

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ КАФЕДРА  
АЕРОКОСМІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

О.М.Тачиніна

«    »    2021р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА НАПРЯМКОМ 6.050201 «СИСТЕМНА ІНЖЕНЕРІЯ»

**Тема: «Комп'ютерна програма відображення технічного стану  
енергозабезпечення аеропорту»**

Виконавець: студент\_ групи СУ-501 Хміль Анна Володимирівна  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: старший викладач    Воронов Сергій Ігорович  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
( П.І.Б. )

Київ 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аерокосмічних систем управління

Напрямок (спеціальність, спеціалізація): 6.050201 «Системна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.М. Тачиніна

«    »    2021р

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи (проекту)

Хміль Анни Володимирівни

( П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи: «Комп'ютерна програма відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту» затверджена наказом ректора від «»р. /ст.
2. Термін виконання роботи: з \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані роботи: технічні характеристики енергозабезпечення аеропорту.
4. Зміст пояснювальної записки: загальна характеристика системи, що діагностується. Розробка системи діагностування. Структура консолі.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: технічні характеристики системи, що діагностується, схема розташування датчиків, структура, функціональна схема консолі технічного персоналу.
6. Календарний план-графік

№з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Дослідити особливості функціонування та діагностування систем енергозабезпечення аеропорту. Обрати конкретний об'єкт діагностування.	20.11.20-23.11.20	
2	Дослідити сучасні системи діагностування енергозабезпечення аеропорту, принципи розробки систем діагностування. Обґрунтувати впровадження систем діагностування енергозабезпечення аеропорту.	24.11.20-26.11.20	
3	Розробити систему діагностування енергозабезпечення аеропорту.	27.11.20-06.12.20	
4	Обрати методи діагностування.	07.12.20-12.12.2020	
5	Виконати аналіз структури та особливостей функціонування клієнт-серверної консолі технічного персоналу.	13.12.2020-27.12.2020	
6	Розробити та протестувати клієнт-серверну консоль для обслуговування трансмісій вертольотів.	14.01.2021-01.02.2021	
7	Сформулювати висновки, щодо працездатності розробленої системи, та пропозиції подальшого розвитку системи.	03.03.2021	
8	Оформити пояснювальну записку.	12.02.2021	

1. Дата видачі завдання: «17» листопада 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту):

\_\_\_\_\_ С.І. Воронов  
( підпис керівника) ( П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання:

\_\_\_\_\_ А.В.Хміль  
( підпис випускника) ( П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Комп'ютерна програма відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту» 79 с., 24 рис., 22 літературних джерела.

Мета і завдання виконання дипломної роботи: розробити комп'ютерну програму відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

Об'єкт дослідження: нові підходи до діагностування технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

Предмет дослідження: способи діагностування технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

Наукова новизна отриманих результатів: система діагностування технічного стану енергозабезпечення аеропорту поєднує в собі перевірену часом вбудовану систему контролю та сучасну систему діагностування.

Результатом виконання дипломної роботи є локальна підсистема діагностування енергозабезпечення аеропорту.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	11
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДІАГНОСТУВАННЯ .....	14
1.1. Міжнародний аеропорт.....	14
1.2. Енергозабезпечення аеропорту.....	23
1.3. Характерні принципи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.....	27
1.4. Проблематика дослідження.....	31
Висновки до розділу 1.....	32
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЕРОПОРТУ.....	34
2.1. Сучасні системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.....	34
2.2. Місце розробленої системи в системі управління аеропортом.....	42
2.3. Переваги впровадження систем відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.....	50
2.4. Етапи розробки систем відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.....	52
2.5. Структура системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.....	54
Висновки до розділу 2.....	59
РОЗДІЛ 3 КОНСОЛЬ ТЕХНІЧНОГО ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ РОБОТИ ІЗ СИСТЕМОЮ ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЕРОПОРТУ.....	60
3.1. Консоль візуалізації.....	60
3.2. Імітатор системи відображення технічного стану.....	71

3.3. Тестування роботи системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту .....	71
Висновки до розділу 3 .....	74
ВИСНОВКИ .....	75
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..	78

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АРМ	автоматизоване робоче місце
АЦП	аналого-цифровий перетворювач
ІКС	інформаційно-керуючої системи
ЛЕП	лінія електропередач
МА	міжнародний аеропорт
ОС	операційна система
ПС	повітряне судно
СД	система діагностування
СЕП АП	системи електропостачання аеропортів
СУ	система управління
ТЕ	технічна експлуатація
ТП	трансформаторна підстанція
ЦАП	цифро-аналоговий перетворювач
ЦДЖ	централізоване джерело живлення
ЦДП	центральний диспетчерський пульт управління
BMS	Building Management System
GAN	generative adversarial network
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol

## ВСТУП

У структурі транспортної системи повітряний (або авіаційний) транспорт займає специфічне положення по відношенню до інших видів транспорту. Відомі райони виробничої діяльності, транспортна доступність яких формується виключно авіаційними перевезеннями. Аеропорти цивільної авіації є ключовими елементами авіаційного транспорту. Разом з повітряними трасами аеропорти формують мережу комерційних підприємств, які здійснюють надання транспортних послуг регулярного і нерегулярного характеру. Сучасний формат вимог по експлуатації аеропортів цивільної авіації визначає необхідність забезпечення високого рівня безпеки виробництва польотів.

Електрифікація основних виробничих процесів в даний час настільки високого рівня, що навіть короточасне припинення подачі електроенергії серйозно впливає на вихід готової продукції, істотно знижує продуктивність праці і може привести до великих матеріальних втрат. Не є винятком і аерофлот. У всіх службах Аерофлоту основним видом енергії є електрична енергія. Тому відключення електроживлення практично паралізує діяльність цього складного виробничого об'єднання. Порухення електропостачання АТБ, складів ПММ, аеровокзалу та інших виробничих вузлів призведе до припинення підготовки ПС до польотів затримок рейсів і порушенні регулярності польотів. Знеструмлення КДП та інших об'єктів посадки УПС призводить до різкого зменшення ефективності виробництва аеропортів, може спричинити за собою його закриття, а при несприятливому збігу

					<b>НАУ 21 01 28 000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ВСТУП</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>							8	79
<i>Перевір.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								
						501 6.050201		



обставин є причиною льотної події і навіть катастрофи, тому до надійності електропостачання аеропорту пред'являється підвищену вимогу, які необхідно виконувати. Отже, раціональна побудова схеми електропостачання аеропорту має серйозне значення.

**Актуальність теми:** впровадження клієнт-серверних систем діагностування дозволяє збільшити ефективність роботи технічного персоналу, збирати дані про об'єкт в будь-який момент його експлуатації. Система діагностування розширює можливості дистанційного управління системою за рахунок того, що система діагностування об'єкта буде формувати команди управління з урахуванням його технічних можливостей на даний момент. Проектування системи діагностування як розподіленої системи підвищує надійність та ефективність діагностування систем, дозволяє організувати взаємодію локальних систем діагностування та локальних систем управління під керівництвом системи управління та системи діагностування другого рівня.

**Мета і завдання виконання дипломної роботи:** розробити комп'ютерну програму відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

**Об'єкт дослідження:** нові підходи до діагностування технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

**Предмет дослідження:** способи діагностування технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

**Наукова новизна отриманих результатів:** система діагностування технічного стану енергозабезпечення аеропорту поєднує в собі перевірену часом вбудовану систему контролю та сучасну систему діагностування.

**Практичне значення отриманих результатів:** впровадження розробленої системи діагностування технічного стану енергозабезпечення аеропорту дозволить зменшити витрати на обслуговування енергозабезпечення аеропорту, підвищить ефективність експлуатації та дистанційного управління технічним станом енергозабезпечення аеропорту.

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДІАГНОСТУВАННЯ

#### 1.1. Міжнародний аеропорт

Міжнародний аеропорт «Запоріжжя», Запорізький міжнародний аеропорт, Аеропорт Мокре (IATA: OZH, ICAO: UKDE) – міжнародний аеропорт в північно-східній частині міста Запоріжжя, розташований біля села Мокре (неофіційна назва аеропорту на честь однойменного селища). Відстань до центру міста становить 11 км.

Мокре – один з трьох аеропортів біля Запоріжжя. Авіакомпанія «Мотор Січ» має тут власну базу.

6 лютого 2013 року Міжнародний аеропорт «Запоріжжя» змінив власника і став комунальним підприємством [1].

3 червня 2016 року в міжнародному аеропорту «Запоріжжя» літаки обслуговує ТОВ «Транс-Аеро-Хендлінг» [2].

1 лютого 2017 року, після проведеного капітального ремонту, у міжнародному аеропорту «Запоріжжя» розпочав роботу термінал для обслуговування пасажирів внутрішніх авіаліній, який розрахований на обслуговування 150 пасажирів на годину.

Аеропорт Запоріжжя відноситься до категорії регіональних аеропортів України класу «В», індекс повітряних суден «6» (код 4С). [6]

					<b>НАУ 21 01 28 000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					РОЗДІЛ 1	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							10	79
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								
						501 6.050201		

У складі КП «Міжнародний аеропорт Запоріжжя» входить аеродром, що містить в собі штучну і ґрунтову злітно-посадочні смуги обладнані світлосигнальним обладнанням та радіотехнічними засобами посадок, рубіжними доріжками, пероном для стоянки повітряних суден; аеровокзальний комплекс, що включає в себе будівлю аеровокзалу і пасажирський термінал для внутрішніх авіаліній; адміністративні та технологічні будівлі і споруди; комунікації та мережі інфраструктури. [7]

Аеродром здатний приймати літаки Ан-124 «Руслан», Іл-76 (з обмеженнями по масі), Ту-154 і всі більш легкі, а також вертольоти всіх типів. Основна бетонна ВПП 02/20 класу В має кваліфікаційне (PCN Число) 33 / R / В / X / T, світлосигнальне обладнання «Промінь-4У».



Рис. 1.1. Міжнародний аеропорт «Запоріжжя». Карта розташування

Грунтова ВПП 02/20 здатна приймати в суху погоду літаки з тиском в шинах до 10 атм. Раніше на аеродромі експлуатувалася ще одна бетонна ВПП 09/27 (розмірами 1300x40 м), нині вона використовується як стернова доріжка і місце стоянок для літаків Іл-76.

Аеропорт розташований в 250 м. від залізничної Магістралі Харків-Сімферополь і в 350 м від автостради Запоріжжя-Донецьк, має під'їзні шляхи до складу ПММ, який розташований в межах аеропорту, що дає можливість до створення великого мультимодального логістичного центру з перевезення та зберігання вантажів з будівництвом вантажного терміналу на базі аеропорту Запоріжжя. [7]

Станом на 2011 р на підприємстві працювало приблизно 300 чоловік і ще приблизно півтори тисячі пов'язані з роботою аеропорту [8]. У травні 2011 р було проведено скорочення чисельності працівників на чверть [5].

Базуються авіакомпанії: «Мотор Січ», «Константа», «УАТК МО», «Універсал-авіа».

Табл.1.1

Компанії, що обслуговують аеропорт. Станом на 2021 рік [10]

КП «Міжнародний аеропорт Запоріжжя»	
ТОВ «Запоріжхендлінг»	Авіапаливозабезпечення Наземне адміністрування Обслуговування пасажирів і багажу
ТОВ «Авіа-Сервіс»	Завантаження \ розвантаження бортхарчування
ТОВ «Українська хендлінгова компанія»	Наземне адміністрування Обслуговування пасажирів і багажу

На початку 1990-х років Запорізький аеропорт обслуговував до 500 тис. Пасажирів на рік. У 2000-х значно менше. Серед причин – істотний знос злітно-посадкової смуги, неможливість забезпечити належну якість

обслуговування пасажирів через старий термінал, неповну відповідність певним міжнародним технічним вимогам. [7]

Бетонна ВПП 02/20 капітально ремонтувалася в 1982 році, будівля аеровокзалу капітально не оновлювалася з моменту спорудження в 1965 р [5] [11].

Є необхідність будувати новий термінал, вартість якого може досягати 25 млн доларів. Розглядається варіант будівництва тимчасового терміналу. За оцінками гендиректора аеропорту, реконструкція і поліпшення умов дасть вагомий приріст кількості пасажирів, оскільки близько третини пасажирів дніпропетровського аеропорту – це втрачені можливості аеропорту запорізького [11].

У 2010 р. заявлено про передачу аеропорту у власність міста [13]. У грудні 2012 року Міністр інфраструктури України підписав наказ, згідно з яким визначено порядок передачі майнового комплексу ДП в комунальну власність міста [14]. 6 лютого 2013 року було підписано акт прийому-передачі від Міністерства інфраструктури України властям міста Запоріжжя [15].

У 2013 році на сесії міськради була затверджена міська цільова програма "Забезпечення належної та безперебійної роботи КП« Міжнародний аеропорт Запоріжжя ». [16] У 2013 році завдяки допомозі з боку обласної державної адміністрації та Запорізької міської ради було виділено 8,05 млн грн., було освоєно 7,5 млн грн. [17]

Термін дії сертифіката про придатність і можливості роботи запорізького аеропорту отримано до 31 травня 2020 року [17].

З 13 по 24 грудня 2014 року аеропорт був закритий у зв'язку із заборонаю на польоти встановленим Державіаслужбою України на підставі інформації про наявність у бойовиків ракетних комплексів класу «земля-повітря». [18] [19]

Планувалося спорудження тимчасового терміналу до 2015 року. [20]

У 2016 році на прес-конференції за участю міського голови та губернатора підприємством «Транс-Аерохендлінг Запоріжжя» було презентовано план реконструкції аеропорту. Роботи почали в жовтні 2016 року, з очікуваною датою введення в експлуатацію в 2017 році. Після довгих переговорів було прийнято рішення про створення компактного терміналу двох рівнів з привокзальної площею і загальною площею близько 9 тис. кв. метрів. Пропускна здатність планується до 400 осіб на годину с 8-ю стійками реєстрації. За основу був узятий термінал «D» аеропорту Київ (Жуляни). На другому поверсі передбачається розміщення готелю, кафе, дьюті-фрі і конференц залу.

Табл. 1.2

Динаміка вантажопотоку у КП МА «Запоріжжя», 2008-2020 р.

Рік	Пасажирооборот (тис. чол.)	Вантажооборот (тон)	Кількість рейсів
2008	58,434	976,1	1751
2009	90,333	1641	1618
2010	110,810	1789,3	3033
2011	118,463	3034,1	1917
2012	63,596	3334	3014
2013	33,960	3068	1350
2014	33,386	693	1483
2015	56,9		
2016	56,788	573,1	1488
2017	79,845	731,3	1936
2018	75,4		1650
2019	138,104	3100	3103
2020	375,431	3400	3407

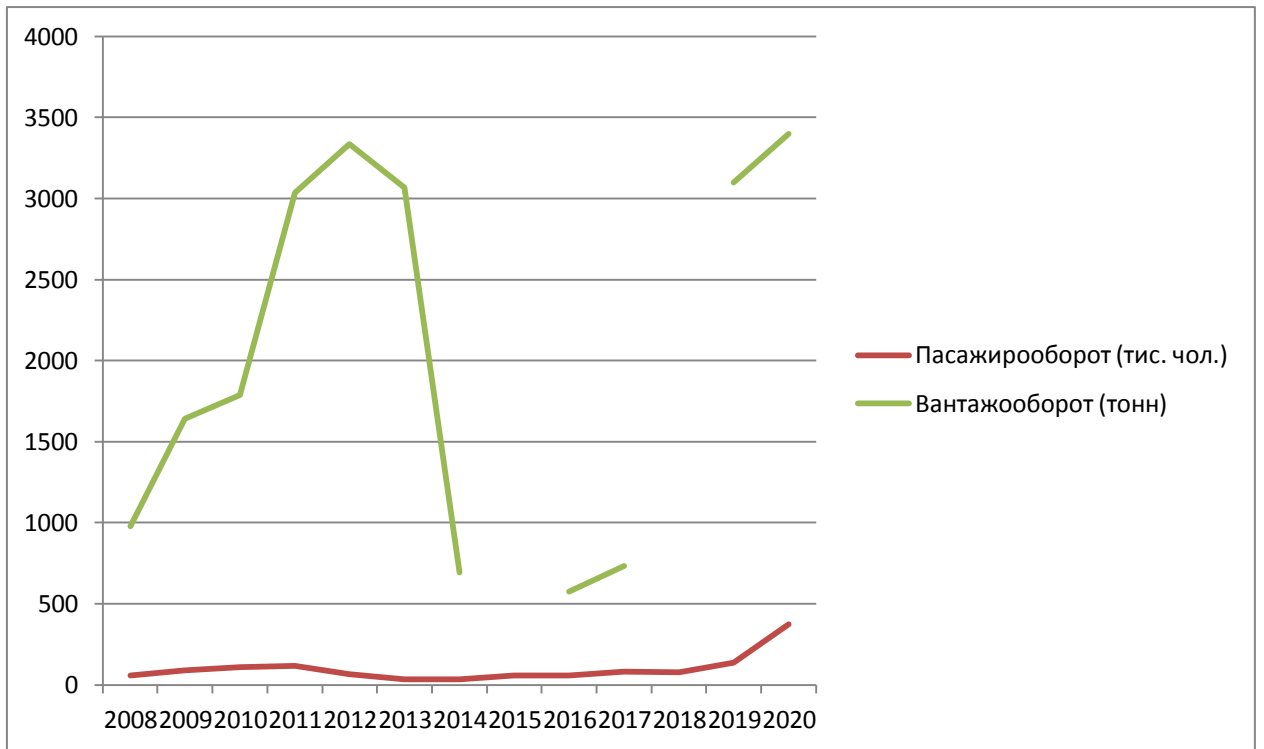


Рис. 1.2. Динаміка вантажопотоку у КП МА «Запоріжжя», 2008-2020 р.

Якщо виникне необхідність, буде розглянуто варіант блочного розширення. Попередня оцінка вартості будівництва становить 450-500 млн грн. (21 млн. \$).

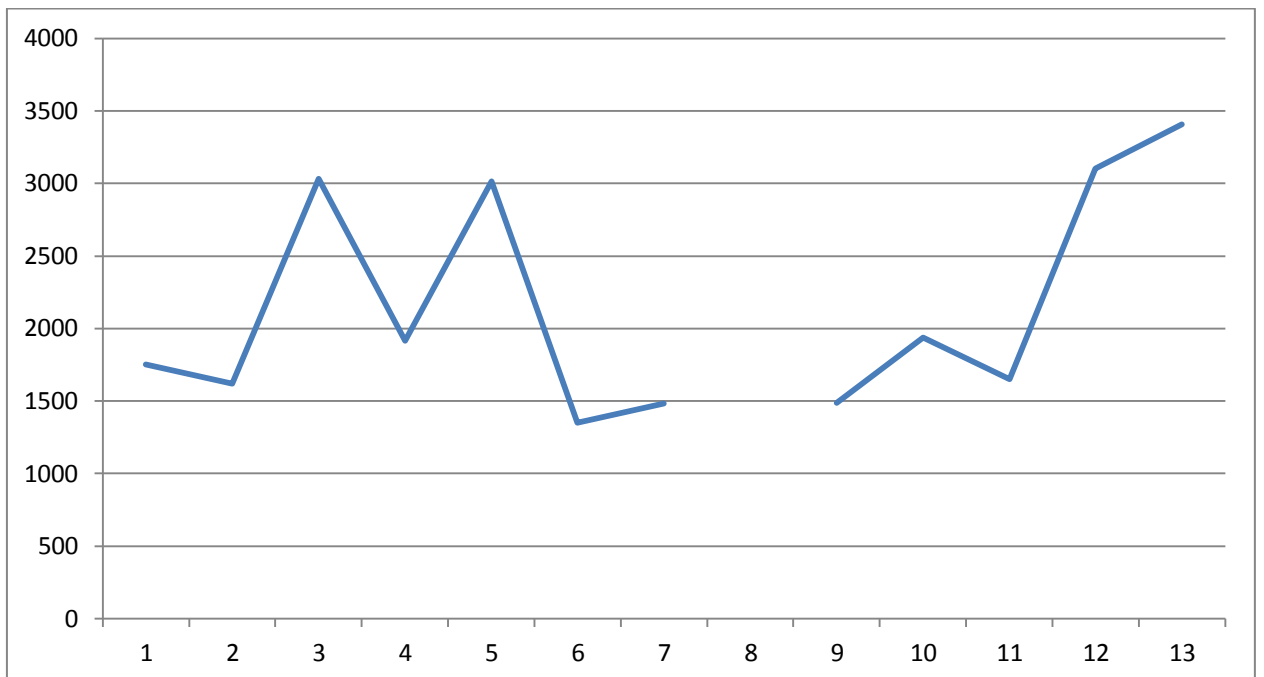


Рис. 1.3. Кількість рейсів у КП МА «Запоріжжя», 2008-2020 р.

Виробнича діяльність аеропорту розглянута на основі двох основних показників обсягу руху через аеропорт: за кількістю обслуговування рейсів і пасажирів.

Табл. 1.3

**Виробнича діяльність аеропорту, 2019-2020 рр.**

Найменування показників	2019 рік	2020 рік
Обслуговано рейсів	2202	2407
у % до попереднього року	225	224
Обслуговано пасажирів,	228,104	275,122
у % до попереднього року	227	223

Тенденція розвитку кількості обслугованих рейсів в порівнянні з попереднім періодом характеризується збільшенням на 15 % в 2019 році та на 14 % у 2020 році. Відповідно кількість обслужених пасажирів також зросла на 17 % і 23 %.

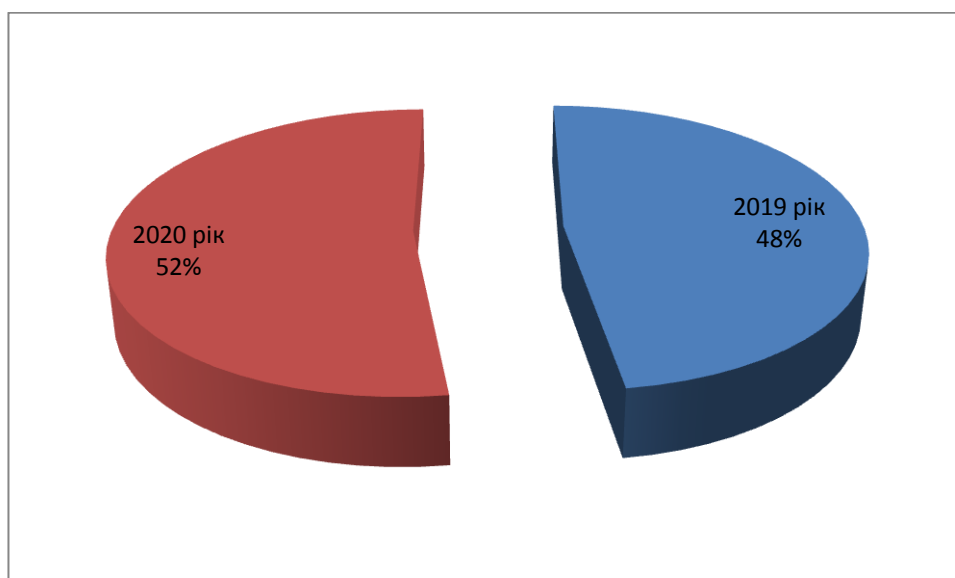




Рис. 1.4. Кількість рейсів обслугованих КП МА «Запоріжжя»

Середньодобові дані за вказаними показниками склали в 2019 році - 28 зліт-посадок повітряних суден і 883 обслужені пасажирів, у 2020 році - 32 і 1088 відповідно.

Визначальним чинником цієї тенденції є збільшення частоти рейсів на існуючих маршрутах і відкриття нових. Слід зазначити, що в загальному обсязі обслугованих рейсів і пасажирів в КП МА «Запоріжжя» у 2019-2020 роках основну частку складають внутрішні авіап перевезення (75%), що обумовлено розширенням мережі внутрішніх повітряних ліній для забезпечення зв'язку всіх великих міст України.

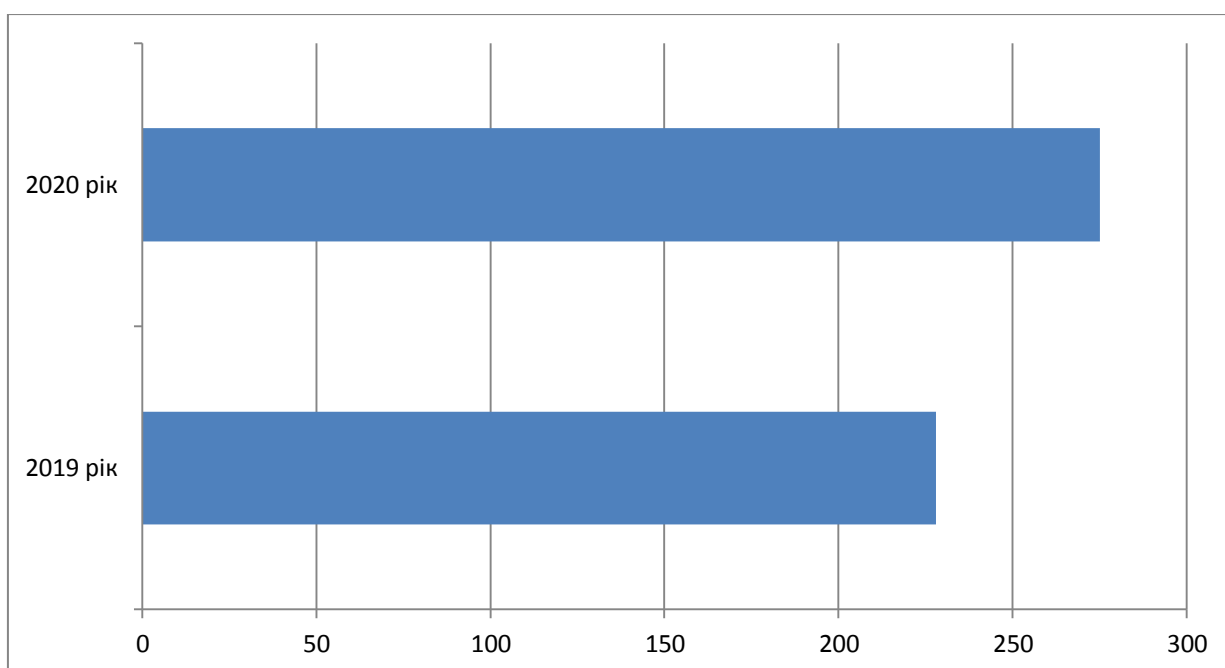


Рис. 1.5. Кількість пасажирів обслугованих в КП МА «Запоріжжя»

Загальна позитивна динаміка зростання обсягів виробництва в аеропорту відбилася і на тенденції фінансових показників.

Фінансові показники діяльності КП МА «Запоріжжя», 2018-2020 рр.

Показники	2018 рік	2020 план	2020 факт	Відхилення	
				Від 2018 року %	від плану %
1	2	3	4	5	6
Доходи (млн. грн)	555	699	2855	262	236
від операційної діяльності (млн. грн)	598	659	925	232	228
від не операційної діяльності (млн. грн)	6	5	29	58	23
Витрати (млн. грн)	828	992	2235	277	260
від операційної діяльності (млн. грн)	708	905	2235	226	223
від не операційної діяльності (млн. грн)	209	86	2002	929	2262
Фінансовий результат (млн. грн)	-283	-302	720		

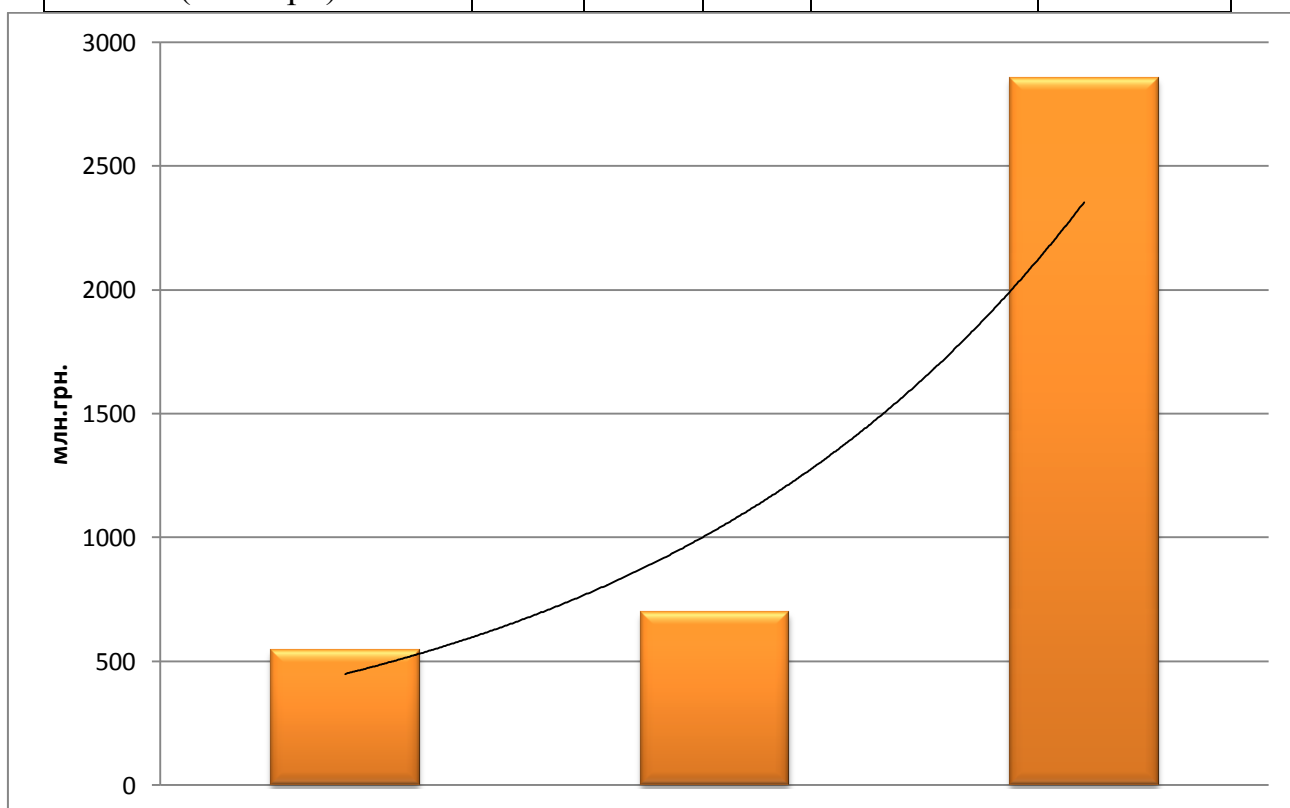


Рис. 1.6. Доходи КП МА «Запоріжжя», 2018-2020 рр.

Доходи КП МА «Запоріжжя» у 2020 році склали 2855 млн. грн, що перевищило рівень 2018 року на 162 % (555 млн. грн) і рівень плану на 136 % (700 млн. грн). Визначальним фактором значного зростання доходів стало збільшення доходів від не операційної діяльності Товариства на 1 888 млн. грн. У 2020 році в рамках бюджетної програми проведена реконструкція злітно-посадкової смуги аеропорту з коштів місцевого бюджету, яка була прийнята в експлуатацію на підставі акту державної комісії. Збільшення доходів від операційної діяльності на 30 % (426 млн. грн) від рівня 2019 року відбулося внаслідок збільшення обсягу авіаперевезень на 15 % і підвищення рівня тарифів (цін, ставок зборів) на регульовані послуги аеропорту з другого кварталу 2020 року. Значне збільшення рівня тарифів в 2020 році в порівнянні з попереднім періодом пояснюється тим, що раніше державним уповноваженим органом з регулювання природних монополій перерахунок тарифів на послуги аеропортів в грн. для регулярних внутрішніх повітряних перевезень був здійснений за фіксованим курсом долара США, встановленим Національним банком України.

Витрати аеропорту в 2020 році склали 2155 млн. грн, що перевищило рівень 2019 року на 77 % або 888 млн. грн і від планованого обсягу збільшилися на 60 % (993 млн. грн).

Основною причиною збільшення витрат аеропорту послужило збільшення витрат від не операційної діяльності аеропорту на 33 млн. грн, де основну частку становлять витрати, пов'язані з переоцінкою основних засобів (з відповідним коригуванням зносу – 5 млн. грн) для підтвердження вартості майна аеропорту згідно з наказом державного. Внаслідок вищезазначеного, підсумки 2020 року характеризуються позитивним фінансовим результатом у сумі 722 млн. грн.

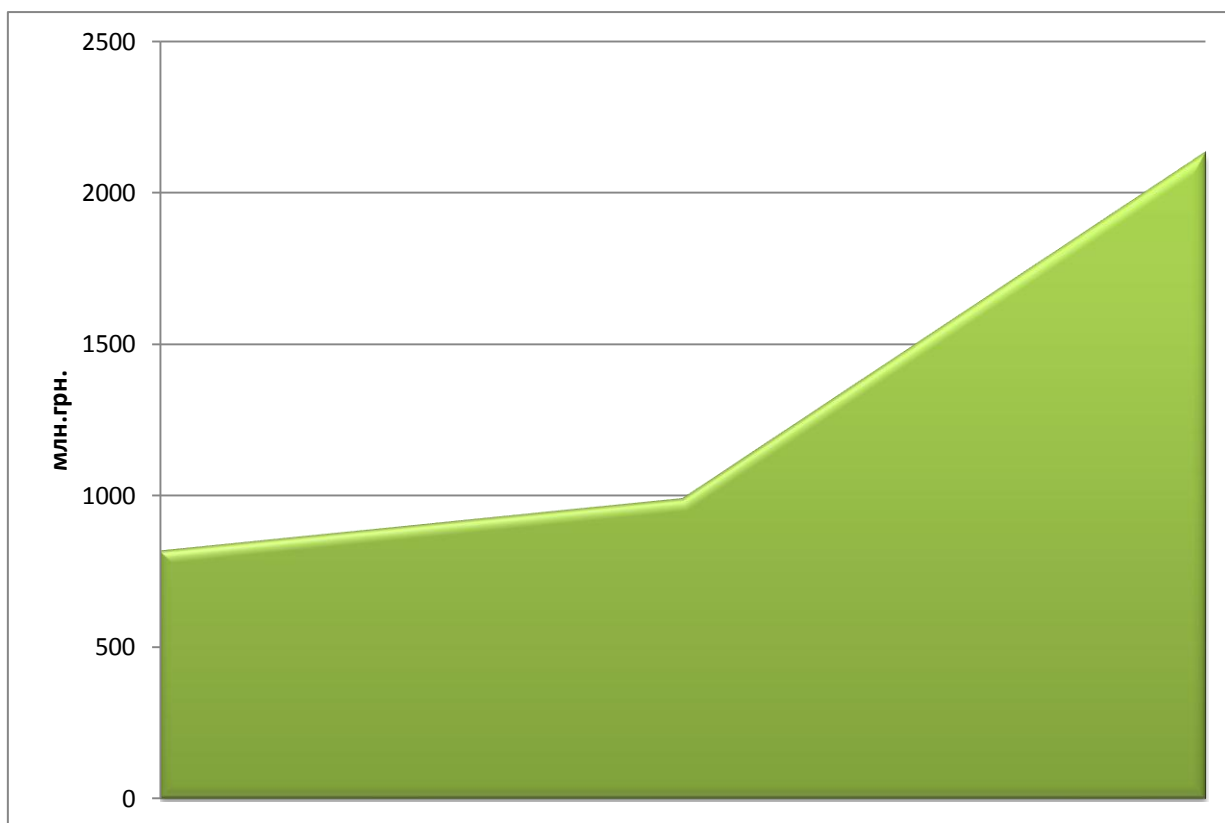


Рис. 1.7. Витрати КП МА «Запоріжжя», 2019-2020 рр.

Табл. 1.5

Очікувані результати на 2021 рік

Показники	2020 рік факт	2021 рік план	2021 рік оцінка	Відхилення	
				Від 2020 року %	від плану %
Обслуговано рейсів, (рейси)	2407	2765	3297	224	203
Обслуговано пасажирів, (пас.)	275422	436455	499699	225	223
Доходи (млн. грн)	2854	3753	3832	202	202
від операційної діяльності (млн. грн)	925	2452	2960	262	222
від не операційної діяльності (млн. грн)	29	322	882	45	67

Витрати, (млн. грн)	2235	3782	3223	202	83
від операційної діяльності (млн. грн)	2234	2852	2598	227	92
від не операційної діяльності (млн. грн)	2002	920	525	52	56
Фінансовий результат, (млн. грн)	720	396	728	200	386

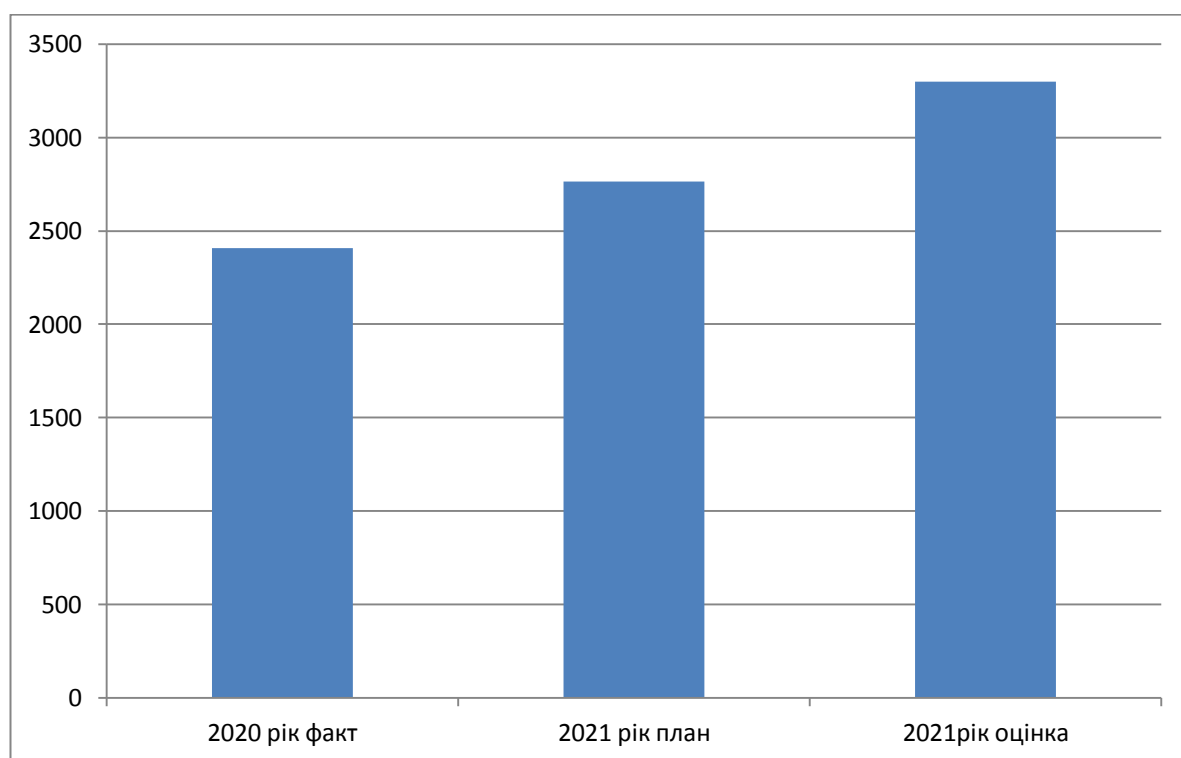


Рис. 1.8. Очікувані результати на 2021 рік, кількість обслуговуваних рейсів КП МА «Запоріжжя»

У 2021 році прогнозовані виробничі показники очікуються в кількості 3297 обслугованих рейсів і 499699 обслугованих пасажирів, що відповідає запланованим обсягам, з перевищенням від рівня попереднього року на 14 % і 25 % відповідно.

Частки ринків пасажирських перевезень за напрямками у загальному обсязі зберігаються на рівні попереднього періоду і складуть 78 % - для внутрішніх ліній і 22 % - для міжнародних перевезень.

Доходи КП МА «Запоріжжя» в 2021 році передбачаються у сумі 3 832 млн. грн, що перевищить рівень 2020 року та плану на 2 % (61 млн. грн).

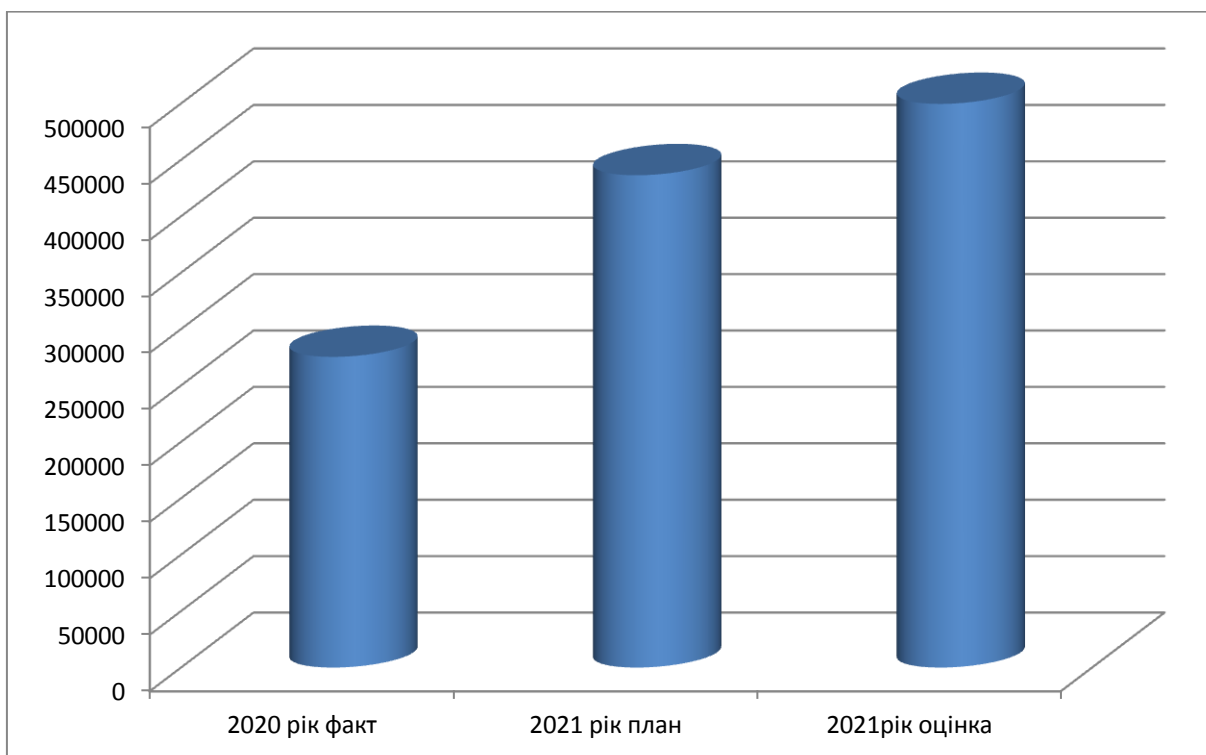


Рис. 1.9. Очікувані результати на 2021 рік, кількість перевезених пасажирів КП МА «Запоріжжя»

Основними факторами зростання доходів стали: збільшення доходів від надання аеропортових послуг, пов'язане з ростом обсягу, а також зі збільшенням доходів від не операційної діяльності аеропорту, пов'язаного з реалізацією проекту "Реконструкція міжнародного аеропорту в місті Запоріжжя".

Витрати аеропорту в 2020 році складуть 3832 млн. грн, що перевищить рівень 2020 року на 2 %, або 56 млн. грн, а від планованого обсягу зменшиться на 17 % (690 млн. грн).

За попередньою оцінкою підсумки діяльності аеропорту за 2021 рік характеризуються позитивним фінансовим результатом у сумі 733 млн. грн.

## **1.2. Енергозабезпечення аеропорту**

Аеропорт цивільної авіації – це високотехнологічний комплекс інженерних споруд і устаткування, призначений для реалізації транспортних послуг спеціальними транспортними засобами – повітряними судами.

Відповідно технологічна схема аеропорту, призначена для здійснення транспортних послуг, включає технологічні лінії по обслуговуванню пасажирських і вантажних потоків, транспортних засобів і внутрішніх процесів, спрямованих на забезпечення функціонування самого аеропорту [3].

Будь-який сучасний аеропорт в наш час оснащений самими передовими технологіями для забезпечення безпеки польоту, а так само економічною вигодою при використанні ресурсів інфраструктури аеропорту як ключового об'єкта. Ці функції успішно виконують електричні, радіотехнічні та світлосигнальні системи, забезпечуючи тим самим безпеку і комфорт пасажирів. Для того щоб всі системи відповідали високим вимогам надійності, високій якості, безпеки та економічності використовуються як зовнішні так і внутрішні частини резервів електропостачання аеропорту. До зовнішніх елементів відносяться лінії електропередач від енергостанцій, до внутрішніх систем електропостачання відносяться об'єкти розташовані безпосередньо на території аеропорту, а саме резервні дизельні електростанції.

Системи електропостачання аеропортів (СЕП АП) є технічними системами, які призначені для забезпечення виробництва технологічних

процесів (споживачів електроенергії (ПЕ)), які включені в технологічні схеми аеропортів [4].

ПЕ аеропортів цивільної авіації характеризуються функціональною і конструктивною різноманітністю, а вимоги щодо забезпечення їх електроенергією наводяться у відповідній нормативній документації.

Для забезпечення ПЕ електроенергією система електропостачання аеропорту включає наступні структурні елементи:

- джерело (або джерела) живлення електроенергією: централізоване джерело живлення (ЦДЖ) або індивідуальні джерело живлення (ІДЖ);
- високовольтна лінія (або лінії) електропередач (ЛЕП);
- трансформаторні підстанції (ТП);
- розподільна мережа.

Самим основним джерелом для забезпечення електроенергією аеропорту безумовно є зовнішні енергомережі, які безпосередньо живляться від електростанцій. Щоб кількість втрати електроенергії на великих відстанях зводилася до нуля, напругу генератора на електростанціях підвищують до 110 кВт. за допомогою трансформаторів, коли промислові генератори спочатку виробляють 10 кВт.

З метою розподілу електроенергії в більшості аеропортах використовують двоступеневу систему трансформації. Спочатку електроенергія потужністю 35-110 кВт надходить на вступну знижувальну станцію, там вона знижується до 6-10 кВт і далі передається по лініях електропередач на трансформаторну підстанцію, де знову знижується до 380-220 Вт і використовується безпосередньо для виконання місцевих задач споживачів.

Згідно завдання електроспоживання, слід виділити декілька категорій об'єктів, які несуть важливі функції в забезпеченні ефективною та безпечною роботи аеропорту.



1) Перша категорія електропостачання: В першу категорію виділяють приймачі особливої групи, нестабільна робота яких може привести до фатальних наслідків: загибелі людей, пожеж і великого економічного збитку. До такої групи, як правило, відносять електро приймачі радіосвітлотехнічного забезпечення польотів в УВС і системи світлосигнального обладнання. Енергопостачання систем першої групи має здійснюватися з 3 джерел, зазвичай це 2 зовнішніх джерела і 1 внутрішнє, в ролі якого виступає автономний автоматизований дизель- генератор.

2) Друга категорія електропостачання:

До другої категорії виділяють приймачі, що відповідають за висвітлення і технологічну вентиляцію приміщень. У даній категорії допускається невелика перерва в електропостачанні. Як правило, функції енергоресурсів для цих приймачів виконує одне зовнішнє джерело і одне внутрішнє джерело, яке виступає як резерв - ДЕС, автоматизований до першого ступеня.

3) Третя категорія електропостачання:

До третьої категорії відносяться всі інші користувачі, для яких перерва в роботі електроенергії допустима до проведеного ремонту по частині заміни деталі, що вийшла з ладу, або пошкодженого елемента терміном до 1 дня.

Оперативність і наявність пристрою для автоматичного повторного включення (наприклад ДГУ) це основні необхідні складові для нормального функціонування системи електропостачання аеропорту. Крім того, в аеропорті повинні бути в наявності один або два трансформатора, які повністю підготовлені до установки в разі заміни поламаних трансформатора. При високих електричних навантаженнях на території аеропорту є кілька десятків дизельних електростанцій, які розташовуються безпосередньо поблизу джерела споживання. Використання такого роду енергетичних ресурсів обумовлює економічну вигоду і безперебійне постачання електроенергією значущих об'єктів аеропорту.

Частина системи електропостачання аеропорту без генеруючих потужностей (ЦДЖ, ПДЖ) називається електричною мережею [4].

Системи електропостачання аеропортів є складною технічною системою, що складається з великого числа структурних елементів, які знаходяться в стані складної взаємодії [4; 5].

Елементи системи електропостачання характеризуються залежністю від інших технічних систем (паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) і об'єктів аеропорту) і безперервністю в часі виробничих процесів, пов'язаних з виробництвом, розподілом і споживанням електроенергії (рис. 1.10).

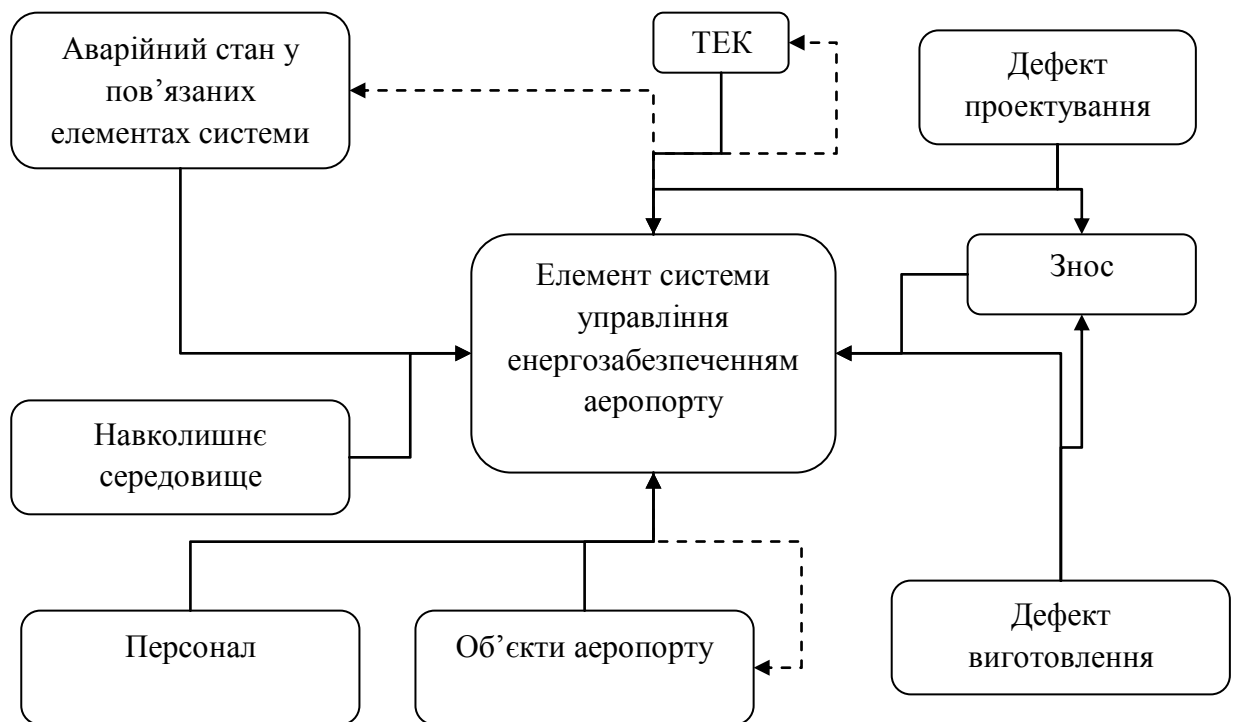


Рис. 1.10 Схема взаємодії для елементів системи управління енергозабезпеченням аеропорту

### **1.3. Характерні принципи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.**

Найважливішими завданнями для зростання прибутковості і фінансової стійкості діяльності сучасного аеропорту є:

- підвищення безпеки пасажирів і персоналу;
- підвищення рівня, швидкості і стабільності обслуговування пасажирів і вантажів;
- скорочення витрат.

Ефективне вирішення цих завдань в умовах неоднорідної, розподіленої в просторі інженерної та інформаційної інфраструктури аеропорту неможливо без автоматизації процесів функціонування. Світовий і вітчизняний досвід розвитку аеропортів показує, що найкращим вирішенням цього завдання є впровадження в інженерну інфраструктуру аеропорту єдиної інтегрованої автоматизованої системи контролю та управління інженерними системами будівель – Building Management System (BMS). Завдання системи BMS – забезпечити повноцінну комплексну взаємодію підсистем життєзабезпечення, безпеки та інформатизації будівель і обладнаних територій аеропорту з використанням "інтелектуальних" алгоритмів управління, що об'єднують, фактично перетворюють безліч розрізнених систем в єдиний "організм".

До складу системи входять контролери, датчики (температури, вологості, тиску і т.д.), виконавчі пристрої (приводи, насоси, вентилятори і т.д.), локальні панелі індикації і управління, сервер бази даних, центральний диспетчерський пульт управління ( ЦДП) і при необхідності кілька автоматизованих робочих місць (АРМ) операторів (наприклад, по службам).

Основні функції управління аеропортом

Контроль і облік електропостачання

- контроль високовольтних електропідстанцій;
- контроль дизель-генераторів і пристроїв безперебійного живлення;

- контроль розподільних пристроїв електроенергії на поверхах;
- контроль і облік використання перетворювачів бортового харчування;
- облік електроспоживання з можливістю автоматичної виписки рахунків;

#### Управління освітленням

- на поверхах будівель, на сходах і шляхах евакуації;
- управління освітленням перону, прилеглої території та реклами;
- управління сигнальними вогнями;
- управління системою паркування повітряних суден;
- контроль живлення вогнів злітно-посадочних смуг;

#### Контроль і управління підйомно-транспортними системами і дверима

- контроль і аварійне управління ліфтами і ескалаторами;
- контроль телескопічних трапів;
- контроль і управління автоматичними дверима;
- контроль і управління пішохідними доріжками;

#### Контроль і управління вентиляцією, кондиціонуванням і опалюванням

- вентиляційними установками;
- компресорним обладнанням;
- тепловим пунктом;
- індивідуальний контроль температурного режиму по приміщеннях;

#### Контроль систем водопостачання та каналізації

- облік холодного і гарячого водопостачання;
- контроль і управління дренажними насосами;
- контроль параметрів бойлерів
- контроль систем водопідготовки

#### Контроль систем безпеки

- контроль стану системи пожежогасіння;

- контроль доступу в службові приміщення, машинні відділення та кросові
- контроль системи відеоспостереження
- контроль спринклерів;
- контроль системи димовидалення;
- контроль загазованості в приміщеннях, складах, закритих гаражах;

#### Контроль і управління парковками

- контроль заповнення паркувальних місць
- автоматичне керування світлофорами

#### Контроль системи дренажу злітно-посадочних смуг

- Контроль рівня вмісту органічних сполук в дренажних водах
- Управління дренажними насосами і очисними спорудами

#### Контроль системи транспортування багажу

#### Контроль працездатності інформаційних табло

#### Контроль і управління системою видалення відходів

На ЦДП збираються всі сигнали від датчиків, встановлених на об'єктах аеропорту, що інформують про стан всіх систем життєзабезпечення, інженерного обладнання, відстежуються всі небезпечні ситуації з подальшим оприлюдненням, відбувається реєстрація подій, ведення архівного журналу і т.д. На екрані відтворюються мнемосхеми систем, плани залів, службових і технічних приміщень, територій і перонів, а також таблиці, графіки змін параметрів, діаграми. Диспетчер спостерігає за загальним станом об'єкта і за роботою кожної обраної системи окремо.

Про виникнення нештатної або аварійної ситуації, а також при відхиленні параметрів від заданих величин диспетчер дізнається за сигналами візуального та звукового оповіщення (на схемі змінюється колір аварійного об'єкта, і лунає звуковий сигнал тривоги з можливістю гучного голосового сповіщення).

Можна вивести на монітор в режимі реального часу фактичне споживання електричної і теплової енергії та ін.

Управління зовнішнім і внутрішнім освітленням забезпечується автоматично в залежності від часу доби і ступеня освітленості на кожній дільниці. Перони та прилеглі зони висвітлюються, коли у перонів стоять літаки і проводиться посадка або висадка чи інші операції. У зонах очікування освітлення планується автоматично і узгоджується з розкладом прибуття або відльоту, з урахуванням інформації про план рейсів.

Системи кондиціонування і вентиляції повітря в терміналах можна запрограмувати таким чином, щоб вони функціонували узгоджено з розкладами рейсів, забезпечуючи планування рівнів комфорту в зонах відповідно до їх фактичного використання.

Можливо програмування системи управління за рівнями (як це прийнято сьогодні в кращих аеропортах світу), коли перший рівень призначається для реєстрації пасажирів на рейс і видачі багажу, другий - для зустрічі прилітають і транзитних пасажирів, третій – для тих, що вилітають. В цьому випадку параметри алгоритмів керування налаштовуються в залежності від особливостей рівня, фактичного використання приміщень і розкладу.

Основні результати впровадження системи управління аеропортом

Впровадження в інженерний комплекс аеропорту сучасної автоматизованої системи управління дозволить:

- Якісно підвищити і стабільно гарантувати умови безпеки і комфорту, як для пасажирів, так і для обслуговуючого персоналу.
- Практично звести нанівець ризику технічних аварій шляхом постійного автоматичного аналізу параметрів систем і раннього прогнозування наближення небезпечних ситуацій.
- Автоматично підтримувати цілодобову готовність до миттєвої реакції на будь-які позаштатні ситуації, і забезпечити недосяжну в колишніх умовах швидкість реагування.

– Отримувати в реальному часі цілісну картину стану всіх систем аеропорту, і мати можливість приймати рішення щодо ситуацій на основі повної, достовірної та об'єктивної інформації.

– Володіти архівом інформації по всіх подіях з можливістю документального відновлення ланцюга фактів, як технічних, так і ситуаційних.

– Значно (до 30%) зменшити споживані ресурси (електроенергію, тепло і ін.) за рахунок автоматичного відстеження і виключення фактів марної витрати, і знизити потреби по іншим експлуатаційним витратам.

Досвід застосування інтегрованих систем управління свідчить, що сама система зазвичай окупається за 3-4 роки, при цьому термін служби інженерного обладнання збільшується приблизно на 5 років за рахунок скорочення його роботи вхолосту, а також автоматичного плану профілактики.

#### **1.4. Проблематика дослідження**

Оперативне управління енергозабезпеченням аеропорту здійснюється шляхом регулювання та контролю виконання операцій всіх операторів та модулів задіяних у енергозабезпеченні аеропорту.

Для підвищення ефективності обслуговування аеропорту, крім оптимізації внутрішніх виробничих процесів аеропорту, необхідно домогтися роботи всіх суб'єктів процесів обслуговування в єдиному інформаційному просторі [8]. До таких суб'єктів відносяться підрозділи аеропорту, представники авіакомпаній, наземні підрозділи авіакомпаній в аеропортах базування, обслуговуючі компанії, служби організації повітряного руху та інші. Для досягнення позитивного результату було необхідно провести аналіз поточного рівня автоматизації аеропорту і виявити актуальні потреби для проектування нових ІТ-рішень.

Результати показують наявність «банальних» проблем, обумовлених все ще в досить великій мірі:

- зберіганням і обробкою даних на паперових носіях;
- розрізненим зберіганням інформації в різних файлах і базах даних;
- утрудненим контролем процесів оперативного управління аеропортом, особливо в позаштатних і збійних ситуаціях;
- надмірністю передавальних ланок;
- неодноразовим введенням однакової інформації;
- локальністю впроваджених АС;
- відсутністю інтеграції між АС аеропорту і АС інших партнерів повітряного транспорту.

Основними помилками при впровадженні ІТ-систем визнані:

- відсутність точної і комплексної постановки задачі по автоматизації процесів енергозабезпечення;
- націленість переважно на вирішення локальних проблем;
- недостатній рівень управління і контроль над виконанням проектів;

За результатами аналізу визначено:

- пріоритети автоматизації процесів обслуговування в аеропортах;
- ступінь автоматизації оперативного управління виробничо-технологічної процесами роботи аеропортів;
- пріоритети затребуваності нових ІТ-додатків;
- способи здійснення інформаційно-довідкових послуг;
- наявність вітчизняних ІТ-додатків;
- стан інфокомунікаційної архітектури.

## **Висновки до розділу 1**



У межах першого розділу даної дипломної роботи розкрито основні принципи енергозабезпечення аеропорту, описано міжнародній аеропорт Запоріжжя, визначено його структуру та основні фінансові показники роботи, запропоновано огляд принципів відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту та окреслено проблематику дослідження.

**РОЗДІЛ 2**  
**РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ВІДОБРАЖЕННЯ**  
**ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЕРОПОРТУ**

**2.1. Сучасні системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту**

Сучасні системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту відносяться до класу розподілених об'єктів і систем, що має на увазі певну просторову протяжність і наявність багатьох локальних підсистем у складі системи управління такими об'єктами.

Умовно такі локальні системи можна розділити на два підкласи: це системи, реалізовані апаратними засобами і системи, реалізовані програмними засобами:

– Апаратні системи. До них відносяться системи, основна модель управління яких виконана засобами механіки, пневматики, гідравліки, електроніки або їх комбінаціями.

– Програмні системи. До них відносяться системи, основна модель управління яких виконана за допомогою універсальних засобів обробки цифрової інформації. Як правило, такими засобами є мікроконтролери або мікро комп'ютери. При цьому завдання, пов'язані з перетворенням фізичної величини в числову величину і назад, винесені в окремі функціональні блоки АЦП (аналого-цифровий перетворювач) і ЦАП (цифро-аналоговий перетворювач).

					<b>НАУ 21 01 28 000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<b>РОЗДІЛ 2</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							34	79
<i>Н. Контр.</i>						501 6.050201		
<i>Затверд.</i>								

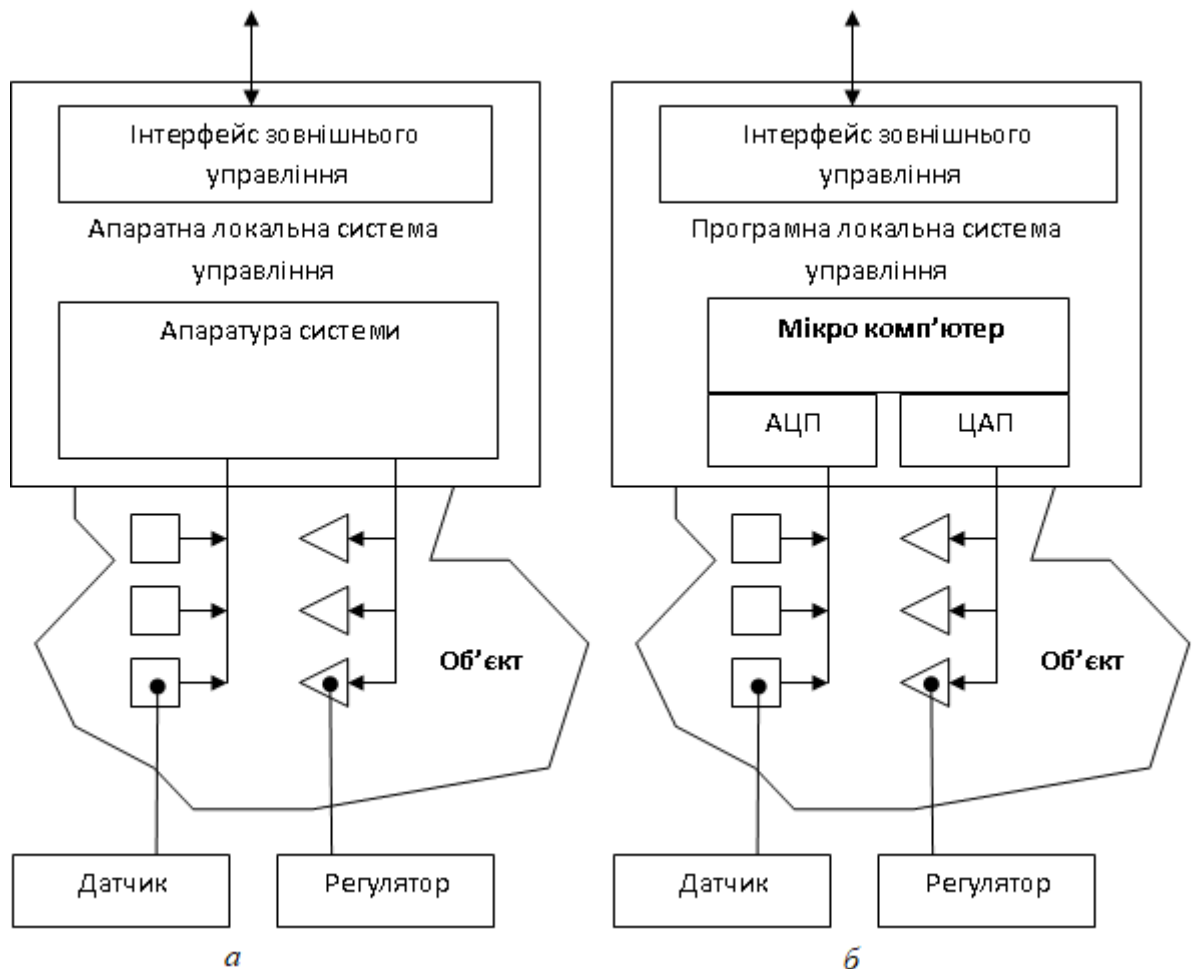


Рис. 2 а) Апаратна система управління, б) програмна система управління

Відповідні структури названих систем можна представити в наступному вигляді (рисунок 2.1). У будь-якому випадку, основними завданнями управління є завдання, які формалізуються деяким інтегральним параметром системи, що має назву як стан системи або "S". Наприклад, такий стан можна визначити як деяку функцію "F", задану через список її параметрів "p", тобто, показань датчиків.

$$S = F(p_1, p_2, \dots, p_N)$$

У числі таких завдань можна назвати:

- Стійку стабілізацію значення стану "S" в деякій заданій точці;

- Максимально швидкий перехід з одного стану в інше;
- Перехід між двома станами по наперед заданій траєкторії;
- Різні поєднання завдань сформульованих вище.

У будь-якому випадку, якість виконуваних завдань залежить від точності і швидкодії первинних перетворювачів (датчиків) і регуляторів, а також ефективності і швидкодії моделі управління. Під ефективністю будемо розуміти найкращу відповідність моделі поставленому для неї завданню. Як правило, така відповідність нерозривно пов'язана з точністю і швидкістю реалізації функції "F". Причому точність і швидкість, як правило, прямо пов'язані з кількістю аналізованих параметрів і їх аналітичною складністю.

Значну роль в життєвому циклі системи мають етапи її розробки, а також експлуатації та супроводу. Етапи розробки і супроводу мають ряд схожих особливостей. В першу чергу, це розробка або вдосконалення керуючої моделі і її взаємодії із зовнішнім середовищем. Якщо створення керуючої моделі це початок життєвого циклу, то вдосконалення в процесі експлуатації, це продовження часу життєвого циклу.

Порівняємо переваги апаратної і програмної реалізації при створенні або вдосконаленні моделі управління.

Табл. 2.1

Порівняльний аналіз переваг апаратної і програмної реалізації при створенні або вдосконаленні моделі управління

<b>Створення або вдосконалення системи моделі управління</b>	
Апаратна реалізація системи	Програмна реалізація системи
1. Теоретична розробка моделі. 2. Розробка схемотехніки. 3. Закупівля апаратних комплектуючих, виготовлення та налагодження макета.	1. Теоретична розробка моделі. 2. Розробка комп'ютерної програми. 3. Налагодження програми в типовій архітектурі апаратної середовища.

**висновок №1:** Суттєва перевага програмної реалізації за рахунок відсутності при налагодженні комп'ютерної програми часу і витрат на виготовлення (або виправлень) макета, а також за рахунок більш високої точності аналітичних перетворень.

4. Розробка конструкторської документації на виготовлення.  
5. Закупівля апаратних комплектуючих, виготовлення та налагодження кожного серійного зразка.

4. Відсутня  
5. Закупівля та інтеграція стандартних апаратних вузлів (АЦП, ЦАП, Миро комп'ютера). Копіювання програми зі стенду на робочий зразок.

Суттєва перевага програмної реалізації за рахунок низької вартості і часу інтеграції апаратних засобів і програм в зразок системи. В першу чергу, це обумовлено відсутністю дорогих і довготривалих етапів розробки конструкторської документації та виготовлення зразків системи, а також їх індивідуальної настройки.

Найважливішою властивістю на всіх етапах життєвого циклу системи управління є також властивість спостережливості, причому спостережливості, як окремих параметрів, так і різних станів системи. Спостережливості параметрів і станів необхідна як при налагодженні (в тому числі і виправленні помилок), при атестації системи, а також при підстроюванні характеристик системи в процесі експлуатації.

Порівняємо переваги апаратної і програмної реалізації в частині спостережливості системи управління.

Оскільки всі системи управління (особливо реалізації їх моделей управління) захищаються від сторонніх впливів шляхом їх розміщення в закритому корпусі або інший оболонці, що захищає, то основні можливості спостереження реалізуються через інтерфейс зовнішнього управління (спостереження). Сьогодні на такому інтерфейсі практично не зустрічаються різні патрубки або фітинги для приєднання пристроїв прямого вимірювання параметрів пневматики або гідравліки. Замість таких пристроїв в складі системи зазвичай використовуються перетворювачі фізичної величини в

електричний сигнал, а на інтерфейс (зазвичай це електричний роз'єм) виводиться черговий вимірюваний або керуючий сигнал.

Цілком очевидно, що при апаратній реалізації, кількість контрольних точок спостереження (сигналів) буде обмежено електричним роз'ємом. У цьому сенсі, програмна реалізація має істотну перевагу, оскільки через стандартні інтерфейси мікро комп'ютера (Ethernet, WiFi, Bluetooth, USB) можливо забезпечити доступ на рівні окремих осередків оперативної або вбудованої (файлова система) пам'яті.

Ще одним дуже важливим параметром систем управління є швидкодія. Вихідними даними для обґрунтування тієї чи іншої вимоги до швидкодії системи управління, є динаміка фізичних процесів в об'єкті управління.

Якщо винести за дужки швидкодію первинних перетворювачів (датчиків і регуляторів), а також витрати на розробку, то для порівняння слід розглядати швидкість обробки сигналів при апаратній реалізації зі швидкістю АЦП / ЦАП перетворень і виконання інструкцій в мікро комп'ютерах при програмній реалізації.

Спочатку розглянемо програмну реалізацію. При такій реалізації спостереження за деякими процесом представимо за допомогою потоку цифрових значень, які відображають миттєві значення цього процесу в конкретні моменти часу. У цьому випадку, як інструмент для отримання оцінки необхідної швидкодії, зазвичай застосовується теорема Котельникова (Найквіста - Шеннона). Дана теорема доводить, що для отримання достовірної інформації про деяке процесі частота вимірів процесу повинна бути як мінімум в два рази вище, ніж частота вищої (тобто, останньої значущої) гармоніки в спектрі сигналу, що відображає цей процес.

$$f_{\text{вимірів}} \geq 2 f_{\text{вищої гармоніки}}$$

Оцінку вищої (або останньої значущої) гармоніки можна отримати, виходячи з наперед заданої похибки, яка виникає при відкиданні гармонік з більш високою частотою, ніж частота останньої значущої гармоніки.

Уявімо сигнал  $f(x)$ , який відображає процес на деякому інтервалі часу  $(T)$ , в вигляді дискретного розкладання Фур'є:

$$f(t) = \sum_{m=0}^N b_m \cos(m \omega t) + a_m \sin(m \omega t)$$

де:  $\omega = 2\pi / T$ ,  $T = t_{\text{кінь}} - t_{\text{початку}}$  або першої гармоніки.

Після того, як ми обчислимо коефіцієнти  $a_m$  і  $b_m$ :

$$b_m = \frac{2}{T} \int f(t) \cos(m \omega t) dt$$

$$a_m = \frac{2}{T} \int f(t) \sin(m \omega t) dt$$

з'являється можливість отримати інтенсивність кожної його гармоніки ( $i_m$ ) і енергетичну оцінку всього або частини спектра ( $I$ ):

$$i_m = \sqrt{\frac{1}{2} (a_m^2 + b_m^2)}$$

$$I_0^N = \sqrt{\sum_{m=0}^N i_m^2}$$

Таким чином, через енергетичну оцінку (суму енергій гармонік) можна виразити похибку частини спектра, що відкидається:

$$\gamma = \frac{I_K^N}{I_0^N} = \frac{\sqrt{\sum_{m=K}^N i_m^2}}{\sqrt{\sum_{m=0}^N i_m^2}} \text{ де } K, \text{ це індекс вищої гармоніки}$$

Якщо вибрати деяке значення похибки, то можна визначити індекс (K), а слідом за ним і частоту вищої гармоніки:

$$I_K^N = \gamma I_0^N$$

$$\text{Частота вищої гармоніки} = \frac{K}{T}$$

Відповідно до теореми Котельникова:

$$\text{Частота вимірів} \geq \frac{2 K}{T}$$

Найбільш широко на сучасному ринку мікросхем АЦП / ЦАП представлені рішення для частотних діапазонів від 0Hz до 4MHz з точністю 12 біт, що відповідає наведеній відносній помилці 0,024 відсотка. Як наслідок, такі перетворювачі можуть успішно застосовуватися в дуже широкому діапазоні технічних систем, виконуючи до 4 мільйонів вимірювань в секунду і забезпечуючи достовірну обробку сигналів з вищої гармонікою до 2MHz

Швидкість обробки інформації мікро комп'ютерами можна оцінити за кількістю тактів, які необхідні для виконання командних інструкцій. Число таких тактів істотно залежить від типу виконуваної операції. Найбільш швидко виконуються операції пересилання даних між внутрішніми регістрами процесора або записи констант у внутрішні регістри. Як правило, в залежності від архітектури процесора, такі операції займають кілька тактів.



Команди підсумовування, віднімання, множення і ділення залежать від типу операндів їх розміщення (реєстри або оперативна пам'ять) і можуть використовувати досить велике число тактів, аж кількох десятків тактів. Якщо розглядати типовий часовий діапазон виконання названих вище команд, то він приблизно складе від 8 до 32 наносекунд. Однак, частіше оцінку швидкості визначають за допомогою flops. Flops це позасистемна одиниця, використовувана для вимірювання продуктивності комп'ютерів, показує скільки операцій з плаваючою комою в секунду виконує дана обчислювальна система.

Періодичність розрахунку впливу керуючої системи на об'єкт управління (або час розрахунку відгуку системи управління) буде залежати від двох параметрів, тобто, від параметра flops і кількості операцій в алгоритмі управління, необхідних для розрахунку керуючого впливу.

Оскільки час вимірювання і час розрахунку відгуку підсумовуються, то для типової технічної системи (час перетворення АЦП / ЦАП 4MHz становить 0,25 мікро секунди плюс час виконання алгоритму середньої складності 10 мікро секунд), повний час відгуку складає приблизно 10 мікро секунд, що відповідає частоті 100KHz. При застосуванні простих алгоритмів управління повне час відгуку складе близько однієї мікросекунди, що відповідає частоті 1MHz. Ці оцінки дозволяють окреслити клас об'єктів управління, які ефективно можуть управлятися за допомогою програмної реалізацією системи управління. До таких об'єктів можна віднести об'єкти, вищі гармоніки яких розташовуються в діапазоні від 500KHz до 50KHz.

Основою для підвищення швидкодії сьогодні є програмовані логічні інтегральні схеми - ПЛІС (англ. Programmable logic device, PLD). Особливістю таких інтегральних схем є велике число логічних елементів, зв'язку між якими можна побудувати і закріпити програмним шляхом. Паралельний в часі характер роботи логічних елементів в складі ПЛІС дозволяє створювати спеціальні паралельні алгоритми системи управління,

відгук яких становить кілька тактів. Слід підкреслити, що сьогодні тактова частота сучасних ПЛІС наближається до значень 1GHz, а отже, можна в якості приблизної оцінки часу розрахунку оклику прийняти значення в діапазоні від 10 до декількох десятків нано секунд. Очевидно, що при таких реалізаціях систем потрібні так само спеціальні реалізації АЦП / ЦАП перетворення. Крім того, оскільки при програмно - апаратної реалізації вже неможливо провести чітку грань між програмно - апаратної і апаратною реалізацією, швидкість відгуку буде тісно пов'язана зі швидкістю відгуку найпростіших електронних компонентів. Сьогодні успіхи в області нано електроніці дозволяють робити оптимістичні прогнози щодо розробки систем зі надшвидкими відгуками. можна в якості приблизної оцінки часу розрахунку оклику прийняти значення в діапазоні від 10 до декількох десятків нано секунд.

## **2.2. Місце розробленої системи в системі управління аеропортом**

Наявність декількох USB - портів і порту HDMI дозволяють підключити до мікро комп'ютера клавіатуру, маніпулятор «миша» і дисплей, перетворивши локальний регулятор на повну обчислювальну середу на базі обраної операційної системи (ОС). Таке обчислювальне середовище придатне вже не тільки для експлуатації, але також може використовуватися для розробки, налагодження і тестування програм в умовах повного взаємодії з реальним об'єктом. Крім того, наявність чотирьох ядер в процесорах розглянутих мікро комп'ютерів при певних налаштуваннях ОС дозволяє організувати чотири паралельні потоки виконання програм в режимі, максимально наближеному до реального часу.

Такі потоки можна відповідно розподілити між:

- операційною системою і програмами взаємодії із зовнішнім середовищем;

- програмами, які виконують алгоритм управління;
- програмами контролю та оптимізації алгоритму управління;
- програмами взаємодії з користувачем системи управління, інструментів програмування, допоміжним утилітам спостереження і налагодження, іншими допоміжними програмами або (в режимі експлуатації) розподілити цей потік до одного з трьох названих вище. Як правило, цей потік приєднується до програм, що виконують алгоритм управління, що забезпечує для них додатковий запас по продуктивності.

Кілька локальних систем управління в складі складного, розподіленого фізичного об'єкта, можна розглядати як певний самостійний (абстрактний) об'єкт управління. При цьому основним завданням управління таким об'єктом визначається завдання узгодження роботи локальних систем для забезпечення максимально ефективного функціонування розподіленого фізичного об'єкта в цілому. Рішення такого завдання покладається на систему управління другого рівня.

Сьогодні реалізація алгоритмів управління другого рівня все частіше розглядається з позиції нейронних мереж. При цьому можливі два підходи до мережевої архітектури побудови системи другого рівня:

- у якості вузлів нейронної мережі розглядаються безпосередньо локальні керуючі системи;
- у якості вузлів нейронної мережі розглядаються вузли в програмних моделях на окремих обчислювальних ресурсах (окремих комп'ютерах).

Реалізація нейронної мережі з окремими обчислювальними ресурсами, сьогодні можна вважати більш ефективним рішенням. Причиною тому створення фірмою Google в кінці 2017 року системи штучного інтелекту AlfaZero, а також фірмою Nvidia технологія конкуруючих нейронних мереж (generative adversarial network, GAN). Основна ідея AlfaZero і GAN полягала в тому, що дві нейронні мережі шляхом взаємодії примушували один на одного еволюціонувати. Якщо одна мережа еволюціонувала в пошуку

спектра впливів для порушення функціонування іншої мережі, то інша еволюціонувала в пошуку моделей стабільного функціонування при таких комплексних (багатовимірних) впливах.

У нашому випадку, якщо ми будемо враховувати тенденції, намічені в AlfaZero, можна копію чергової вдалої моделі стабільного функціонування розглядати як керуючу систему другого рівня. Головним фактором такого вибору є та обставина, що відбраковування невдалих еволюційних варіантів здійснюється в незалежній від фізичного об'єкта середовищі. Крім того, мережа для пошуку порушує спектра впливів, завдяки можливості спостереження за локальними підсистемами як на рівні їхніх статків, так і на рівні сигналів з АЦП / ЦАП, отримує можливість конструювати такі спектри з реальних, а не абстрактних позицій.

Однак, якими б адаптаційними або еволюціонують властивостями ми не наділяли алгоритми системи управління другого рівня, вони до отримання доступу до управління локальними системами, повинні верифікувати на віртуальних моделях системи, ізольованих від управління фізичним об'єктом. В іншому випадку аварії в віртуальному просторі моделювання стануть цілком відчутними фізичними аваріями.

Очевидна вимога верифікації моделей другого рівня в умовах ізоляції від управління фізичним об'єктом, визначає перевагу реалізації систем другого рівня на окремих обчислювальних потужностях, що додатково звільняє ресурси локальних систем для виконання їх безпосередніх завдань.

Для остаточного прояснення ІТ-архітектури, необхідно розглянути механізм обміну інформацією в узагальненій обчислювальній середовищі, в яку ми розмістимо локальні системи управління і систему управління другого рівня.

Комунікація між системами управління першого та другого рівнів. У цьому плані, звернемо увагу на групу інтерфейсів Ethernet, WiFi, на яких сьогодні будуються комп'ютерні мережі.

Якщо термін Ethernet досить добре знайомий і, як правило, асоціюється з мережевою картою з локальними мережами на кручених парах, то термін VPN (virtual personal network) розшифровується як персональна віртуальна мережа.

В операційних системах VPN часто реалізується у вигляді програмних сервісів (Windows)), які в ОС представимо як додаткові, віртуальні мережеві карти. Однак з такими картами дозволяються здійснювати такі ж операції, як і з реальними мережевими картами. Основне завдання VPN при передачі даних полягає в шифруванні мережевих пакетів адресного рівня і розміщення їх спеціальних транспортних заголовків. Відповідно при прийомі такі пакети вилучаються з транспортних заголовків і дешифруються. Шифрування пакетів забезпечує досить високий рівень безпеки, оскільки будь-які пакети, що не відповідають ключів шифрування, просто відкидаються. Ще однією особливістю є можливість маршрутизації вже розшифрованих адресних пакетів. Ця особливість дозволяє кілька сегментів локальної мережі об'єднати в єдину локальну мережу, безпечно пропустивши трафік між сегментами через глобальний Internet. Слід також зазначити, що останнім часом все більш популярними стають мережеві пристрої з апаратним виконанням функцій VPN.

Для ряду керуючих систем, в першу чергу для мобільних об'єктів, таких як безпілотні наземні, повітряні, морські апарати, зв'язок з системою управління другого рівня вже неможливо організувати через фізичні канали з безпосередньою гальванічної зв'язком (наприклад, на кручених парах різних категорій) або з оптичною зв'язком по оптоволоконним лініям.

Якщо інтерфейс WiFi досить добре знайомий, як популярний засіб радіо доступу до провайдера через стільниковий вузол, то MESH - мережа вимагає додаткових пояснень.

MESH - мережа побудована на принципі осередків, в якій робочі станції мережі з'єднуються один з одним і здатні приймати на себе роль

проміжних вузлів зв'язку для інших учасників. Як правило, вузли з'єднуються за принципом «кожен з кожним» що забезпечує високу відмово стійкість з'єднань. Однак, зазвичай для побудови MESH - мережі, використовуються спеціальні вузли маршрутизації, які за допомогою WiFi радіо каналів утворюють основу такої мережі, а робочі станції (комп'ютери) з'єднуються по WiFi тільки з такими вузлами.

Основною перевагою MESH - мереж є їх незалежність від сот і провайдерів мобільного інтернету, що дозволяє розгорнути MESH - мережа в польових умовах і це особливо важливо для управління безпілотними апаратами.

Очевидно, що для взаємодії прикладного програмного забезпечення, за допомогою якого реалізуються алгоритми систем керування першого і другого рівнів, необхідно також визначити інтерфейс підключення прикладних програм до мережевих засобів комунікації. У відповідності зі стандартами ISO / OSI (Open Systems Interconnection basic reference model) ця модель визначає різні OSI - рівні мережевої взаємодії для різних систем. Рівень OSI, на якому вже абстрагуються (ховаються) все специфічні деталі адресації вузлів, особливості організації фізичних каналів і доставки повідомлень між вузлами, визначається як транспортний рівень OSI. На цьому рівні вузли будь-якої мережі вже представлені як абстрактні адреси (IP-адреси), а конкретні програмні підсистеми всередині вузла представляються за допомогою номерів портів. Крім того, сьогодні всі сучасні операційні системи забезпечують прикладним програмам доступ до транспортному рівню OSI за допомогою найбільш популярних протоколів TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol). Таким чином, протоколи TCP і UDP, а також набори команд, за допомогою яких здійснюється робота з цими протоколами, можна розглядати як шуканий нами інтерфейс.

У той же час, слід підкреслити, що різним прикладним системам, може знадобитися інформаційна взаємодія самими різними способами (різними форматами побудови структури даних, що передаються по мережі, і / або різним порядком діалогу вузлів для обміну цими даними). Крім того, якщо включати команди транспортних протоколів безпосередньо в тексти прикладних програм, то алгоритми таких програми стануть такими, що складно супроводжуються, оскільки прикладна логіка програм буде переплетена з логікою оформлення даних і організації мережевої взаємодії вузлів.

Традиційно названі проблеми усуваються шляхом включення між прикладними програмами і мережевими протоколами спеціальних підсистем, що організують діалог і структуру даних. Такі підсистеми отримали назви клієнтських підсистем, серверних підсистем або комбінованих клієнт - серверних підсистем, а відповідні їм вузли отримали найменування серверів і клієнтів. Іншими словами, серверів визначається роль організації та забезпечення масового обслуговування, а безлічі клієнтів надається можливість отримувати таке обслуговування. При цьому прикладні програми (на серверах і клієнтах) отримують можливість замість команд і форматів представлення даних для протоколів TCP або UDP, використовувати спеціально розроблені в підсистемах клієнта і сервера, нові команди і формати даних.

Як відомо в дворівневій системі управління, локальні системи є об'єктом управління для другого рівня. Крім того, вони розробляються, таким чином, щоб у разі втрати зв'язку з другим рівнем мати можливість продовжувати управління своєю зоною відповідальності в автономному режимі. Такі особливості локальних систем дозволяють сформулювати основні ролі першого і другого рівнів управління, тобто:

– Локальні системи управління повинні виступати в ролі сервера, який надає системі управління другого рівня сервіси для спостереження і

оптимізації режиму свого функціонування. В цьому випадку система управління другого рівня виступає, по відношенню до локальної системи управління, в ролі клієнта з повним набором прав зі спостереження та управління.

– Локальні системи управління, в разі втрати зв'язку з другим рівнем управління, можуть приймати на себе роль клієнта для отримання від інших локальних систем інформації про їх стан. Така інформація може використовуватися локальною системою для самостійного вибору або підстроювання алгоритму управління в умовах виниклої ізоляції.

– Система управління другого рівня взаємодіє не тільки з локальними системами управління, але і з технічним персоналом. В цьому випадку, вона повинна виступати в ролі сервера, здатного наділяти клієнтів (консолі технічного персоналу) індивідуальними наборами прав зі спостереження та управління.

– Очевидно, що включення в комунікацію консолей технічного персоналу, також накладає на сервера локальних систем управління вимога наділяти клієнтів (консолі технічного персоналу) індивідуальними наборами прав зі спостереження та управління.

Узагальнюючи клієнт серверні ролі, які можуть приймати на себе системи управління першого та другого рівнів, можна запропонувати архітектуру платформи для реалізації алгоритмів керування в типових технічних системах (рисунок 2.2).

1. Програмна реалізація розподілених систем управління має істотні переваги по відношенню до систем, які реалізовані виключно апаратними засобами навіть, якщо це кошти електроніки. Виняток становлять тільки системи з вимогою часу відгуку менше ніж однієї – двох мікросекунд.

2. При програмній реалізації моделі управління першого (локальні системи управління) і другого рівнів управління реалізуються у вигляді



програмного коду, який виконується під управлінням операційних систем на сучасних комп'ютерах і мікро комп'ютерах.

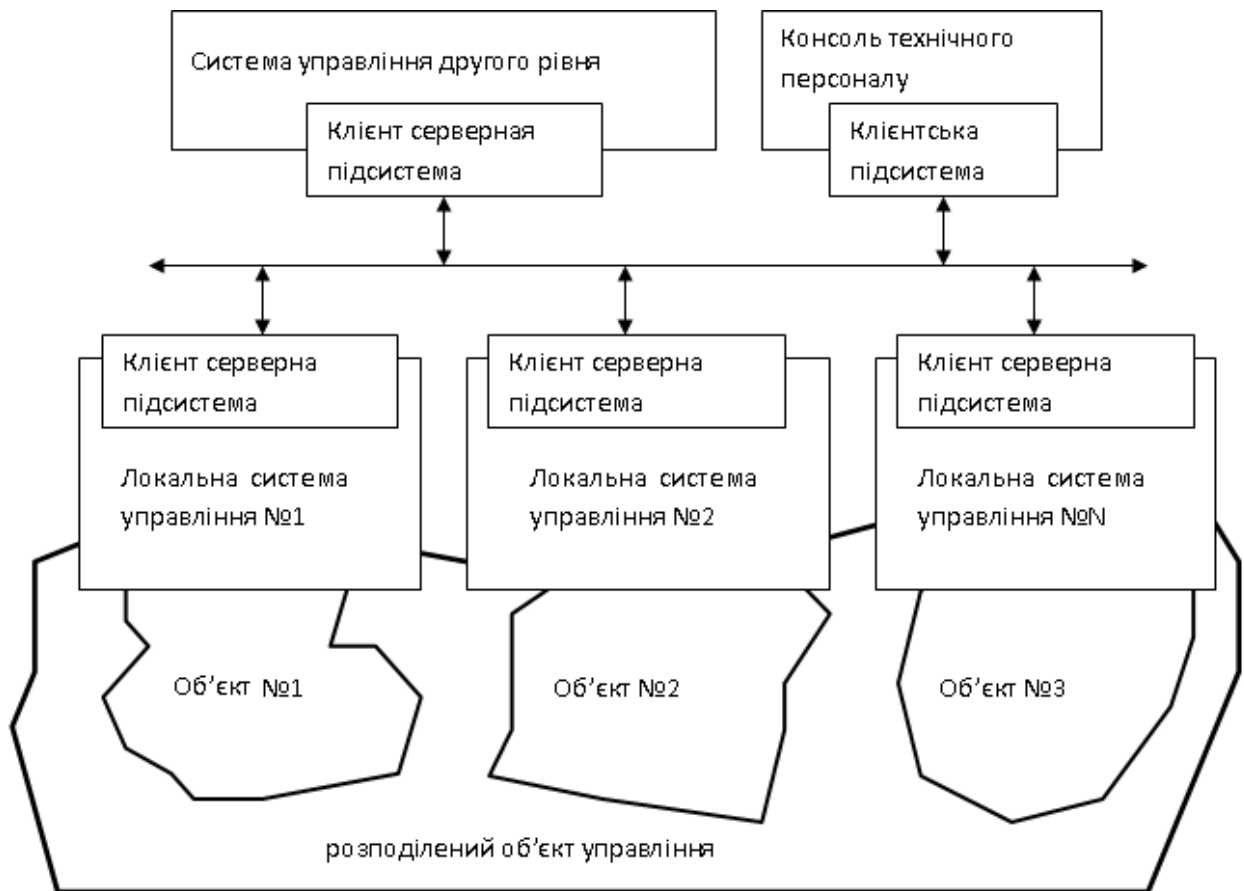


Рис. 2.2. Клієнт - серверна архітектура для керуючих систем

3. Для взаємодії між системами управління першого та другого рівнів використовуються клієнт серверні підсистеми, які приймають на себе всі особливості взаємодії з середовищем передачі даних і забезпечуючи програми управління об'єктом логічно сумісним з їх функціями командним інтерфейсом і форматами представлення даних.

4. Уніфікований вихід інтерфейс на фізичну середу передачі даних ISO / OSI, який забезпечується в усіх сучасних операційних системах (ОС), дозволяє використовувати для різних систем управління (далі вузлів керуючої мережі) різні операційні системи та технології програмування. Таке гнучке застосування ОС дозволяє з одного боку розподілити розробку вузлів

між різними науково технологічними школами розробників, а з іншого боку, дозволяє продовжити життєвий цикл системи, застосовуючи до вузлів модульний принцип заміни (відновлення).

5. Можливість підключення безлічі паралельно працюючих консолей технічного персоналу в різних точках середовища передачі даних, при цьому наділених індивідуальним об'ємом прав зі спостереження і управління, істотно підвищує як процедури розробки системи, так і процедури експлуатації.

### **2.3. Переваги впровадження систем відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту**

З огляду на, що однакова інформація застосовується для вирішення різних завдань як підтримання льотної придатності, так і підвищення ефективності процесів технічної експлуатації, на підприємствах експлуатанта рекомендується формування інформаційно-керуючої системи (ІКС). Основні принципи ІКС наступні.

Призначенням ІКС є забезпечення високої якості управління технічною експлуатацією (ТЕ) ПС за рахунок виконання наступних основних функцій:

- забезпечення всіх рівнів і ланок управління ТЕ повної, достовірної та своєчасної інформації про ТС АТ і стан виробничих процесів ТОiP;
- забезпечення прийняття технічних рішень з використання ЗС і відновленню технічного стану виробів АТ на основі аналізу зазначеної інформації як по кожному примірнику ПС, так і по всьому парку ПС відповідно до правил (алгоритмів), викладених в технічній документації з урахуванням наявного часу, матеріальних і трудових ресурсів, обладнання та інших умов;

- забезпечення ефективних управляючих впливів щодо виконання інженерно-технічними службами прийнятих рішень на всіх рівнях організаційної структури підприємства.

ІКС управління ТЕ ПС повинна мати багаторівневу і багатоцільову структуру. Тут слід виділити два основних рівня використання ІКС: для автоматизованого управління ТЕ на основі експлуатаційного підприємства і, в першу чергу, для оперативного управління процесами використання та ТОіР ПС; для автоматизованого управління парком ПС на рівні регіонального центру ТОіР, включаючи взаємодію з організаціями розробника і виробника в процесі управління експлуатацією всього парку ПС даного типу.

При оперативному управлінні ТЕ ПС на рівні експлуатаційного підприємства з метою забезпечення високої готовності вильоту і відповідно до особливостей призначення кожного типу ПС на ІКС покладаються функції оперативного опрацювання повідомлень про зовнішні прояви несправностей з борта ПС, своєчасної локалізації відмови, визначення обсягів і потрібної трудомісткості робіт по його усунення, виявлення на складі наявності необхідних для заміни агрегатів або ЗІПа і можливості своєчасної їх доставки, оцінки можливості проведення зазначених робіт в міжрейсова час, а при необхідності підготовки заміни ПС з резерву. Крім того на ІКС покладаються функції оперативного планування і коригування змінно-добових завдань виробничим підрозділам, регулярного контролю і обліку їх виконання, відображення поточної виробничої ситуації, виявлення і обліку збоїв і забезпечення підготовки рішень та заходів по ліквідації збоїв, формування документації та ін.

Іншим найважливішим завданням управління ТЕ ПС є забезпечення мінімального часу перебування їх на періодичних формах ТОіР. У цьому випадку на основі автоматизованого обліку інформації про ТС ПС (формованої бортовими засобами контролю, на основі зауважень екіпажу, в

процесі ТОіР в цехах і обстеження агрегатів і систем у відділі діагностики) - з одного боку, і на їх основі автоматизованого контролю виконання плану нальоту, обліку відомостей про напрацювання і залишки ресурсів по агрегатів і систем планера, двигунів і АіРЕО, обліку виконання обсягу робіт з ТОіР заданих нормативів по ТОіР і обмеженням використання - з іншого боку, ІКС формує для кожного екземпляра ПС черговість, терміни надходження на ТОіР і необхідні обсяги робіт, а також завчасно передає цю інформацію в цех ПТОіР. Одночасно з цим ІКС формує і передає на склад матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) центру заявки на комплектацію агрегатів для замін і ЗПП із зазначенням терміну виконання, останній повідомляється також в цех ПП для забезпечення своєчасної доставки агрегатів і ЗППа і в ОУП для контролю виконання.

Виконання всіх цих функцій ІКС забезпечується за рахунок реалізації її у вигляді розподіленої обчислювальної мережі.

#### **2.4. Етапи розробки систем відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту**

У поетапній розробці вузла консолі для технічного персоналу, є розробка прикладної частини клієнта, тобто, підсистеми візуалізації консолі. Блок - функціональна схема програмної реалізації такої підсистеми візуалізації (включаючи всі необхідні компоненти для налагодження), представлена на рисунку 2.3.

Оскільки, підсистема візуалізації є досить складним програмним продуктом для її розробки необхідні допоміжні підсистеми, які будуть забезпечувати для її інтерфейсів середу налагодження, що не відрізняється від середовища взаємодії з підсистемою клієнта до складу якої вона входить. В якості такого допоміжного середовища виступають:

- Імітатор каналу передачі даних, який імітує отримання даних від серверного вузла з дисципліни запит - відповідь. При цьому такий імітатор повинен:

Виконувати імітацію запитів як в покроковому, так і автоматичному (по таймеру) режимах;

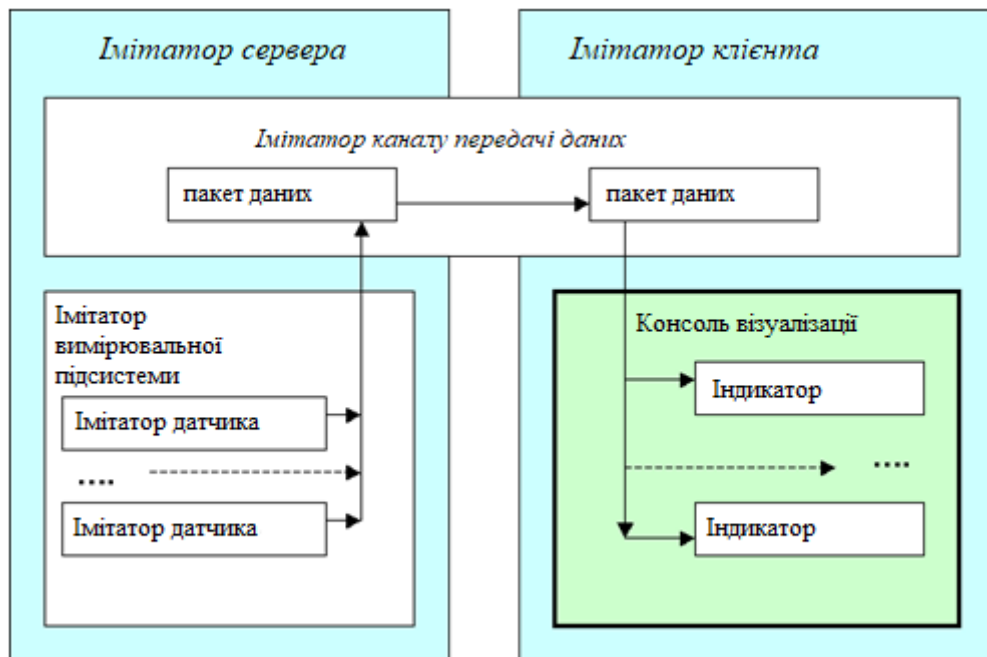


Рис 2.3. Блок – функціональна схема середовища розробки підсистеми візуалізації консолі технічного персоналу

Отримувати від імітатора сервера пакети з даними і ініціювати їх обробку в підсистемі візуалізації.

- Імітатор сервера, який за запитами імітатора каналу передачі даних формує пакети даних.

- Імітатор вимірювальної системи, який дозволяє програмісту в зручному візуальному режимі задавати довільні тестові значення.

Другий етап розробки системи

Наступним етапом розробки вузла консолі для технічного персоналу, є розробка підсистем клієнта і сервера, з подальшим перенесенням в

архітектуру системи підсистем візуалізації консолі і імітатора вимірювальної підсистеми.

#### Заключний етап розробки системи

На цьому етапі виконується остаточна інтеграція (збірка) конкретного серверного вузла технічної системи і виконується комплексне налагодження (верифікація взаємодії вузлів системи). Особливо необхідно підкреслити, що така інтеграція можлива тільки якщо інша група розробників реалізувала підсистему локального управління і / або спостереження за аналогічною двох етапною схемою.

В рамках завдання розробки вузла консолі технічного персоналу, опис даного етапу є винятково інформаційним і приведений тільки для цілісного сприйняття цілей розробки такої консолі.

### **2.5. Структура системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту**

Відповідно до завдання, реалізація розроблюваних програмних підсистем, повинна базуватися на Delphi технології програмування. У термінах технології програмування Delphi, створені програми називають прикладними програмами або просто додатками.

Важливо підкреслити, що будь-які додатки, створені в системі програмування Delphi, виконуються як деякі програми під управлінням деякого додаткового керуючого об'єкта. Такий керуючий об'єкт створюється системою Delphi автоматично і не вимагає від програміста написання ніяких додаткових програмних текстів. У цьому сенсі, систему Delphi можна розглядати як інструмент по створенню дворівневих програмних систем. Де до систем першого рівня відносять прикладні програми, а до системи другого рівня додатковий керуючий об'єкт. Слід також зазначити, що для різних

додатків (прикладного або сістенного характеру) в Delphi пропонуються різні варіанти такого керуючого об'єкта

У нашому випадку в якості керуючого об'єкта використовується об'єкт Application, орієнтований на побудову додатків з розвиненим діалогом, орієнтованим на кінцевого користувача.

Об'єкт Application першим отримує управління при запуску операційною системою деякого прикладного застосування. При цьому об'єкт Application:

Створює і ініціює всі модулі в складі додатки, включаючи:

- всі інструментальні модулі;
- всі модулі з формами для взаємодії з кінцевими користувачами і всі компоненти на цих формах;
- формує зв'язки між подіями, які заявлені на компонентах, і адресами процедур для обробки цих подій.

Відстежує повідомлення операційної системи, і якщо ці повідомлення ставляться до подій, які задані на компонентах, ініціює виконання відповідних процедур (надалі обробників подій);

Відстежує аварійні ситуації, які можуть виникнути при виконанні процедур обробки подій і робить можливі дії для збереження стійкої роботи програми або детально інформує про його аварійний завершення;

Виконує штатне або аварійне завершення роботи програми та звільняє всі ресурси запитані цим додатком.

Як вже зазначалося, при проектуванні додатків першого етапу розробки ми будемо використовувати три підсистеми або головні модулі яких, є модулями з діалоговими формами. Це підсистема «Імітатор вимірювальної підсистеми», підсистема «Імітатор каналу передачі даних запит - відповідь», а також основна з розроблених підсистем «Консоль візуалізації».

Оскільки виконання тих чи інших прикладних програм пов'язується з обробниками подій, а ті, в свою чергу, зв'язані з компонентами розміщеними на формах, то центральний алгоритм роботи всіх розроблюваних модулів як першого, так і наступних етапів розробки, можна уявити блок - алгоритмічною схемою, яка приведена на рисунку 2.4.

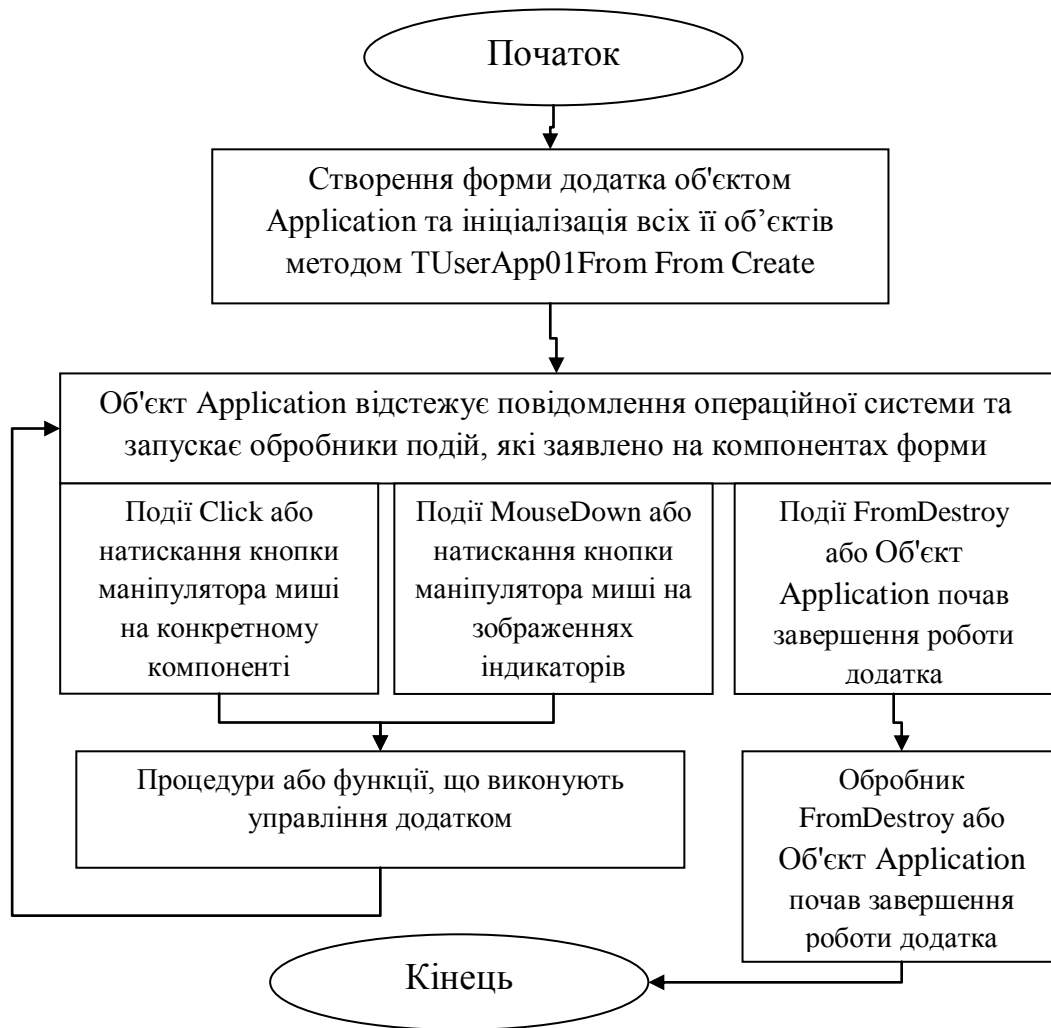


Рис. 2.4. Укрупнений алгоритм роботи Application - додатку Delphi

Оскільки розробка підсистеми «Консоль візуалізації» є основною метою першого етапу робіт, розглянемо цю підсистему більш детально. Це необхідно в силу того, що підсистема «Консоль візуалізації» включає в себе досить велику кількість програмних модулів.



## Модульна структура підсистеми «Консоль візуалізації»

Відповідно до поетапного плану розробки розглянемо підсистему візуалізації, модульна структура якої представлена на рисунку.

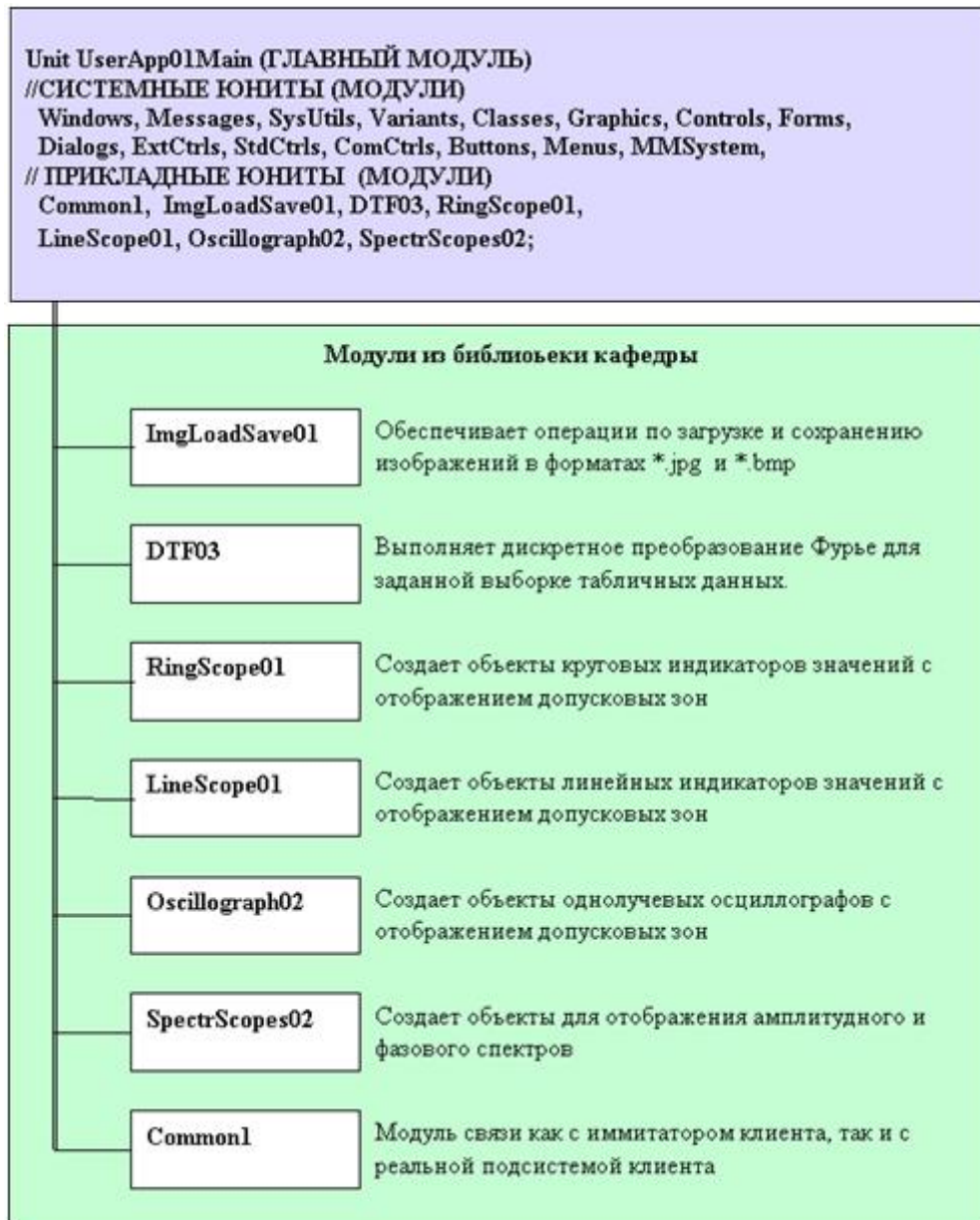


Рис. 2.5. Модульна структура підсистеми візуалізації

Головний модуль підсистеми UserApp01Main призначений для візуалізації необхідної кількості індикаторів заданого виду на зображенні конструкції або кресленні конкретного вузла технічної системи. Модуль надає кінцевому користувачеві діалогову форму для управління

особливостями візуалізації в цілому (завдяки стандартним компонентам на формі) і по кожному індикатору (завдяки обробці подій маніпулятора миша на рисунку або кресленні технічного вузла).

У цьому модулі виконується остаточна інтеграція (збірка) всіх засобів візуалізації та налаштування їх параметрів. Крім того, модуль забезпечує можливість підключення в візуальному режимі однопроменевого осцилографа або спектрометра до будь-якого з кільцевих або лінійних індикаторів. При використанні спектральних вимірювань можна відстежувати у вигляді осцилограми історію амплітуди будь-якої гармоніки спектра, а також записувати сигнал і (або) гармоніку в текстовий файл.

Основним завданням збірки підсистеми візуалізації, є завдання параметричної настройки даного модуля, яка вирішується при конкретизації структури даних, що відображаються наступного формату:

```
// Описувач масива параметрів індикаторів
type TDescScope = array [0..ArrIndMax] of record
    SType: char; // Тип індикатора L-лінійний R-кільцевий
    // -----
    Title: string; // Найменування датчика
    Meas: string; // Розмірність вимірюваної величини
    // -----
    Min: extended; // Початок діапазону датчика (хв. Значення)
    Max: extended; // Кінець діапазону датчика (макс. Значення)
    ZoneY: extended; // Абсолютна амплітуда початку жовтої зони
    ZoneR: extended; // Абсолютна амплітуда початку червоної зони
    FltMax: byte; // Довжина вибірки для цифрового фільтра
    Grm1P: extended; // Період першої гармоніки в (msec)
    // Відключити аналіз спектра (-1 або 0)
    // -----
```

```
Xb, Yb: integer; // Піксельна прив'язка індикатора на екрані
Compact: boolean; // Компактний вид відображення (тільки L-
індикатор)
end;
```

Конкретні значення параметричної настройки реалізуються масивом типу (TDescScope), елементи якого задаються у формі констант. Оскільки кожен елемент масиву є записом, то поля такого запису повністю описують технічні параметри індикатора (найменування величини, що відображається, діапазони, допускові зони, розмірність), його геометричну прив'язку до креслення або зображення технічного об'єкта, режим фільтрації, параметри спектрального аналізу, а також деякі параметри стилю візуалізації прийнятого за замовчуванням.

Процедурна структура головного модуля підсистеми «Консоль візуалізації». Подання структури головного модуля підсистеми в формі переліку процедур і функцій, а також короткого опису виконуваних ними дій, можна розглядати як довідкову інформацію по запозиченому модулю, або як постановку задачі на їх програмування.

## **Висновки до розділу 2**

У рамках другого розділу здійснено опис сучасних систем відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту, охарактеризовано місце розробленої системи в системі управління аеропортом, розкрито переваги впровадження систем відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту та визначено етапи розробки систем відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

**РОЗДІЛ 3**  
**КОНСОЛЬ ТЕХНІЧНОГО ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ РОБОТИ ІЗ**  
**СИСТЕМОЮ ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**  
**ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АЕРОПОРТУ**

**3.1. Консоль візуалізації**

Головна керуюча форма (Form1) розміщується в UNIT MAIN

Ця форма має наступний зовнішній вигляд:

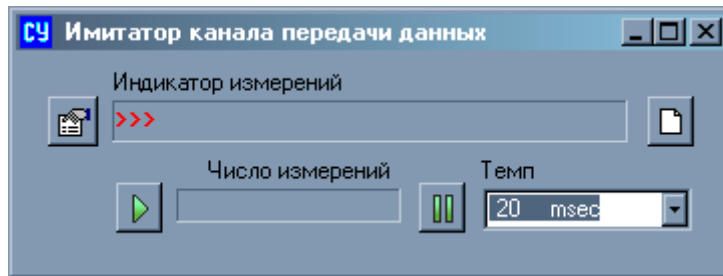


Рис. 3.1. Головна керуюча форма (Form1)

UNIT MAIN призначений для імітації взаємодії за схемою клієнт-сервер між імітатором сервера (UNIT SensorGroup03) і підсистемою «Консоль технічного персоналу» (UNIT ConsoleMAIN).




UNIT MAIN задає темп звернень консолі технічного персоналу до імітатора сервера, виконує читання результатів вимірювань з імітатора сервера в структуру даних, певну в UNIT Common01, після чого ініціює обробку та візуалізацію цих даних.

На головній керуючій формі розташовані чотири кнопки:



- Відкрити панель імітаторів датчиків.

					<b>НАУ 21 01 28 000 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.					РОЗДІЛ 3	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.							60	79
Н. Контр.					501 6.050201			
Затверд.								

-  - Відкрити панель консолі технічного персоналу.
-  - Почати вимірювання
-  - Зупинити вимірювання

### Імітатори датчиків

Кнопка «Відкрити панель імітаторів датчиків» відкриває форму імітатора сервера (UNIT SensorGroup03). Ця форма (SensorGroupForm) має наступний зовнішній вигляд:

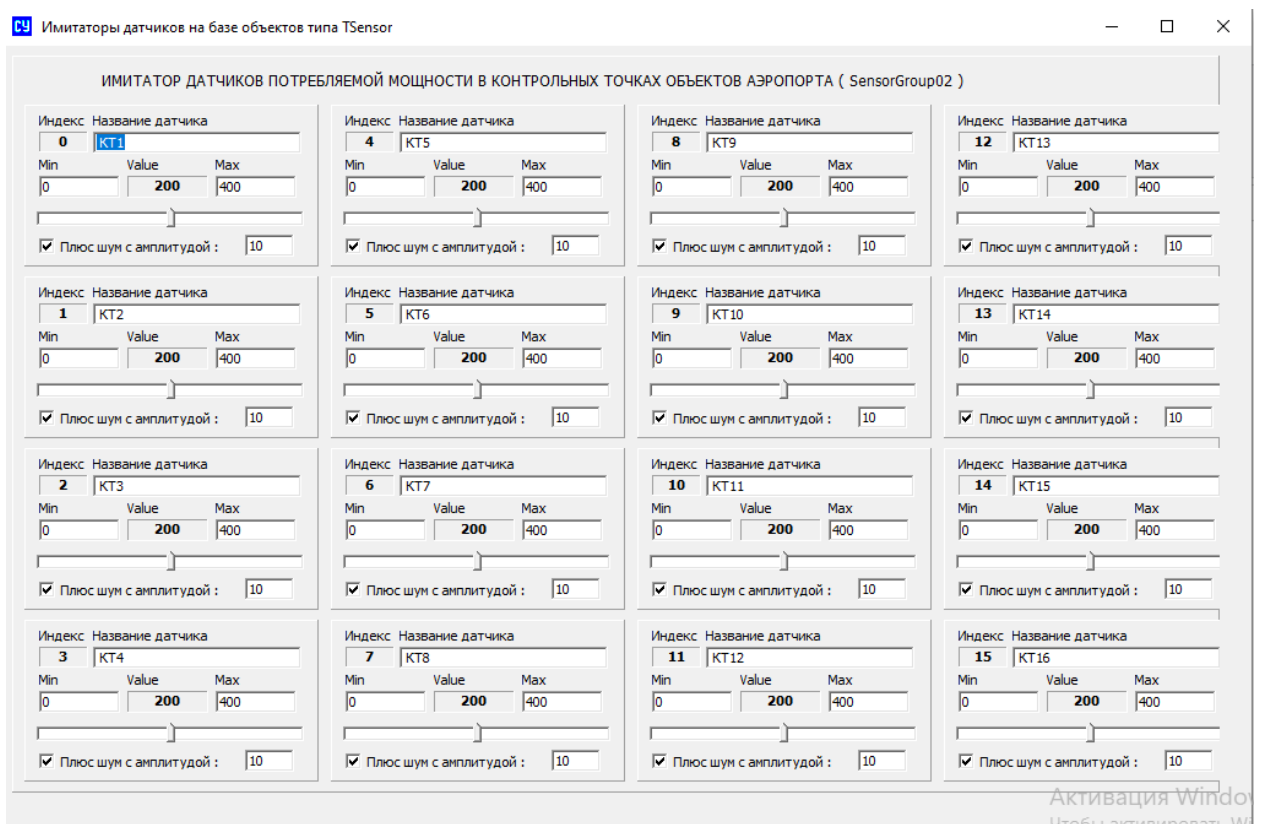


Рис. 3.2. Форма імітатора сервера (SensorGroupForm)

Консоль **кнопка** « Відкрити панель консолі технічного персоналу» відкриває головну форму консолі (UNIT ConsoleMAIN). Ця форма (ConsoleForm) має наступний зовнішній вигляд:

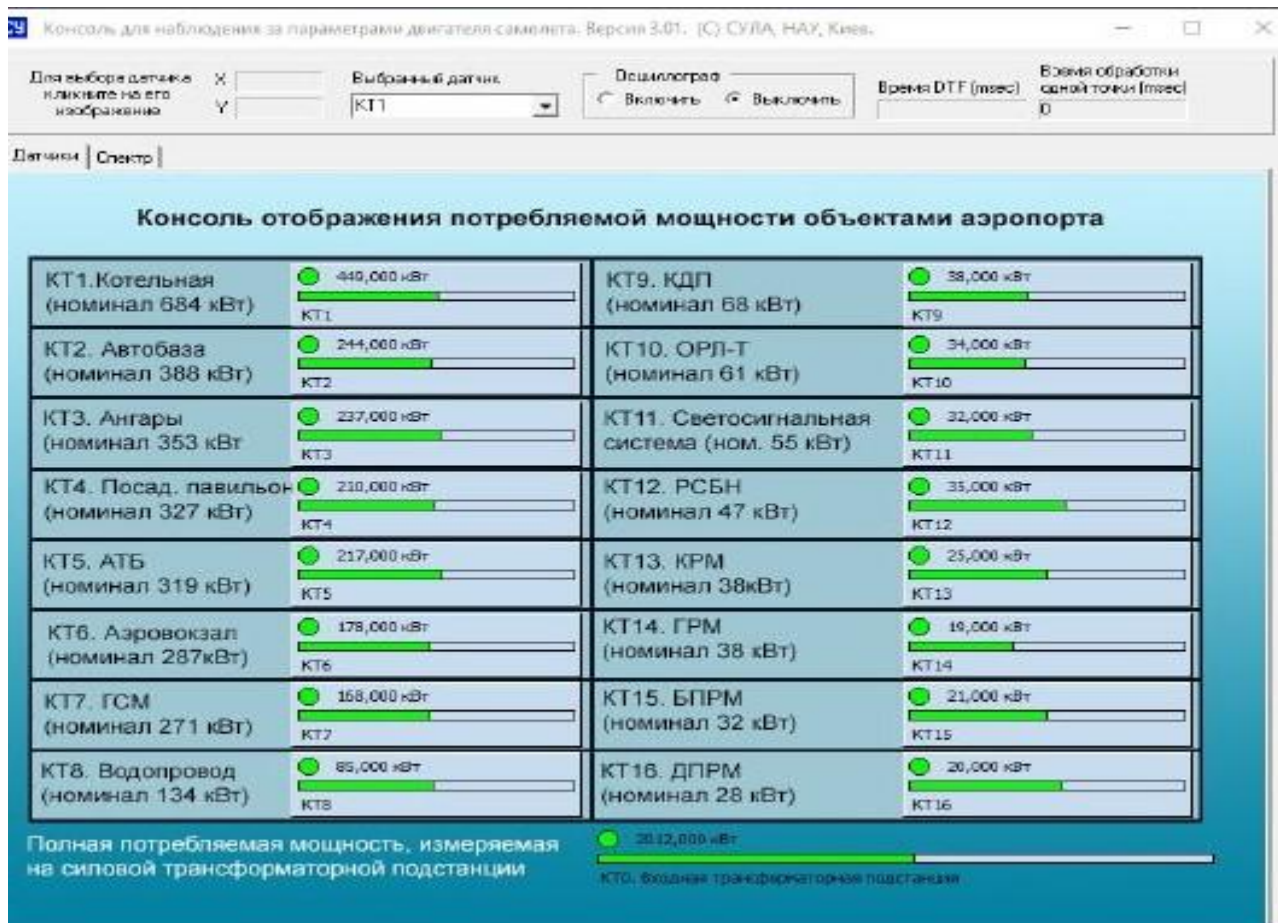


Рис. 3.3. Консоль або форма імітатора клієнта (ConsoleForm)

Кнопки «Почати вимірювання» і «Зупинити вимірювання» відповідно починають і зупиняють передачу даних від імітатора сервера до консолі технічного персоналу.

Основні R, L, S - індикатори консолі

На головній формі консолі відображаються три групи індикаторів (кільцеві, лінійні і перемикачі). У різних варіантах консолі можна використовувати будь-яку кількість індикаторів з кожної групи.

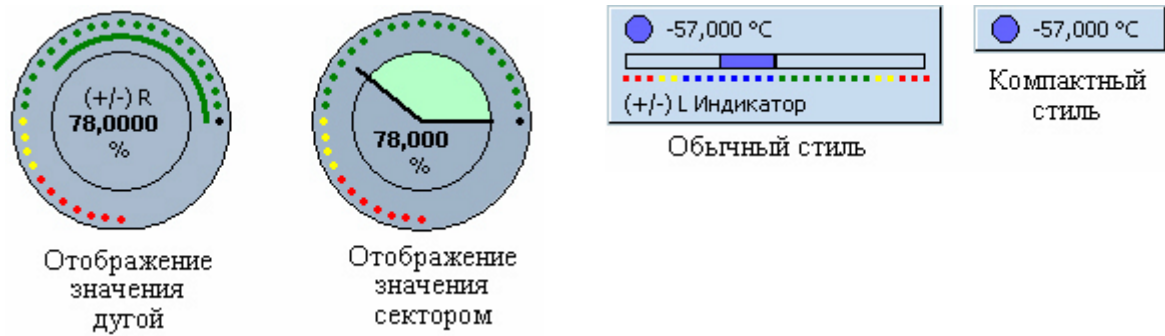


Рис. 3.4. Стили відображення кільцевих і лінійних індикаторів

Вибори позицій контекстного меню «Сховати / Показати індикатор» і «Змінити прозорість» визначають самоочевидні реакції і не потребують додаткових коментарів.

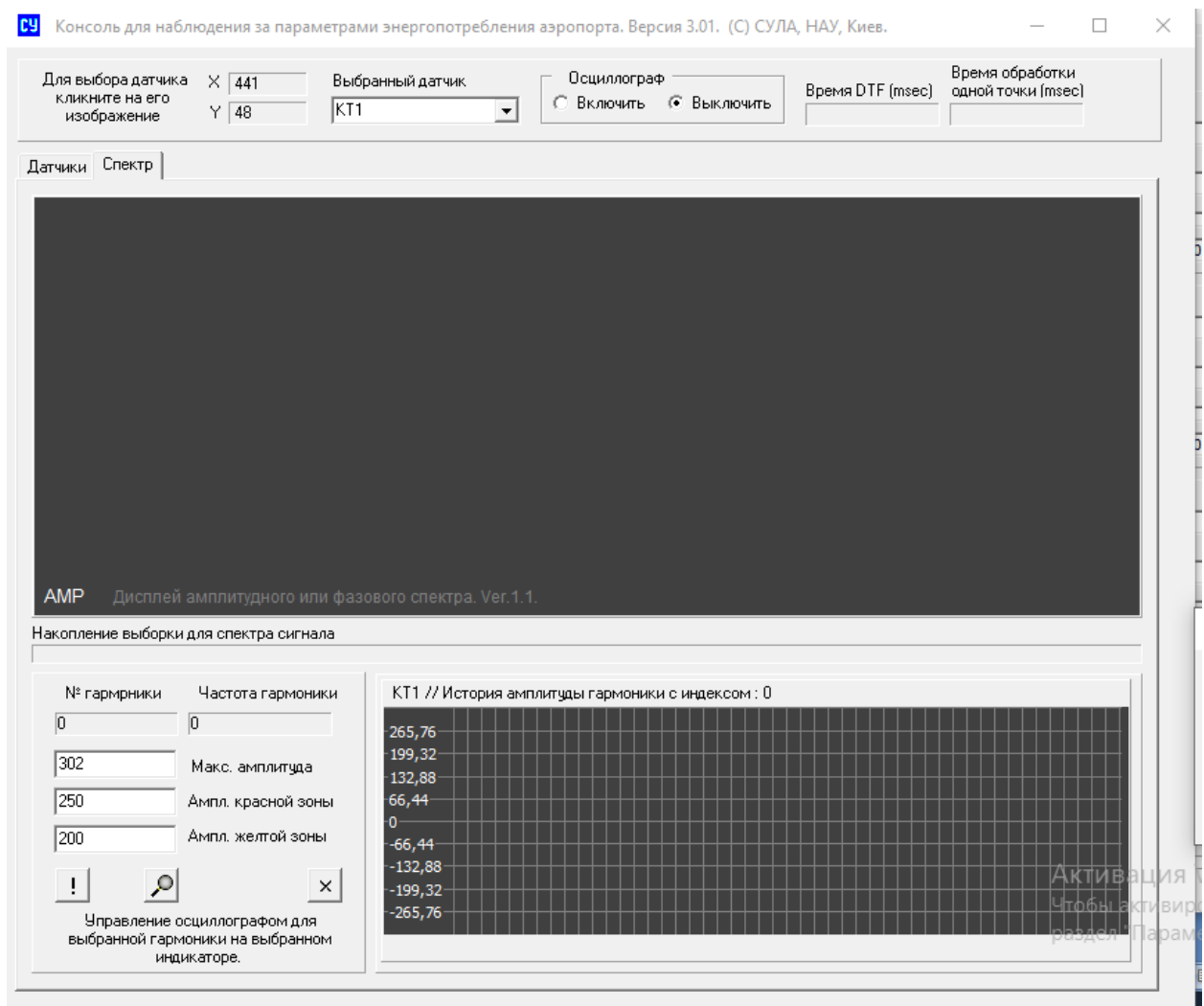


Рис. 3.5. Основні панелі консолі і осцилограф сигналу

Основні панелі і осцилограф сигналу

Основні панелі консолі і осцилограф сигналу представлені на рисунку 3.5.

Всі панелі і осцилограф активуються або деактивуються відповідними чекбоксами. При активації панелі або осцилографа вони автоматично підключаються на сигнал обраного індикатора. Вибір індикатора виконується кнопкою дії мишки (зазвичай це ліва кнопка) кліком на зображення індикатора або за допомогою комбобокса «Обраний датчик».

При виборі датчика, а отже і індикатора, все активовані панелі підключаються на вхідний сигнал цього індикатора.

**GRID - Панель**

GRID - Панель обслуговується інструментальним модулем UNIT DnGridEd03 і призначена для отримання найбільш важливих параметрів обраного індикатора.

Активація та деактивація GRID - Панелі визначення кількості полів і розмітка підписів до цих полів виконується в UNIT ConsoleMAIN наступним методом:

```
// Включити / Виключити GRID - панель
procedure TConsoleForm.chckGridOnOfClick (Sender: TObject);
begin
  if chckGridOnOf.Checked
  then begin
    if not Assigned (GRID01)
    then begin
      GRID01: = TDnGridEd.Create (260,260, False);
      // Розмітка підписів на панелі
      with GRID01 do
      begin
        RowMaxInd: = 11;
        // -----
        RowTitle [1]: = 'Xb (pix)';
        RowTitle [2]: = 'Yb (pix)';
        // -----
        RowTitle [3]: = 'Min.Значеніе';
        RowTitle [4]: = 'Червона (-) зона';
        RowTitle [5]: = 'Жовта (-) зона';
```



```

// -----
RowTitle [6]: = 'Значення';
GRID01_ValueRow: = 6;
// -----
RowTitle [7]: = 'Жовта (+) зона';
RowTitle [8]: = 'Червона (+) зона';
RowTitle [9]: = 'Мах.Значеніе';
// -----
RowTitle [10]: = 'Число точок ФНЧ';
RowTitle [11]: = 'Частота 1 (msec)';
end;
// Установка параметрів в GRID - Патель
// за обраним індикатору
SetGRIDParam (GRID01, SelectInd);
end;
end
else begin
if Assigned (GRID01)
then begin
GRID01.Free;
GRID01: = nil;
end;
end;
end;
end;

```

Метод SetGRIDParam виконує перемикання параметричних значень на обраний індикатор.

#### ALARM-Панель

ALARM - Панель обслуговується інструментальним модулем UNIT DnAlarm03 і призначена для ведення статистики по пороговому або допускового контролю вхідного сигналу обраного індикатора.

Активація та деактивація ALARM - Панелі виконується в UNIT ConsoleMAIN наступним методом:

```

// Включити / Виключити ALARM - панель сигналу
procedure TConsoleForm.chkAlarmOnOfClick (Sender: TObject);
begin
if chkAlarmOnOf.Checked
then begin
if not Assigned (ALARM01)
then begin
// Створити ALARM - панель
ALARM01: = TDnAlarm.Create (AlarmWidth, AlarmHeight);
// Установка параметрів в ALARM - панель
// за обраним індикатору
SetAlarmParam (ALARM01, SelectInd);

```

```

end;
end
else begin
if Assigned (ALARM01)
then begin
ALARM01.Free;
ALARM01: = nil;
end;
end;
end;
end;

```

Метод SetAlarmParam виконує перемикання параметричних значень на обраний індикатор.

Для установки меж порогового і допускового контролю в об'єкті ALARM - Панель використовує властивості класу TDnAlarm = class (TObject) цього об'єкта, а саме:

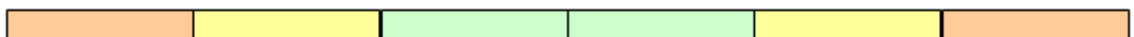
```

// Кінцева (червона) межа в позитивному діапазоні
property P2Wall : Extended read fP2Wall write SetP2Wall;
// Початкова (жовта) межа в позитивному діапазоні
property P1Wall: extended read fP1Wall write SetP1Wall;
// Початкова (жовта) межа в негативному діапазоні
property N1Wall: extended read fN1Wall write SetN1Wall;
// Кінцева (червона) межа в негативному діапазоні
property N2Wall: extended read fN2Wall write SetN2Wall;
// -----
// Режими використання кордонів для контролю значень
property AlarmMode: TAlarmMode read fAlarmMode write SetAlarmMode;

```

Колірна індикація значень. Граничний контроль

При пороговому контролі колірна індикація значень визначається з допомогою меж зон контролю і є спільною як для кругових та лінійних індикаторів так і для ALARM - Панелі.



При допусковому контролі колірна індикація значень визначається за допомогою меж зон контролю і є спільною як для кругових та лінійних індикаторів так і для ALARM - Панелі.

Для установки в індикатор тільки позитивного під діапазону необхідно відключити негативний піддіапазон, тобто, Min = N2Wall = N1Wall = 0;

Для відключення в індикаторі порогового контролю в негативному піддіапазоні необхідно визначити  $\text{Min} < 0$ ,  $\text{N2Wall} = \text{N1Wall} = 0$ ;

Для установки в індикатор тільки негативного піддіапазону необхідно відключити позитивний піддіапазон, тобто,  $\text{Max} = \text{P2Wall} = \text{P1Wall} = 0$ ;

Для відключення в індикаторі порогового контролю в позитивному піддіапазоні необхідно визначити  $\text{Max} > 0$ ,  $\text{P2Wall} = \text{P1Wall} = 0$ .

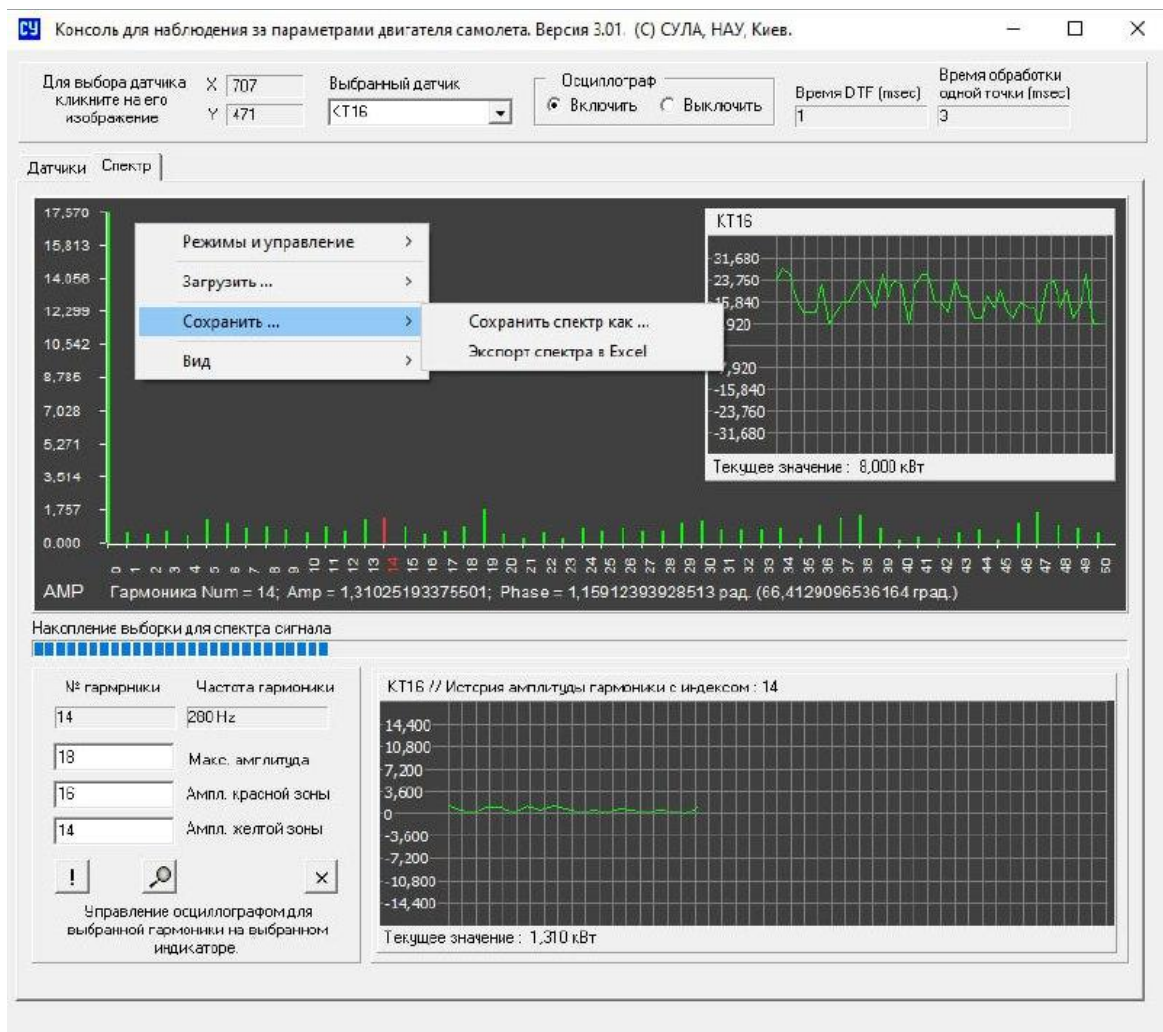


Рис.3.6. Экранный образ вкладки «Спектр»

Особливістю реалізації програми «Консоль технічного персоналу» є вбудована можливість виконувати спектральні вимірювання, що перетворює

консоль в вимірювальний інструмент для досліджень або порогового контролю за довільною гармонікою.

На рисунку 3.6 представлена вкладка «Спектр», яка включає спектральний аналізатор і осцилограф історії обраної гармоніки.

Аналізатор спектра активується, якщо в параметрах кругового або лінійного індикатора встановлений відповідний запит і оператор консолі вибрав для спостереження такий індикатор. Вибір конкретної гармоніки для спостереження її амплітуди виконується мишкою за допомогою кнопки дії по зображенню цієї гармоніки в спектрі гармонік аналізатора.

Аналізатор спектра реалізується модулем UNIT SpectrScores03, який в свою чергу використовує модуль UNIT **DTF03** дискретного перетворення Фур'є.

Для обчислення амплітуд і фаз для 100 гармонік аналізатору потрібно, як правило, менше 20 мілісекунд. Однак, для цієї операції аналізатору потрібно дуже багато точок у вибірці сигналу:

$$\text{MaxSignal\_MaxPnt} = 4 * \text{MaxGrmNum} + 1;$$

де:

MaxSignal\_MaxPnt - необхідна кількість точок;

MaxGrmNum - номер старшої гармоніки.

У разі 100 гармонік число точок вибірки має дорівнювати 401-якій точці.

Періодичність побудови спектра буде прямо залежати від темпу звернення консолі до імітатора сервера.

Для управління осцилографом історії обраної гармоніки використовується додаткова панель, на якій можна вказати параметри

порогового контролю для обраної гармоніки. Параметри фіксуються кнопками:

! - Застосувати встановлені значення амплітуд порогового контролю;

 - Підібрати автоматично значення амплітуд порогового контролю.

Кнопка «Застосувати» встановлює в осцилограф поточні значення з полів «Макс. амплітуда », « Амплітуда червоної зони » і « Амплітуда жовтої зони ».

Кнопка «Підібрати» ініціює пошук максимальної амплітуди гармоніки в спектрі і використовує таку амплітуду для обчислення меж порогового контролю.

Індикація порогового контролю активується в контекстному меню осцилографа історії обраної гармоніки. Там же можна встановити вид осцилограми (аналоговий або цифровий).

Додатковим сервісом є кнопка очищення поточної осцилограми без зміни індикатора або обраної гармоніки. Аналогічну операцію можна виконати через контекстне меню осцилографа обраної гармоніки:

✕ - Стерти поточну осцилограму історії обраної гармоніки.

Ще одним компонентом вкладки «Спектр» є індикатор прогресу по накопиченню вибірки. Швидкість накопичення вибірки регулюється на головній формі програми вибором темпу звернення консолі до імітатора сервера.

Осцилографи сигналу і історії обраної гармоніки

Так якщо осцилограф вхідного сигналу створюється на динамічній формі і виглядає як незалежне вікно Windows, то осцилограф історії обраної гармоніки розміщує себе на наданій йому панелі.

І в тому і в іншому випадку функції контекстного меню осцилографів виконуються однаково, тільки по відношенню до різних джерел сигналу.

Однією з корисних функцій контекстного меню є «Режими додаткового відображення», які включають в себе вибір одного з режимів відображення сигналу в нижній області панелі осцилографа, а саме:

- Останнє значення
- Останнє збільшення
- Поточне середнє значення
- Поточне максимальне значення
- Поточне мінімальне значення
- Дисперсія по осцилограмі

Значення для останніх чотирьох режимів обчислюються по всіх точках, що відображається в даний момент осцилограми. Кількість таких точок визначається в контекстному меню через «Число точок для осцилограми».

Екранний образ осцилографа історії обраної гармоніки представлений на рисунку 3.7:

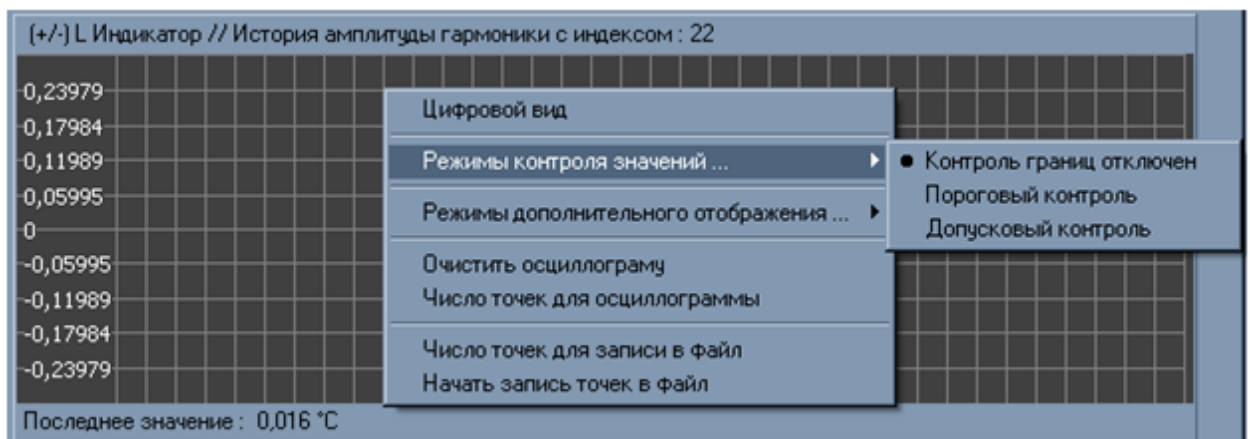


Рис.3.7. Экранний образ осцилографа історії обраної гармоніки

### 3.2. Імітатор системи відображення технічного стану

Оскільки сервер системи енергозбереження аеропорту не підключений до реальної вимірювальної системи для моделювання сигналів від датчиків енергозбереження аеропорту застосовується імітатор системи вимірювання. Він містить імітатори датчиків, кожен із яких відповідає за певний процес. Функцію імітації вимірювальної системи виконує модуль SensorGroup05. Імітатор системи вимірювання надає користувачу можливість випадковим чином задавати сигнали від датчиків. Імітатор системи вимірювання дозволяє формувати різноманітні тестові сигнали для перевірки працездатності консолі системи енергозбереження аеропорту.

### 3.3. Тестування роботи системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту

Проведемо тестування роботи системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту. Для цього запустимо додаток на персональному комп'ютері та проведемо тестування на найбільш завантаженому режимі. Показники для датчиків візьмемо з таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри установки датчиків на консолі візуалізації

Найменування об'єкту		Min	Max	YZone	RZone	XBeg	YBeg
Котельня	КТ1	0	890	750	820	186	70
Автобаза	КТ2	0	504	427	466	186	123
Ангари	КТ3	0	459	388	424	186	179
Посад.павільйон	КТ4	0	425	360	392	186	234
Аеровокзал	КТ6	0	373	316	344	186	344
ГСМ	КТ7	0	352	298	325	186	398
Водопровід	КТ8	0	174	147	160	186	453
КДП	КТ9	0	88	75	82	582	70
ОРЛ-Т	КТ10	0	80	67	73	582	123

АТБ	КТ5	0	415	351	383	186	288
РСБН	КТ12	0	62	52	56	582	234
КРМ	КТ13	0	50	42	46	582	288
ГРМ	КТ14	0	50	42	46	582	344
Світлосигнальна система	КТ11	0	72	60	66	582	179
БПРМ	КТ15	0	42	35	38	582	398
ДПРМ	КТ16	0	36	31	33	582	453

Результати тестування наведено на рис. 3.12 – 3.13.

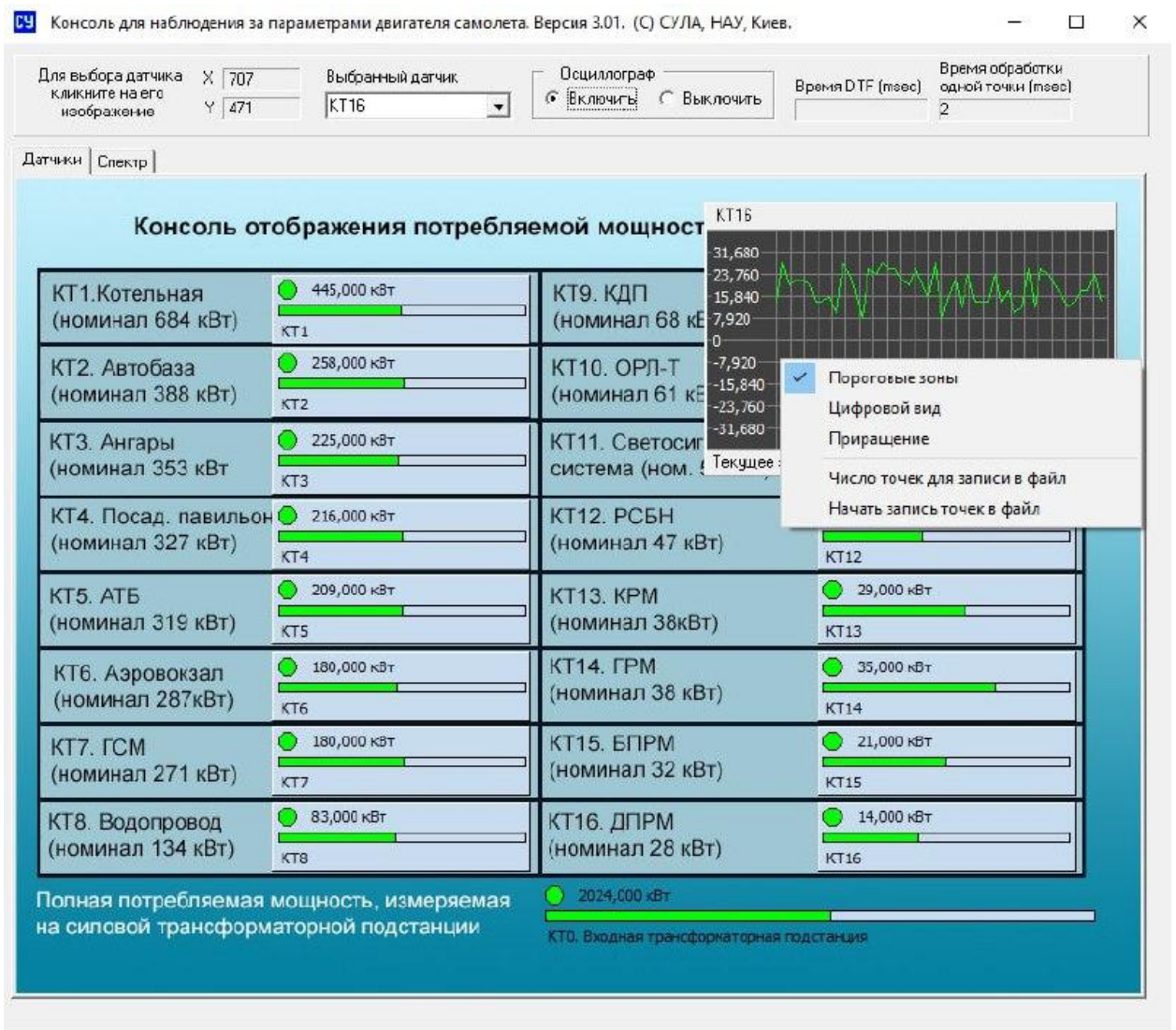


Рис. 3.12. Результаты тестування



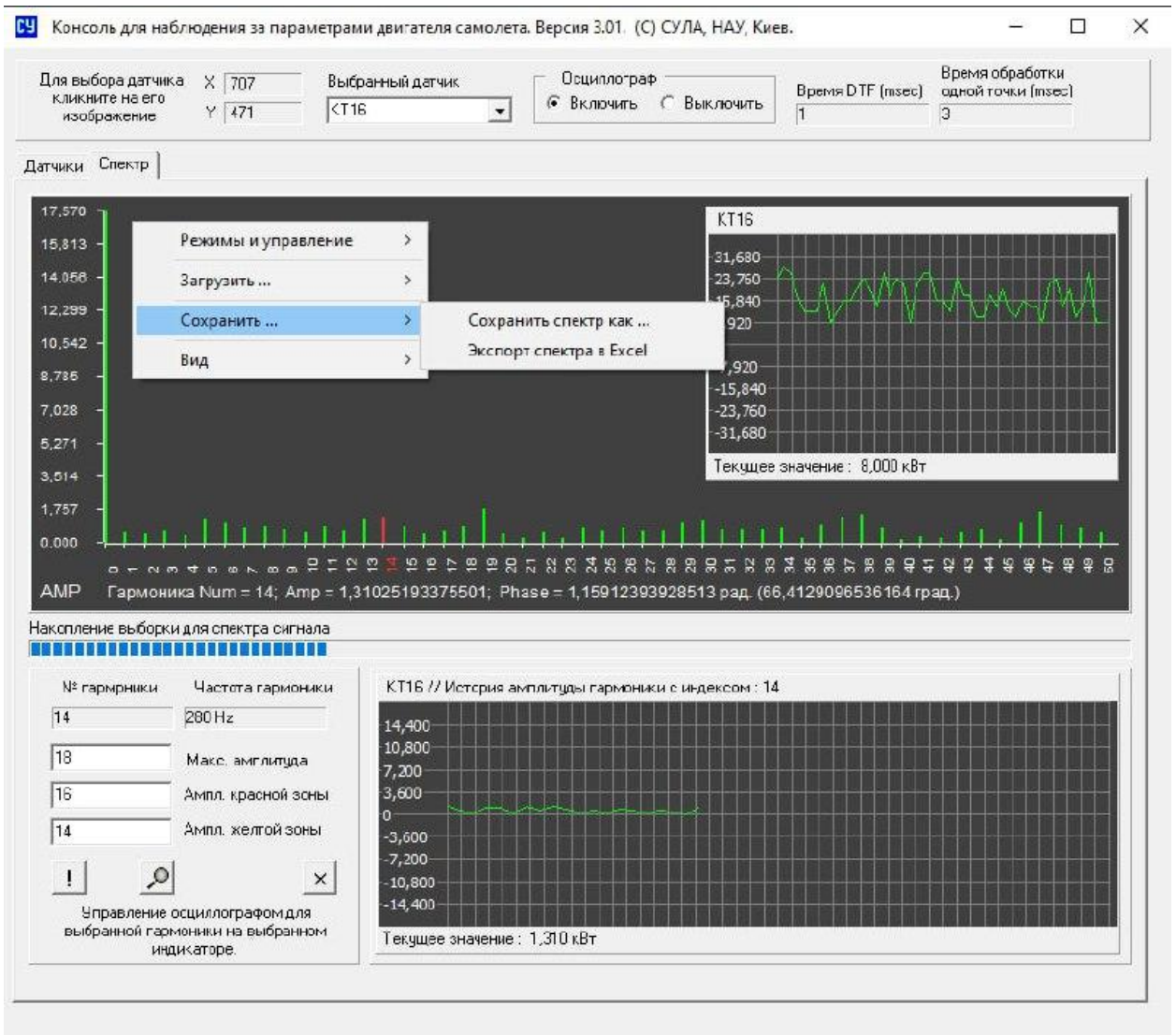


Рис. 3.13. Результаты тестування

Під час тестування збоїв та недоліків у роботі системи енергозабезпечення аеропорту не виявлено, що говорить про високу якість розробки та можливість впровадження її за потребою.

### **Висновки до розділу 3**

У рамках третього розділу здійснено розробку консолі технічного персоналу для роботи з системою відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту. Описано клієнтську частину консолі та наведено консоль візуалізації. Запропоновано підсистему серверу та структуру серверу. Наведено імітатор системи відображення технічного стану та здійснено тестування роботи системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту.

Під час тестування збоїв та недоліків у роботі системи енергозабезпечення аеропорту не виявлено, що говорить про високу якість розробки та можливість впровадження її за потребою.

## ВИСНОВКИ

У межах даної дипломної роботи здійснено розробку комп'ютерної програми відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту. На основі вищевикладеного варто зробити наступний висновок:

1. Будь-який сучасний аеропорт в наш час оснащений самими передовими технологіями для забезпечення безпеки польоту, а так само економічною вигодою при використанні ресурсів інфраструктури аеропорту як ключового об'єкта. Ці функції успішно виконують електричні, радіотехнічні та світлосигнальні системи, забезпечуючи тим самим безпеку і комфорт пасажирів. Для того щоб всі системи відповідали високим вимогам надійності, високій якості, безпеки та економічності використовуються як зовнішні так і внутрішні частини резервів електропостачання аеропорту. До зовнішніх елементів відносяться лінії електропередач від енергостанцій, до внутрішніх систем електропостачання відносяться об'єкти розташовані безпосередньо на території аеропорту, а саме резервні дизельні електростанції.

2. Самим основним джерелом для забезпечення електроенергією аеропорту безумовно є зовнішні енергомережі, які безпосередньо живляться від електростанцій. Щоб кількість втрати електроенергії на великих відстанях зводилася до нуля, напругу генератора на електростанціях підвищують до 110 кв. за допомогою трансформаторів, коли промислові генератори спочатку виробляють 10 кв.

					<b>НАУ 21 01 28 000 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>						<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							75	79
<i>Н. Контр.</i>					<b>ВИСНОВКИ</b>	501 6.050201		
<i>Затверд.</i>								

3. З метою розподілу електроенергії в більшості аеропортах використовують двоступеневу систему трансформації. Спочатку електроенергія потужністю 35-110 кВт надходить на вступну знижувальну станцію, там вона знижується до 6-10 кВ і далі передається по лініях електропередач на трансформаторну підстанцію, де знову знижується до 380-220 Вт і використовується безпосередньо для виконання місцевих задач споживачів.

4. Для підвищення ефективності обслуговування аеропорту, крім оптимізації внутрішніх виробничих процесів аеропорту, необхідно домогтися роботи всіх суб'єктів процесів обслуговування в єдиному інформаційному просторі. До таких суб'єктів відносяться підрозділи аеропорту, представники авіакомпаній, наземні підрозділи авіакомпаній в аеропортах базування, обслуговуючі компанії, служби організації повітряного руху та інші. Для досягнення позитивного результату було необхідно провести аналіз поточного рівня автоматизації аеропорту і виявити актуальні потреби для проектування нових ІТ-рішень.

5. Сучасні системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту відносяться до класу розподілених об'єктів і систем, що має на увазі певну просторову протяжність і наявність багатьох локальних підсистем у складі системи управління такими об'єктами.

6. Клієнтська частина консолі складається із підсистеми клієнта та консолі візуалізації. Підсистема клієнта за запитом отримує пакет даних, від сервера, що містить дані з імітаторів датчиків імітатора системи вимірювання. Консоль візуалізації містить індикатори, що в візуальному режимі відображають параметри системи. Додаток «Консоль технічного персоналу» включає в себе 16 прикладних модулів.

7. Сервер системи енергозбереження аеропорту містить такі основні компоненти: планувальник, диспетчер, агенти клієнта на сервері, TCP/IP

блок, що відповідає за реалізацію функцій підключення та відключення клієнтів, здійснення операцій передачі даних, обробку стандартних і аварійних подій. Описано клієнтську частину консолі та наведено консоль візуалізації. Запропоновано підсистему серверу та структуру серверу. Наведено імітатор системи відображення технічного стану та здійснено тестування роботи системи відображення технічного стану енергозабезпечення аеропорту. Під час тестування збоїв та недоліків у роботі системи енергозабезпечення аеропорту не виявлено, що говорить про високу якість розробки та можливість впровадження її за потребою.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

### ДЖЕРЕЛ

1. Airport Development Reference Manual, IATA, поточне видання.
2. Airport Handling Manual, IATA, поточне видання
3. The Air Cargo Tariffs, IATA, поточне видання.
4. Gabriellova T.Yu. Cargo Science: lecture course / Т.Ю. Gabriellova, V.Yu. Ivannikova. – К.: NAU, 2012. – 96р.
5. Ашфорд Н. Проектирование аэропортов / Н. Ашфорд, П. Х. Райт ; пер. с англ. А. П. Степушин. – М. : Транспорт, 1988. – 372с.
6. Ведомственные нормы технологического проектирования грузовых комплексов аэропортов ВНТП 5 – 85. – М. : ОНТИ ГПИ и НИИ ГА Аэропроект, 1985. – 112 с.
7. Інструкція з організації перевезень вантажів повітряним транспортом [Електронний ресурс]: затв. наказом Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації 02.11.2005 р. № 822. – Режим доступу: <http://www.rada.gov.ua>.
8. Канарчук В.Е. Механизация технологических процессов в аэропортах / В.Е. Канарчук, А.Д. Чигринцев. – М.: Транспорт, 1986. – 254 с.
9. Савин В.П. Склады: справочное пособие / В.П. Савин. – М.: Дело и сервис, 2001. – 544 с.
10. Амоша А.И. Активизация туристско-рекреационного потенциала как стратегическое направление развития г. Донецка/ А.И. Амоша, Е.Ю. Сениговья // Вісник ДІТБ. – 2008. – № 12. – С. 8-13.
11. Мишечкін Г.В. Підготовка України і Росії до «Євро-2012» та «Сочі-2014» крізь призму їхньої туристичної конкурентоспроможності/ Г.В. Мишечкін // Вісник ДІТБ. – 2009. – № 13. – С. 350- 354.
12. Данильчук В.Ф. Развитие рынка туристических услуг в условиях промышленных регионов Украины / В.Ф. Данильчук // Вісник ДІТБ. – 2011. –

№ 15. – С. 283-290.

13. Стан і перспективи розвитку туризму у світі та Україні напередодні чемпіонату Європи з футболу “Євро–2012”/ Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Святогірськ, 26–28 вересня 2008 р.) – Донецьк: ДІТБ, 2008

14. Украинский авиационный портал [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://www.aviation.com.ua/>

15. Офіційний портал Державної авіаційної служби України [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <http://www.avia.gov.ua/>

16. Ашфорд Н., Райт П.К. Проектирование аэропортов. Перевод с английского А.П.Степушина. – М.: Транспорт, 1988. – 246 с.

17. Беляєв В.В. Пасажирські літаки світу. – Видавництво «Аспол», «Аргус», 1997г. – 462 с.

18. Блохин В.И., Белинский И.А. и др. Аэропорты и воздушные трассы. – М.: Транспорт, 1984г. – 357 с.

19. Ведомственные нормы технологического проектирования аэропортов (ВНТП 1—85). – М.: Транспорт ГПИ и НИИГА «Аэропроект», 1986. – 64 с.

20. Гражданская авиация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.wing.com.ua/content/view/8570/37/>

21. Информационный портал «Транспортный бизнес» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tbu.com.ua/tems/gruzopotoki.html>

22. Герами В.Д., Колик А.В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики : учебник и практикум / В. Д. Герами, А. В. Колик. – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 510 с.