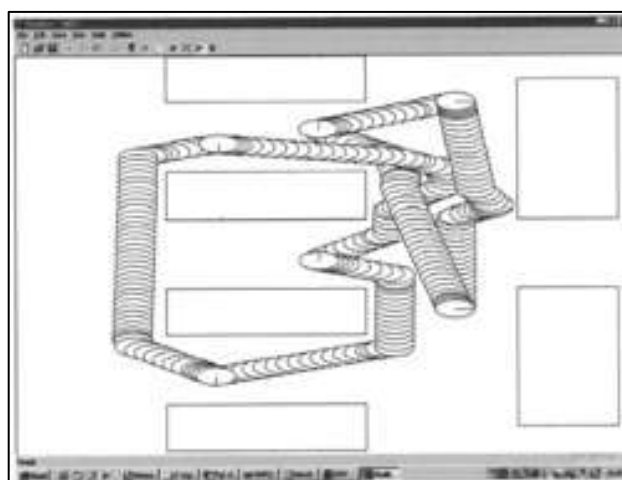


Рис. 2.5. Імітаційна модель з 6 AGV [51]

Усі моделі, описані вище, використовували безперервний 2D простір, у якому положення кожної точки описується парою координат (x, y) . Саме в такому просторі, зокрема, вирішувалася досить складна задача виявлення перетину графічних зображень об'єктів, описаних у багатокутниках. Цей простір додатково можна розділити на комірки з координатами $[j, i]$, де i та j – номери рядків і стовпців

відповідно. Якщо для комірки задані розміри, наприклад, 2×2 метри, то наступне перетворення координат є тривіальним: $(10.7; 15.3) \rightarrow [6; 8]$. Оскільки для кожної точки з координатами (x, y) відомі координати комірки, в якій вона знаходиться, багато завдань керування рухом об'єктів можна звести до перевірки належності точок об'єкта до відповідних комірок чи ні. Наприклад, два багатокутники не знаходяться в стані перетину, якщо вони не мають спільних окремих клітинок. Точність обчислення реальних відстаней між точками залежить від розміру комірки d . На рис. 2.6, показано, що дві точки p_1 і p_2 будуть розташовані в різних комірках як у випадку $\{p_1^1, p_2^1\}$, так і у випадку $\{p_1^2, p_2^2\}$. Оскільки відстань між центрами комірок дорівнює $d\sqrt{2}$, то похибка інтерпретації положення точок в обох випадках буде дорівнювати цьому значенню. Наприклад, якщо $d = 2$ метри, максимальна похибка становитиме 2,83 метра.

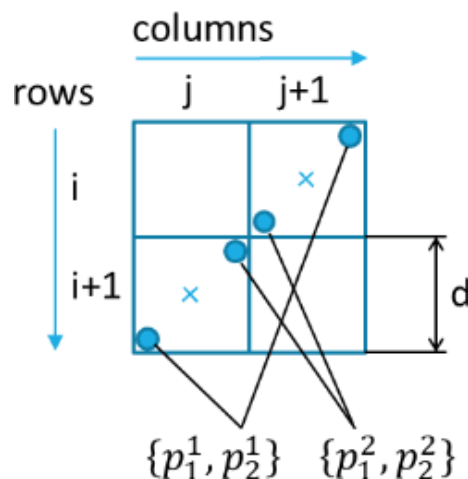


Рис. 2.6. Обмеження в точках розташування сусідніх комірок

Оскільки точність технічних систем визначення місця розташування рухомих об'єктів рідко перевищує цю величину, таку точність можна вважати достатньою, наприклад, при моделюванні руху транспортних засобів на аеродромі. При вищій точності визначення координат об'єктів величина d може бути зменшена, наприклад, до 1 метра. У статті [52] описується застосування двовимірного сіткового простору, який автор називає терміном «растрові сітки». Слід зазначити, що концепція сіткового-базованого простору широко реалізується при моделюванні процесів, які

відбуваються в певних географічних зонах. У статті [53] повідомляється про розробку універсального пакету програмного забезпечення, за допомогою якого були створені екологічні моделі, такі як розподіл тварин, розповсюдження вогню, розповсюдження насіння, а також різні моделі для моделювання динаміки рослинності. Основна частина пакету реалізована на Visual Basic (VB6) з використанням компонентів ActiveX і COM. У статті [54] обговорюється, як підвищити точність растрових моделей шляхом додавання до них об'єктів, представлених векторними моделями.

2.3. Розробка імітаційної моделі системи наземного руху на робочій площі аеродрому

Розглянуті вищенаведені приклади моделювання, які мають хоча б деякі властивості, близькі до властивостей поставленої задачі моделювання транспортних процесів на аеродромі, свідчать про те, що такі задачі можуть бути вирішені лише за допомогою універсальних мов програмування. Пакети моделювання комерційних процесів з пакетами моделювання дискретних подій або пакети моделювання транспортного потоку не забезпечують умов для реалізації всіх заявлених вимог до моделі. Нижче описано принципове рішення щодо моделювання процесів руху об'єктів з орієнтацією на застосування універсальних мов програмування [55]:

1. Рухомі об'єкти та перешкоди розташовані в двовимірному просторі, в якому використовуються як безперервні координати (x, y) , так і координати комірки $[i, j]$.
2. Кожен рухомий або нерухомий об'єкт описується за допомогою опуклого багатокутника, точки якого можуть розташовуватися в декількох клітинках дискретного простору.
3. Одна з точок рухомого об'єкта оголошується контрольною точкою. Поточне положення об'єкта визначається координатами контрольної точки (x_{ref}, y_{ref}) і кутом повороту α відносно північного кута.
4. Погоджено, що існує вісім дискретних напрямків орієнтації рухомих об'єктів, тобто $\alpha \in \{N, NE, E, SE, S, SW, W, NW\}$.

5. Для кожного класу рухомих об'єктів створено вісім графічних моделей, які відображають розташування зайнятих комірок за заданими координатами (x_{ref}, y_{ref}) і кутом повороту α (рис. 2.7).

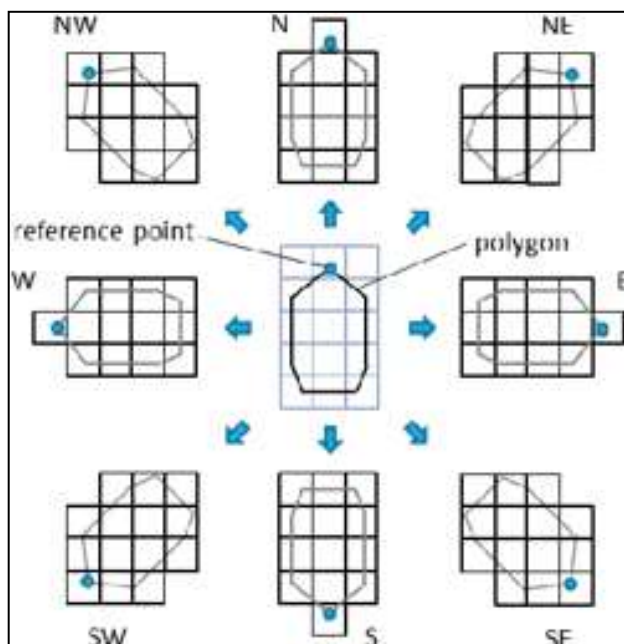


Рис. 2.7. Вісім графічних моделей рухомого об'єкта [55]

6. Фактична траєкторія об'єкта R_{real} замінюється послідовністю комірок згідно з алгоритмом ліній Брезенхема. Змодельований шлях R_{sim} проходить через центральні точки комірок, які утворюють цей шлях (рис. 2.8). У будь-який момент часу точка відліку p_{ref} може бути розташована в будь-якій точці R_{sim} шляху, залежно від пройденої відстані.

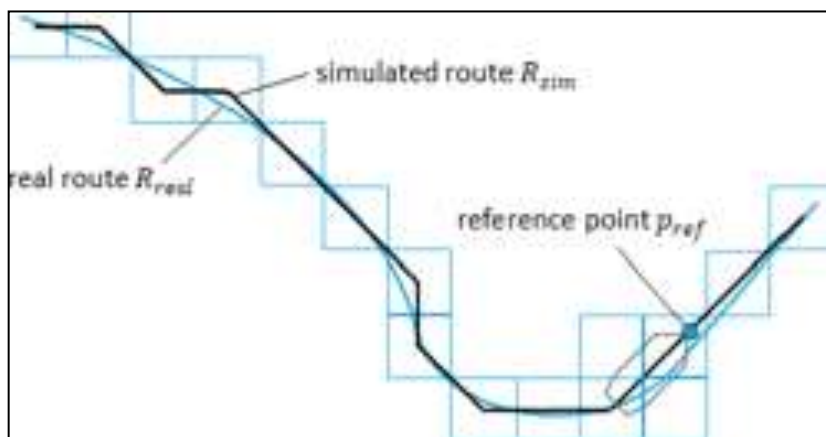


Рис. 2.8. Заміна реального маршруту послідовністю комірок [55]

Перші експерименти, де були реалізовані описані вище принципи, проводилися в MS Excel з використанням макросів, написаних на мові програмування VBA. Розміри клітинок таблиці Excel, які відображають план аеродрому, вибираються так, щоб вони утворювали простір на основі сітки з розміром клітинки $d=2$ метри. Фіксовані маршрути для літаків і наземних транспортних засобів, а також робочі зони і перешкоди кодуються шляхом присвоєння кольору відповідним клітинкам. Графічні моделі рухомих об'єктів створюються у формі ShapeRange. Положення об'єктів на екрані встановлюється за допомогою властивостей Left, Top і Rotation цих об'єктів. Безперервна анімація забезпечується перериванням виконання програми VBA за допомогою функції DoEvents. На рис. 2.9 наведено фрагмент імітаційної моделі, на якій показано траєкторії руху наземних транспортних засобів та літаків.

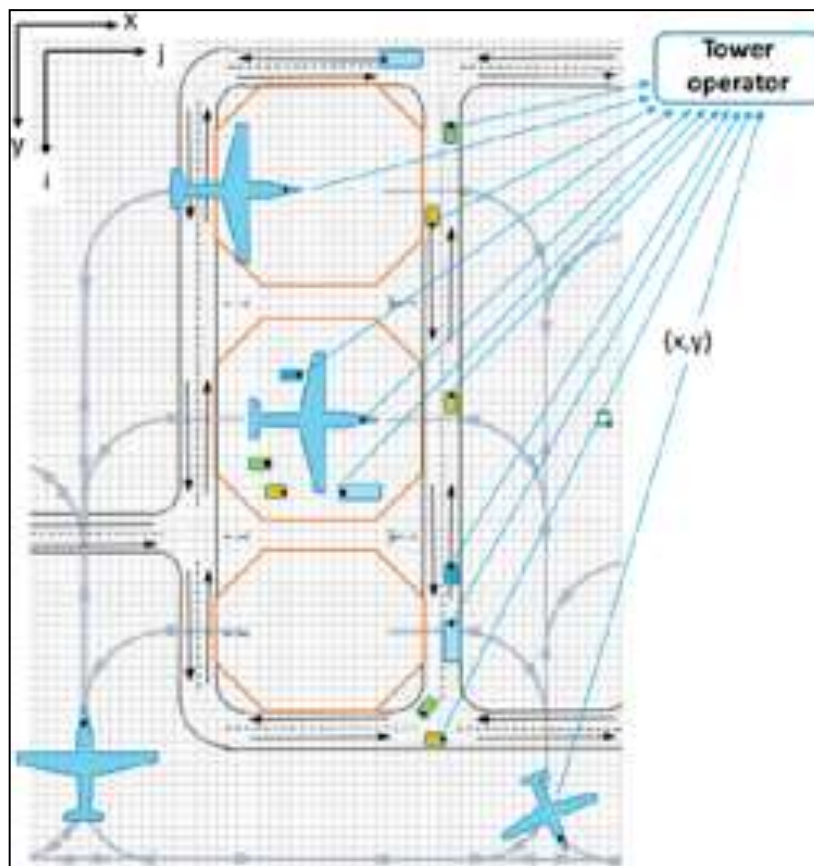


Рис. 2.9. Фрагмент імітаційної моделі з використанням сіткового простору [55]

Модель генерує потік даних з рухомих об'єктів, який записується у вигляді протоколу (рис. 2.10). Цей протокол відображає події, які можуть відбутися в будь-який час. Основним завданням кожного заходу є передача фактичного положення

рухомого об'єкта по радіоканалу місцевих координат (x, y). Таким чином моделюється потік даних від передбачуваного реального обладнання для визначення місцезнаходження рухомих об'єктів. На основі цих даних розраховуються швидкості, прискорення та напрямки руху об'єктів.

Event protocol			
Real-time stamp	Object ID	X-coordinate	Y-coordinate
10:45:12.84	ob_2	323.5	156.5
10:45:12.91	ob_1	247.2	140.7
10:45:13.03	ob_2	323.5	147.2
10:45:13.12	ob_3	323.5	170.6
10:45:13.84	ob_1	256.4	140.7

↓

State protocol								
Discrete time	ob_1				ob_2			
	X-coord	Y-coord	i-cell	j-cell	X-coord	Y-coord	i-cell	j-cell
10:45:12.8	246.2	140.7	71	124	323.5	156.5	79	162
10:45:13.0	248.2	140.7	71	125	323.5	154.5	78	162
10:45:13.2	250.2	140.7	71	126	323.5	152.5	77	162
10:45:13.4	252.2	140.7	71	127	323.5	150.5	76	162
10:45:13.6	254.2	140.7	71	128	323.5	148.5	75	162
10:45:13.8	256.2	140.7	71	129	323.5	146.5	74	162

Рис. 2.10. Створення протоколу стану на основі даних протоколу подій [55]

Під час обробки даних протоколу подій створюється вторинний протокол із назвою «Протокол стану». У цьому протоколі використовується дискретний час з кроком « Δt », який вибирається з урахуванням швидкості автоматичної системи аналізу ситуації в транспортній системі аеродрому. На рис. 2.10 показано приклад, коли час дорівнював 0,2 с. Протокол стану, поряд з координатами (x, y), одночасно містить координати (i, j), які показують положення опорної точки об'єкта в сітковому просторі.

Обраний метод моделювання, що використовує дискретизацію як простору, так і часу, дозволяє значно спростити розв'язання задач аналізу взаємного розташування об'єктів у 2D просторі. Розроблена модель руху об'єктів у 2D просторі є основою для реалізації моделі автоматичного диспетчера, що формує команди для керування рухом об'єктів. Дані в протоколі стану є інформаційною базою для різноманітних алгоритмів аналізу поточної ситуації та прогнозування розвитку цієї ситуації на найближчі хвилини та секунди. Зокрема, в результаті цього аналізу мають бути

визначені ситуації, які вимагають втручання диспетчера. Приклади оперативних рішень для автоматичної системи або диспетчера:

- зупиняти рух одного або кількох об'єктів, якщо їм загрожує зіткнення один з одним або з перешкодою;
- забороняти всім транспортним засобам, окрім одного чи кількох точно визначених, рух через певне перехрестя з метою забезпечення їх якнайшвидшого прибуття до пункту призначення;
- повідомляти про нові маршрути окремим транспортним засобам, якщо виникають затори на певних вузлах транспортної мережі.

Розроблена програма отримала назву моделювання сценарію наземного руху GTSS (Ground Traffic Scenario Simulation). Ця програма призначена не для статистичного моделювання масових потоків літаків і наземних ТЗ, а для моделювання конкретних, точно описаних сценаріїв з метою перевірки здійсненності алгоритмів централізованого управління. Програма GTSS є універсальним інструментом для вирішення описаних вище завдань, оскільки її можна застосовувати для дослідження транспортного процесу в будь-якому аеропорту.

2.4. Висновки до розділу

1. Сформульовано вимоги до імітаційної моделі, призначеної для дослідження руху всіх типів повітряних суден і транспортних засобів на робочій площі аеродрому за умови, що централізована система управління забезпечує безперервний автоматичний контроль їх руху та передає команди керування для запобігання небезпечним ситуаціям.

2. Розглянуто приклади моделей руху об'єктів у двовимірному (2D) просторі, а також показано переваги використання сіткового простору для аналізу взаємодії об'єктів.

3. Описано принципове рішення моделювання процесів руху об'єктів на аеродромі, які можна реалізувати за допомогою універсальних мов програмування VBA в MS Excel.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ТЕМАТИКОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

3.1. Дослідження можливості використання концепції цифрових двійників для моделювання динамічної системи наземного руху в аеропортах

Сьогодні динамічні інформаційні моделі систем, що розвиваються в реальному часі, відомі як цифрові двійники (Digital Twin).

Можна припустити, що інформаційна база централізованої системи управління наземним рухом на робочій площі аеродрому працюватиме в режимі цифрового двійника, а сама система управління використовуватиме методи штучного інтелекту та машинного навчання. Такі методи, які здатні здійснювати адаптивне управління, не будучи запрограмованим для цього. Відмінною рисою такої системи управління стане можливість аналізу та інтерпретації інтенсивних потоків даних від наземного транспорту. В результаті будуть виявлені ситуації, які вимагають залучення системи контролю.

Відповідно до визначення, сформульованого авторами концепції цифрового двійника, Майклом Гривзом та Джоном Вікерсом, у роботі [56], цифровий двійник (ЦД) – це сукупність віртуальних інформаційних конструкцій, яка повністю описує фізичний об’єкт – від мікрорівня (рівень окремого елемента) до макрорівня (загальний вигляд, геометричне подання, загальні властивості об’єкта в цілому). ЦД являє собою модель фізичного об’єкта або процесу, яка якнайповніше відображає його характеристики у динаміці протягом певного періоду часу. Концепція ЦД передбачає подання, обробку, маніпулювання усіма даними, що характеризують фізичного двійника, та отримання певних компонент цих даних по мірі виникнення потреби у них при вирішенні задач аналізу та прогнозування стану фізичного двійника, оптимізації процедур керування фізичним двійником тощо.

Термін «digital twin», як такий, вперше згадувався у звіті Національного управління з аеронавтики і дослідження космічного простору США [57], де

визначено, що ЦД є інтегрованою мультифізичною, мультимасштабованою, ймовірнісною симуляцією об'єкта дослідження (наприклад, літального апарата), яка використовує найкращі наявні моделі, що постійно вдосконалюються, дані, що безперервно надходять з давачів реального об'єкта та накопичуються, щоб відобразити життєвий цикл відповідного досліджуваного об'єкта – фізичного двійника. ЦД має забезпечувати реалістичність відображення фізичного двійника.

ЦД складається з візуальної моделі досліджуваного об'єкта та поведінкової моделі, що реалізовані на основі відповідних математичних моделей і моделей подання даних та забезпечують синхронізацію між віртуальною і реальною системою на рівні даних, що надходять із давачів, встановлених для постійного моніторингу досліджуваного об'єкта.

Оскільки ЦД поєднує віртуальне та фізичне середовища, концепція еволюціонувала під сильним впливом Інтернету речей (IoT). Фізичне середовище зазвичай включає фізичну систему, взаємодіючі об'єкти (наприклад, транспортні засоби), датчики та комунікаційні інтерфейси. Усі дані датчиків, пов'язані з фізичною системою, передаються на ЦД в онлайн-режимі. У цьому відношенні цифровий двійник стає точним і реальним відображенням фізичної системи. Крім того, за допомогою даних, наданих IoT (наприклад, даних GPS), стає можливим відображати продуктивність системи в цифровому двійнику та використовувати цю інформацію для прогнозування щодо фізичного аналога [58]. В наслідок чого, ЦД полегшує моніторинг системи в реальному часі [59].

З точки зору практичної реалізації ЦД двійник являє собою складну програмну систему, яка включає сховище даних та програмні модулі, що забезпечують отримання, обробку та візуалізацію даних.

Останнім часом, в інтернет просторі можна знайти багато повідомлень дослідницьких центрів і дирекцій великих аеропортів про намір застосувати концепцію ЦД для моніторингу та контролю процесів в аеропортах. Наприклад, в джерелі [60] повідомляється, що компанії SITA знадобиться від 5 до 10 років, щоб розробити повний ЦД для аеропорту в США. В джерелі [61] повідомляється, що концепція ЦД вже застосована до деяких управлінських рішень в аеропорту

Копенгагена. Подібні думки висловлюють і представники міжнародного аеропорту Гонконгу [62]. Крім того, велика компанія інформаційних технологій 51WORLD у співпраці з Китайською академією науки і техніки ЦА планує розгорнути ЦД у великих аеропортах Китаю [63].

3.2. Основні рекомендації щодо оптимізації імітаційної моделі системи наземного руху на робочій площі аеродрому

У цьому дослідженні описуються експерименти з ЦД, який призначений для проведення тестування прийняття відповідних рішень у сфері централізованого управління безпекою наземного руху на робочій площі аеродрому.

Дослідження базується на використанні спеціальної імітаційної моделі транспортної системи в аеропорту (див. рис. 2.9) для генерації потоків даних, що підтверджують існування ЦД для відображення сценаріїв і ситуацій, в яких потрібне залучення автоматизованої системи управління [55].

Ці синтетичні дані необхідні для подальшого навчання централізованої системи управління на основі машинного навчання (МН), поки вона не отримає достатні «навички» для роботи з реальним фізичним активом.

Потік даних про просторові характеристики транспортних засобів моделюється за допомогою спеціальної імітаційної моделі. Відмінною рисою моделі є можливість описувати та відтворювати конкретні сценарії, пов'язані з критичними ситуаціями в транспортній мережі, що вимагають залучення централізованої системи управління. Передбачається, що на ранніх етапах використання ЦД, роль системи контролю може виконувати користувач, який має достатні навички управління наземним рухом. Рішення користувача зберігаються в пам'яті ЦД і можуть бути використані пізніше для навчання системи управління на основі машинного навчання.

Для відображення процесів у транспортній мережі аеропорту, що розглядається, було використано універсальну програму моделювання сценарію наземного руху GTSS, розробленою авторами [55].

Від користувача очікується аналіз візуальної інформації, яку надають засоби анімації програми GTSS (рис. 3.1).

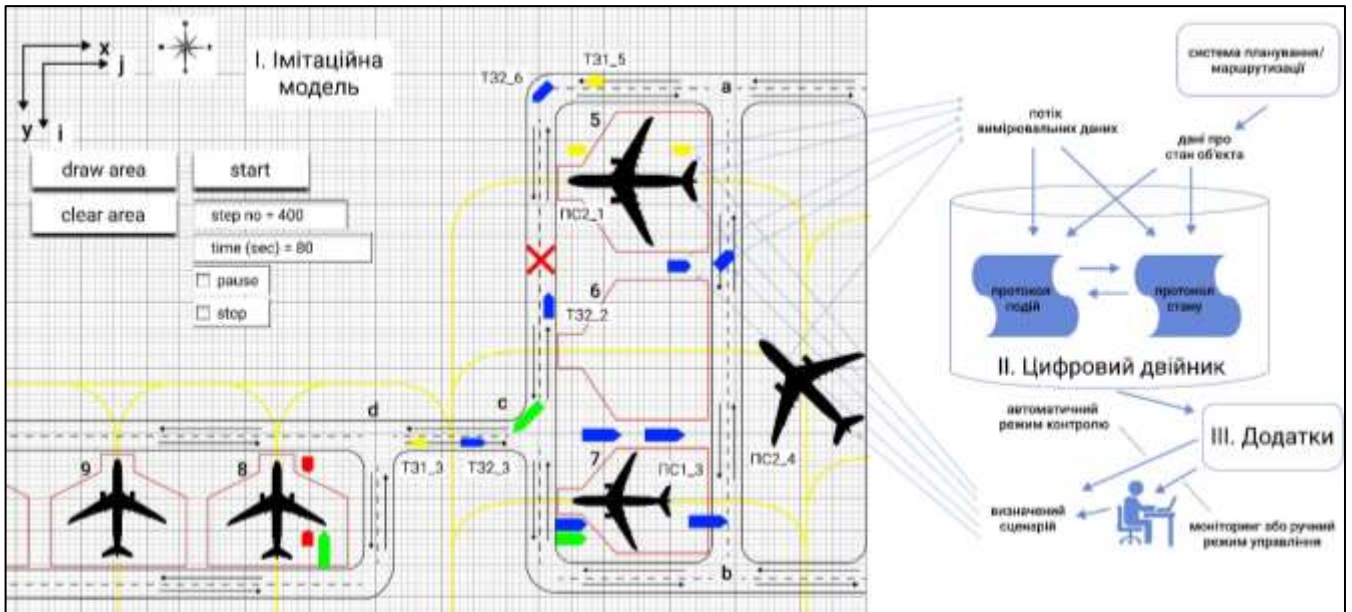


Рис. 3.1. Моделювання заданих сценаріїв за допомогою програми GTSS

Головною особливістю програми GTSS є те, що вона не призначена для статистичного моделювання випадкових транспортних потоків, а лише для тих об'єктів, які описані в рамках конкретних сценаріїв. Як правило, сценарій має тривалість близько 5-15 хвилин і дозволяє потенційному користувачеві детально описати, який транспорт (ПС та ТЗ) бере участь у русі протягом часу моделювання. Для кожного рухомого об'єкту вказується момент його появи в змодельованій зоні аеропорту, а також запропонований маршрут з будь-якою кількістю проміжних зупинок. Метою реалізації сценарію в моделі є моделювання критичної ситуації, при якій виникає необхідність активації автоматизованої системи управління.

Зазвичай виникнення такої ситуації пов'язане з конкретною подією, про яку може бути проінформована як система управління, так і всі учасники наземного руху. Наприклад, може бути повідомлення про виникнення перешкоди на одній із ділянок маршруту руху ТЗ. Така перешкода зображена червоним хрестиком (рис. 3.1). Також можлива поява в мережі транспортного засобу, який повинен прибути до місця призначення за мінімальний час, або виникає завдання евакуації автомобіля, який вийшов з ладу. Критичні ситуації можуть визначатися як конкретними подіями, так і

розвиватися поступово в ході процесів у транспортній мережі. Як приклад, можна навести недопустимі скупчення транспортних засобів на окремих ділянках шляху або виникнення заторів. Слід зазначити, що такі функції, як дотримання дистанції між рухомими об'єктами (ПС та/або ТЗ) або уникнення зіткнень з перешкодами, виконують бортові системи контролю. Лише якщо така система виходить з ладу, зазначені функції бере на себе автоматична централізована система управління.

Кожна критична ситуація в транспортній мережі потребує прийняття управлінських рішень, пов'язаних з двома завданнями:

а) ідентифікація учасників руху, яким слід надсилати команди з інформацією про зміну маршруту, і

б) визначення нового маршруту для кожного з ідентифікованих учасників руху.

У поточних налаштуваннях, коли ще не існує автоматичної централізованої системи управління, передбачається, що ці функції виконує користувач моделі. Він сприймає візуальну інформацію про місцезнаходження ПС і ТЗ та отримує додаткову інформацію про їх стан, яку програма GTSS надає у вигляді таблиці. Користувач вирішує завдання а і б евристично, після чого вносить результати прийняття рішень у модель у вигляді модифікованого сценарію та відновлює модель.

Основними компонентами пропонованого ЦД є два типи протоколів (протокол подій і протокол стану), які автоматично створюються програмою GTSS. В літературі такі протоколи подій, також називають файлами трасування або журналу. Сценарії записуються у вигляді таких протоколів і впроваджуються в модель як до прийняття рішення в критичній ситуації, так і після. Основний зміст обох протоколів показано на рис. 3.2. Як приклад, наведено повідомлення від трьох учасників руху (ТЗ2_2, ТЗ2_3 і ПС2_1). Протокол подій відповідає асинхронному режиму збору інформації. Таким чином, дані з бортових систем для визначення положення ПС і ТЗ можуть надходити випадково. Протокол стану в реальній системі формується в режимі синхронного збору інформації. Таким чином, координати ПС і ТЗ прив'язані до конкретного моменту часу, що відповідає останньому циклу роботи радіолокатору контролю наземного руху. Якщо дані вимірювання надходять з імітаційної моделі з використанням принципу « Δt », то їх також можна представити як протокол стану.

Наявність протоколу стану є обов'язковою умовою для роботи диспетчерських програм, які аналізують ситуації в транспортній системі з прив'язкою до конкретних моментів часу.

Протокол події			
відображення реального часу	назва об'єкта	x - координати (м)	y - координати (м)
10:45:11.82	T32_2	573.60	315.12
10:45:11.83	ПС2_1	525.60	376.68
10:45:11.85	T32_3	679.95	377.55
10:45:12.00	T32_2	573.60	318.54
10:45:12.03	ПС2_1	525.60	376.46
10:45:12.04	T32_3	679.46	376.30
10:45:12.23	T32_3	679.20	372.85
10:45:12.24	T32_1	525.60	372.24
10:45:12.25	T32_2	573.60	320.49

Протокол стану								
дискретний час	назва об'єкта	x - координати (м)	y - координати (м)	місцезнаходження	швидкість (м/с)	ідентифікація напрямку	ціль	пріоритет
10:45:12:00	T32_2	573.6	318.5	T3108	5	В	T361	1
10:45:12:00	T32_3	679.6	377.1	T328	4	NW	T361	1
10:45:12:00	ПС2_1	525.6	376.0	ПС197	4	N	ПС218	1
10:45:12:00	T32_2	573.6	318.6	T3108	5	В	T361	1
10:45:12:00	T32_3	679.2	373.0	T329	5	N	T361	1
10:45:12:00	ПС2_1	525.6	372.4	ПС197	4	N	ПС218	1
10:45:12:40	T32_2	573.6	323.3	T3108	5	В	T361	1
10:45:12:40	T32_3	679.2	372.0	T329	5	N	T361	1
10:45:12:40	ПС2_1	525.6	371.6	ПС197	4	N	ПС218	1

Рис. 3.2. Двонаправлене конвертування протоколів стану та подій

Два типи протоколів можуть взаємно конвертуватися один до одного. Дані для фіксованих моментів часу, наведених у протоколі стану, можна отримати шляхом лінійної екстраполяції даних з протоколу подій. Якщо завдання пов'язане з моделюванням протоколу подій за даними, отриманими з моделі, то координати ПС і ТЗ для випадкових моментів часу визначаються шляхом лінійної інтерполяції даних з протоколу стану.

Це дослідження ґрунтується на трьох ключових компонентах, а саме: імітаційна модель (I), ЦД (II), додатки (III) (див. рис. 3.1). Імітаційна модель служить джерелом даних для підтримки ЦД в робочому режимі. ЦД – це динамічна інформаційна модель спостережуваного та контрольованого процесу. Додатки, з іншого боку, включають комп'ютерні програми, які використовують дані, накопичені в ЦД. Як у реальній системі, так і в запропонованому режимі моделювання транспортної мережі аеропорту дані про координати ПС і ТЗ можуть надходити до 10 разів на секунду. При швидкості від 5 до 15 м/с за 0,1 секунди об'єкти можуть подолати відстань від 0,5 до 1,5 метра. Такої точності достатньо для централізованої системи управління

наземним рухом на робочій площі аеродрому. Дані, зібрані з протоколів подій і стану, можуть зберігатися тривалий час, наприклад, протягом 24 годин.

3.3. Практична реалізація отриманих результатів

Розглянемо можливе застосування ЦД щодо способів інтерпретації даних. У режимі моніторингу користувач може в режимі реального часу спостерігати за переміщенням ПС і ТЗ на екрані у вигляді 2D або 3D анімації. Подібну можливість надають системи радіолокаторів контролю наземного руху (SMR), які використовуються в деяких великих аеропортах як додатковий інструмент для контролю наземного руху, а також системи відеоспостереження. Навіть якщо ЦД використовується в такому пасивному режимі, існує потреба в обробці даних протоколу подій. В результаті цієї обробки формуються додаткові дані, які відображаються в протоколі стану. Щоб правильно відобразити рухомий об'єкт на екрані монітору, необхідно знати не тільки поточні координати (x, y) його точки відліку, а й напрямок руху, а іноді і швидкість. Для цього здійснюється обробка даних кількох останніх повідомлень про координати кожного об'єкту транспортної системи.

Режим розпізнавання критичних ситуацій інформує користувача про виникнення критичних ситуацій, але команди управління він генерує чисто евристично. На рис. 3.1 показаний такий режим ручного управління. Працюючи з GTSS, користувач має час розробити та протестувати кілька можливих рішень, найкращі з яких можна зберегти для майбутнього навчання системи автоматичного управління. Типові розпізнавані ситуації включають наступне:

А. Скупчення транспорту і затори

Програма визначає місцезнаходження кожного рухомого об'єкту і, як наслідок, «знає», скільки саме об'єктів знаходиться на кожній ділянці транспортної мережі. У представленій моделі встановлено 150 секцій для руху ТЗ і 75 секцій для руху ПС (див. рис. 3.1). Для кожної ділянки відома довжина, тому легко визначити ступінь її завантаженості. Для кожного об'єкту, що знаходиться на ділянці, визначається його

поточна та середня швидкість. Таким чином, стає можливим ідентифікувати ситуацію, в якій об'єкт рухається повільно або працює на холостому ході.

Б. Небезпечна близькість між рухомими об'єктами або перешкодами

Цей контроль особливо важливий для ПС, оскільки цей тип критичної ситуації може призвести до надзвичайно негативних наслідків. Для виявлення таких ситуацій програма GTSS використовує представлення крупних об'єктів (ПС, ТЗ) у вигляді зони контролю, до якої не повинні наближатись інші транспортні засоби або літаки. Для візуалізації таких областей необхідно в меню програми GTSS натиснути кнопку «замалювати область» (рис. 3.3). Цей метод контролю взаємним розташуванням рухомих об'єктів більш ефективний з точки зору обчислень, ніж контроль умовами перетину багатокутників.

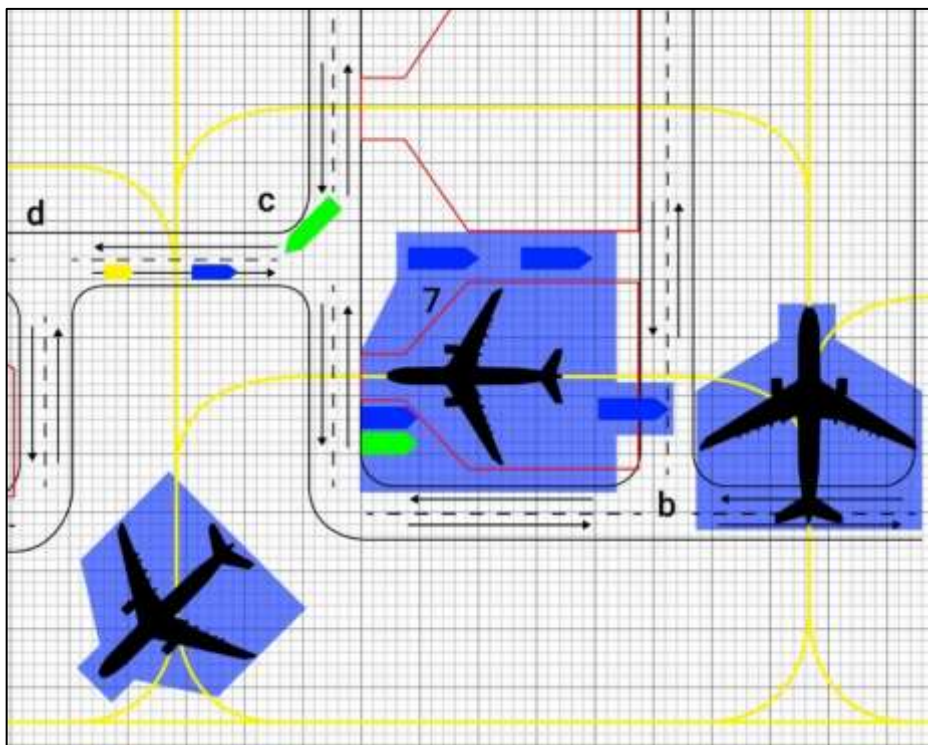


Рис. 3.3. Зони контролю рухомих об'єктів у програмі GTSS

В. Небезпечне перевищення дозволеної швидкості

За даними протоколів подій та стану можна виявити ситуацію, коли, наприклад, ПС не гальмує під час проходження повороту або не переходить у режим гальмування при наближенні до МС. Це може статися через несправність гальмівної системи

літака. Якщо можливе зіткнення ПС, необхідно терміново змінити траєкторію другого ПС або навіть обох літаків.

В режимі автоматичного централізованого управління пріоритетним є завдання розпізнавання критичної ситуації, а потім програма повинна вирішити вищезазначені завдання a і b . А саме, мають бути перераховані нові маршрути для всіх об'єктів, які опинились у даній ситуації. Проблема розпізнавання ситуації не повинна вирішуватися у випадках, коли критична ситуація декларується як конкретна подія. Вважається, що задачі a і b можна розв'язати двома способами:

А. На основі детермінованих правил

Наприклад, такі правила можуть приймати форму таблиць рішень. Правила можуть бути прив'язані як до типів критичних (небезпечних) ситуацій, так і до конкретних точок у структурі транспортної мережі. Для завдання a складено умови, за яких транспортний засіб вважається залежним від даної ситуації. Для завдання b програма враховує нову початкову точку зупиненого об'єкта через критичну ситуацію. Після цього програма розраховує новий маршрут до місця призначення.

Б. Шляхом застосування контролера на основі алгоритму машинного навчання
Цей підхід подібний до попереднього, але рішення застосовуються не на основі детермінованих правил, а з використанням навченої моделі машинного навчання, такої як нейронна мережа або машина опорних векторів.

На рис. 3.4. зображена функціональна схема реалізації ЦД, як інструменту підтримки прийняття рішень для управління наземним рухом на аеродромі. Машинне навчання і ЦД можна об'єднати трьома перспективними способами. По-перше, ЦД може генерувати синтетичні дані для навчання моделі МН. По-друге, ЦД можна використовувати для тестування вивчення продуктивності моделей МН у нових сценаріях. По-третє, ЦД можна розглядати як навчальне середовище для навчання системи методом навчання з підкріпленням. Оскільки майже всі моделі МН, особливо найсучасніші, потребують навчальних даних, брак даних можна вважати їхнім «слабим місцем». Крім того, найпопулярніша парадигма МН, контрольоване навчання, вимагає маркування даних. У цьому процесі беруть участь люди, що передбачає багато обмежень щодо розміру набору даних і швидкості їх створення та

маркування. До того ж, у переважній більшості випадків експерименти з таким складним фізичним об'єктом, як перонна зона аеропорту, надзвичайно витратні як за часом, так і за фінансами, а також небезпечні або просто неможливі. З іншого боку, дійсний ЦД може бути використаний як джерело синтетичних даних, які є очищеними та при необхідності, промаркованими.

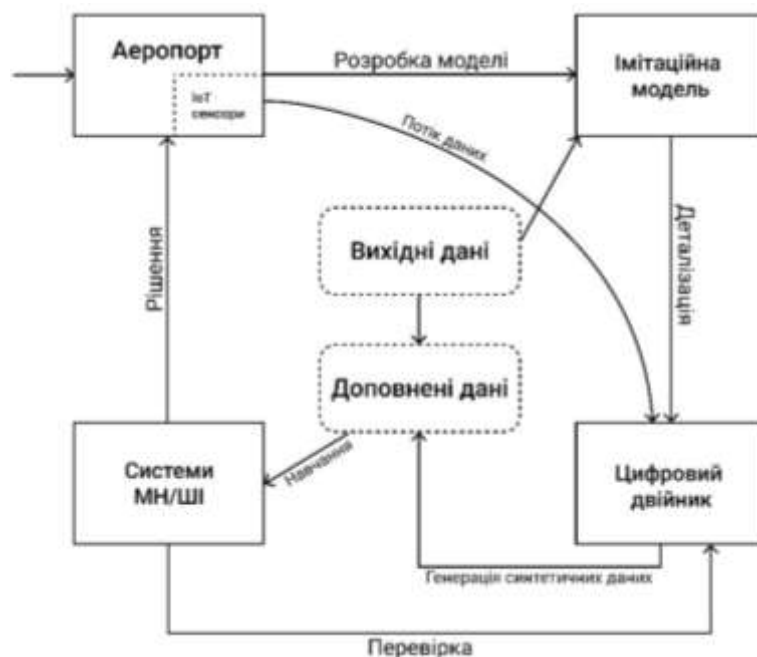


Рис. 3.4. Функціональна схема реалізації ЦД, як інструменту підтримки прийняття рішень для управління наземним рухом на аеродромі

ЦД також може відігравати роль віртуальної динамічної моделі для проведення точних і відтворюваних чисельних експериментів з алгоритмами МН. Наприклад, замість того, щоб тестувати контролер руху в наборі даних, оснований на МН, його можна розмістити в ЦД для перевірки в реалістичних онлайн-умовах. Такий підхід є більш доцільним, оскільки підвищення загальної продуктивності системи є основною метою додавання компонентів МН [64].

Нарешті, ЦД можна застосовувати як віртуальне динамічне середовище для навчання досліджуваної системи. Оскільки, навчання в реальному середовищі може призвести до травм людей або пошкодження майна. Крім того, такі тести можуть бути обмеженими або навіть неможливими через законодавчі заборони. Навпаки, ЦД – це повністю кероване та прозоре змодельоване середовище. Крім того, вони можуть

працювати паралельно і набагато швидше, ніж експерименти в реальному часі, що значно прискорює процес навчання.

3.4. Висновки до розділу

1. Проведено дослідження, що полягає в аналізі зв'язку ЦД з фізичним активом, що розглядається (системою наземного руху в аеропорту). Надзвичайно продуктивним рішенням виявилось чітке розділення інформаційної моделі у вигляді ЦД і додатків. Таким чином, ЦД може бути використаний як універсальна інформаційна база для розробки та тестування різноманітних рішень у сфері автоматичного централізованого управління наземним рухом в аеропортах.

2. Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження ЦД і створення віртуальної динамічної моделі системи управління наземним рухом на робочій площі аеродрому з метою отримання ранніх попереджень, прогнозів і плану дій, моделюючи різні сценарії критичних (небезпечних) ситуацій під час руху ПС та ТЗ на аеродромі, заснованих на інформації отриманій від радіолокатору контролю наземного руху, бортових систем контролю ПС(ТЗ), а також багатьох інших даних, які допоможуть в майбутньому запобігти авіаційним подіям та інцидентам, пошкодженням ПС, ДТП, а також несанкціонованим виїздам на ЗПС.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вступ

Тема кваліфікаційної роботи «Оптимізація системи безпеки наземного руху на робочій площі аеродрому». Роботи при виконанні досліджень на тему кваліфікаційної роботи проводилися в приміщенні площею 20 м², обладнаному двома робочими місцями для програмування. Робоче місце оснащено персональним комп'ютером (ПК), принтером, монітором та іншими периферійними пристроями.

Впровадження електронно обчислювальних машин (ЕОМ) у різні галузі виробництва позитивно вплинуло на умови праці, її якість та продуктивність. Разом з тим робота за монітором, ЕОМ та персональним комп'ютером має низку чинників, які у разі порушення правил експлуатації можуть негативно впливати на стан здоров'я користувачів. Користувачі повинні знати потенційно шкідливі та небезпечні виробничі чинники під час роботи за монітором, ПК, та виконувати вимоги НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» і ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами ЕОМ» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» щодо виключення або зменшення їх негативного впливу.

4.2. Аналіз умов праці

4.2.1. Організація робочого місця інженера-програміста

Розміщення принтера або інших пристроїв введення-виведення інформації на робочому місці має забезпечувати добру видимість екрану, зручність ручного керування пристроєм введення-виведення інформації в зоні досяжності моторного поля: по висоті від 900 до 1300 мм, по глибині від 400 до 500 мм. Під матричні принтери потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму.

Площа, виділена для одного робочого місця ПК повинна складати не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³. Розмір приміщення повинен бути: А = 8 м; В = 5 м; Н = 3,7 м. Робочі місця з моніторами відносно світлових прорізів повинні розміщуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Режим праці та відпочинку. При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працівника передбачаються:

- перерви для відпочинку і вживання їжі;
- перерви для відпочинку й особистих потреб;
- додаткові перерви.

На робочому столі освітленість повинна складати 300–500 лк. Можлива установка світильників місцевого освітлення. Місцеве освітлення не призводить до відблисків на поверхні екрану і не збільшує освітленість на ньому більше ніж на 300 лк.

Природне освітлення позитивно впливає не тільки на зір, але також тонізує організм людини в цілому і надає сприятливий психологічний вплив. У зв'язку з цим все приміщення відповідно до санітарних норм і правил повинні мати природне освітлення.

Кольорове рішення виробничих приміщень направлено на збільшення якості санітарно–гігієнічних умов праці і сприяє збільшенню продуктивності праці та безпеки. Колір впливає на нервову систему людини, на його настрій і, отже, на продуктивність праці. Основний колір для робочого приміщення повинен бути нейтральним і легким. Грамотно спланований колір допомагає зберегти працездатність протягом усього робочого дня.

4.2.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів проводять згідно з ГОСТ 12.1.003-74. Небезпечними та шкідливими називають фактори, що призводять до раптового погіршення здоров'я людини, або навіть смерті, під час її трудової діяльності.

Згідно з класифікацією ГОСТ 12.1.003-74 до числа небезпечних та шкідливих факторів, що виникають при роботі з ПК слід віднести:

- нервово-психічні перевантаження (розумове перевантаження, монотонність праці, емоційні перевантаження);
- фізичне перевантаження;
- невідповідність параметрів мікроклімату робочої зони санітарним нормам;
- недостатня або надмірна освітленість робочої зони;
- несприятливе забарвлення стін та підлоги, віддзеркалення.

Згідно з ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» небезпечними та шкідливими факторами є:

- неіонізуючі електромагнітні поля та випромінювання;
- виробничий шум, ультразвук та інфразвук;
- вібрація (локальна, загальна);
- електробезпека.

Джерелами шкідливих та небезпечних чинників є: розетки, до яких під'єднані комп'ютерні та периферійні засоби.

Гігієнічні дослідження дозволяють встановити, що шум і вібрації погіршують умови праці, роблячи шкідливий вплив на організм людини. При тривалому впливі шуму на організм людини відбуваються небажані явища: знижується гострота зору, слуху, підвищується кров'яний тиск, знижується увага.

4.3. Розробка заходів з охорони праці

4.3.1. Захист від впливу електромагнітного поля та випромінювань

Одним, з найбільш розповсюджених способів захисту від впливу електромагнітного поля для працівників є стаціонарні екрани (різноманітні заземлені металічні конструкції – щитки, навіси) а також екрани, які можна знімати. В якості індивідуального захисту від електромагнітного поля виробничої частоти служать індивідуальні екрановані комплекти. Захист від дії електромагнітних полів радіочастот (ЕМВ РЧ) здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, лікувально-профілактичних заходів, а також використання засобів індивідуального захисту.

До організаційних заходів належать: вибір раціональних режимів роботи обладнання; обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні впливу ЕМВ РЧ (захист відстанню і часом) і т. п.

Інженерно-технічні заходи включають: раціональне розміщення обладнання; використання засобів, які обмежують надходження електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглиначі потужності, екранування, використання мінімальної потужності генератора); позначення і огороження зон з підвищеним рівнем ЕМВ РЧ.

Лікувально-профілактичні заходи здійснюються з метою попередження, ранньої діагностики і лікування порушень у стані здоров'я працівника, пов'язаних з впливом ЕМВ РЧ, і включають попередні (при вступі на роботу) і періодичні медичні огляди.

В залежності від умов опромінення, характеру та місця знаходження джерел ЕМВ РЧ можуть бути застосовані різні засоби і методи захисту від опромінення:

- захист часом, захист відстанню;
- екранування джерела випромінювання;
- зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання;
- екранування робочих місць;
- засоби індивідуального захисту;

- виділення зон випромінювання.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в електромагнітному полі і застосовується, коли немає можливості знизити інтенсивність випромінювання до допустимих значень.

4.3.2. Захист від робочого шуму та вібрацій

Джерелами електромагнітного шуму є механічні коливання електромагнітних пристроїв, які збуджуються змінними магнітними та електричними полями.

Рівень шуму в приміщенні програмістів обчислювальних машин не повинен перевищувати 50 дБ. Середньоквадратичне значення коливальної швидкості для вібрацій з частотами, близькими до 5 Гц, не повинна перевищувати на робочому місці значення 5 мм/с або 10д.

Для зниження рівня шуму застосовують наступні заходи:

- облицювання стелі та стін робочого приміщення звукопоглинальним покриттям;
- створення звукопоглинальних перешкод між джерелом шуму і людиною;
- забезпечення персоналу засобами захисту від шуму.

Тому зменшення шуму на робочому місці внутрішніми і зовнішніми джерелами є важливим завданням. Еластичні прокладки між підставою машини приладу і опорною поверхнею забезпечують зниження шуму. Прокладки можуть бути з гуми, пробки і амортизатори різних конструкцій. Можливе застосування синтетичних килимків зі спеціальних матеріалів під настільні шумливі апарати. Також під ніжки столів на яких встановлено обладнання потрібно підкладати підстилки з повсті або м'якої гуми товщиною до 8 мм. Підстилки повинні бути закріплені за допомогою склеювання з опорними частинами. Вимоги захисту людини від рівня звукової потужності шуму встановлює ГОСТ 26329–84.

До методів боротьби з цим шумом відносять застосування феромагнітних матеріалів з малою магнітострикцією; зменшення щільності магнітних потоків у

електричних машинах за рахунок належного вибору їх параметрів; надійне зтягнення пакетів пластин у осердях трансформаторів, дроселів, якорів тощо.

4.3.3. Захист від ураження електричним струмом

В приміщеннях по периметру кімнати прокладають заземлювальну лінію (сталевий прут діаметром 7 мм) і з'єднують її шляхом зварювання з нульовим провідником, природним чи штучним заземлювачем. Від утвореного контуру зварюванням або жорстким болтовим з'єднанням виконують металеві відводи до каркасу електророзподільного щита, до корпусів електродвигунів.

Заземлення електроустановок необхідно виконувати у всіх випадках при напругах 500 В і вище, при напругах вище 42 В змінного струму і 110 В постійного струму – в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх електроустановках. Профілактичний огляд заземлених пристроїв виконують не рідше 1 разу в рік. При цьому перевіряють стан заземлювального пристрою, наявність кола між контуром заземлення і заземлювальними пристроями.

Для того щоб захистити працівників від ураження електричним струмом в разі помилкової подачі напруги, на всіх фазах виключеної установки використовується захисне заземлення з усіх боків, звідки може бути подана напруга (в тому числі і шляхом зворотної трансформації через зварювальні трансформатори, трансформатори місцевого освітлення і т. п.).

4.4. Пожежна безпека виробничого приміщення

Приміщення, в якому працює оператор ЕОМ належить до приміщень підвищеної небезпеки (категорія В). До таких приміщень відносяться приміщення, у яких містяться речовини, здатні тільки горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою чи один з одним. Під пожежною безпекою розуміється стан об'єкта, за якого з встановленою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі й впливу на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується

зберігання матеріальних цінностей. А під вибухобезпекою – стан виробничого процесу, за якого виключається можливість вибуху або у випадку його виникнення запобігається вплив на людей і забезпечується зберігання матеріальних цінностей.

Відповідно до вимог і норм пожежної безпеки (НАПБ А.01.001-2004) виробничі приміщення обладнуються засобами автоматичної системи пожежної сигналізації, первинними засобами пожежогасіння, вогнегасниками ОУ-5, ящиками з піском, установками пожежогасіння, автоматикою для виявлення і запобігання пожеж. Слід встановити димові датчики, які фіксують наявність диму в приміщенні і передають сигнал про пожежу на приймально-контрольний пульт. Димові пожежні сповіщувачі це основа пожежної системи, так як вони дозволяють оперативно зреагувати на виникнення пожежі та врятувати об'єкт і його майно. Також потрібно встановити автоматичну спринклерну водяну систему пожежогасіння з двома датчиками в лабораторії, двома датчиками в туалеті та одним датчиком в приміщенні для прибиральниці.

4.5. Визначення рівня звукового тиску

Допустимий еквівалентний рівень шуму для робочого місця програміста згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», складає 50 дБА (дБА – це децибел за шкалою шумовимірювача; А – позначає інфразвук, тобто дБА – це імперичний показник рівня інфразвуку, звукового тиску).

Як було зазначено вище для проведення дослідження використовується два робочих місця оператора, обладнаних ПЕОМ, які устатковані моніторами, вінчестерами в системному блоці, двома вентиляторами системи охолодження ПК та клавіатурою. Крім того, поряд працює периферійна техніка (принтер, сканер). Таким чином у приміщенні мають місце шуми механічного і аеродинамічного походження, широкосмугові із аперіодичним підсиленням під час роботи принтерів. Орієнтовні еквівалентні рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на оператора на його робочому місці, представлені у таблиці 4.1.

Рівні звукового тиску від різних джерел офісної техніки

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Жорсткий диск комп'ютера (вінчестер)	45
Вентилятор	45
Принтер	55
Сканер	50

Розрахуємо середній рівень шуму на робочому місці оператора при роботі всієї техніки за даними, які наведені у Таблиця 4.1.

Рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, що працюють одночасно, підраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування рівня інтенсивності окремих джерел за формулою:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i}, \quad (4.1)$$

де L_i – рівень звукового тиску i -го джерела шуму;

n – кількість джерел шуму.

Підставивши значення рівня звукового тиску для кожного виду устаткування у формулу, отримаємо:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg (104,5 + 104,5 + 105,5 + 105,0) = 44,2 \text{ дБ}$$

За наявності декількох джерел шуму з однаковим рівнем інтенсивності L_i загальний рівень шуму визначають за формулою:

$$L = L_i + 10 \lg n, \quad (4.2)$$

У нашому випадку таких джерел два, отже загальний рівень шуму буде визначатися так:

$$L = 44,2 + 10 \lg 2 = 47,2 \text{ дБ}$$

Отримані результати розрахунку порівнюється з допустимим значенням рівня шуму для даного робочого місця. Якщо розрахований рівень шуму перевищує допустиме значення, то необхідні спеціальні заходи по зниженню шуму. До них відносяться: облицьовування стін і стелі приміщення звукопоглинальними матеріалами, зниження шуму в джерелі, правильне планування устаткування і раціональна організація робочого місця оператора. Розраховане значення середнього рівня шуму не перевищує гранично допустимого рівня шуму для робочого місця оператора-програміста, тобто спеціальні заходи по зниженню рівня шуму не потребуються.

4.6. Висновки до розділу

1. Проаналізовано умови праці на робочому місці інженера-програміста, а саме: організація і оснащення робочого місця, перелік джерел шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що виникають під час роботи.

2. Розроблено заходи з охорони праці, які включають наступне: захист від впливу електромагнітного поля та випромінювання, захист від робочого шуму та вібрації, захист від ураження електричним струмом, а також заходи з пожежної безпеки виробничого приміщення.

3. Отримані результати розрахунку значення рівня шуму 47,2 дБ порівнюється з гранично допустимим значенням рівня шуму для даного робочого місця що не потребує впровадження спеціальних заходів зі зниження рівня шуму.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1. Вплив електромагнітного забруднення на навколишнє середовище

Електромагнітне забруднення навколишнього середовища стало можливо виключно внаслідок діяльності людини і після «другого етапу» промислової революції.

Електрика, а зокрема електричні і електромагнітні поля (ЕМП), як природні, так і штучні впливають не тільки на матеріали, тіла і предмети, а й на живі організми. Адже живе також складається з мікроскопічних «деталей», якими є молекули, а ті в свою чергу включають в себе атоми, що містять позитивно і негативно заряджені частинки. А якщо мають місце бути активні дії електричних полів на ці частинки, то і весь організм автоматично отримує цей вплив [65]. В даний час електромагнітний вплив на людей і навколишнє середовище перетворилося з «імовірнісного» в реальне. Будь-який пристрій, який виробляє або використовує електричну енергію, є джерелом електромагнітного випромінювання (ЕМВ). Це телевізійні і радіолокаційні станції, високовольтні лінії електропередач промислової частоти, рентгенівські, плазмові й лазерні установки, атомні і ядерні реактори, термічні промислові цехи і багато іншого. Все, що неприродно, стало джерелом забруднення, а разом з цим з'явилося поняття – «електромагнітне забруднення навколишнього середовища».

Термін «глобальне електромагнітне забруднення навколишнього середовища» офіційно введений у 1995 році Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ), що включила цю проблему до переліку пріоритетних для людства. У числі небагатьох світових проектів ВООЗ реалізує Міжнародний електромагнітний проект (WHO International EMF Project), що підкреслює актуальність і значення, що надається міжнародною громадськістю цій темі [66].

У свою чергу, практично всі технічно і культурно розвинені країни реалізують свої національні програми дослідження біологічної дії ЕМП і забезпечення безпеки людини та екосистем в умовах нового глобального чинника забруднення навколишнього середовища.

Електромагнітне забруднення становить небезпеку для екології, оскільки негативно впливає на навколишнє середовище. Як саме воно відбувається, достовірно невідомо, але випромінювання впливає на мембранну структуру клітин живих організмів. Перш за все, забруднюється вода, змінюються її властивості, відбуваються функціональні порушення. Також випромінювання уповільнює регенерацію тканин рослин і тварин, призводить до зниження виживаності і підвищення смертності. Крім цього, опромінення сприяє розвитку мутації.

Сьогодні активно розвиваються комп'ютерна індустрія, система зв'язку, зростає роль мобільних телефонів, які вже зараз інтегрують безліч послуг, все частіше використовується Інтернет, бездротові технології, система радіодоступу до Інтернету (WI-FI, 3G, 4G) і багато інших новітніх інформаційних технологій. Дуже актуальним постає питання вирішення протиріч між техніко-економічними досягненнями інформатизації та екологічною безпекою пропонованих інформаційних послуг. У той самий час, необхідно відмітити, що самі інформаційні технології можуть породжувати нові й посилювати дію існуючих екологічних проблем. З одного боку, виробництво устаткування інформаційних технологій поки виявляється надзвичайно енергоємним, незважаючи на їх мініатюрні розміри, а отже, це пов'язано зі значним екологічним навантаженням на навколишнє середовище. Але з іншого – навіть якщо створення мініатюрного обладнання потребує дійсно мінімального використання ресурсів, це, у свою чергу, стимулює купівельний попит, провокує зниження ціни на таке обладнання [66].

Аналіз джерел, які вивчають проблему впливу новітніх інформаційних засобів – комп'ютерів, бездротових пристроїв, мобільних телефонів, – показує значно високий ступінь погіршення здоров'я споживачів цих товарів і послуг через вплив ЕМВ [67]. Людський організм завжди реагує на електромагнітне поле. Однак для того, щоб ця реакція переросла в патологію і призвела до захворювання, необхідний збіг ряду умов, у тому числі досить високий рівень поля й тривалість опромінення.

При роботі персональний комп'ютер (ПК) утворює навколо себе електростатичне поле, яке деіонізує навколишнє середовище, а при нагріванні плата і корпус монітора випускають у повітря шкідливі речовини. Все це робить повітря

слабо іонізованим, дуже сухим, зі специфічним запахом і в цілому «важким» для дихання. Природно, що таке повітря може привести до захворювань алергічного характеру, хвороб органів дихання та інших розладів і не може бути корисним для організму [66].

У відмінності від мобільного телефону ПК є джерелом як надвисокочастотних полів самого комп'ютера, так і низькочастотних полів імпульсного блоку живлення комп'ютера. Системний блок і блок живлення, на відміну від монітору, не мають захисту, тому особливо шкідливі. Навіть у разі нетривалої роботи з комп'ютером у людини під впливом ЕМВ монітора відбуваються значні зміни гормонального стану і специфічні зміни біонапруженості головного мозку.

У залежності від потужності ЕМВ, розрізняють теплову і нетеплову дію випромінювання. Умовною межею між цими поняттями є величина в 10 мВт/см² опромінюваної поверхні. При такій величині потужності живі тканини можуть нагрітися на долі градуса. Відносно нешкідливими для людини впродовж тривалого часу вважаються поля, енергія яких сумірна з енергією геомагнітного поля Землі (0,04 кА/м) і з його аномаліями (0,16 кА/м). Якщо напруженість ЕМП вище, то відбувається відповідна реакція організму.

Значення напруженості, при яких починається виявлятися в тій чи іншій формі його дія на організм людини, наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Характер впливу ЕМП на різні природні об'єкти

Механізм дії магнітного поля	Напруженість, кА/м
Порушення просторової орієнтації молекул	800
Зміна електропровідності рідини в живих тканинах	115
Магнітні ефекти в хімічних реакціях	8-80
Збільшення в'язкості води в живих тканинах	1

Згідно довідкових даних і на підставі лабораторних хімічних аналізів у таблиці 5.2 наведено усереднені дані про вміст різних металів і матеріалів у ПК.

Таблиця 5.2

Шкідливі речовини, які містяться в ПК

Найменування	Дорогоцінні метали		Кольорові і чорні метали			Полімери і скло	
	Au, г	Ag, г	Al, кг	Cu, кг	Fe, кг	пластик, кг	скло, кг
Персональний комп'ютер (монітор, системний блок, клавіатура, маніпулятор)	0,053-0,072	0,8-1,1	0,1-0,4	0,1-0,2	3-4	3-3,5	10-20

Отже, звичайний комп'ютер у своїх компонентах містить як цінні метали, такі як золото, срібло, алюміній, мідь, так і небезпечні, такі як кадмій, свинець, цинк, нікель.

Також, вся оргтехніка включає в свій склад, як органічні складові (пластик різних видів, матеріали на основі полівінілхлориду, фенолформальдегіда), так і майже повний набір металів [68,69].

Вплив ЕМП на здоров'я людини – це завдання науки яка тільки розробляється. У зв'язку зі стрімким зростанням числа технологій і приладів уникнути впливу ЕМП в сучасному світі практично неможливо.

Різні організації як державні, так і міжнародні розробили безліч стандартів і вимог для запобігання будь-якого впливу електромагнітного поля на людину.

5.2. Засоби та заходи зниження впливу електромагнітного забруднення

Забезпечення екологічної безпеки при поводженні з джерелами електромагнітного випромінювання є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки в цілому.

Щоб знизити рівень електромагнітного забруднення, застосовується нормативне регулювання роботи джерел випромінювання. У зв'язку з цим забороняється застосовувати прилади з хвилями, які вище або нижче дозволених діапазонів. За використання обладнання, яке випромінює електромагнітні хвилі,

стежать національні та міжнародні інститути, контрольні органи і Всесвітня організація охорони здоров'я.

В Україні основним критерієм санітарно-епідеміологічного нормування впливу ЕМП є положення, яке регламентує рівень безпеки людини від впливу електромагнітного поля такої інтенсивності, при якій не виявляється навіть тимчасове порушення системи функціонування органів і не відбувається напруга захисних механізмів в організмі.

Забезпечення безпеки від впливу ЕМВ визначено положеннями цілого ряду підзаконних нормативно-правових документів, які визначають нормативи екологічної безпеки негативного впливу ЕМВ на населення і персонал.

Нормування, контроль та вимірювання ЕМП промислової частоти здійснюється згідно із ДСНіП №476-2002 (ДСН 3.3.6.096-2002) «Державні санітарні норми та правила під час роботи з джерелами електромагнітних полів», ДСНіП №239-96 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань», ГОСТ 12.1.002-84 «ССБП. Електричні поля промислової частоти. Допустимі рівні напруженості і вимоги до проведення контролю на робочих місцях» [70].

Відповідно до цих документів змінні електричні та магнітні поля частотою 50 Гц (промислової частоти) нормуються за інтенсивністю електричного E та магнітного H полів. Одиницею напруженості електричного поля є вольт на метр (В/м), а магнітного поля – ампер на метр (А/м).

Згідно існуючих норм гранично допустимий рівень (ГДР) ЕМП промислової частоти (50 Гц) визначається гранично допустимими значеннями напруженості його електричної та магнітної складових, тобто електричного та магнітного полів, і це значення залежить від часу дії цього фактора на організм людини протягом робочого дня (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Гранично допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону

Діапазон частот	Допустимі рівні напруженості ЕПМ	
-----------------	----------------------------------	--

	електричного поля, В/м	магнітного поля, А/м	Допустима поверхнева густина потоку енергії, Вт/м ²
60 кГц до 3 МГц	50	5	-
3 МГц - 30 МГц	20	-	-
30 МГц - 50 МГц	10	0,3	-
50 МГц - 300 МГц	5	-	-
300 МГц - 300 ГГц	-	-	10

За напруженості 5 кВ/м час перебування в зоні опромінення не обмежується. Контроль електромагнітного випромінювання на робочих місцях проводиться згідно з ГОСТ 12.1.006-84 не рідше 1 разу на рік, а також при введенні в дію нових чи реконструйованих установок і при зміні умов праці.

Вимірювання проводять при максимальній потужності в зоні знаходження людей по висоті від рівня підлоги до 2 м через 0,5 м. З метою визначення характеру розповсюдження ЕМП в кабіні або в цеху проводять заміри в точках пересічення координатної сітки з стороною 1 м.

Для вимірювань електричних і магнітних полів на комп'ютерних робочих місцях використовуються прилади ИСП-01, ИЭП-05, ИМП-05/2, ИМП-05/1. Дані прилади з 2005 року включені у Реєстр засобів вимірів України і призначені для виміру саме тих полів, що можуть реально існувати на робочих місцях з ПЕОМ не залежно від типів і характеристик установлених на них моніторів з тими рівнями полів, що реально існують на таких робочих місцях [71].

Залежно від умов експлуатації обладнання, діапазону частот, розташування робочого місця, рівня опромінення застосовують такі методи захисту від ЕМП: захист часом та відстанню, зменшення випромінювання в джерелі випромінювання, екранування джерела полів або випромінювань, екранування робочих місць, засоби індивідуального захисту, раціональне розташування в приміщенні установок, раціоналізація режимів експлуатації установок та роботи обслуговуючого персоналу, застосування попереджувальної світлової та звукової сигналізації, проведення медичних оглядів, надання персоналу додаткових відпусток (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Класифікація засобів та заходів захисту від ЕМП [71]

5.3. Висновки до розділу

1. Електромагнітне забруднення, як шкідливий фактор для навколишнього середовища і людини, спричинено роботою ПК та периферійного обладнання, зокрема шкідливі наслідки впливу ЕМП на різні природні об'єкти можуть бути порушення просторової орієнтації молекул, зміна електропровідності рідини в живих тканинах, магнітні ефекти в хімічних реакціях, збільшення в'язкості води в живих тканинах, а також уповільнення регенерації тканин рослин і тварин, мутації, значні зміни гормонального стану і специфічні зміни біонапруженості головного мозку, захворювання алергічного характеру, хвороби органів дихання та інші розлади.

2. Нормативно-правові документи, які визначають нормативи екологічної безпеки негативного впливу ЕМВ на населення і персонал: ДСНіП №476-2002 (ДСН 3.3.6.096-2002) «Державні санітарні норми та правила під час роботи з джерелами електромагнітних полів», ДСНіП №239-96 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань», ГОСТ 12.1.002-84 «ССБП. Електричні поля промислової частоти. Допустимі рівні напруженості і вимоги до проведення контролю на робочих місцях».

3. Організаційні і санітарно-гігієнічні заходи щодо зменшення впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів включають захист часом та відстанню, зменшення випромінювання в джерелі випромінювання, екранування джерела полів або випромінювань, екранування робочих місць, засоби індивідуального захисту, раціональне розташування в приміщенні установок, раціоналізація режимів експлуатації установок та роботи обслуговуючого персоналу, застосування попереджувальної світлової та звукової сигналізації, проведення медичних оглядів, надання додаткових відпусток.

4. Безпечні часові періоди знаходження людини в зоні ЕМП за напруженості 5 кВ/м час перебування в зоні опромінення не обмежується.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Проведено інформаційний пошук за тематикою кваліфікаційної роботи з метою обґрунтування її актуальності.

2. Розроблено та реалізовано комплексні методи досліджень, які включають різні концептуальні рішення щодо моделювання системи управління наземним рухом на робочій площі аеродрому.

3. Досліджено можливість використання концепції цифрових двійників для моделювання віртуальної динамічної моделі системи наземного руху на робочій площі аеродрому.

4. Проведено дослідження, що полягає в аналізі зв'язку ЦД з фізичними об'єктами – елементами системи наземного руху в аеропорту. Надзвичайно продуктивним рішенням виявилось чітке розділення інформаційної моделі у вигляді ЦД і додатків. Таким чином, ЦД може бути використаний як універсальна інформаційна база для розробки та тестування різноманітних рішень у сфері автоматичного централізованого управління наземним рухом в аеропортах.

5. Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження ЦД і створення віртуальної динамічної моделі системи управління наземним рухом на робочій площі аеродрому з метою отримання ранніх попереджень, прогнозів і плану дій, моделюючи різні сценарії критичних (небезпечних) ситуацій під час руху ПС та ТЗ на аеродромі, заснованих на інформації отриманої від радіолокатору контролю наземного руху, бортових систем контролю ПС (ТЗ), а також багатьох інших даних, які допоможуть в майбутньому запобігти авіаційним подіям та інцидентам, пошкодженням ПС, ДТП, а також несанкціонованим виїздам на ЗПС.

6. Розроблено та впроваджено заходи щодо поліпшення охорони праці та екологічної безпеки у відповідності до тематики кваліфікаційної роботи.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Запорожець В.В. Аеропорт: організація, технологія, безпека / В.В. Запорожець, М.П. Шматко; – К.: Дніпро, 2002 – 168 с.
2. ICAO Safety Report, 2020. ICAO [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2020_final_web.pdf.
3. Runway Safety Accident Analysis Report, 2020. IATA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iata.org/en/publications/safety-report/>.
4. Vandel B. Equipment Damage and Human Injury on the Apron: Is it a cost of doing business? B. Vandel // Flight Safety Foundation, 2004 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://asasi.org/wp-content/uploads/2021/05/Vandel_Ramp-Damage_ISASI04.pdf.
5. Balk A.D. Safety of ground handling. National Aerospace Laboratory NLR / A.D. Balk // European Union Aviation Safety Agency [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/24197/en>.
6. Офіційний сайт CONTEGOAVIATION.CO. The Top 5 Challenges Facing Airport Ground Handling Services. Contego Aviation Solutions. 24 April 2018 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.contegoaviation.co.uk/top-5-challenges-facing-airport-ground-handling-services/>.
7. A typical ground servicing arrangement for a 787-8 airplane [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=512680532579716 &set=ground-servicesa-typical-ground-servicing-arrangement-for-a-787-8-airplane-boein>.
8. Asa E. Aviation on the Ground: Safety culture in a Ground Handling Company / E. Asa, A. Roland // International Journal of Aviation Psychology. – 2007. – № 17(1). – с. 59-76. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/254304301_Aviation_on_the_Ground_Safety_Culture_in_a_Ground_Handling_Company.
9. Задорожна А.А. Управління ризиками процесів наземного обслуговування пасажирських повітряних суден в аеропорту POLIT. Challenges of science today,

- 5-9 April 2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/51064/1/%D0%97%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B0%20%D0%90.%D0%90..pdf>.
10. EATC Ground Operations. Manual (EGOM) Netherlands: European Air Transport Command, 2019. – 402 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eatc-mil.com/uploads/page_contents/Documentation/EGOM%202019%20v8.0%20%20PUBLIC.pdf.
11. Ground Operations Manual – Version 4.2. Part A - General (GOM/A). FLYINGGROUP. Ground Operations Departments – Antwerp & Luxemburg & Malta – Luxembourg: Ground Operation Departments, 2017. – 358 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://hyperion.aero/wp-content/uploads/2018/01/HYP-GOM-Part-A-General-v4.3.pdf>.
12. ISAGO Standards Manual. IATA, Montreal-Geneva, 2018. – 371 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <file:///C:/Users/User/Downloads/isago-standards-manual-iata-org.pdf>.
13. Керівництво з аеропортової діяльності – Airport Handling Manual (АНМ), 39-е вид., 2019.
14. Офіційний сайт Національного бюро з розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами (НБРЦА) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nbaai.gov.ua/>.
15. Аналіз стану безпеки польотів за результатами розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами України та суднами іноземної реєстрації, що сталися у 2021 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2022/03/2021.pdf>.
16. Аналіз стану безпеки польотів за результатами розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами України та суднами іноземної реєстрації, що сталися у 2020 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2021/03/analysis2020full.pdf>.

17. Аналіз подій, що сталися під час обслуговування повітряних суден на землі в період з 2013 по 2015 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/analysis_pps.pdf.
18. Руководство по организации движения воздушных судов, спецавтотранспорта и средств механизации на аэродромах гражданской авиации. – М.: Воздушный транспорт, 1987.
19. Наказ Міністерства інфраструктури України «Про визнання нормативно-правових актів ЄСРП такими, що не застосовуються на території України» від 06.08.2019 №590 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0960-19#Text>.
20. Інформаційний бюлетень про стан безпеки польотів з цивільними ПС України у січні 2015 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/sichen_2015.pdf.
21. Інформаційний бюлетень про стан безпеки польотів з цивільними ПС України у травні 2015 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/may_2015_1.pdf.
22. Інформаційний бюлетень про стан безпеки польотів з цивільними ПС України у червні 2015 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2020/05/june-2015-new.pdf>.
23. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року» від 24.02.2016 №126 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF#Text>.
24. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Правила дорожнього руху» від 10.10.2001 №1306 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text>.
25. Наказ Державіаслужби «Про затвердження Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для сертифікації аеродромів» від 06.11.2017 №849 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1574-17#Text>.

26. Наказ Державіаслужби «Прийнятні методи визначення відповідності (АМС) та інструктивний матеріал (GM), що роз'яснюють положення Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для сертифікації аеродромів», затверджених наказом Державіаслужби від 06 листопада 2017 р. № 849, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 28 грудня 2017 р. за № 1574/31442» від 16.07.2019 №895 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2017/04/AMS.pdf>.
27. Правила аэронавигационного обслуживания. Аэродромы – Doc. 9981 (PANS-Аэродромы). – 3-е изд. – Монреаль, ИКАО, 2020. – 268 с.
28. Руководство по системам управления наземным движением и контроля за ним: Doc. 9476-AN/927. – 1-е изд. – Монреаль, ИКАО, 1986. – 132 с.
29. Правила безпеки праці під час обслуговування спецтранспорту та засобів механізації в аеропортах цивільної авіації, затверджені наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 16.09.2008 №202 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 22.10.2008 №1011/15702. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1011-08#Text>.
30. Порядок перевірки технічного стану транспортних засобів автомобільними перевізниками, затверджений наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 05.08.2008 №974 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0794-08#Text>.
31. Наказ Державіаслужби «Про затвердження процедур до Додатків 1 – 4 Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для сертифікації аеродромів» у вигляді сертифікаційних специфікацій (CS) CS-ADR-DSN – частина 1» від 16.07.2019 №894 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2019/08/CS-ADR-DSN.pdf>.
32. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Международные стандарты и рекомендуемая практика: Аэродромы Том I. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – 8-е изд. – Монреаль, ИКАО, 2018. – 384 с.

33. Airside Traffic Directives. – Vancouver International Airport, June 2019. – 97 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <file:///C:/Users/User/Downloads/Airside%20Traffic%20Directives%20effective%20June%2015%202019-1.pdf>
34. Повітряний Кодекс України від 19.05.2011 року №3393-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.
35. Руководство по предотвращению несанкционированных выездов на ВПП: Дос. 9870 – AN/463. – 1-е изд. – Монреаль, ИКАО, 2007. – 110 с.
36. Правила руху транспортних засобів на аеродромі Київ (Бориспіль) (ПРТЗА) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kbp.aero/wp-content/uploads/2020/11/%D0%9F%D0%A0%D0%A2%D0%97%D0%90_%D0%95%D0%BB.%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf.
37. Apron Markings and Signs Handbook. – Airports Council International, 2th Edition, 2009.
38. CAP 790 «Requirement for an Airside Driving Permit (ADP) Scheme». – Civil Aviation Authority, First Edition, 29 February 2012. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP790.pdf>.
39. Харченко В.П. Обслуговування повітряного руху на цивільних аеродромах України: навч. посіб./ В.П. Харченко, Г.Ф. Аргунов, О. Є. Луппо. – Київ.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2013. – 250 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/22408/1/%d0%9e%d0%9f%d0%a0%20%d0%bd%d0%b0%20%d1%86%d0%b8%d0%b2%d1%96%d0%bb%d1%8c%d0%bd%d0%b8%d1%85%20%d0%b0%d0%b5%d1%80%d0%be%d0%b4%d1%80%d0%be%d0%bc%d0%b0%d1%85.pdf>.
40. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля за ним (A-SMGCS): Дос. 9830-AN/452. – 1-е изд. – Монреаль, ИКАО, 2004. – 100 с.
41. Офіційний сайт Європейської організації з безпеки аеронавігації (ЄВРОКОНТРОЛЬ) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.eurocontrol.int/>.

42. International Air Transport Association: Vision 2050, Singapore, February 12, 2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iata.org/contentassets/bccae1c5a24e43759607a5fd8f44770b/vision-2050.pdf>.
43. Le-Anh T., de Koster R. 2006. «A Review of Design and Control of Automated Guided Vehicle Systems». European Journal of Operational Research, Vol. 171, Issue 1, с. 1-23.
44. Craighead J., Murphy R., Burke J. et al. 2007. «A survey of commercial & open source unmanned vehicle simulators». In IEEE International Conference on robotics and automation (ICRA), с. 852-857.
45. Augustyn S., Znojek B. 2015. «The new vision in design of airport». Scientific Research & Education in the Air Force – AFASES, Vol. 2, с. 369-372. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.afahc.ro/afases/volum_afases_2015_II.pdf.
46. Tabares D. A., Mora-Camino F. 2017. «Aircraft ground handling: Analysis for automation». In 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, Denver, United States. AIAA.
47. Alomar I., Tolujevs J., Medvedevs A. 2017. «Simulation of Ground Vehicles Movement on the Aerodrome». In Procedia Engineering. Vol. 178, с. 340-348.
48. Mazur F., Schreckenber M. 2018. «Simulation and Optimization of Ground Traffic on Airports using Cellular Automata». Collective Dynamics, 3, A14, 1-22.
49. Selmair M., Hauers S., Gustafsson-Ende L. 2019. «Scheduling Charging Operations of Autonomous AGVs in Automotive In-house Logistics». In Simulation in Production and Logistics, Wissenschaftliche Scripten, Auerbach, 315-324.
50. de Groot R. M. 1997. Dynamic traffic control of free navigating automatic guided vehicles. Master thesis University of Twente, Computer Sciences, SPA.
51. Berman S., Edan Y., Jamshidi M. 2003. «Navigation of Decentralized Autonomous Automatic Guided Vehicles in Material Handling». IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 19, no. 4, с. 743-749.
52. Szlapczynski R. 2006. «A new method of ship routing on raster grids, with turn penalties and collision avoidance». The Journal of Navigation, Vol. 59, с. 27–42.

53. Mazzoleni S., Giannino F., Mulligan M. et al. 2006. «A new raster-based spatial modelling system: 5D environment. Summit on Environmental Modelling and Software». In Proceedings of the iEMSs, Vol. 1, Burlington, USA.
54. Taillandier P., Banos A., Drogoul A. et al. 2016. «Simulating Urban Growth with Raster and Vector Models: A Case Study for the City of Can Tho, Vietnam». In Autonomous Agents and Multiagent Systems AAMAS 2016, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer, c. 154-171.
55. F. Saifutdinov and J. Tolujevs. «A Model for Ground Transportation Systems Simulation at Airports under Centralized Control» in ECMS 2020 Proceedings, European Council for Modeling and Simulation, 2020, c. 5–10.
56. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. Transdisciplinary perspectives on complex systems. Springer, 2017. P. 85–113
57. Modeling, Simulation, Information. Technology & Processing Roadmap. Technology Area 11. National Aeronautics and Space Administration, 2010. 32 p.
58. W. Kritzinger, M. Karner, G. Traar, J. Henjis, and W. Sihn, «Digital Twin in Manufacturing: A categorical literature review and classification», IFAC-PapersOnLine, 51, 2018, c. 1016–1022.
59. A. M. Madni, C. C. Madni, and S. D. Lucero, «Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering», Systems, 7(1), 2019, c. 7.
60. Digital Twin-ception: How SITA is Building the Virtual Airport of the Future, last accessed 2020/08/19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apex.aero/articles/digital-twins-sita-virtual-airport-future/>.
61. Improving airport decision making with the Digital Twin concept, last accessed 2020/08/19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.internationalairportreview.com/article/101388/digital-twin-concept-data-airport-operations/>.
62. HKIA develops digital twin, last accessed 2020/08/19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opengovasia.com/hkia-develops-digital-twin/>.
63. 51WORLD’s Cloud Mirror System Helps Implement the Digital Twin Airport, last accessed 2020/08/19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com>

[/51vr/51worlds-cloud-mirror-systemhelps-implement-the-digital-twin-airport-3e700124f399/](http://51vr/51worlds-cloud-mirror-systemhelps-implement-the-digital-twin-airport-3e700124f399/).

64. A. Mahdavi and T. Wolfe-Adam, Artificial Intelligence and Simulation in Business, White Paper, AnyLogic company, 2019.
65. Влияние электричества на живые организмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scsiexplorer.com.ua/index.php/interesnie-fakti/1906-vlijanie-elektrichestva-na-zhivye-organizmy.html>.
66. Сотник В.О. Оцінка еколого-економічного збитку від впливу електромагнітного випромінювання засобів інформаційно-комунікаційних технологій / В.О. Сотник, асистент, Сумський державний університет, м. Суми [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/14048812.pdf>
67. Гончаренко Е.В. Еколого-економічне обґрунтування розвитку інформаційних технологій на прикладі мобільного зв'язку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.08.01. «Економіка природокористування і охорони навколишнього середовища» / Е.В. Гончаренко. – Суми, 2004. – 20 с.
68. Франчук Г.М. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля [Текст] / Г.М. Франчук, А.М. Антонов, С.М. Маджд, Я.В. Загоруй // Вісник НАУ. – 2006. – № 1. – с. 184–190.
69. Франчук Г.М., Методика оцінки хімічного забруднення атмосферного повітря на основі аналізу стану атмосферних опадів в зоні аеропорту / Г.М. Франчук, Л.С. Кіпніс, С.М. Маджд // Наука і молодь. Приклад. сер.: Міжнар. наук. конф. студ. та молодих учених «Політ-2007». – К.: НАУ, 2007. – с. 258–261.
70. Екологічне право України. Академічний курс: Підручник / За заг. ред. Ю.С. Шемшученка / - К.: ТОВ «Видавництво «Юридична думка», 2005. – 848 с.
71. Методичні рекомендації до самостійної роботи «Вивчення засобів захисту від електромагнітних випромінювань» з дисципліни «Охорона праці в галузі» студентами напряму підготовки 0903 Інженерна механіка /Уклад.: С.І.

Чеберячко, С.Б. Мікрюков, В.Г. Марченко, І.І. Пугач. – Дніпропетровськ:
Національний гірничий університет, 2004. – 17 с.

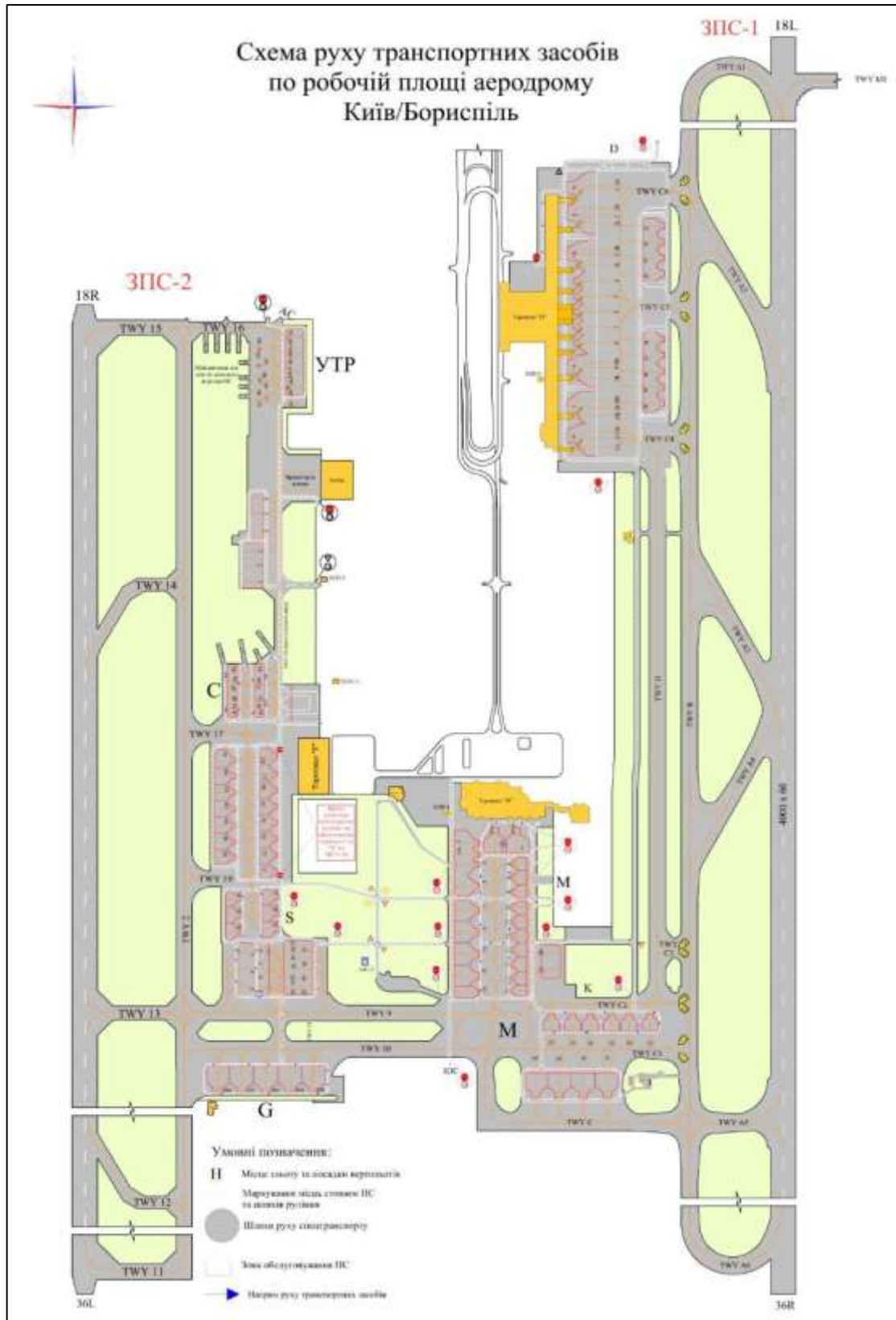


Рис. А.1. Схема руху транспортних засобів на робочій площі аеродрому Київ (Бориспіль) [36]

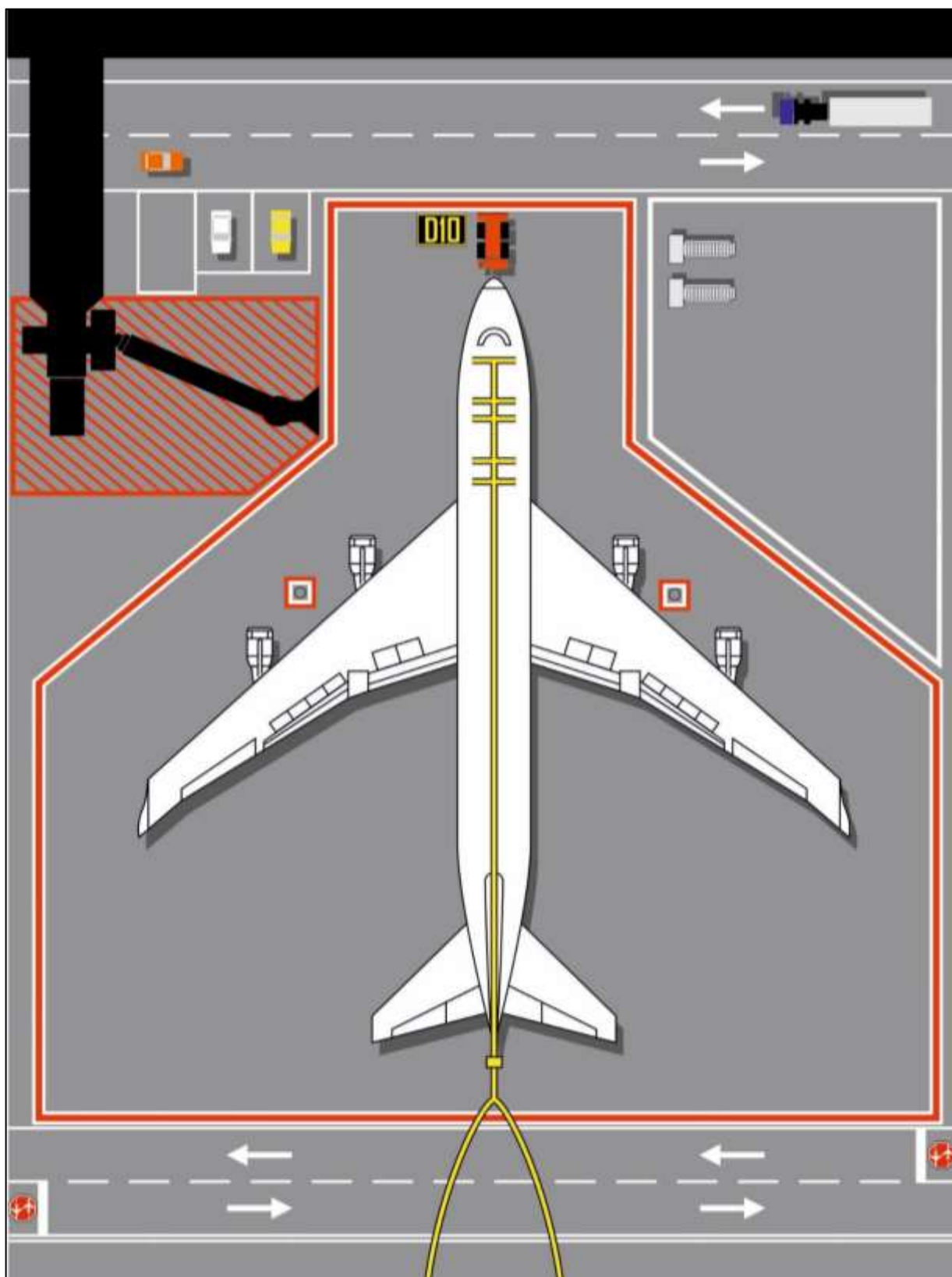


Рис. Б.1. Приклад організації наземного руху в районі МС на пероні за допомогою маркування [36]

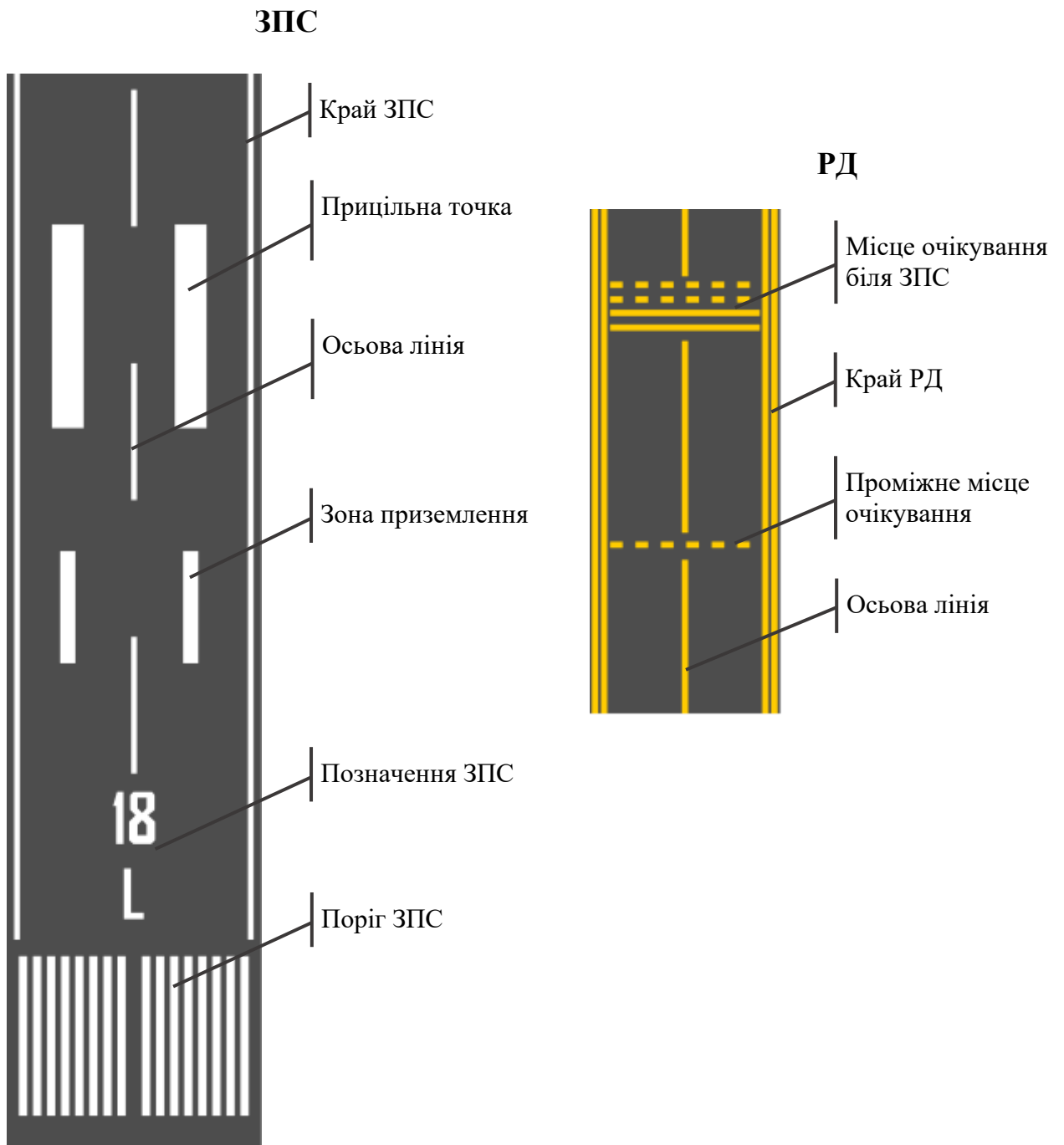


Рис. В.1. Типове маркування ЗПС та РД [36]

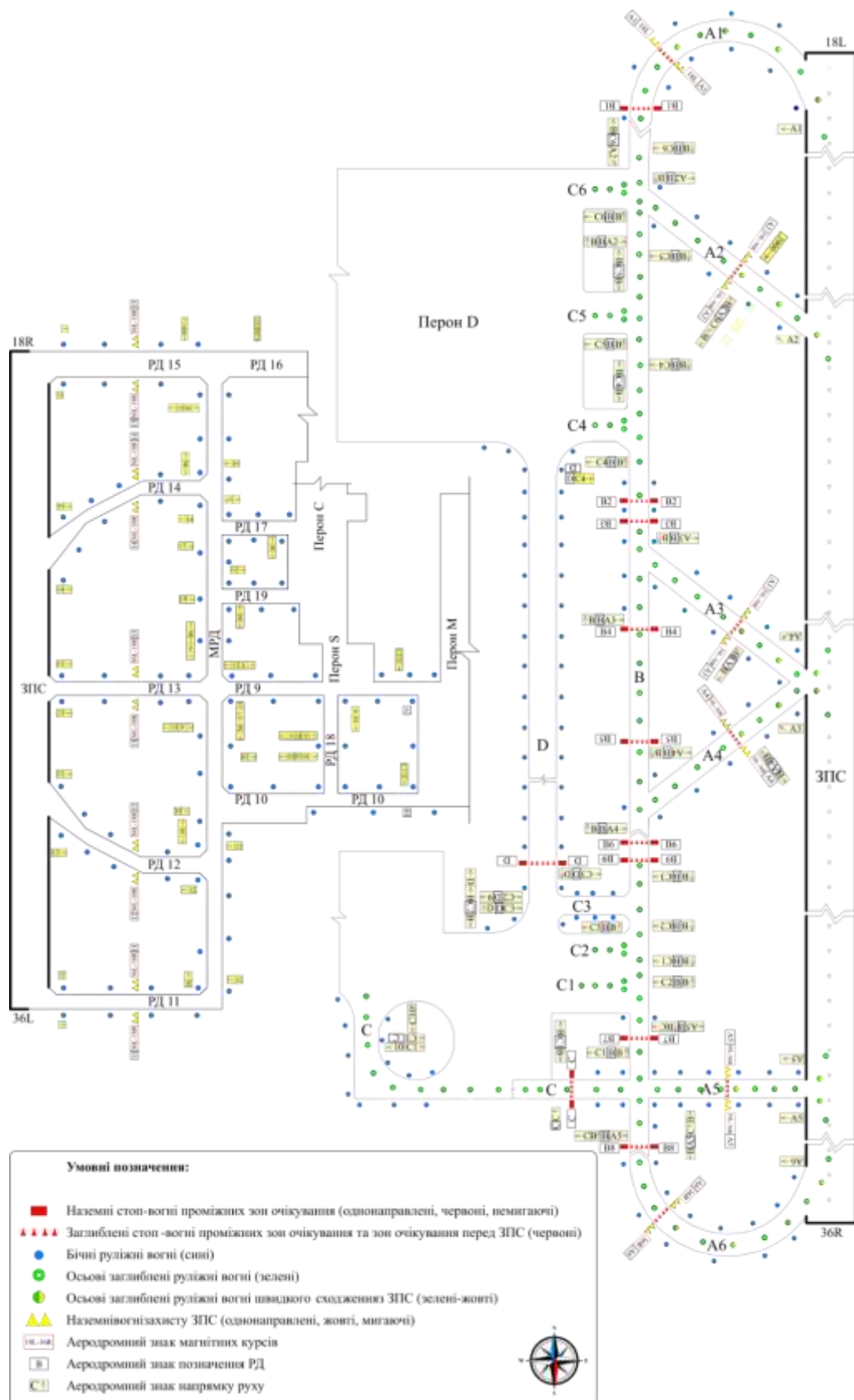


Рис. Д.1. Світлотехнічне забезпечення ЗПС, РД та аеродромні знаки на робочій площі аеродрому Київ (Бориспіль) [36]

Структура програми підготовки водіїв транспортних засобів у контрольованій зоні

Модуль	Зміст підготовки	Дозволені зони ADP	
		«ПЕРОН»	«РД/ЗПС»
1	2	3	4
ЧАСТИНА А: ДОРОГИ І ПЕРОНИ В КОНТРОЛЬОВАНІЙ ЗОНІ			
Дозвіл на право керування транспортним засобом у контрольованій зоні (ADP)			
A1	Уповноважений орган, який видає дозвіл, термін дії та умови його використання, заборона передачі дозволу у користування іншій особі	✓	✓
	Критерії отримання ADP	✓	✓
	Повернення, вилучення, анулювання ADP	✓	✓
	Наслідки порушень правил руху транспортних засобів на аеродромі	✓	✓
	Взаємозв'язок з державною системою видачі посвідчень водія	✓	✓
	Відкриття вищої категорії, заміна ADP	✓	✓
Національно-законодавча та нормативно-правова база			
A2	Державні вимоги нормативно-правових актів щодо видачі посвідчень водія	✓	✓
	Вимоги уповноваженого органу щодо управління транспортними засобами в контрольованій зоні	✓	✓
	Вимоги охорони праці щодо безпечної експлуатації транспортних засобів та їх обладнання	✓	✓
Вимоги та процедури на аеродромі			
A3	Правила польотів та процедури управління повітряним рухом, що застосовуються на аеродромі, у частині експлуатації транспортних засобів, зокрема щодо переважного права руху	✓	✓
	Правила, вимоги та місцеві інструкції, що застосовуються на аеродромі (наприклад, правила використання радіостанцій, тощо)	✓	✓
	Правила руху транспортних засобів на аеродромі	✓	✓
	Методи, що використовуються на аеродромі для розповсюдження загальної інформації, інструкцій для водіїв	✓	✓
	Методи, що використовуються на аеродромі для розповсюдження інформації щодо проведення ремонтних робіт	✓	✓
Персональна відповідальність			
A4	Державні вимоги або вимоги експлуатанта аеродрому щодо придатності водіїв управляти транспортним засобом (вимоги щодо стану здоров'я)	✓	✓
	Видача та використання особистого захисного спорядження, наприклад, світловідбиваючого одягу та засобів захисту органів слуху	✓	✓
	Загальні стандарти водіння, наприклад обов'язки водія	✓	✓
	Вимоги щодо заборони паління та вживання алкоголю в контрольованій зоні	✓	✓

1	2	3	4
	Обов'язки щодо утилізації сторонніх предметів (FOD) та розливу паливо-мастильних матеріалів	✓	✓
	Відповідальність за забезпечення експлуатації транспортного засобу в технічно справному стані	✓	✓
	Повідомлення про ППС, ДТП	✓	✓
Стандарти безпеки та технічні вимоги до транспортного засобу			
A5	Вимоги щодо технічного стану та технічного обслуговування транспортних засобів у відповідності до державних вимог або вимог експлуатанта аеродрому	✓	✓
	Вимоги щодо розміщення пробліскових маячків та нанесення логотипу компанії	✓	✓
	Вимоги та перелік робіт в рамках щоденних перевірок технічного стану транспортного засобу	✓	✓
	Узгоджені правила аеродрому та компанії щодо інформування про несправності транспортного засобу та її усунення	✓	✓
	Вимоги експлуатанта аеродрому щодо видачі перепусток на транспортні засоби	✓	✓
	Вимоги експлуатанта аеродрому щодо видачі перепусток на транспортні засоби	✓	✓
Загальна схема аеродрому			
A6	Загальна інформація про географічне розміщення аеродрому	✓	✓
	Авіаційна термінологія, що використовується, зокрема: ЗПС, РД, МС, перон, маршрут руління, місця перетину, місце очікування	✓	✓
	Усі знаки, маркування та вогні на аеродромі для транспортних засобів і повітряних суден	✓	✓
	Місця нерегульованих переїздів через РД (у разі наявності)	✓	✓
	Обмеження швидкості руху, заборонені зони та вимоги щодо заборони паркування	✓	✓
	Інші місцеві правила, наприклад обмеження висоти проїзду для транспортних засобів, небезпечні ділянки, тощо	✓	✓
Небезпеки від експлуатації транспортних засобів в контрольованій зоні			
A7	Маневрування повітряного судна	✓	✓
	Небезпечні зони навколо повітряного судна	✓	✓
	Всмоктування/потрапляння до авіадвигуна, реактивний струмінь, пропелери та гвинти вертольотів	✓	✓
	Заправка паливом повітряного судна	✓	✓
	Сторонні предмети (FOD) та розлив	✓	✓
	Рух транспортного засобу заднім ходом	✓	✓
	Персонал або пасажирів, що пішим ходом перетинають перон	✓	✓
	Авіамоности, та інше обладнання, такі як вмонтоване наземне джерело електроживлення	✓	✓
	Вимоги щодо супроводу інших транспортних засобів	✓	✓
	Процедури для аварійної зупинки повітряного судна та припинення подачі палива	✓	✓
	Небезпечний вантаж	✓	✓
	Вимоги щодо буксирування транспортних засобів та обладнання	✓	✓

1	2	3	4
	Вимоги щодо управління транспортним засобом в темну пору доби	✓	✓
	Вимоги щодо управління транспортним засобом за несприятливих погодних умов, зокрема за умов низької видимості	✓	✓
	Рух транспортних засобів по аеродрому із спеціальними сигналами	✓	✓
Місцеві організації			
A8	Роль експлуатанту аеродрому у встановленні та підтримці стандартів	✓	✓
	Уповноважений орган та його обов'язки	✓	✓
	Задіяння національної та/або місцевої поліції в процесі експлуатації транспортних засобів в контрольованій зоні	✓	✓
	Інші органи виконавчої влади, які задіяні в процесі експлуатації транспортних засобів, забезпечення безпеки здоров'я та безпеки польотів	✓	✓
Процедури дій при аварійних ситуаціях			
A9	Дії та обов'язки у випадку аварійних ситуацій (будь-які аварії чи значні події, що мають місце на аеродромі)	✓	✓
	Дії у разі причетності до ДТП	✓	✓
	Дії у разі зіткнення транспортного засобу та ПС	✓	✓
	Дії у випадку пожежі	✓	✓
	Дії у випадку авіаційної події/інциденту	✓	✓
	Дії у випадку травм	✓	✓
Практична підготовка (візуальне ознайомлення)			
A10	Службові дороги, перетин РД та будь-які обмеження в умовах низької видимості	✓	✓
	Перони та місця стоянки ПС	✓	✓
	Маркування покриттів для транспортних засобів та ПС	✓	✓
	Маркування покриттів, що розділяють перони та РД	✓	✓
	Знаки, маркування та вогні, якими позначено виїзд з РД на ЗПС	✓	✓
	Зони паркування та обмеження	✓	✓
	Обмеження швидкості та інші правила	✓	✓
	Небезпечні ситуації під час розвороту чи руху ПС	✓	✓
ЧАСТИНА В: ПЛОЩА МАНЕВРУВАННЯ			
B1	Правила управління повітряним рухом, правила руху повітряних суден		✓
	Визначення термінів робочої площі, площі маневрування, перонів, місць стоянки		✓
	Методи розповсюдження інформації щодо проведення будівельних чи ремонтних робіт на площі маневрування		✓
Управління повітряним рухом			
B2	Функції та обов'язки аеродромного диспетчерського пункту		✓
	Функції та обов'язки управління наземним рухом		✓

1	2	3	4
	Процедури, що використовуються аеродромним диспетчерським пунктом при звичайних та аварійних ситуаціях		✓
	Частоти, що використовуються аеродромним диспетчерським пунктом та транспортним засобом		✓
	Позивні для повітряних суден, транспортних засобів, фонетичний алфавіт та стандартна фразеологія		✓
	Розподіл обов'язків між аеродромним диспетчерським пунктом та управлінням на пероні (у разі наявності)		✓
Обов'язки персоналу			
В3	Вимоги до зору та сприйняття кольорів при управлінні транспортним засобом		✓
	Правильне використання засобів індивідуального захисту		✓
	Обов'язки стосовно сторонніх об'єктів (FOD)		✓
Вимоги до транспортних засобів			
В4	Відповідальність за дотримання відповідності вимогам транспортного засобу		✓
	Вимоги щодо проведення щоденних перевірок до експлуатації транспортного засобу при використанні на площі маневрування		✓
	Вимоги до пробіскових вогнів на транспортному засобі		✓
	Функціонування усіх ключових систем зв'язку із аеродромним диспетчерським пунктом та базовими операціями		✓
План аеродрому			
В5	Опис знаків, маркування та вогнів на площі маневрування		✓
	Опис знаків, маркування та вогнів захисту ЗПС		✓
	Опис обладнання, необхідного для аеронавігації, таке як інструментальна система посадки (ILS)		✓
	Опис захисних зон ILS		✓
	Опис зон, захищених ILS в місці очікування біля ЗПС		✓
	Опис засобів заходу на посадку по приборах/візуального заходу на посадку, дозволених та спланованих площ		✓
	Опис вогнів, що використовуються у зоні маневрування, особливо тих, що використовуються в умовах низької видимості		✓
Небезпеки при управлінні транспортним засобом на площі маневрування			
В6	Процедури у випадку несправності транспортного засобу чи засобів радіозв'язку під час перебування на площі маневрування		✓
	Всмоктування/потрапляння до авіадвигуна, реактивний струмінь, вихрові потоки, пропелери та польоти вертольотів		✓
	Несанкціоновані виїзди на ЗПС		✓
	Переважне право руху повітряного судна, повітряного судна, що буксирується, та автомобілів аварійно-рятувальних та протипожежних служб у випадку аварійної ситуації на аеродромі		✓

1	2	3	4
	Процедури звільнення ЗПС, у тому числі за вказівкою органу УПР, для забезпечення безпеки операцій повітряних суден та з урахуванням відповідних факторів безпеки польотів, що належать до місцевих ЗПС та РД, наприклад, розташування місць очікування у ЗПС, захищених зон та розмірів льотних смуг ЗПС		✓
В7	Дії, що необхідно вжити у випадку авіаційної події/інциденту з транспортним засобом на площі маневрування		✓
	Дії, що необхідно вжити у випадку авіаційної події/інциденту з повітряним судном		✓
	Дії, що необхідно вжити у випадку виявлення сторонніх (FOD) об'єктів та інших залишків на ЗПС та/або РД		✓
	Процедури, що мають використовуватися водієм, якщо він невпевнений у своєму місці знаходженні або він загубився		✓
	Процедури на випадок несправності транспортного засобу або порушення радіозв'язку під час перебування на площі маневрування		✓
	Місцеві номери аварійно-рятувальних служб		✓
Ознайомлення із повітряними суднами			
В8	Знання типів повітряних суден та здатність ідентифікувати типи ПС, що експлуатуються на аеродромі		✓
	Знання позивних експлуатантів повітряних суден		✓
	Знання авіаційної термінології, пов'язаної із двигуном, фюзеляжем, поверхнями управління, шасі, вогнями, тощо		✓
Практична підготовка			
В9	Усі ЗПС (включаючи маршрути в'їзду та виїзду), місця очікування, РД та перони		✓
	Усі знаки, маркування покриттів та вогні, які пов'язані з ЗПС, місцями очікування, операціями по категоріям CAT I, II, III ICAO		✓
	Усі знаки, маркування покриттів та вогні РД		✓
	Особливе маркування для позначення меж між перонами та зонами маневрування		✓
	Засоби навігації, такі як ILS, захисні зони, антени, обладнання ЗПС та інше метеорологічне обладнання		✓
	Визначення небезпечних ситуацій та оцінка превентивних заходів		✓
	Знання стандартних маршрутів руління, що найчастіше використовуються повітряними суднами		✓
	Небезпека експлуатації поруч із повітряним судном, що виконує зліт, посадку або руління		✓
	Будь-які особливі назви, що використовуються на аеродромі для позначення особливих зон чи маршрутів		✓
	Процедура звільнення ЗПС та РД за одночасного забезпечення безпеки операцій повітряних суден		✓

1	2	3	4
ЧАСТИНА С: РАДІОЗВ'ЯЗОК			
Портативні радіостанції			
С1	Правильне використання радіостанцій	✓	✓
	Діапазон зв'язку та термін служби батареї	✓	✓
	Огляд за допомогою технічних засобів/використання захисних засобів на аеродромі та їх вплив на радіозв'язок	✓	✓
	Використання правильних позивних транспортного засобу або окремої особи	✓	✓
Безпека під час використання радіостанцій			
С2	Інструкції щодо використання портативних радіостанцій та ручних мікрофонів під час керування транспортним засобом в контрольованій зоні	✓	✓
	Інструкції щодо використання мобільних телефонів під час знаходження на льотному полі		✓
Фонетичний алфавіт			
С3	Правильна вимова літер, слів та чисел	✓	✓
Індекс черговості			
С4	Пріоритет відправки повідомлень, розуміння повідомлень про надзвичайну ситуацію, аварійних повідомлень, диспетчерських вказівок та інформаційних повідомлень	✓	✓
Читабельність			
С5	Розуміння та використання шкали читабельності від 1 до 5	✓	✓
Техніки передачі повідомлень та використання радіозв'язку			
С6	Розуміння необхідності дослухати повідомлення до передачі відповіді	✓	✓
	Слова та звуки, яких треба уникати	✓	✓
	Правильне розміщення мікрофону з метою уникнення спотворення голосу	✓	✓
	Запобігання «накладання» передач	✓	✓
	Розуміння регіональних акцентів та особливостей вимови	✓	✓
	Швидкість передачі фразеології радіозв'язку	✓	✓
	Використання стандартної фразеології та процедур радіозв'язку земля-повітря, визначених ICAO		✓
Стандартна фразеологія			
С7	Використання водіями стандартної фразеології	✓	✓
	Обережне використання певних слів, зокрема, «даю дозвіл» та «рухайся вперед»		✓
Позивні для повітряних суден, авіадиспетчерів та транспортних засобів			
С8	Розуміння термінології та скорочень, що використовуються авіадиспетчерами та пілотами		✓
	Розуміння позивних, що використовуються авіакомпаніями на аеродромі		✓

1	2	3	4
	Розуміння позивних для транспортних засобів та того, що вони мають відповідати функції транспортних засобів (наприклад, «Пожежна», «Інженер») та пронумеровані у разі використання більше одного транспортного засобу (наприклад, «Пожежна 2»)		✓
Процедури (readback)			
С9	Вимога до водіїв транспортних засобів використовувати стандартні процедури readback, у той же спосіб, що використовується пілотами, для інструкцій наприклад «вийти на/перетнути ЗПС» та у випадку умовного дозволу		✓
Втрата орієнтації чи непевність у місці знаходження			
С10	Розуміння процедур, що мають застосовуватися водіями транспортних засобів у випадку втрати орієнтації чи непевності у місці знаходження на площі маневрування		✓
Несправність транспортного засобу			
С11	Процедури у випадку несправностей транспортних засобів на ЗПС та РД		✓
	Процедури для інформування авіадиспетчерів щодо несправності транспортних засобів		✓
Несправність (втрата) радіозв'язку			
С12	Розуміння процедур, що застосовуються у випадку несправності (втрати) радіозв'язку на ЗПС або РД		✓
	Розуміння світлових сигналів, що можуть бути використані авіадиспетчерами для передачі інструкцій транспортним засобам		✓