

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
 (повне найменування інституту, факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
 (повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D-принтерів»

«Development of the system of interactive operational documentation with augmented reality for 3D printers»

Виконав: студентка 2 курсу, групи РТ-519м
 Спеціальності 172 Радіотехніка та телекомунікації

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки

Кохан О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Шило Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Зеленьова І.Я.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
 Кафедра інформаційних технологій електронних засобів
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Шило Г.М.,

д-р. техн. наук, доцент

« _____ » _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Кохан Ольги Володимирівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D-принтерів
керівник проекту (роботи) Шило Галина Миколаївна, д-р. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від «12» листопада 2020 року №325
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 28 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) експлуатаційна документація, 3д принтер та його функціонування
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз технічного завдання та постановка задачі; 2. Проектування системи інтерактивної експлуатаційної документації; 3. Реалізація компонентів системи; 4. Керівництво користувача мобільного застосунку 5. Економіко організаційна частина 6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 52 рисунка; 11 таблиць; презентація роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
Розділи 1-4	Шило Г.М., д-р. техн. наук, доцент	01.09	
Розділ з економіки	Левченко Н.М., проф.	10.09	
Розділ з ОП і НС	Якімцов Ю.В., доц.	10.09	
Нормоконтроль	Поспеева І.Є., ст. викладач	11.12	

7. Дата видачі завдання «01» вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Визначення тематики роботи	1 тиждень	Виконано
2	Аналіз систем інтерактивної експлуатаційної документації	2 тиждень	Виконано
3	Постановка задачі дослідження	3 тиждень	Виконано
4	Вибір засобів розробки	4 тиждень	Виконано
5	Аналіз засобів для створення систем інтерактивної експлуатаційної документації	5 тиждень	Виконано
6	Створення архітектури застосунку	6-7 тижні	Виконано
7	Розробка мобільного застосунку	8-9 тижні	Виконано
8	Тестування системи	10 тиждень	Виконано
9	Виконання організаційно-економічної частини	11 тиждень	Виконано
10	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки	12 тиждень	Виконано
11	Оформлення пояснювальної записки	13 тиждень	Виконано
13	Нормоконтроль та рецензування	14 тиждень	Виконано
14	Захист роботи	15 тиждень	Виконано

Студентка

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

(підпис)

Кохан О.В.

(прізвище та ініціали)

Шило Г.М.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	9
1.1 Аналіз вимог до експлуатаційної документації 3D принтерів	9
1.2 Порівняння середовищ для розробки програмних застосувань з доповненою реальністю.....	16
1.3 Вибір засобів розробки.....	20
1.4 Постановка технічного завдання	22
2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ІНТЕРАКТИВНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	23
2.1 Опис конструкції принтера та експлуатаційної документації	23
2.2 Аналіз можливостей Node-RED для забезпечення комунікацій апаратного та програмного забезпечення.....	25
2.3 Розробка архітектури застосунку	29
3 РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ	33
3.1 Реалізація основної сцени	33
3.2 Реалізація процедури	38
3.3 Створення проєкту.....	39
3.4 Розробка інтерфейсу програмного та апаратного забезпечення.....	40
4 КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ	45
5 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	50
5.1 Ідентифікація стейкхолдерів.....	50
5.2 Планування розробки програмного виробу	52
5.3 Визначення витрат на розробку програми	55
5.4 Розрахунок основної заробітної плати	55
5.5 Розрахунок додаткової заробітної плати.....	56
5.6 Відрахування на єдиний соціальний внесок	57

5.7	Визначення затрат на матеріали.....	57
5.8	Витрати на спеціальне устаткування.....	58
5.9	Загальновиробничі витрати.....	62
5.10	Розрахунок техніко-економічної ефективності моделі.....	62
6	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	66
6.1	Аналіз потенційних небезпек.....	66
6.2	Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	68
6.3	Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці.....	69
6.4	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	79
6.4.1	Заходи з пожежної безпеки.....	79
6.4.2	Заходи з цивільного захисту.....	82
	ВИСНОВКИ.....	85
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	86

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 88 сторінок, 52 рисунків, 11 таблиць, 23 джерела.

Об'єкт проектування – експлуатаційна документація для 3D-принтерів.

Мета – розробка системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D-принтерів.

Методи дослідження — розробка мобільного застосунку системи інтерактивного електронного технічного керівництва на базі платформи Android для 3D-принтерів з використанням вибраного програмного забезпечення EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder, проектування та реалізація комунікації між програмним та апаратним забезпеченням з використанням платформи Node-Red.

У промисловій сфері застосування доповненої реальності дозволяє спростити роботу співробітникам, як інженерам-конструкторам так і спеціалістам із налаштування та обслуговування обладнання. Це зручний спосіб швидко передати інформацію про об'єкт, не використовуючи роздруківки креслень. Застосунок системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D-принтерів створено для розпізнавання об'єктів. При наведенні об'єктива камери на пристрій на екран мобільного телефона виводиться схема його внутрішнього устрою з усіма важливими складовими частинами, реалізована можливість відкрити необхідну технічну документацію та наведено алгоритм дії для окремих процедур налаштування функціонування та обслуговування.

**ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ДОКУМЕНТАЦІЯ,
3D ПРИНТЕР, МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК, NODE-RED, AUGMENTED
OPERATOR ADVISOR BUILDER.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

API – Application Programming Interface

ДР – Доповнена реальність

ІЕД – інтерактивна експлуатаційна документація

ІЕТК – інтерактивні електронні технічні керівництва

ВСТУП

Актуальність теми. Відсутність експлуатаційної документації для обладнання на виробництві потенційно збільшує ризик збитків через тривалі простої виробництва. Це негативно впливає на продажі. Виникає складність виявлення причин несправності і тривалість їх усунення.

Створення експлуатаційної документації для сучасних інноваційних розробок вимагає використання нових технологій Індустрії 4.0.

Таким чином, метою дипломного проєкту є створення системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D-принтерів.

Розробка відноситься до системи доповненої реальності, що має мобільний пристрій для контекстно-залежної вставки інструкцій з монтажу та обслуговування на етапі експлуатації. Контекстно-залежне вставлення інструкцій з монтажу з оптимізованим розподілом необхідних робочих кроків забезпечує підтримку ситуацій, пов'язаних із заміною та налаштування роботи окремих складових частин.

Розробка системи вирішить такі питання:

- скорочення витрат по ремонту виробів;
- оперативне виявлення причин несправності виробів і скорочення терміну їх усунення;
- зростання конкурентоспроможності та збільшення обсягів продажів виробів з регламентованою підтримкою процесів експлуатації та ремонту.

Саме цим зумовлений вибір і актуальність теми дипломної роботи.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати магістерської роботи були апробовані на щорічній науково-практичній конференції викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів та студентів «Тиждень науки 2020» (Запоріжжя, НУ «Запорізька політехніка», 2020 р.).

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Аналіз вимог до експлуатаційної документації 3D принтерів

Експлуатаційні документи апаратури призначені для використання їх обслуговуючим персоналом з метою вивчення будови, технічних можливостей, принципів дії, правил експлуатації, технічного обслуговування, транспортування й зберігання, а також обліку технічного стану і статистичних даних по відмовах апаратури.

Загальні вимоги до виконання електронних конструкторських та експлуатаційних документів виробів машинобудування й приладобудування визначаються міждержавними стандартами: 2.051- 2013, 2.052-2006, 2.053-2013, 2.511-2011, 2.610- 2006 [16].

Стандарт ASD S1000D (нова версія стандарту АЕСМА 1000D) [16] визначає вимоги до технічних публікацій на основі загальної вихідної бази даних. Він використовується при створенні експлуатаційної документації устаткування як цивільного, так і військового призначення. Аналіз використання стандарту показав, що його основні принципи застосовні також і до документації поза технічною тематикою.

На теперішній час наявність інтерактивної електронної технічної документації на виріб і каталогів запасних частин в електронній формі стають обов'язковою умовою виходу на міжнародні ринки й необхідною умовою конкурентоспроможності продукції. За необхідності, із загальної бази – напряду з віртуальної мережі – користувач може отримати інтерактивну електронну технічну документацію.

З поняттям інтерактивної електронної технічної документації в стандарті S1000D можна зіставити поняття «інтерактивні електронні технічні керівництва» (далі ІЕТК) у вітчизняній нормативній базі. За вітчизняним стандартам всі електронні технічні керівництва діляться на 5 класів [13; 16]:

1 клас – електронні технічні публікації, що являють собою набір зображень сторінок, які індексовані відповідно до змісту, переліком ілюстрацій, таблиць і т.д.

2 клас – лінійно-структуровані ІЕТК, складовими елементами яких є глави, розділи, абзаци, списки, таблиці, ілюстрації тощо. Ці елементи заздалегідь розміщені на сторінках відповідно до вимог систем виведення на друк. Зміст ІЕТК містить посилання на його розділи. Крім того, ІЕТК цього класу може містити перехресні посилання, що дозволяє здійснювати пошук даних.

3 клас – ІЕТК у вигляді сукупності взаємопов'язаних інформаційних об'єктів, що зберігаються в базі даних і мають ієрархічну структуру. Особливістю даного класу ІЕТК є неможливість перегляду та отримання паперової копії без попередньої обробки спеціальними програмно-апаратними засобами. Іншою особливістю даного класу ІЕТК є можливість його застосування у складі комплексу засобів інтегрованої логістичної підтримки в якості джерела і споживача технічних даних.

4 клас – інтегровані ІЕТК, що поєднують функціональність ІЕТК попередніх класів з можливістю прямої інтерфейсної взаємодії з програмно-апаратними засобами контролю та діагностики виробів. ІЕТК цього класу дозволяють аналізувати стан виробу в конкретній ситуації, в тому числі проводити операції пошуку відмов і несправностей у виробі, визначення причин збоїв, підбору запасних частин тощо.

5 клас – ІЕТК, що володіють основною функціональністю 3-го та/або 4-го класів і включають в себе засоби накопичення отриманих у процесі експлуатації технічних даних, їх аналізу та формування рекомендацій користувачам ІЕТК про переважний порядок обслуговування виробу і діагностики несправностей.

У цьому розділі також розглядаються існуючі на даний момент типи 3D-принтерів.

Виходячи з їх функціональних можливостей і областей застосування 3D-принтери можна розділити на три основні групи:

- домашні;
- професійні;
- виробничі (промислові).

Домашні 3D-принтери – бюджетні пристрої, які друкують пластиковою ниткою (найчастіше це термопластики ABS або PLA). Принцип їх роботи заснований на технології пошарового наплавлення – метод наплавлення матеріалу на столі 3D-принтера. Завдяки низькій вартості обладнання і матеріалів, пошарове наплавлення сьогодні – найпоширеніша технологія 3D-друку, за допомогою якої в побутових умовах виготовляють такі вироби, як сувеніри, прикраси та іграшки. Однак ця технологія використовується і в промислових установках для вирішення складних завдань прототипування і виробництва функціональних деталей.

Професійні 3D-принтери – адитивні установки більш високого класу, призначені для спеціалізованого використання на підприємствах. Вони особливо корисні на виробництвах, коли необхідно виготовити дрібносерійну продукцію або одиничні вироби складної геометрії високої якості. Професійні машини більш автономні в порівнянні з домашніми, але потребують контроль від оператора-фахівця.

До найскладніших і габаритних адитивних установок відносяться промислові 3D-принтери, створені для використання на великих виробництвах. Ці машини не тільки вимагають великих початкових вкладень, але і повинні задовольняти особливим умовам безпеки (зокрема, працювати в окремих приміщеннях, оснащених системами забезпечення). Виробничі принтери мають незаперечні переваги для впровадження в виробничий цикл підприємств – високу продуктивність, точність друку і стабільність роботи.

Основні технології промислової 3D-друку:

Пошарове наплавлення (Fused Deposition Modeling, FDM) – моделювання методом пошарового наплавлення, популярна технологія адитивного виробництва. Застосовується для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал, він нагрівається в друкуючій голівці до напіврідкого

стану і видавлюється у вигляді нитки через сопло з отвором малого діаметра, осідаючи на поверхні робочого столу (для першого шару) або на попередньому шарі, з'єднуючись з ним. Головка переміщається в горизонтальній площині і поступово «малює» потрібний шар – контури і заповнення між ними, після чого відбувається вертикальне переміщення на товщину шару і процес повторюється до тих пір, поки модель не буде побудована повністю.

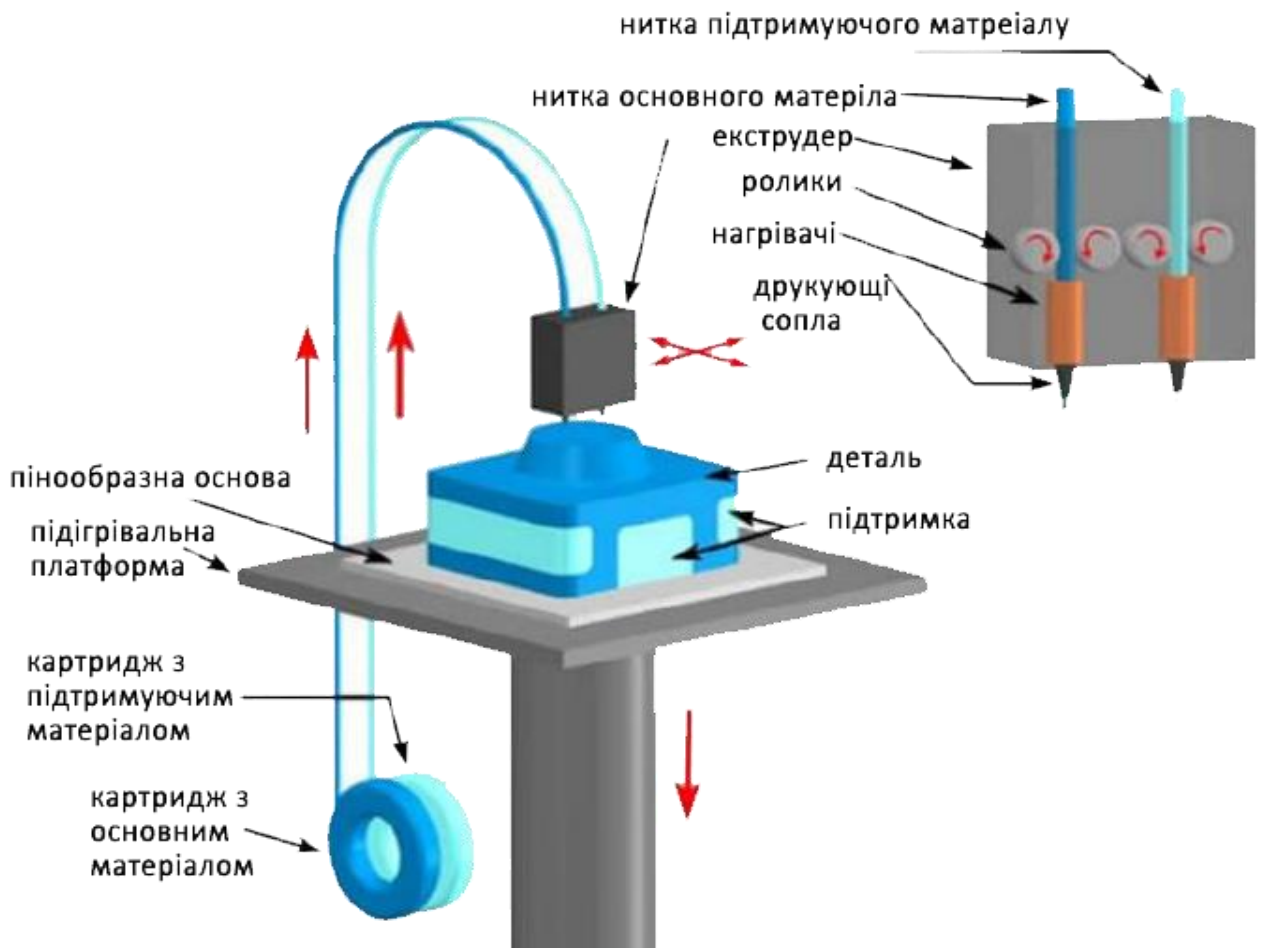


Рисунок 1.1 – Схема 3D-верстатів, що працюють за технологією пошарового наплавлення

Плюси:

- ціна як на самі принтери, так і на витратні матеріали не висока;
- дуже легко оснастити принтер другою друкуючою головою, яка може подавати нитку з легко видаляемого матеріалу для створення підтримок в складних моделях;
- добавивши барвник при виготовленні пластикова нитки, можна

отримувати різні, дуже яскраві кольори, сам матеріал нитки може мати найрізноманітніші властивості.

Мінуси:

- невисока швидкість роботи (але, власне, дуже вже високою швидкістю не можуть похвалитися й інші технології: для побудови великих і складних моделей потрібні багато годин і навіть десятки годин);

- невелика роздільна здатність як по горизонталі, так і по вертикалі, що призводить до більш-менш помітної шаруватості поверхні виготовленої моделі;

- проблеми з фіксацією моделі на робочому столі (перший шар повинен прилипнути до поверхні платформи, але так, щоб готову модель можна було зняти); їх намагаються вирішити різними способами – підігрівом робочого столу, нанесенням на нього різних покриттів, проте зовсім і завжди уникнути не виходить;

- для нависаючих елементів потрібне створення підтримки структур, які згодом доводиться видаляти, але навіть з урахуванням цього деякі моделі просто неможливо зробити на FDM-принтері за один цикл, і доводиться розбивати їх на деталі з подальшим з'єднанням склеюванням або іншим способом.

Стереолітографія (Stereolithography, SLA) – технологія тривимірного друку, при якій рідкий фотополімер під дією світлового випромінювання лазера змінює свої фізичні властивості і твердне, утворюючи тверду поверхню в точці проекції лазера.

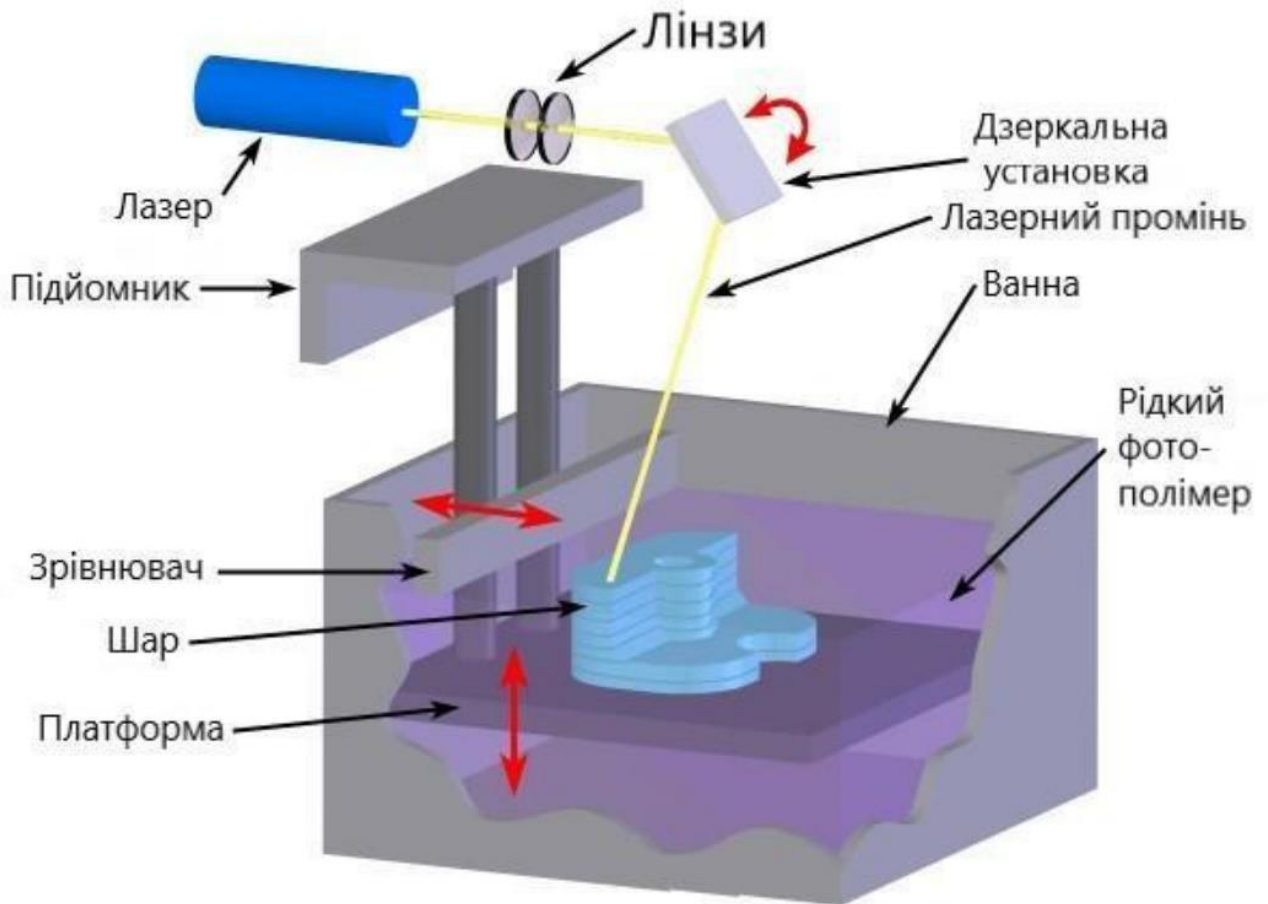


Рисунок 1.2 – Схема 3D-верстатів, що працюють за технологією стереолітографії.

Плюси технології:

- виходить дуже високий дозвіл друку, тобто досягається хороша точність при виготовленні, яка залежить від елеватора; по горизонталі точність залежить від фокусування лазерного променя; відповідно і якість поверхні без подальшої обробки виходить високим;
- отримують великі моделі, розміром до 150 см × 75 см × 55 см і вагою до 150 кг;
- міцність при механічному впливі досить висока, моделі можуть витримувати температуру до 100°C;
- відсутні обмеження по складності і наявності дрібних елементів;
- несуттєва кількість відходів;
- не має високих вимог до режиму обробки.

Мінуси:

- невеликий вибір матеріалу;
- відсутня кольоровий друк і поєднання різних матеріалів в циклі;
- невелика швидкість друку, максимум від 10 мм до 20 мм на годину по вертикалі;
- висока ціна принтера і витратних матеріалів;
- має великі габарити.

Селективне лазерне плавлення (Selective Laser Melting, SLM) – селективне лазерне плавлення металевих порошків за допомогою лазера. Цей метод має багато спільного з методом SLA, тільки замість рідини використовується порошок з діаметром частинок від 10 мкм до 100 мкм, тонкими рівномірними шарами розподіляється в горизонтальній площині, а потім лазерний промінь плавить (рисунок 1.3) ділянки, що підлягають затвердінню на даному шарі моделі.



Рисунок 1.3 – Схема установки для SLM

Плюси:

- широкий спектр матеріалів, придатних для використання;
- дозволяє створювати дуже складні моделі;
- швидкість в середньому вище, ніж у SLA, і може досягати від 30 мм до 40 мм на годину по вертикалі;
- може використовуватися не тільки для створення прототипів, але і для дрібносерійного виробництва, в т. ч. ювелірних виробів;

Мінуси:

- потрібний потужний лазер і герметична камера, в якій створюється середовище з малим вмістом кисню;
- максимальний дозвіл: мінімальна товщина шару від 0,1 мм до 0,15 мм (в залежності від матеріалу може бути і трохи менше 0,1 мм); по горизонталі точність визначається фокусуванням лазерного променя;
- потрібен довгий підготовчий етап для прогріву порошку, а потім потрібно чекати охолодження отриманого зразка, щоб можна було видалити залишки порошку;
- в більшості випадків потрібно фінішна обробка.

1.2 Порівняння середовищ для розробки програмних застосувань з доповненою реальністю

Людина отримує уявлення про навколишній простір за допомогою великого набору органів почуттів. Система доповненої реальності (далі ДР), будучи посередником між людиною і реальністю, повинна створювати сигнал для одного з таких органів. Таким чином, за типом подання інформації системи ДР бувають:

- візуальні. В їх основі лежить зорове сприйняття людини. Завдання таких систем – створити зображення, яке буде використано людиною. Оскільки зображення для людини є більш інформативним і зрозумілим, такий вид систем

є більш поширеним.

– аудіо. Такі системи орієнтовані на слухове сприйняття. Найчастіше такі системи використовуються в навігації. Наприклад, вони видають спеціальні сигнали, коли людина досягає певного місця [2]. Можливе використання стереоскопічного ефекту, що дозволяє людині йти в потрібному напрямку, орієнтуючись на джерело звуку. Прикладом такої системи є Hear & There [1].

– аудіовізуальні. Це комбінація двох попередніх типів, однак, аудіоінформація в них має лише допоміжний характер.

За ступенем мобільності системи ДР можна класифікувати як:

– стаціонарні – системи цього типу призначені для роботи в фіксованому місці; переміщення таких систем означає часткове або повне припинення їх працездатності.

– мобільні – системи цього типу можуть без проблем переміщатися; часто таке переміщення і лежить в основі виконуваної ними функції.

Зробимо огляд систем для реалізації мобільних застосунків з доповненою реальністю.

OpenCV – бібліотека алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом. Реалізована на C / C ++, також розробляється для Python, Java, Ruby, Matlab, Lua та інших мов. Може вільно використовуватися в академічних і комерційних цілях – поширюється в умовах ліцензії BSD.

ARToolkit – це бібліотека комп'ютерного стеження для створення застосунків з ДР. Для цього вона використовує можливості відео спостереження, розрахунок реального стану і орієнтації камери по відношенню до квадратного фізичного маркера в режимі реального часу. Коли реальний стан камери відомо – віртуальна камера може бути розташована в тій же точці і 3D-модель накладається на реальний маркер. Так ARToolKit вирішує дві ключові проблеми в ДР: відстеження точки зору і віртуальна взаємодія об'єктів.

Metaio SDK – готова бібліотека для створення мобільних застосунків доповненої реальності. Використовує OpenGL використовує SLAM методи для більш точної роботи.

String – бібліотека для створення мобільних застосунків орієнтована на iOS пристрою.

Vuforia SDK – це програмне забезпечення для мобільних пристроїв, яке дозволяє створювати застосунки ДР. Воно використовує технологію комп'ютерного зору для того, щоб розпізнавати і відстежувати плоскі зображень і прості 3D-об'єкти в режимі реального часу. Ця можливість реєстрації зображень дозволяє визначати розташування і орієнтації віртуальних об'єктів, таких як 3D-моделі, в реальному світу, коли вони розглядаються через камеру мобільного пристрою. Положення і орієнтація віртуального об'єкта відстежується в реальному часі, так що точки зору глядача на об'єкт співвідноситься з їх точкою зору на зображення, так що здається, що віртуальний об'єкт є частиною реальної сцени світу.

EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder використовує ДР для оптимізації виробництва і обслуговування промислових процесів і обладнання шляхом пошуку з розпізнаванням попередньо завантажених зображень (сцен) з відео, що надходять з камери телефону. Інструмент дозволяє перевірити настройки, проаналізувати стан або вивчити документацію на будь-яке обладнання в режимі реального часу, забезпечуючи миттєвий доступ до необхідної інформації для операторів і технічних фахівців. За рахунок цього EcoStruxure Augmented Operator Advisor допомагає підвищити ефективність виробничих процесів і скоротити операційні витрати. EcoStruxure Augmented Operator Advisor можна використовувати в різних ситуаціях. Оператор просто наводить камеру планшета або телефону з встановленим застосунком на обладнання і отримує необхідну інформацію про його роботу в режимі реального часу.

Таблиця 1.1 - Таблиця альтернатив і критеріїв

Системи	Критерії порівняння			
	Кросплатформеність	Підтримка різних мов програмування	Наявність документації та літератури	Тип ліцензії
OpenCV	iOS, PC, Android, Linux	C/C ++, Python, Java, Ruby, Matlab, Lua	Багато	Ліцензії на програмне забезпечення
ARToolKit	iOS, Android, Unity	Java, Objective-C	Багато	Безкоштовний + комерційний варіант SDK
Metaio SDK	iOS, Android, Unity, WEB	Java, Objective-C, .Net	Мало	Безкоштовний + комерційний варіант SDK
String	iOS, Unity	Objective-C, .Net	Мало	Безкоштовний + комерційний варіант SDK
Vuforia	iOS, Android, Unity	C ++, Java, Objective-C, .Net	Достатньо	Безкоштовний + комерційний варіант SDK
EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder	iOS, Android, Windows, WEB	JavaScript, Python	Достатньо	Безкоштовний + комерційна ліцензія

Огляд альтернатив з урахуванням найбільш важливих критеріїв показав, що найоптимальнішими універсальними фреймворками для реалізації мобільних застосунків з доповненою реальністю є Vuforia та EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder. Вони мають безкоштовні бібліотеки, які постійно модернізується, що дозволяє працювати як з нативними застосунками, так і створювати кросплатформені застосунки. Vuforia працює за допомогою спеціального ігрового движка Unity, а EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder за допомогою Node-RED.

1.3 Вибір засобів розробки

Для створення ІЕД з ДР для 3D-принтера проаналізуємо універсальні інструменти розробки Unity та Node-Red. Обидва середовища для розробки ДР дозволяють імпортувати власний контент в мобільний застосунок.

Unity – більше, ніж движок, це середовище для розробки комп'ютерних ігор, в якій об'єднані різні програмні засоби, що використовуються при створенні програмних засобів – текстовий редактор, компілятор, відладчик і так далі. При цьому, завдяки зручності використання, Unity робить створення застосунків максимально простим і комфортним, а мультиплатформеність движка дозволяє охопити якомога більшу кількість ігрових платформ і операційних систем. Unity дозволяє імпортувати та збирати активи, писати код для взаємодії з об'єктами, створювати або імпортувати анімацію для використання з розширеною системою анімації та багато іншого.

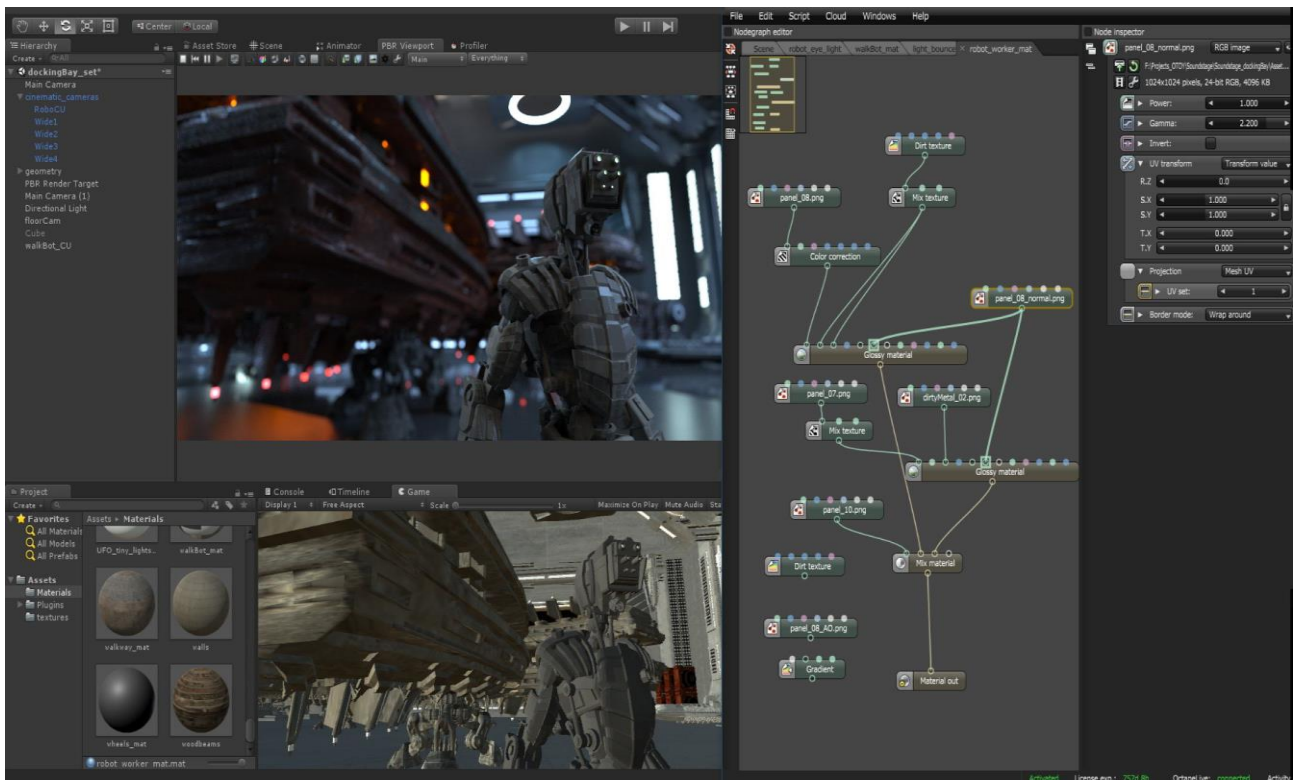


Рисунок 1.4 – Робоче вікно середовища для розробки Unity

Node-RED – це інструмент програмування для з'єднання апаратних пристроїв, API та Інтернет-служб новими та цікавими способами [20].

Node-RED забезпечує редактор потоків на основі браузера, який спрощує з'єднання потоків за допомогою широкого діапазону вузлів у палітрі. Потоки можна розгорнути в середовищі виконання одним клацанням миші. Node-RED використовує попередньо запрограмовані багаторазові блоки коду, які називаються вузлами.

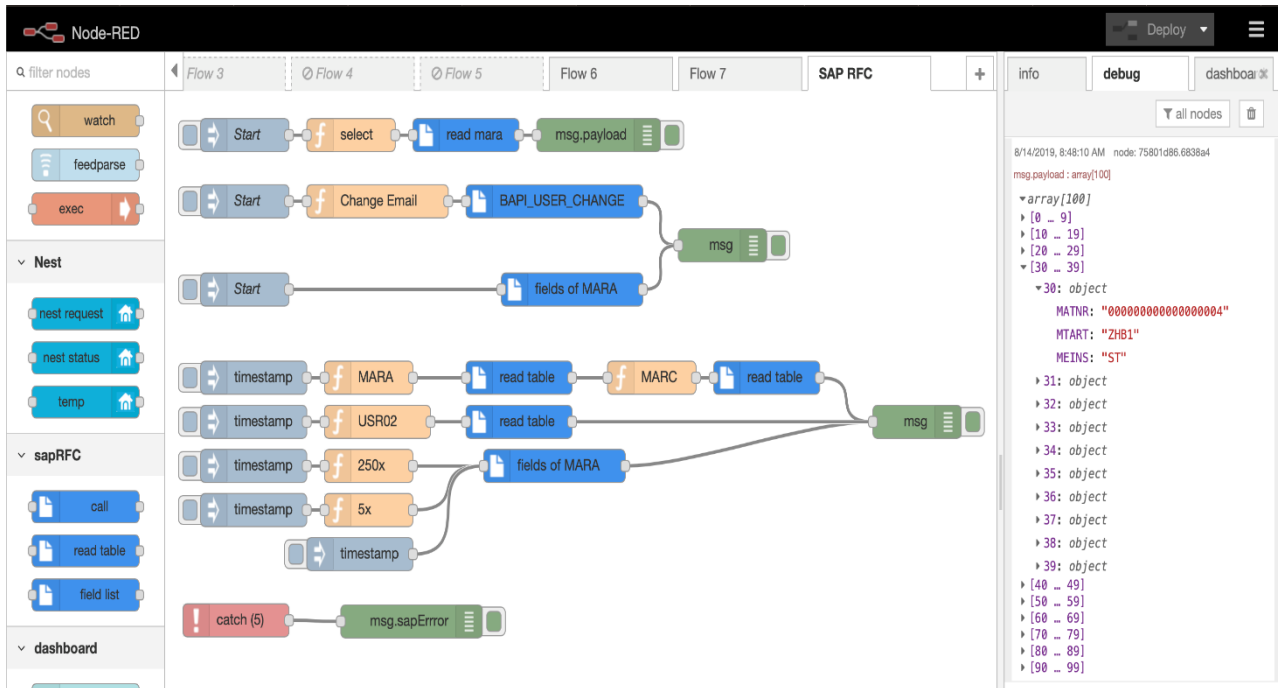


Рисунок 1.5 – Робоче вікно EcoStruxure Augmented Operator Advisor App

Редактор Unity міжплатформене середовище розробки ігор з ДР, коли інструмент програмування Node-RED призначений для створення ІЕД з ДР. Мова, що використовується в Unity, називається С# , щоб його використовувати потрібно бути просунутим програмістом. Node-RED використовує потокове програмування – цю модель легко уявити візуально, а значить, вона доступна тим, у кого немає глибоких пізнань в програмуванні. Підводячи підсумок вищесказаного – доцільніше використовувати Node-RED.

1.4 Постановка технічного завдання

Технологія ДР з кожним днем стає все більш і більш популярною і все частіше використовуються в різних областях. Ця технологія має великий потенціал і тому вона активно розвивається. Сервісні інженери, що працюють з програмами на планшетних пристроях, виграють від навчального формату, який краще готує їх до реальних завдань з обслуговування та обслуговування на місцях. Ще однією перевагою заміни тексту ДР є те, що навчання стає більш незалежним від вимог місцевої мови.

Працюючи з обладнанням на місці, працівник може надалі використовувати посібники на основі ДР замість друкованих довідників. Сервісні інженери по всьому світу краще обладнані для обслуговування та обслуговування модулів на місцях.

Зазначені обставини визначають актуальність і практичну значимість даної роботи.

В даний час 50% часу, що витрачається на технічне обслуговування, включає в себе пошук інформації, а решту 50% на фактичне втручання в роботу обладнання. Впровадження цифрових технологій та розробка мобільного застосунок для системи інтерактивного електронного технічного керівництва на базі платформи Android для 3D-принтерів забезпечить підвищення ефективності. Мета – розробка системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D-принтерів.

Для досягнення поставленої мети необхідне рішення наступних завдань:

- аналіз можливостей середовища для створення ІЕД з ДР;
- дослідження вимог до експлуатаційної документації та особливостей функціонування 3D-принтерів;
- розробка архітектури програмного забезпечення;
- реалізація компонентів системи ІЕД з ДР для 3D-принтера;
- тестування мобільного застосунку.

2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ІНТЕРАКТИВНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

2.1 Опис конструкції принтера та експлуатаційної документації

3D-принтер - це периферійний пристрій, що здійснює 3D-друк методом пошарового формування фізичного об'єкта за заданою цифровою 3D-моделлю.

Для того щоб уявити типову конструкцію 3D-принтера розглянемо 3D-принтер Profi+ midi.

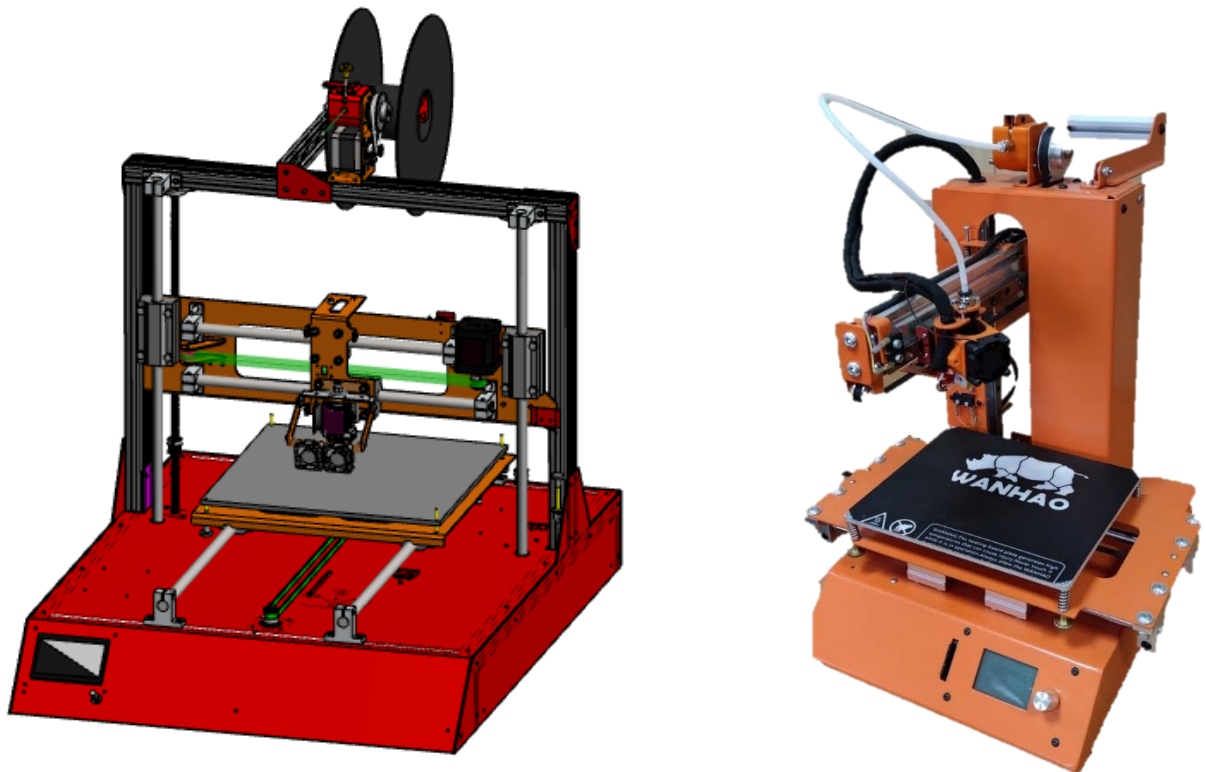


Рисунок 2.1 – Конструкція 3D-принтера друкуюча за методом пошарового наплавлення (FDM).

Базова конструкція 3D-принтера:

- корпус – грає роль скелета для монтажу конструкційних елементів;
- напрямні – здійснюють порівняно вільне переміщення друкуючої головки в заданому просторі;
- друкуюча головка – група частин, яка виконує подачу, нагрів і

витіснення витратного матеріалу через сопло на робочу поверхню;

– крокові двигуни – елементи конструкції 3D-принтера, що відповідають за рівномірне переміщення друкуючої головки в заданому просторі;

– робочий стіл – будівельна платформа 3D-принтера, на якій і здійснюється безпосереднє створення тривимірного об'єкту;

– електроніка – набір елементів, який відповідає за управління та координацію дій принтера в процесі друку.

Процес 3D-друку:

Нитка (філамент) надходить в друкувальну голівку (екструдер), після чого здійснюється розігрів нитки до її рідкого стану. Далі отримана маса видавлюється через сопло екструдера. При цьому крокові двигуни за допомогою зубчастих ременів надають руху Екструдер, який переміщається по напрямних в заданому напрямку і завдає пластик на платформу шар за шаром згідно заданої моделі.

Таблиця 2.1 – Можливості несправності і методи їх усунення

№ з/п	Несправність	Причина	Методи усунення
1.	Друкується модель не тримається на столі	Недостатня температура столу	Збільшити температуру
		Забрудненість столу	Очистити стіл
		При друку пластиком ABS включений вентилятор обдування моделі	Вимкнути вентилятор
2.	Немає подачі пластикової нитки	Низька температура екструдера	Збільшити температуру
		Забруднення екструдера	Прочистіть екструдер

Продовження таблиці 2.1			
		Невеликий зазор між екструдером і столом	Збільшити зазор
3.	Нерівномірність друку першого шару моделі (товщина шару)	Неправильна регулювання столу	Відрегулювати стіл

2.2 Аналіз можливостей Node-RED для забезпечення комунікацій апаратного та програмного забезпечення

Node-RED – це інструмент програмування на основі потоку, спочатку розроблений командою IBM Emerging Technology Services і в даний час є частиною JS Foundation [21].

Node-RED складається з середовища виконання на основі Node.js, на яку вказуємо веб-браузер для доступу до редактора потоку. У браузері створюємо додаток, перетягуючи вузли з палітри в робочу область і починаємо пов'язувати їх разом. Одним клацанням миші додаток розгортається назад в середу виконання, де воно було запущено. У верхній частині робочого простору є ряд вкладок, по одному для кожного потоку і всіх відкритих підпотоків.

Вбудована бібліотека дозволяє зберігати корисні функції, шаблони або потоки для повторного використання. Функції JavaScript можна створювати в редакторі за допомогою редактора багатofункціонального тексту.

Інтегрований з програмним забезпеченням Runtime. Може відправляти і отримувати дані практично з будь-якого інтелектуального пристрою, баз даних і API-інтерфейсів за допомогою вузлів.

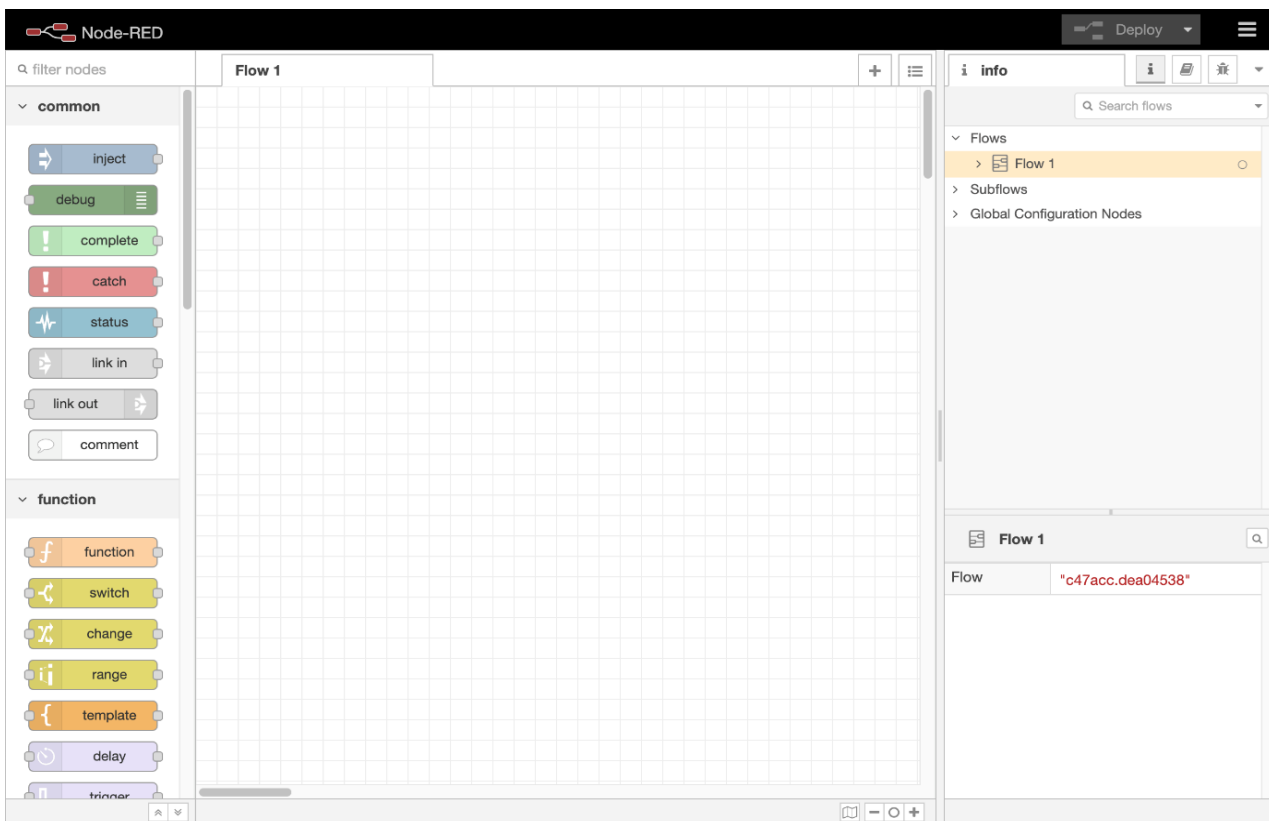


Рисунок 2.2 – Вікно редактора Node-red

Потік представлений у вигляді вкладки в робочій області редактора і є основним способом організації вузлів.



Рисунок 2.3 – Вкладка потоку

Вузли з'єднуються проводами через їх порти. Вузол може мати максимум один вхідний порт і кілька вихідних портів. Порт може мати мітку, яка відображається при наведенні на нього покажчика миші. Деякі вузли відображають повідомлення про стан і значок під вузлом. Це використовується для позначення робочого стану вузла.

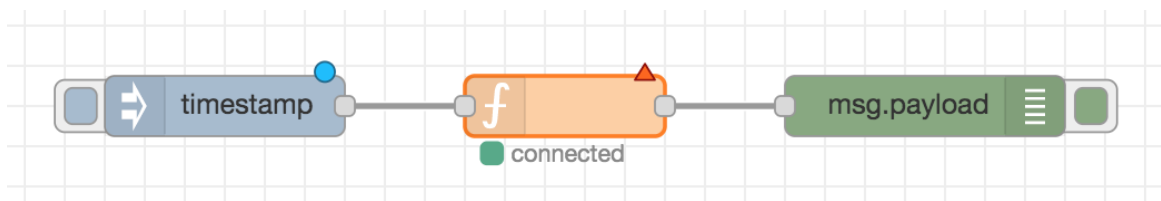


Рисунок 2.4 – Елементи вузла

Якщо на вузлі є нерозгорнуті зміни, над ним відображається блакитний кружок. Якщо в його конфігурації є помилки, він відображає червоний трикутник.

Деякі вузли містять кнопку на лівому або правому краю. Вони дозволяють деякий взаємодія з вузлом з редактора. Вузли Inject і Debug – єдині основні вузли, у яких є кнопки.

Вузли з'єднуються між собою шляхом натискання лівої кнопки миші на порту вузла, перетягування на цільовий вузол і відпускання кнопки миші.

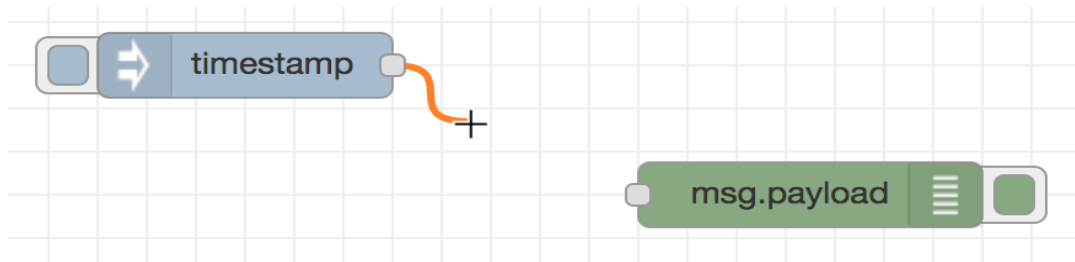


Рисунок 2.5 – Вузли проводки

Підпотоки – це набір вузлів, які згорнуті в один вузол в робочій області.

Їх можна використовувати для зменшення деякої візуальної складності потоку або для упаковки групи вузлів у вигляді багаторазового потоку, використовуюваного в декількох місцях.

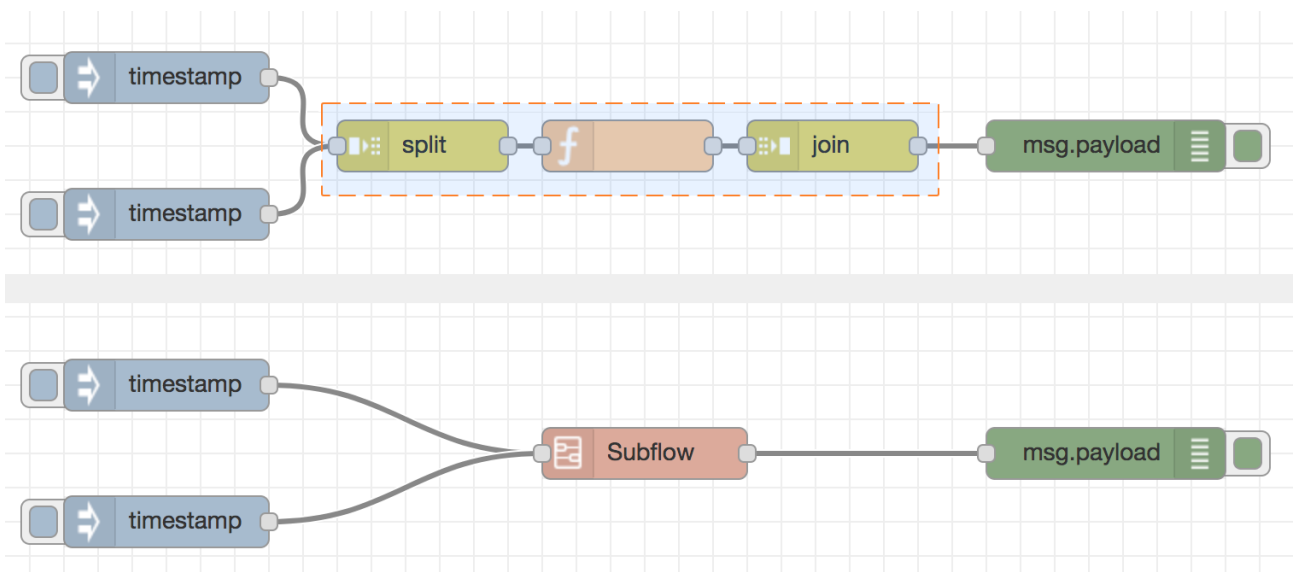


Рисунок 2.6 – Створення підпотоків

Палітра містить всі вузли, які встановлені і доступні для використання. Вони розділені на кілька категорій з входами, виходами і функціями вгорі. Якщо є які-небудь підпотоків, вони відображаються в категорії у верхній частині палітри. Категорії можна розгорнути або згорнути, клацнувши заголовок.

Бічна панель містить панелі, які надають ряд корисних інструментів в редакторі.

- деталі – перегляд інформації про вузли та їх допомоги;
- налагодження – перегляд повідомлень, переданих вузлів налагодження;
- вузли конфігурації – управління вузлами конфігурації;
- дані контексту – перегляд вмісту контексту.

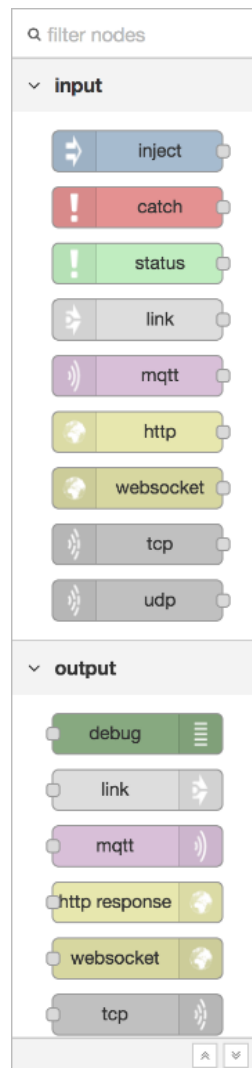


Рисунок 2.7 – Палітра

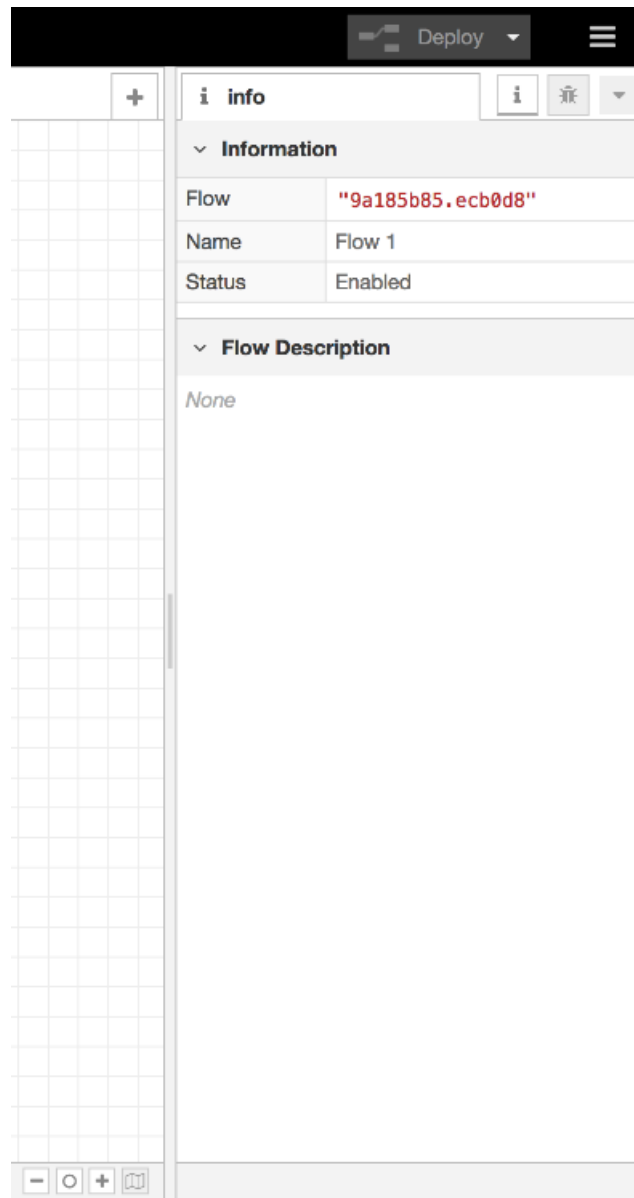


Рисунок 2.8 – Бічна панель редактора

2.3 Розробка архітектури застосунку

Згідно енциклопедії «Вікіпедія», архітектура програмного забезпечення – це представлення системи програмного забезпечення, що дає інформацію про компоненти складають систему, про взаємозв'язки між цими компонентами і правилах, що регламентують ці взаємозв'язки, яке призначене для ефективної розробки проєкту такої системи.

Для функціонування даного мобільного застосунку необхідний модуль –

камера. Компонент камери потрібен для фіксування сцени. Кадр з камери мобільного телефону автоматично конвертується в апаратно-залежний формат і задає потрібний розмір зображення. Контент камери порівнює його з базою даних програми фото. Виявленні фото порівнюють різницю рівнів сірого з еталонною фотографією. Реальність і зображення повинні збігатися приблизно на 90%, тоді виявлення буде. Чим більше дозвіл фотографії, тим краще.

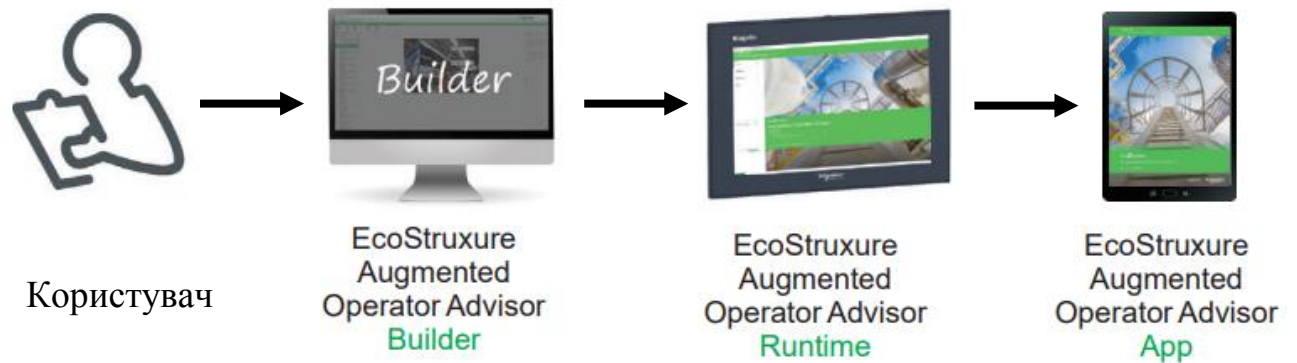


Рисунок 2.9 – Структура роботи з програмним пакетом EcoStruxure Augmented Operator Advisor

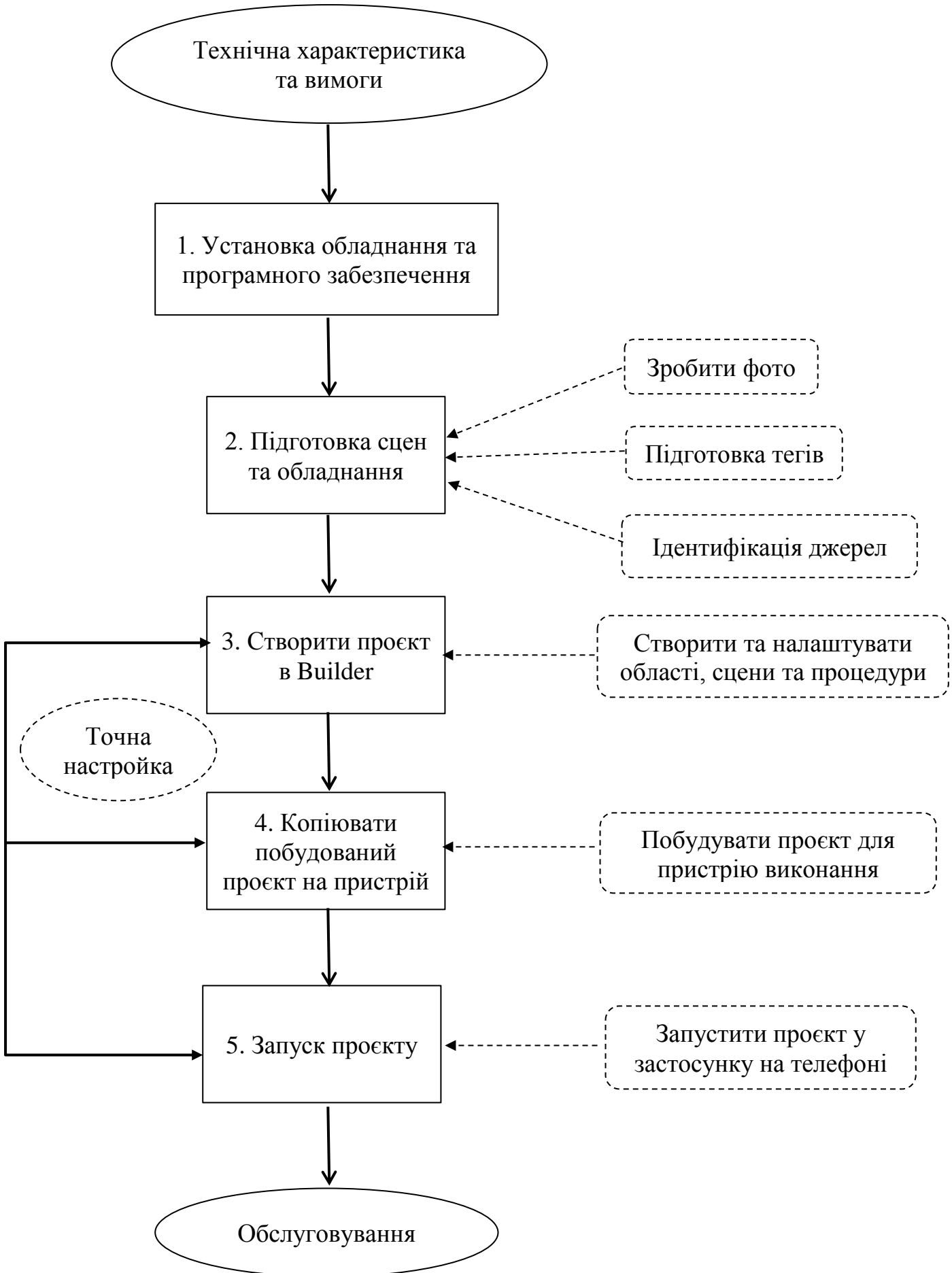


Рисунок 2.10 – Методика створення мобільного застосунку

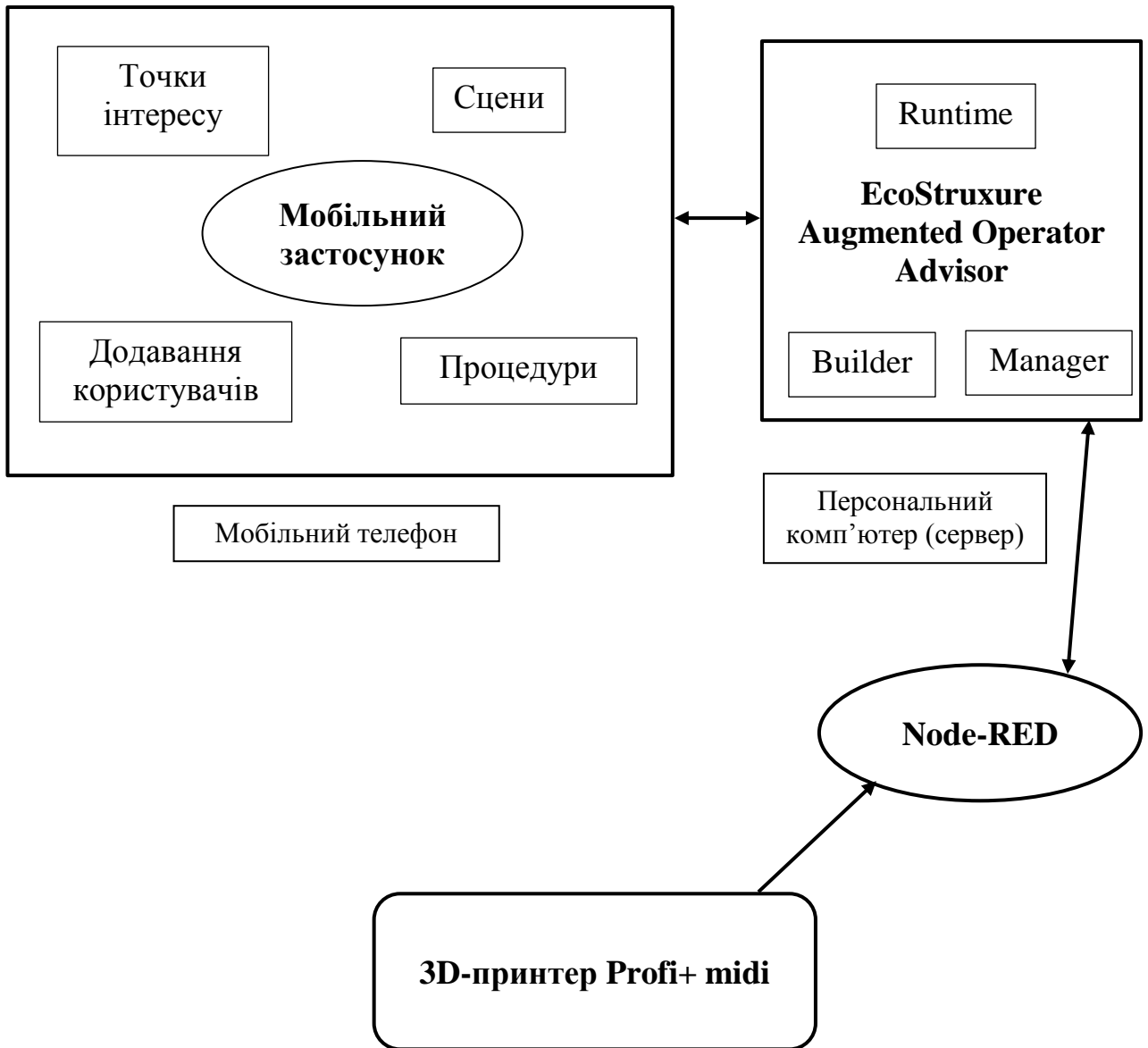


Рисунок 2.11 – Архітектура застосунку

3 РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ

3.1 Реалізація основної сцени

Мобільний застосунок розробляється для мобільних пристроїв під управління операційної системи Android. Для розробки використовується Node-RED і програмне забезпечення EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder.

Програмний пакет складається з декількох частин:

- EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder (веб-застосунок для розробки)
- EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime (компонент для запуску проєкту на сервері)
- EcoStruxure Augmented Operator Advisor Manager (інструмент для управління користувачами)
- EcoStruxure Augmented Operator Advisor App (застосунок для мобільного телефону)

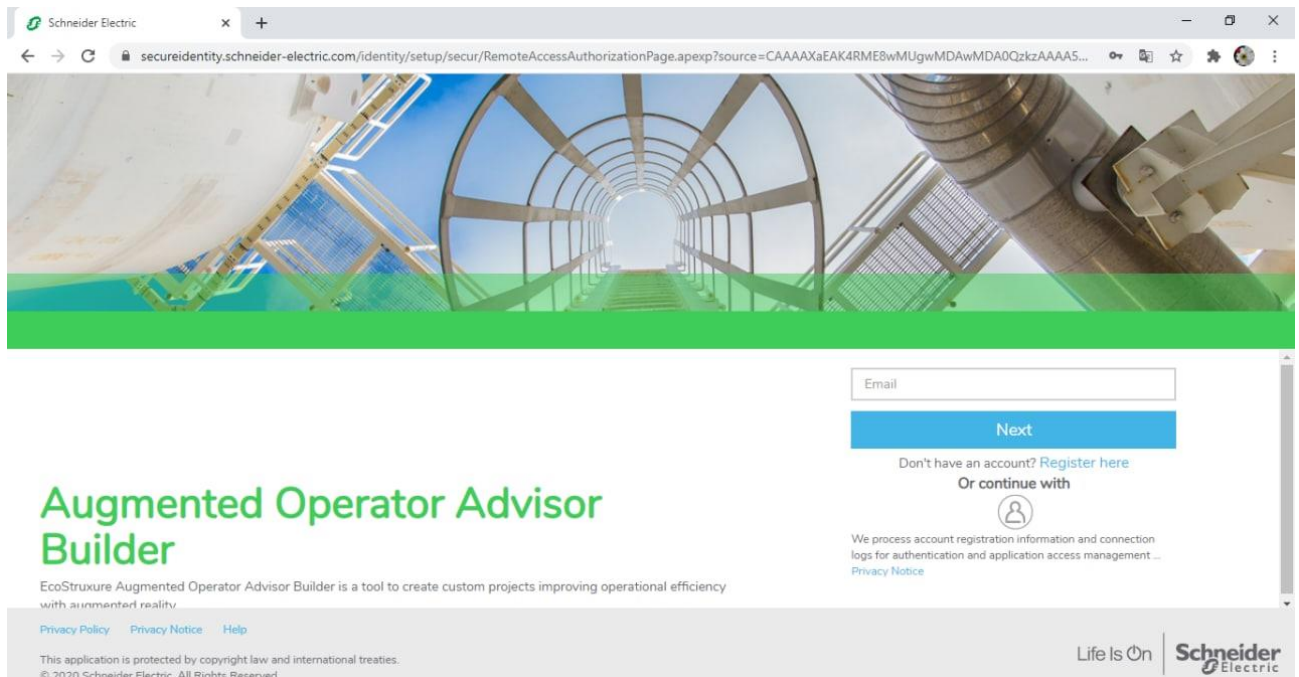


Рисунок 3.1 – Веб-застосунок для створення проєкту

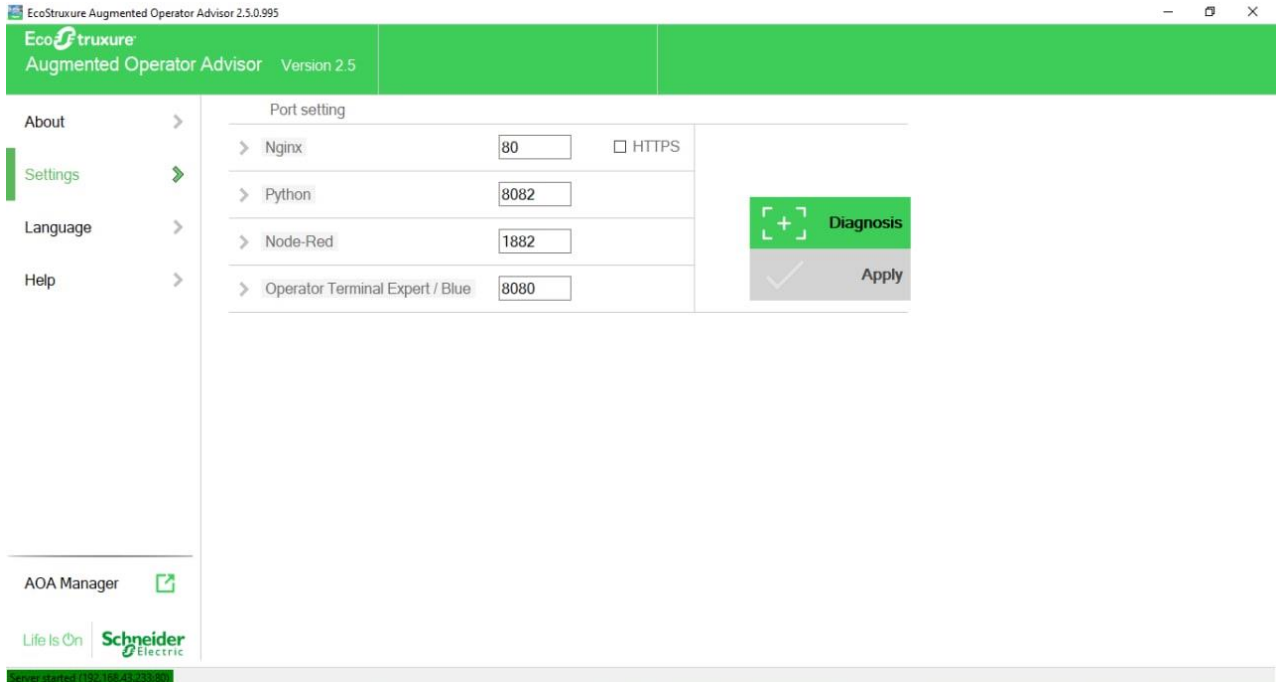


Рисунок 3.2 – Робоче вікно програми EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime

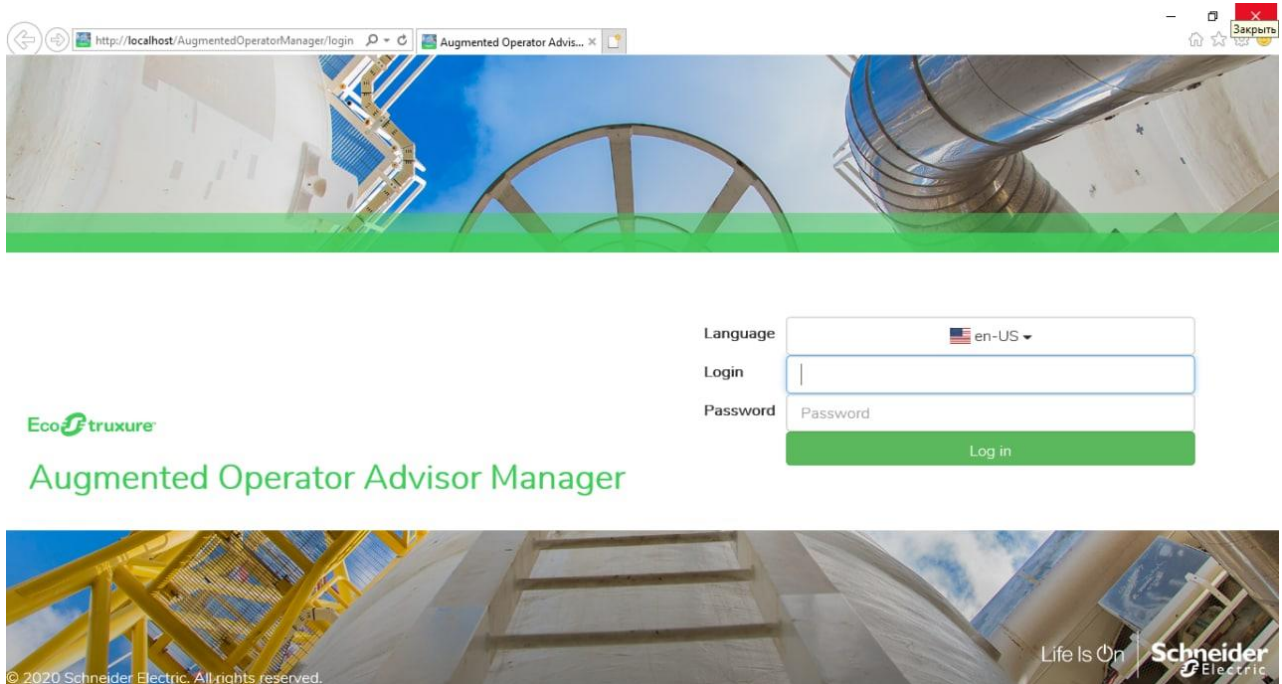


Рисунок 3.3 – Інструмент для управління користувачами



Augmented Operator Advisor

Schneider Electric SE

Рисунок 3.4 – Мобільний застосунок EcoStruxure Augmented Operator Advisor App

Перед використанням EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder треба виконати аналіз технічних засобів, на яких буде розгорнуто EcoStruxure Augmented Operator Advisor. Визначити, чи використовувати фотографії або теги для розпізнавання зображень.

У кожній Area містяться змінні, документи, зовнішні застосунки і віддалені експерти. Areas також містить сцени, тригери і процедури.

Сцени являють собою фізичну сцену, на яку можна накласти точки інтересу:

- підсцени;
- текст;
- список;
- змінні;
- рисунок.

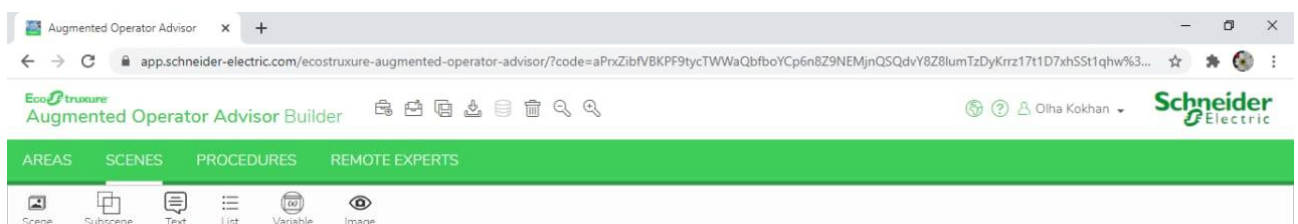
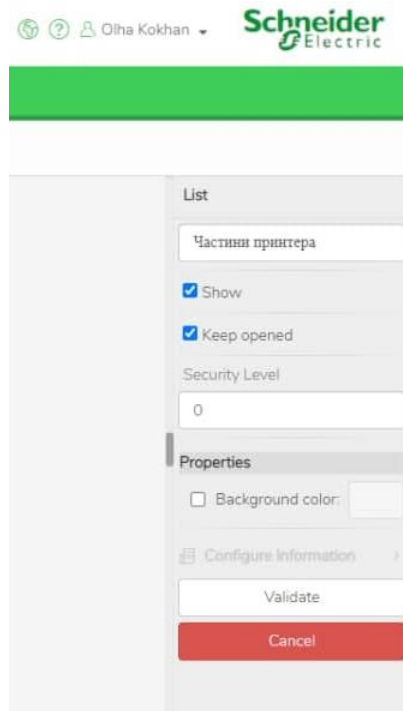


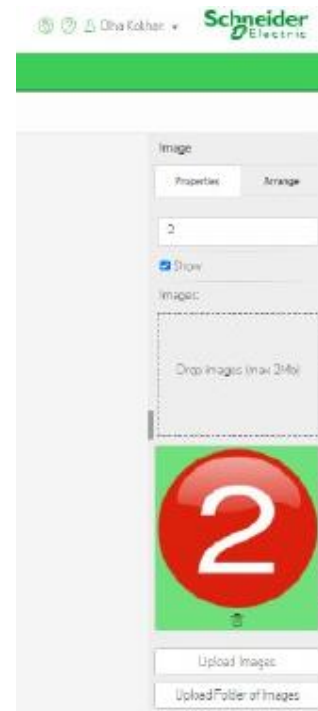
Рисунок 3.5 – Сцени в EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder

В сцені додаємо фото 3D-принтера. На цю сцену перетягуємо точку інтересу список та зображення. Точка інтересу - це позиція в сцені або підсцені, для якої доступна додаткова діагностична або технічна інформація. В вікні

списку вказуємо номер та назви частин принтера. На зображеннях відображаються цифри.



а) список



б) зображення

Рисунок 3.6 – Додавання точки інтересу список (а) та зображення (б)

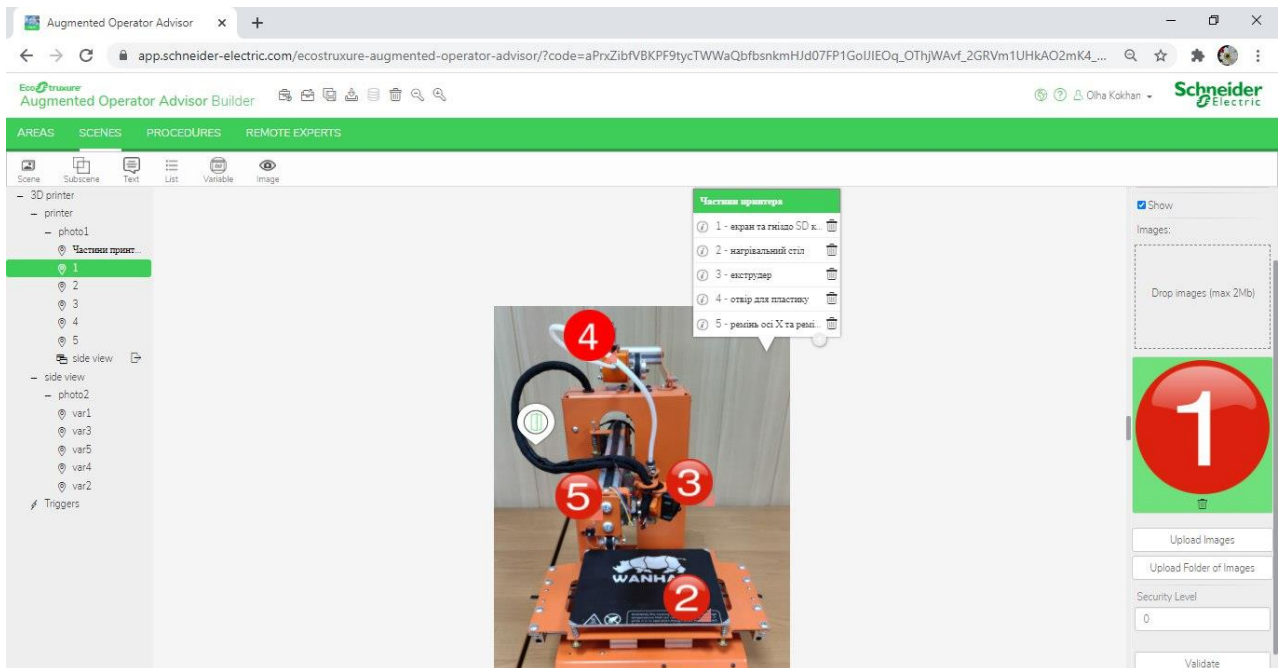


Рисунок 3.7 – Вигляд головної сцени в Builder

Для того щоб додати підсцену треба перетягнути на головну сцену точку інтересу підсцени та додати в неї зображення. Підсцена - це зображення, накладене на основне зображення, що використовується для доступу до більш докладної інформації про конкретну області сцени

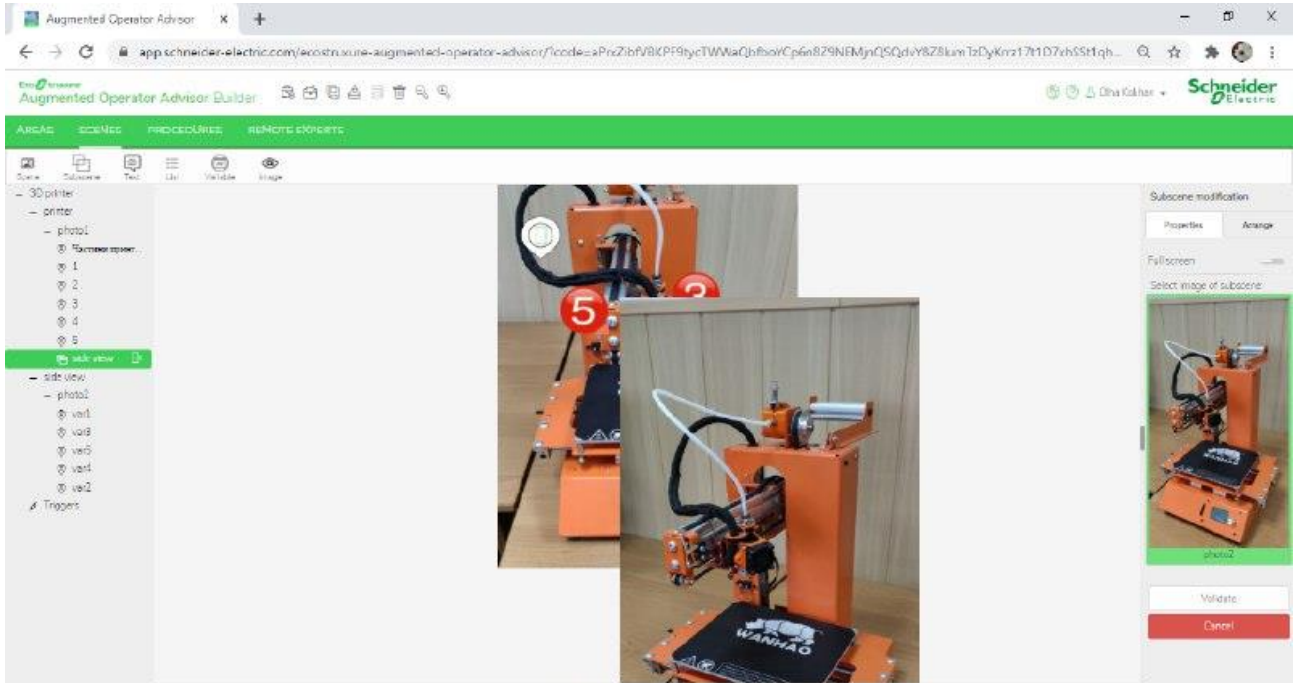


Рисунок 3.8 – Додавання підсцени в Builder

На нову сцену додаємо точки інтересу змінні (відображають значення змінної процесу в реальному часі). В мобільному застосунку будуть відображатися данні з програмного забезпечення Node-RED.

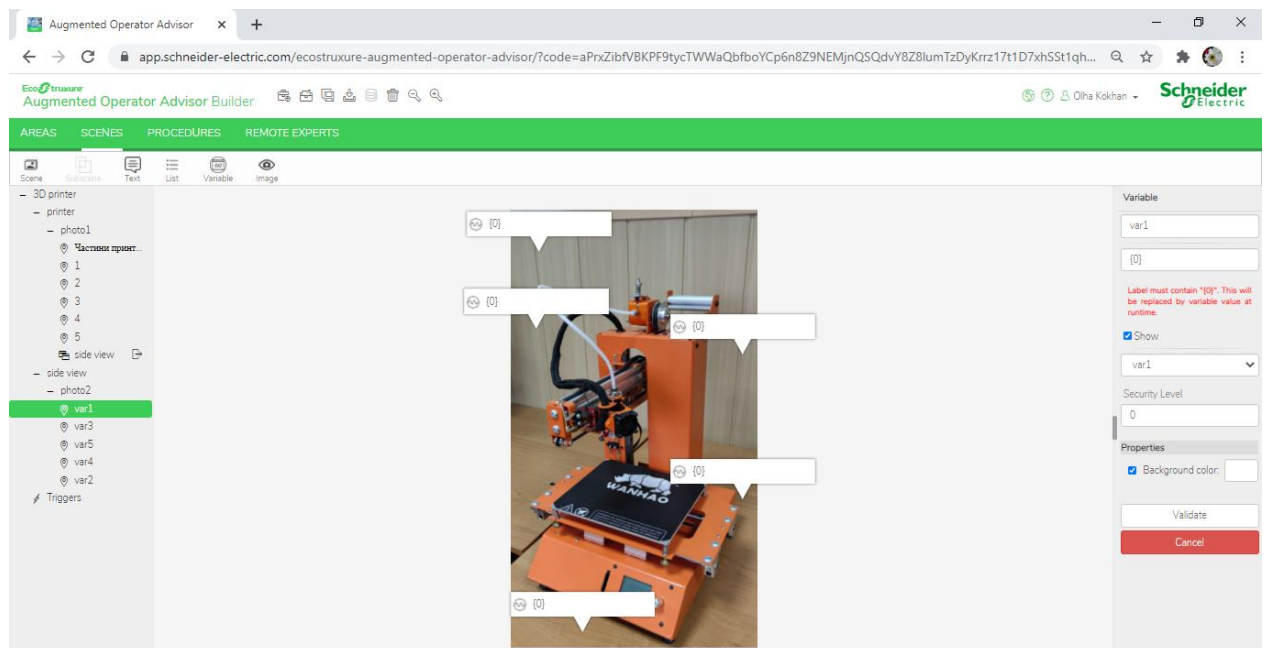


Рисунок 3.9 – Точки інтересу в під сцені в Builder

3.2 Реалізація процедури

Процедури - це набори кроків, які користувач застосунка повинен виконати для виконання завдання.

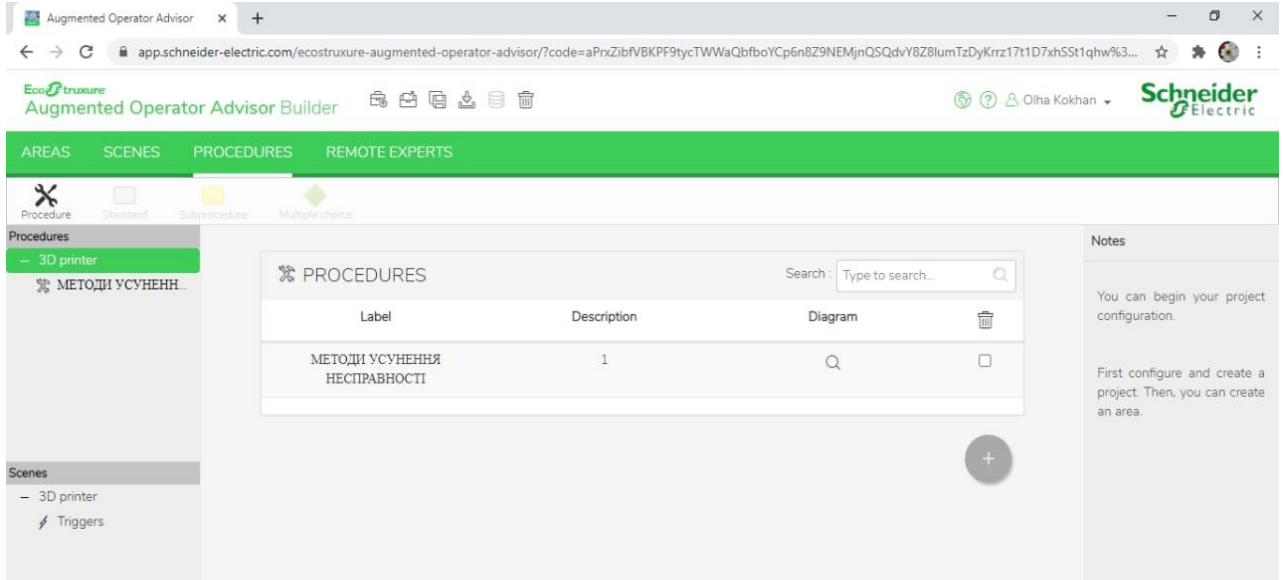


Рисунок 3.10 – Вікно процедур в Builder

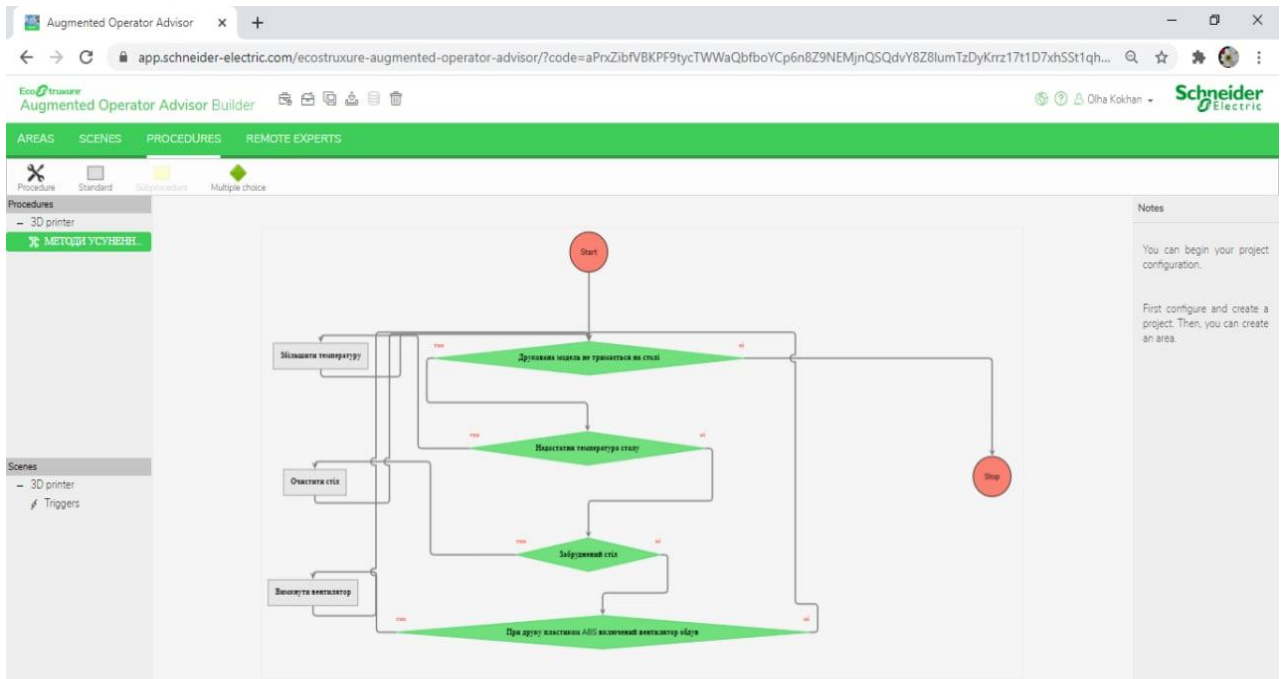


Рисунок 3.11– Схема побудови процедури

3.3 Створення проєкту

Після завершення визначення сцен і точок інтересу можемо зібрати проєкт. Для цього на верхній панелі треба натиснути кнопку створити проєкт.

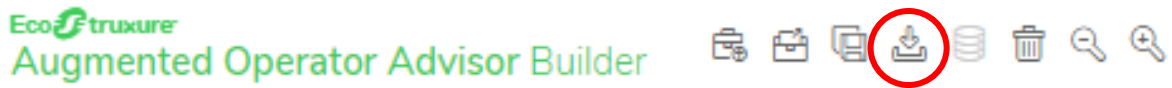


Рисунок 3.12 – Видгляд кнопки створити проєкт

Після завершення створення проєкту необхідно завантажити його на комп'ютер.

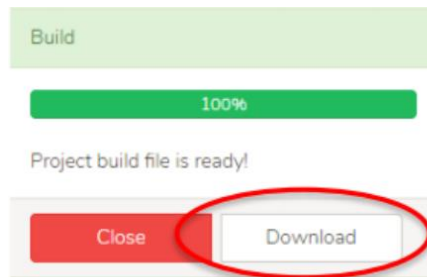


Рисунок 3.13 – Видгляд кнопки для зберігання проєкту

Створюється файл .zip, який містить всі дані проєкту. Вміст цього файлу .zip буде розгорнуто на пристрої рантайм або локально на мобільний телефон.

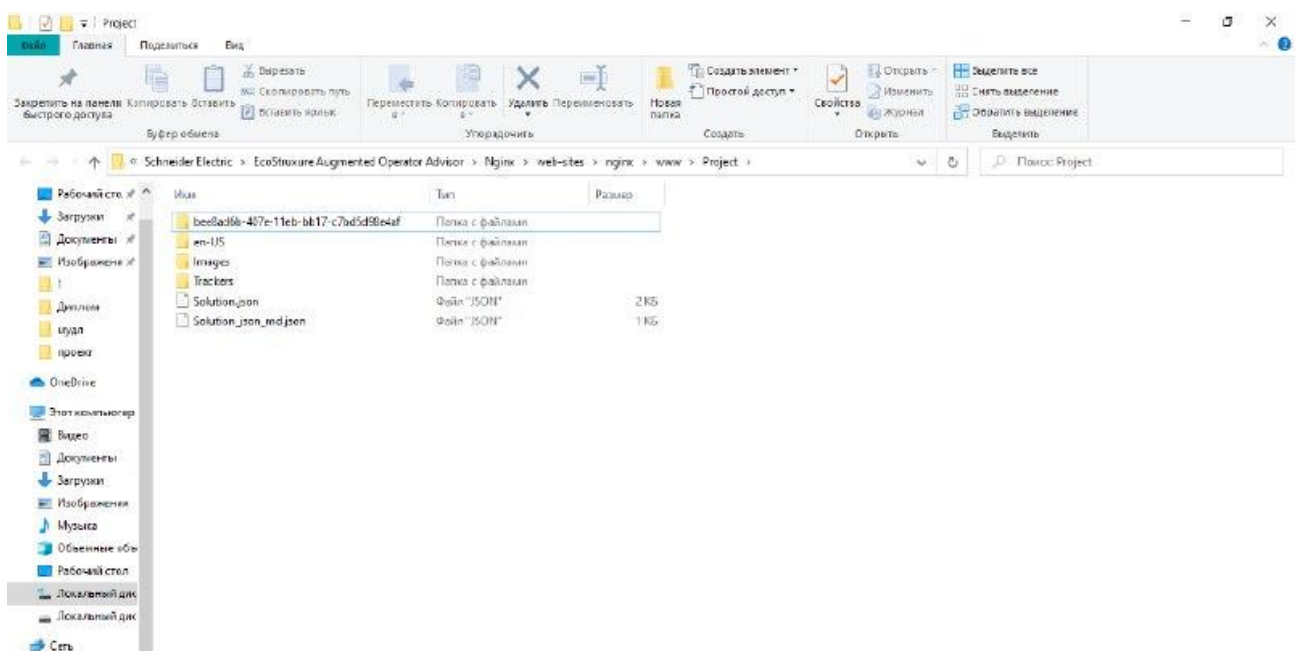


Рисунок 3.14 – Вікно розгорнутого файлу .zip на комп'ютері

3.4 Розробка інтерфейсу програмного та апаратного забезпечення

На комп'ютері запускаємо компонент для запуску проєкту на сервері (Рис. 3.2) та переходимо в EcoStruxure Augmented Operator Advisor Manager. Він запускається з призначеного для користувача інтерфейсу середовища виконання. Використовується для:

- управління обліковими даними користувачів;
- перегляду списку всіх процедур, які виконуються операторами;
- перегляду список всіх нотаток в сценах, створених операторами;
- активації та редагування Node-RED.

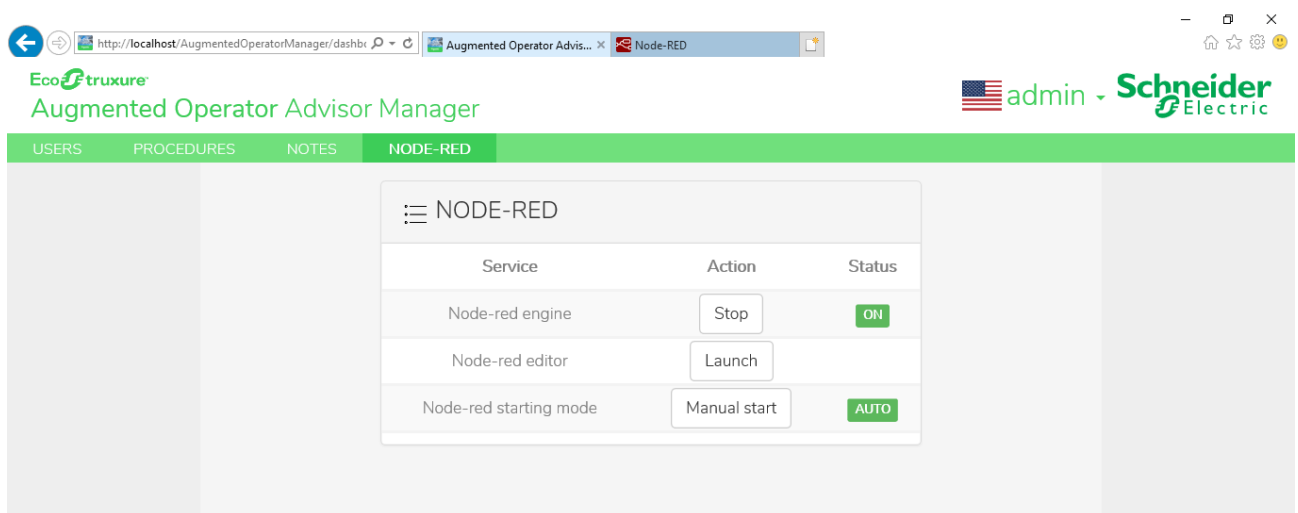


Рисунок 3.15 – Вікно вкладки Node-Red в EcoStruxure Augmented Operator Advisor Manager

За допомогою інструмента програмування на основі потоку який має доступ через браузер до інструментів управління середовищем виконання створюємо потік, який в повній мірі використовує його неблокуючу модель, керовану подіями.

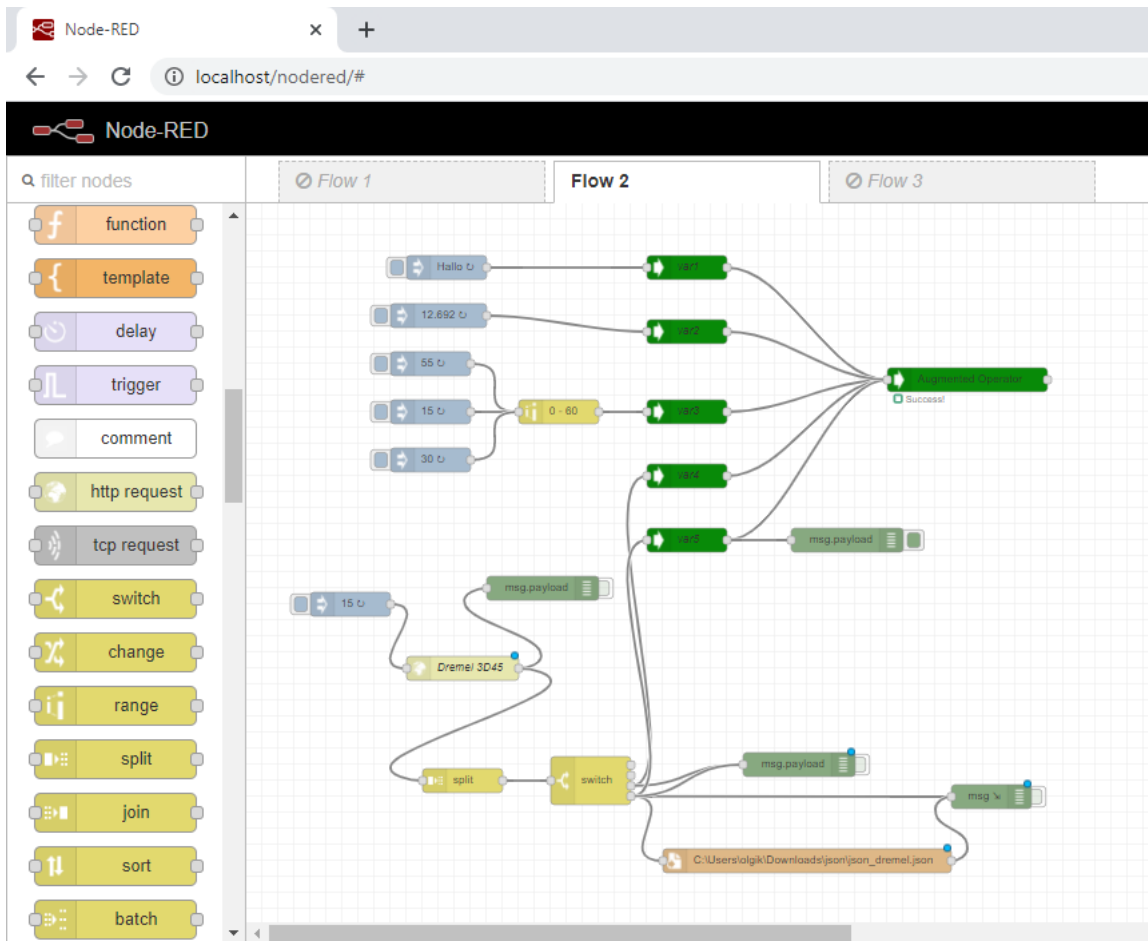


Рисунок 3.16 – Робоче вікно Node-Red

Вузол «Ввести» можна використовувати для ручного запуску потоку, натиснувши кнопку вузла в редакторі. Його також можна використовувати для автоматичного запуску потоків через рівні проміжки часу. Для повідомлення, що відправляємо вузлом «Ввести» задаємо властивості різних типів, таких як: рядок та число.

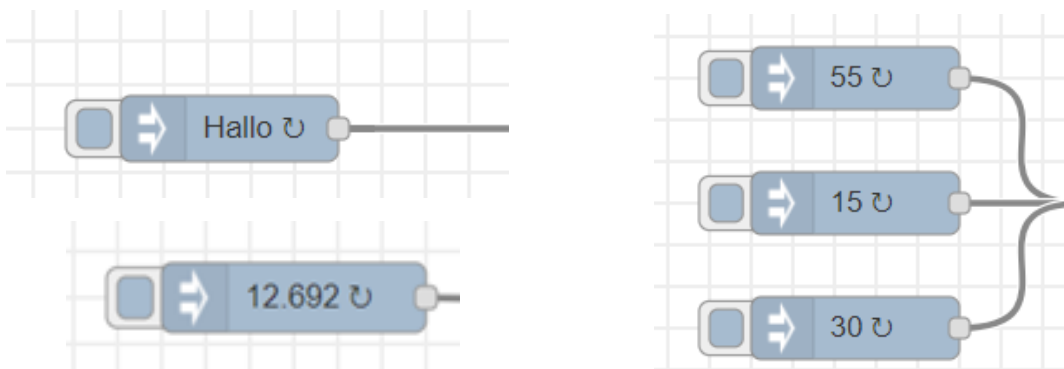


Рисунок 3.17 – Вузли типу «Ввести»

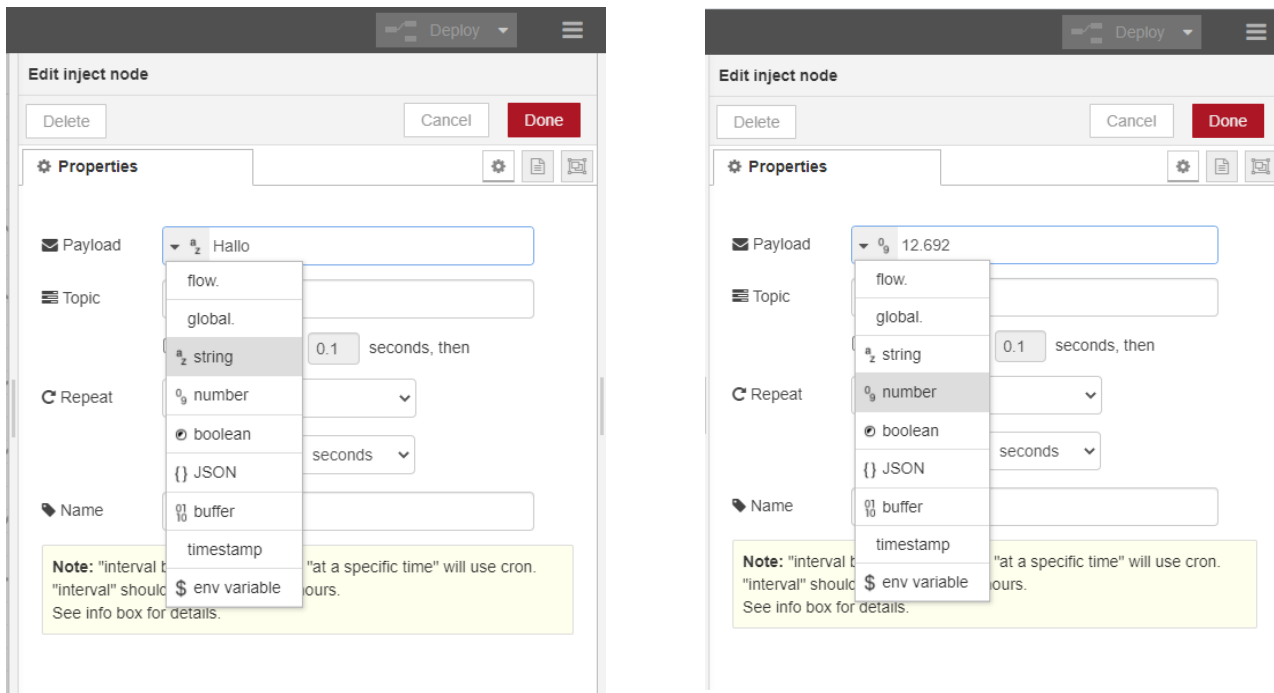


Рисунок 3.18 – Редагування вузлів типу «Ввести» на бічній панелі редактора

Використовуючи вузол «Спектор» масштабуємо числові значення відповідно до вказаних вхідних та вихідних діапазонів від 0 до 60. Цей вузол буде лінійно масштабувати отримане значення.

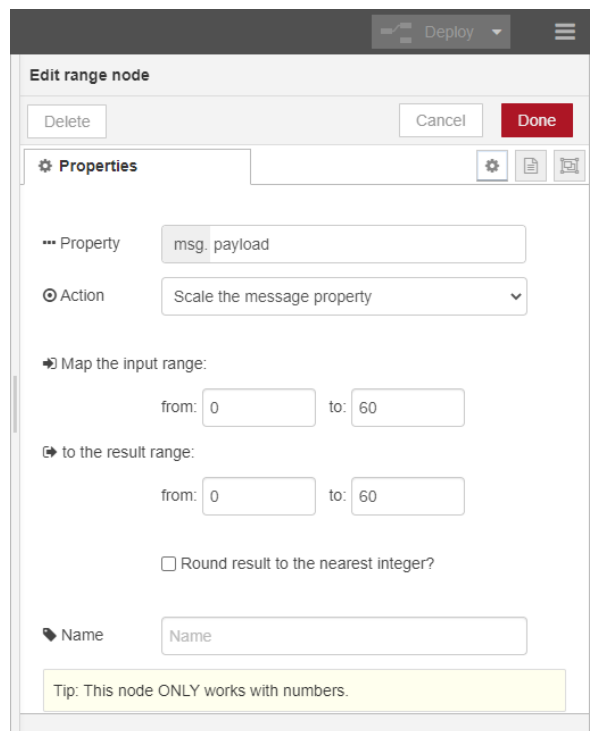
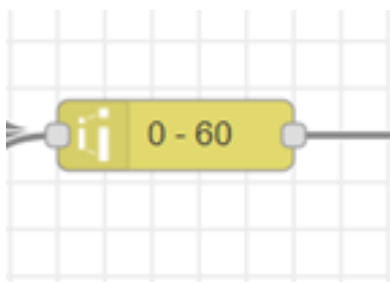


Рисунок 3.19 – Робота з вузлом «Спектор»

Для того щоб отримувати дані з 3D-принтера з будь-якої точки та в режимі реального часу – використовуємо вузол «HTTP запити». За допомогою вузла «HTTP запити» відправляємо запити HTTP і повертаємо відповіді на нього.

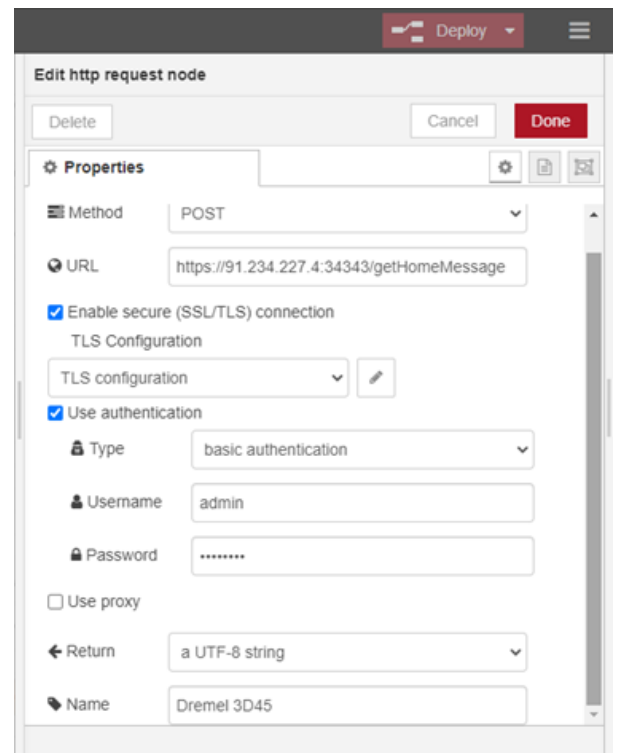
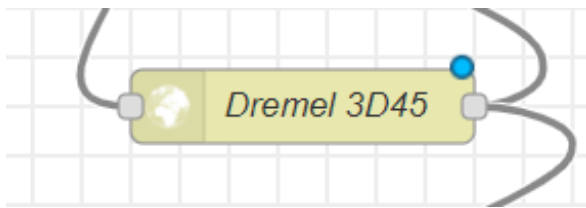


Рисунок 3.20 – Робота з вузлом «HTTP запити»

За допомогою вузла «Перемикач» передаємо повідомлення до різних гілок потоку. Цей вузол оцінює набір правил для кожного повідомлення.

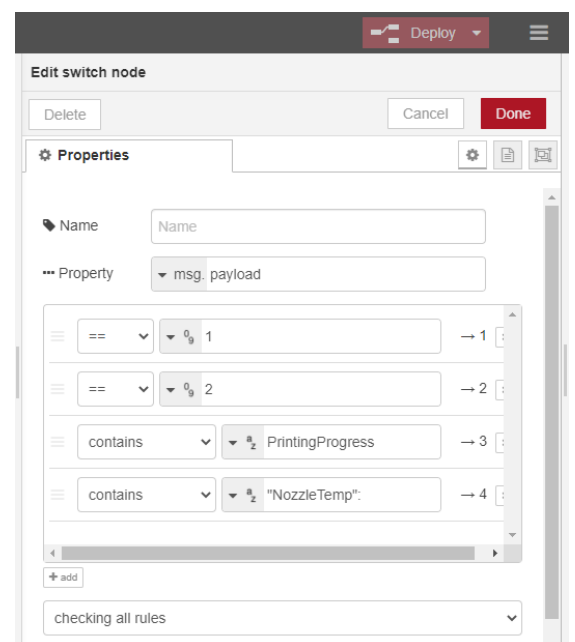
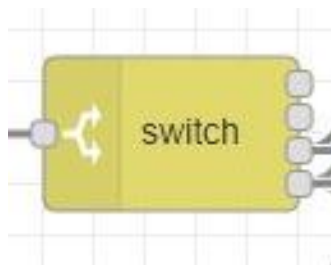


Рисунок 3.21 – Робота з вузлом «HTTP запити»

Вузол «Файл» записує дані у файл, додавши його до кінця.

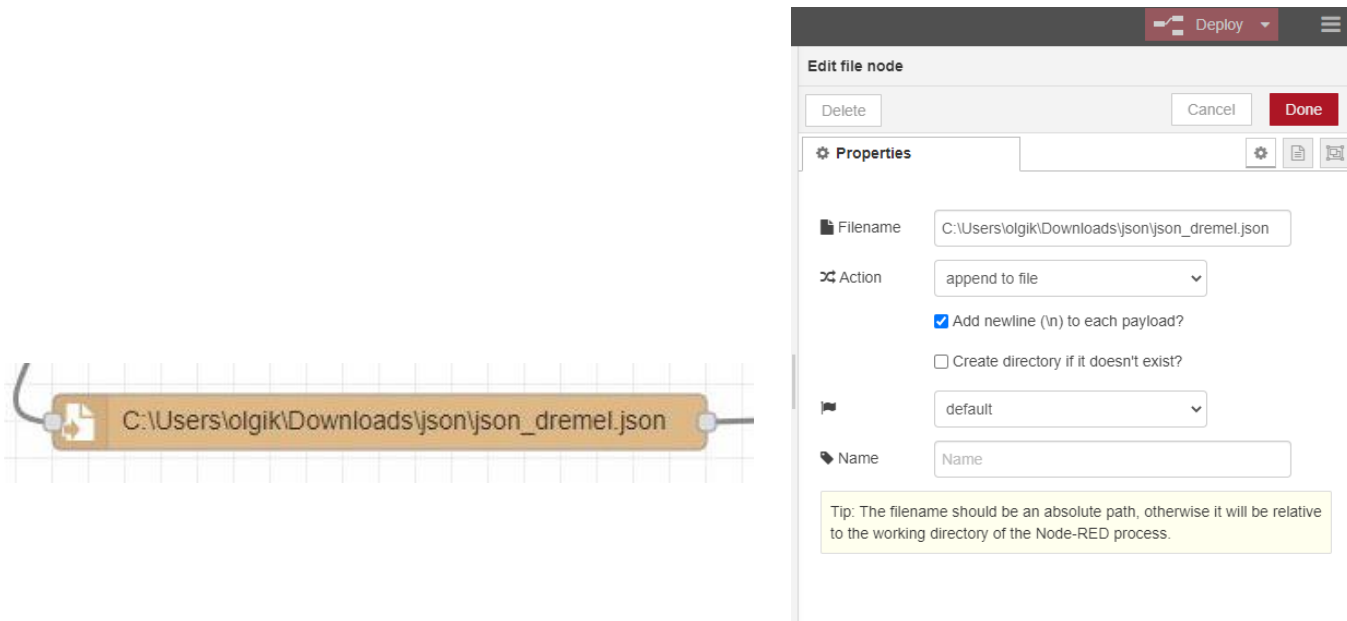


Рисунок 3.22 – Робота з вузлом «Файл»

Вузол «Налагоджування» використовуємо для відображення повідомлень на бічній панелі налагоджування у редакторі, середовища виконання або зображення статусу вузла.

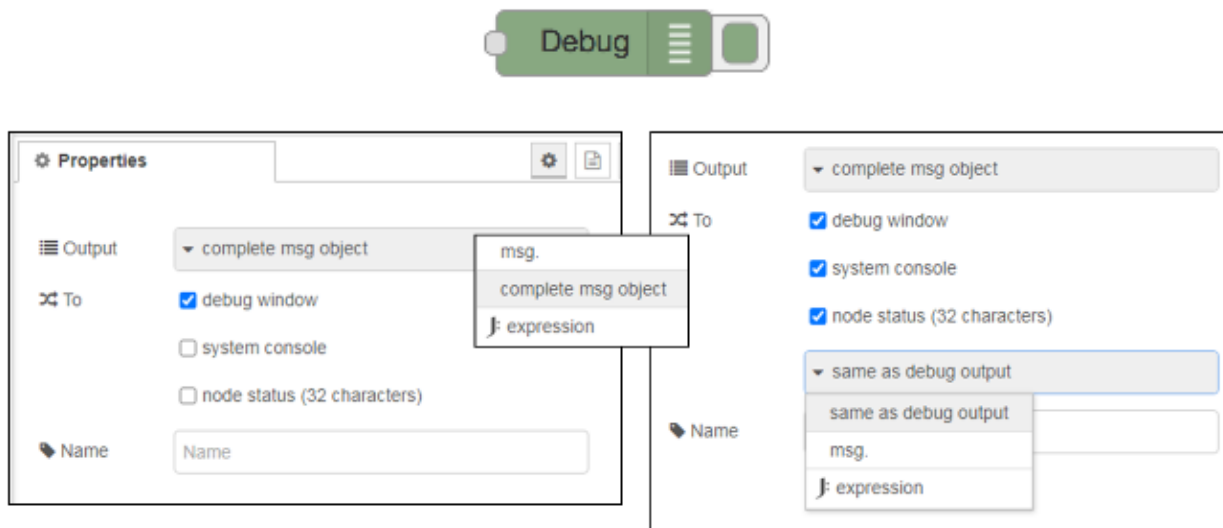


Рисунок 3.23 – Робота з вузлом «Налагоджування»

4 КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ

Щоб почати використовувати EcoStruxure Augmented Operator Advisor треба зробити наступні кроки:

- встановити обладнання та програмне забезпечення;
- підготувати сцени і обладнання;
- створити проєкт в Builder;
- скопіювати проєкт на Runtime Device;
- ввести мобільний застосунок в експлуатацію.

Завантаживши мобільний застосунок EcoStruxure Augmented Operator Advisor App (Рис. 3.4) який має швидкий доступ до областей за замовчуванням, доступ до створених проєктів, доступ до зразків проєктів EcoStruxure Augmented Operator Advisor, доступ до віддалених серверних проєктів.



Рисунок 4.1 – Робоче вікно мобільного застосунок EcoStruxure Augmented Operator Advisor App

Завантаживши на мобільний телефон застосунок EcoStruxure Augmented Operator Advisor App додаємо нового користувача – використовуючи дані свого імені користувача та пароля, щоб мати можливість відредагувати користувацьке мережеве підключення до запущених проєктів на пристрої виконання.

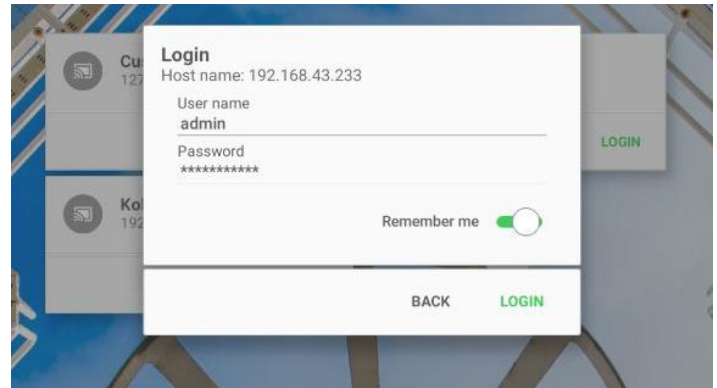
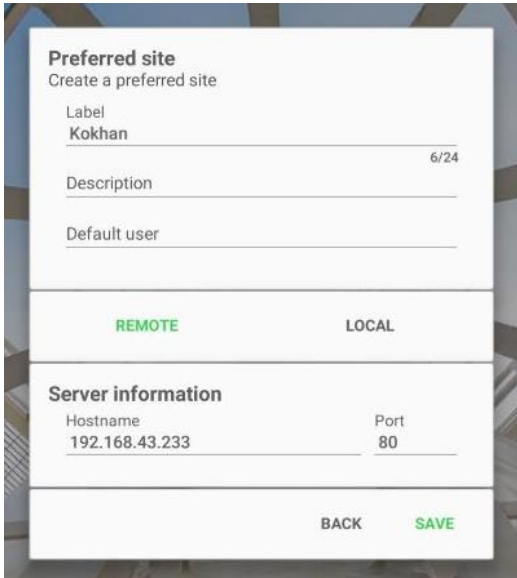


Рисунок 4.2 – Реєстрація користувача

Торкнувшись кнопки «Вхід» відкриється вікно проєкту. В меню відкриємо створений проєкт натиснувши сцену та кнопку «Початок».

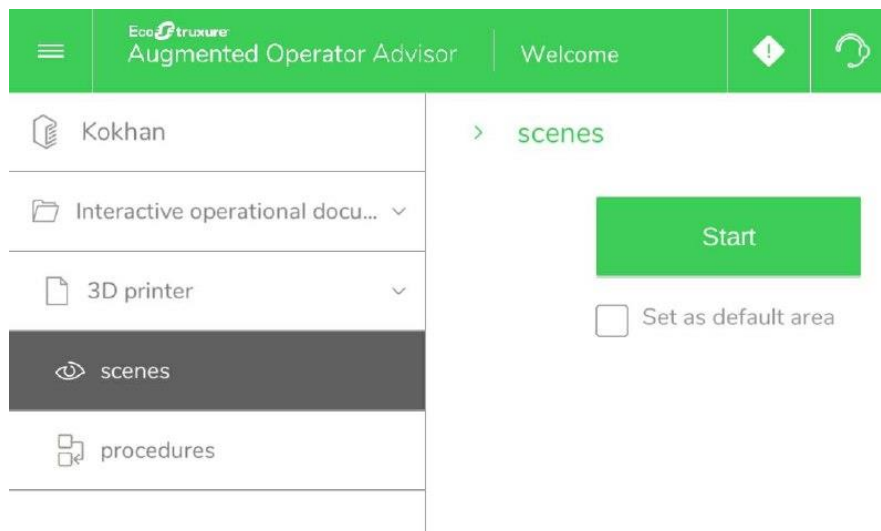


Рисунок 4.3 – Відкриття сцени

Відкривши головну сцену бачимо різні точки інтересу такі, як: список, зображення, підсцена та змінні. На змінні передаються данні з Node-red.

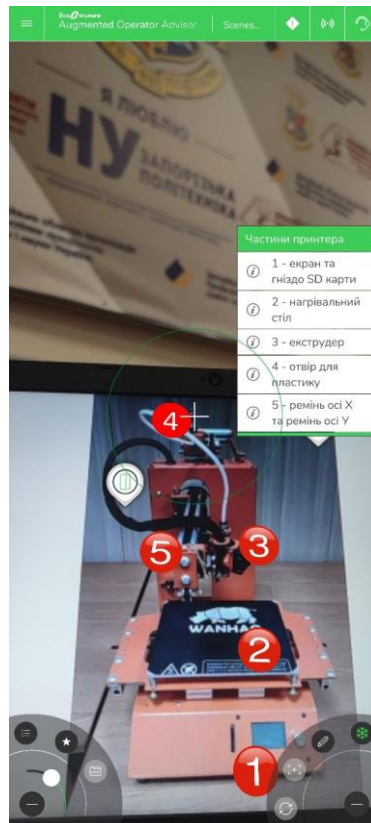


Рисунок 4.4 – Екран телефону на першій сцені

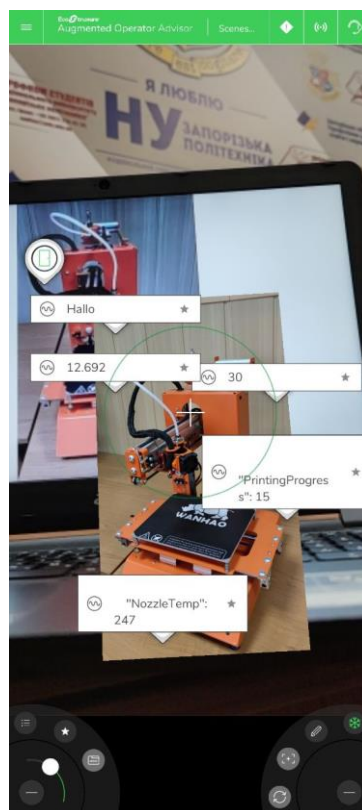


Рисунок 4.5 – Екран телефону на підсцені

В мобільному застосунку є можливість додати нотатку на сцені. Для цього треба торкнутися на сцені на довільну точку. Нотаток можна використовувати, наприклад, для виходу інформація для інших операторів. Можна додати до 10 нотатків у сцені. Кожний нотаток може містити до 255 символів.

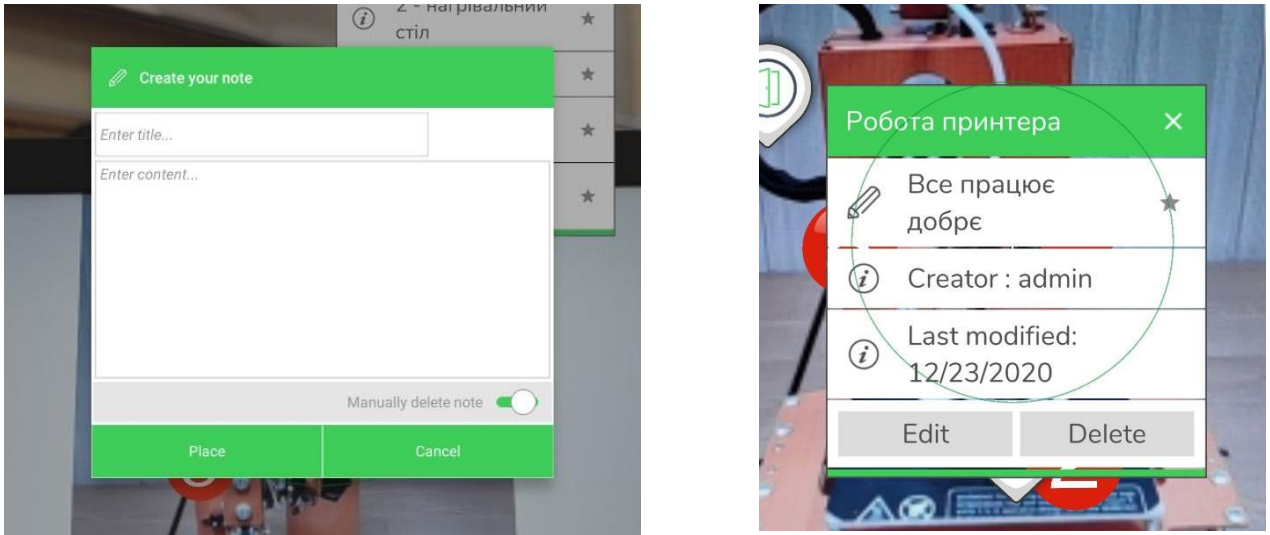


Рисунок 4.6 – Додавання нотатку на сцену

Нотатки, які зберігали в мобільному застосунку відображаються в EcoStruxure Augmented Operator Advisor Manager.

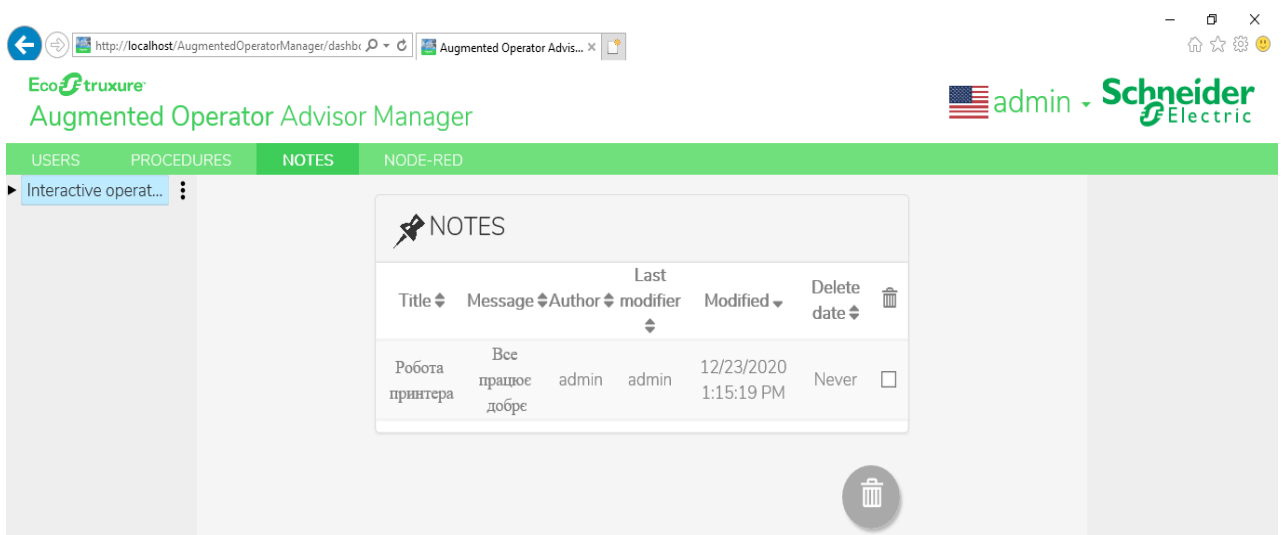


Рисунок 4.7 – Вікно нотатків в EcoStruxure Augmented Operator Advisor Manager

В мобільному застосунку можна змінити розміру шрифту, теми і т.д.:

- збільшення масштабу за допомогою multi-touch;
- можливість створювати, змінювати і видаляти замітки.

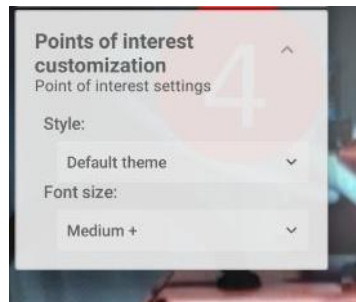


Рисунок 4.8 – Вікно заміни розміру шрифту та кольору

На сторінці проєкту можемо побачити перелік усіх існуючих процедур в межах певної області та запустити процедуру звідти. Під час розпізнавання сцени також можемо запустити процедуру, торкнувшись відповідної точки інтересу. Коли натискаєш на стрілки, то переходиш від одного кроку до іншого в рамках процедури. В Експерт режимі, можемо завершити процедуру, не проходячи всіх етапів та зберегти історію завершеної процедура або повернутися на сторінку проєкту.

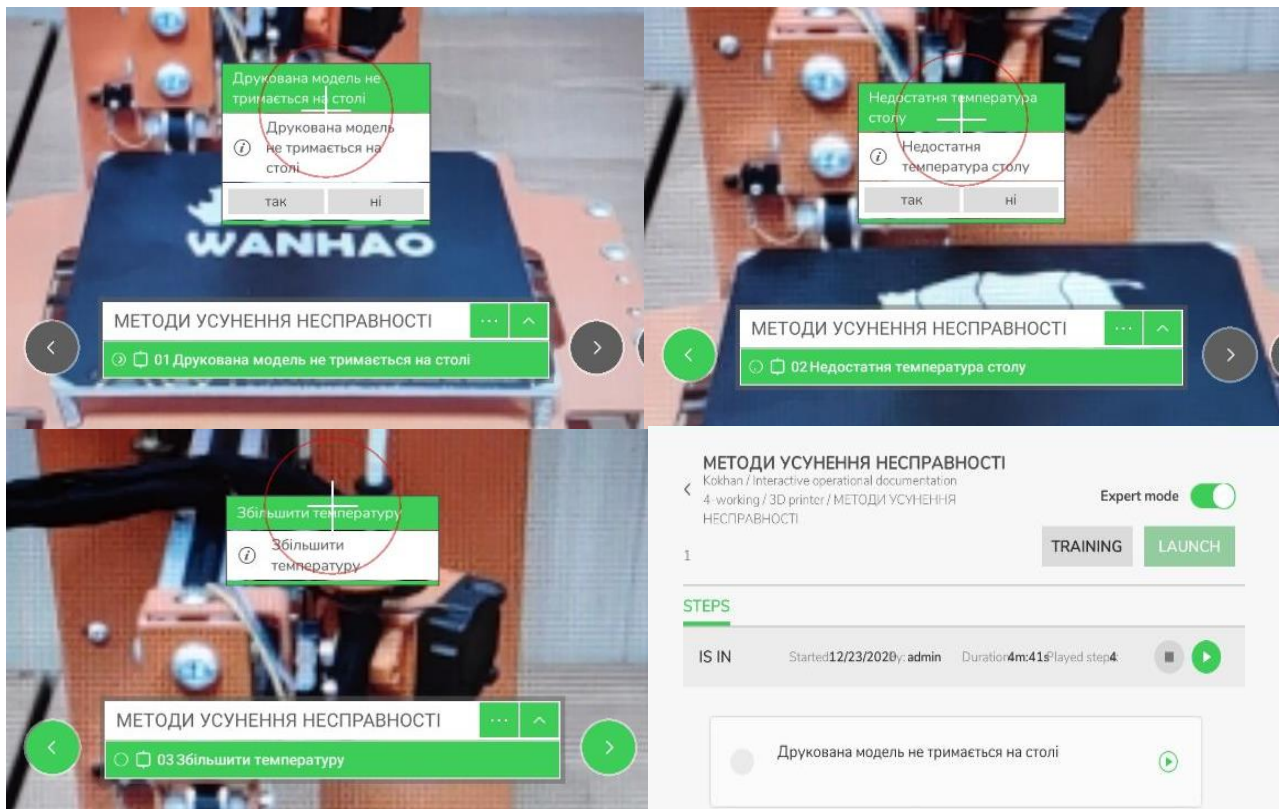


Рисунок 4.9 – Вікно роботи з процедурами

5 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

Тема магістерської роботи – «Розробка системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D принтерів».

Проблемою даного дослідження є те, що друковані посібники і роздруківки технічних компонентів складають основу навчання роботи з обладнанням. У великій кількості текстових матеріалів відсутня візуальна складова, необхідна для повного розуміння обладнання. В результаті працівники витрачають час на те, щоб дзвонити в сервісний центр для отримання додаткової підтримки, перебуваючи в польових умовах, оскільки вони не можуть знайти правильне рішення проблеми або не знайомі з конкретними деталями.

Аналіз напрямку наукового дослідження виявив, що час, витрачений на пошук інформації, і загальний недолік спеціальних знань збільшують витрати на обслуговування і скорочують доходи. Витрати під час простоїв збільшуються на 5-10%.

Актуальність цієї роботи зумовлена тим, що аналогів застосунків з інструкцією, що накладаються на цифрові активи в реальному світі, в реальному часі, на даний момент в Україні не має. Розгляд питань пов'язаних з даною тематикою носить як теоретичну, так і практичну значимість.

За допомогою розробленого застосунку зменшиться кількість помилок в сервісних операціях та спростяться складні робочі процеси, просуваючи «активне навчання».

5.1 Ідентифікація стейкхолдерів

За міжнародним стандартом соціальної відповідальності ISO 26000, стейкхолдер – особа або група осіб, яка має інтерес у будь-яких рішеннях або

діях організації [3]. Діяльність стейкхолдерів є важливим для ефективного розвитку компаній, проте цю діяльність в українському бізнесі розкрито не в повній мірі. За дослідженнями Центру «Розвиток КСВ» частіше компанії враховують інтереси споживачів (84%) та органів державної влади (57%), рідше недержавних організацій (14%) та дослідницьких організацій, навчальних закладів (20%), бізнес-організацій (21%).

З метою відображення взаємозв'язків стейкхолдерів побудуємо карту стейкхолдерів (Рис. 5.1).

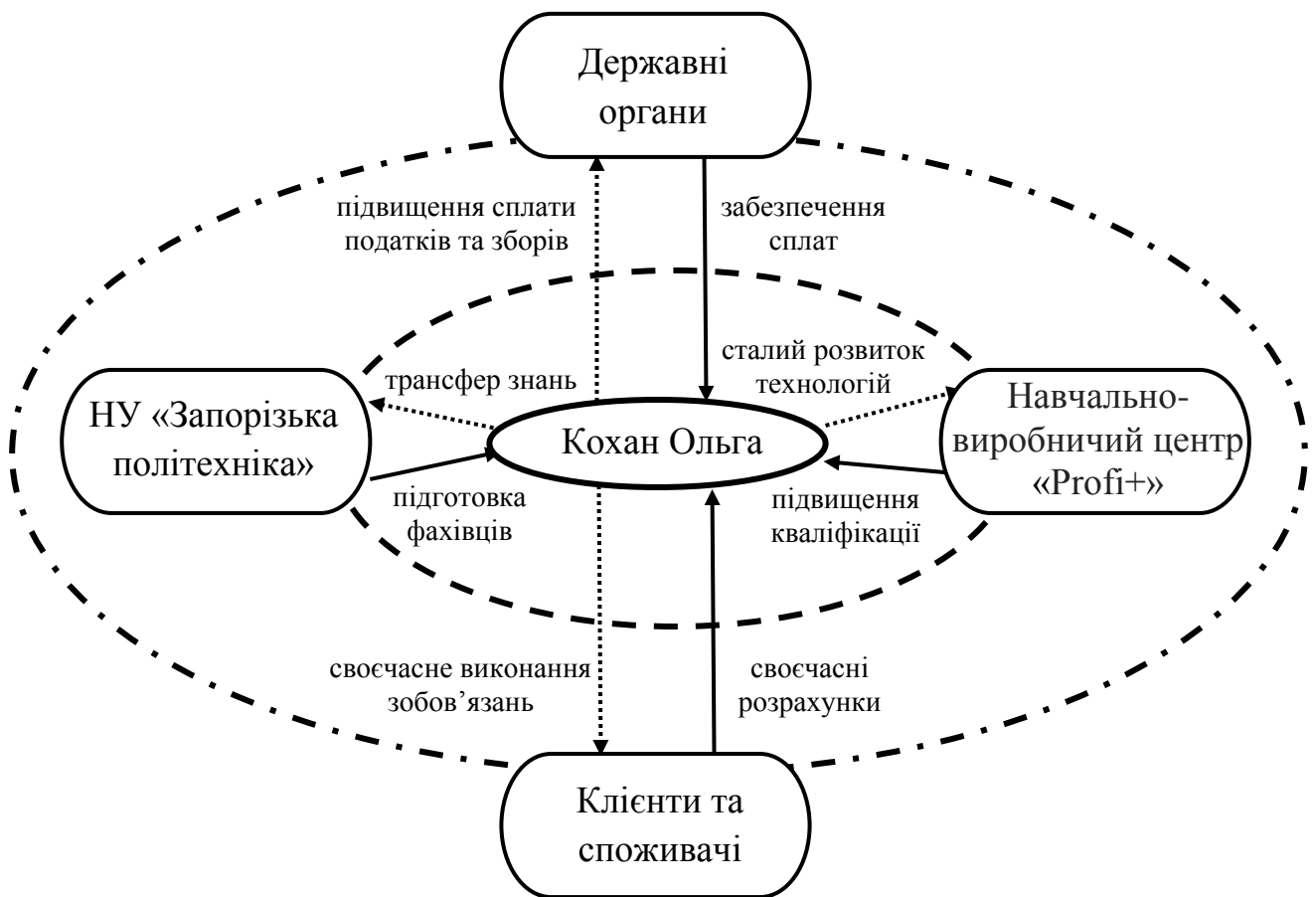


Рисунок 5.1 - Карта стейкхолдерів

Проаналізуємо кожну групу зацікавлених стейкхолдерів.

Навчально-виробничий центр «Profi+»: генерування нових знань шляхом активного проведення науково-дослідної діяльності за рахунок підприємства.

НУ «Запорізька політехніка»: включає безпосередньо цілеспрямовану передачу технологій і нових знань, перетворення наукових та прикладних знань

в освітньо-професійні знання.

Державні органи: сплата податків впливає на діяльність підприємства, на їх прибутковість, платоспроможність, фінансову стабільність.

Клієнти та споживачі: зацікавлені в ефективному функціонуванні підприємства, оскільки воно є їхнім джерелом постачання продукту і відповідно від них залежить прибутковість підприємства.

5.2 Планування розробки програмного виробу

Основні роботи, необхідні для розробки програмного продукту і їх трудомісткість представлені в таблиці 5.1.

Необхідні початкові дані:

- час на розробку - до 2 міс.;
- програміст працює - 45 днів із заробітною платою (далі - ЗП) 12 000 грн./міс.;
- менеджер працює - 18 днів із ЗП 8 000 грн./міс.

Завершуючим етапом планування розробки програмного продукту є звідний стрічковий графік розробки програмного продукту, побудований за даними таблиці 5.1. Лінійний графік Ганта представлений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.1 - Характеристика робіт по розробці програми

Найменування роботи	Трудомісткість		Виконавці	
	люд.- дн.	% до підсумку	спеціальніст ь	кіл. люд.
Розробка технічного завдання	4	8.89	програміст менеджер	2
Дослідження вимог до проектowanego продукту	6	13.33	програміст менеджер	2

Продовження табл. 5.1				
Огляд літературних джерел	4	8.89	програміст менеджер	2
Сканування 3 принтера	2	4.45	програміст	1
Проектування загальної структури ПО	5	11.11	програміст	1
Створення програмного продукту	15	33.33	програміст	1
Тестування та налагодження програмного продукту	5	11.11	програміст	1
Складання програмної документації	4	8.89	програміст менеджер	2
Всього	45	100,00		

Таблиця 5.2 - Лінійний графік Ганта розробки програмного продукту

Найменування роботи	Календарний період, дні								
	28.09	05.10	12.10	19.10	26.10	02.11	09.11	16.11	23.11
Розробка технічного завдання	■ ■								
Дослідження вимог до проектованого продукту		■ ■							
Огляд літературних джерел			■ ■						
Сканування 3D принтера				■					
Проектування загальної структури ПО				■	■				
Створення програмного продукту					■	■	■	■	
Тестування та налагодження програмного продукту								■	■
Складання програмної документації									■ ■

■ - програміст;

■ - менеджер.

5.3 Визначення витрат на розробку програми

Для визначення витрат на розробку пристрою складається калькуляція вартісної вартості робіт, яка включає наступні статті:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- єдиний соціальний внесок (ЄСВ);
- витрати на спеціальне обладнання;
- матеріали і комплектуючі вироби;
- накладні витрати;
- податки.

5.4 Розрахунок основної заробітної плати

Витрати по цій статті складаються з планового фонду заробітної плати усіх категорій працівників, зайнятих в розробці програмного продукту.

Розрахунок заробітної плати ведеться на основі відомостей про трудомісткість (див. табл. 5.1).

Розрахуємо середньоденну ЗП для програміста:

$$ЗП_{сд} = \frac{12\,000}{22,5} = 533,33 \text{ грн.}$$

Розрахуємо середньоденну ЗП для менеджера:

$$ЗП_{сд} = \frac{8\,000}{22,5} = 355,55 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків зведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Розрахунок основної заробітної плати

Посада виконавця	К-ть, люд.	Посадовий оклад	Середньо денна ЗП	К-ть, днів роботи	Сумарна зарплата, грн.
Програміст	1	12 000,00	533,33	45	23 999,85
Менеджер	1	8 000,00	355,55	18	6 399,90
Всього	2				30 399,75

5.5 Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткову заробітну плату приймають рівною 10% від основної заробітної плати працівників і розраховують за формулою (5.1):

$$ЗП_{\text{доп}} = ЗП_{\text{осн}} * 0,1, \quad (5.1)$$

Підставивши величину основної заробітної плати в формулу (див. табл. 5.3), отримуємо:

$$ЗП_{\text{доп}} = 30\,399,75 * 0,1 = 3\,039,96 \text{ грн.}$$

Розрахунок основної і додаткової заробітної плати приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Основна і додаткова заробітна плата

Посада виконавця	Додаткова ЗП, грн.	Основна ЗП, грн.	Сума основної і додаткової ЗП, грн.
Програміст	2 399,99	23 999,85	26 399,84
Менеджер	639,99	6 399,90	7 039,89
Разом	3 039,98	30 399,75	33 439,73

5.6 Відрахування на єдиний соціальний внесок

Ці відрахування визначають в процентному відношенні від суми основної і додаткової зарплат з урахуванням премій і доплат. Премії і доплати в нашому випадку дорівнюють 0. Відрахування на соціальне страхування складають 22%.

$$\text{ОТЧ} = (\text{ЗП}_{\text{осн}} + \text{ЗП}_{\text{доп}}) * 0,22, \quad (5.2)$$

де $\text{ЗП}_{\text{осн}}$ - основна заробітна плата, грн.;

$\text{ЗП}_{\text{доп}}$ - додаткова заробітна плата, грн..

$$\text{ОТЧ} = (30\,399,75 + 3\,039,98) * 0,22 = 7\,356,74 \text{ грн.}$$

5.7 Визначення затрат на матеріали

У цю статтю входить вартість основних і допоміжних матеріалів, комплектуючих виробів, необхідних для розробки програми.

Матеріали, які знадобилися для розробки представлені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Витратні матеріали

Матеріал	Кількість	Вартість, грн.
Бумага копировальная Виготах А4	100 листів	60,00
Тонер ColorWay HP LJ P1102/P1606/Canon 725/Canon 728	1 шт.	360,00
Кабель USB-MicroUSB Grand-X 2.1A	1 шт.	250,00
Разом		670,00

Витрати на матеріали розраховуються по формулі (6.3):

$$M = \sum_{i=1}^n (\text{Ц}_i + N_i + (1 + K_{m.з.}) - \text{Ц}_{io} + N_{io}), \quad (5.3)$$

де M витрати на матеріали, покупні напівфабрикати і комплектуючі вироби, грн.;

$K_{mз}$ – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати (0,03 - 0,1);

Ц_i – ціна i -го найменування матеріалу і що комплектує, грн.;

N_i – ціна в i -му матеріалі, напівфабрикаті, що комплектує;

Ц_{io} – ціна поворотних відходів i -го найменування матеріалу, грн.;

N_{io} – кількість поворотних відходів i -го найменування;

n – кількість найменувань матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих.

Розрахуємо витрати на матеріали:

$$M = (60,00 + 360,00 + 250,00) * (1 + 0,04) = 696,80 \text{ грн.}$$

Разом витрати на матеріали склали 696,80 грн.

5.8 Витрати на спеціальне устаткування

У цю статтю входять витрати на придбання, транспортування, монтаж і налагодження нестандартного обладнання.

Практично, в даному випадку, в цій статті враховуються витрати на оплату машинного часу ПК для розробки програмної частини. Для чого необхідно скласти кошторис «витрат на утримання і експлуатацію устаткування» виходячи з якої визначиться вартість одного машино-години роботи ПК, після множення якої на машинний час пішло на розробку програмної частини отримаємо витрати на оплату машинного часу. У таблиці 5.6 наведене

обладнання яке використовується при роботі.

Таблиця 5.6 – Спеціальне обладнання

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Ноутбук HP Pavilion Notebook 15-cw1002ua	шт.	1	20 000	20 000,00
Мобільний телефон Samsung Galaxy M51	шт.	1	10 000	10 000,00
Транспортно-підготовчі роботи 4%				1 200,00
Разом				31 200,00

Амортизація - систематичний розподіл вартості, яка амортизується, необоротних активів протягом строку їх корисного використання (експлуатації).

Амортизаційні відрахування визначають по формулі (6.4):

$$A = \Phi_{\text{в}} * \frac{N_{\text{а}}}{100}, \quad (5.4)$$

де $\Phi_{\text{в}}$ – балансова вартість обчислювальної техніки, грн.;

$N_{\text{а}}$ – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення обчислювальної техніки.

Законом України від 16 січня 2020 року N 466 «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо вдосконалення адміністрування податків, усунення технічних та логічних неузгодженостей у податковому законодавстві» з 23 травня 2020 року змінено вартісний критерій визначення основних засобів з 6000 до 20000 гривень.

В цілях оподаткування починаючи з 23.05.2020 р. матеріальні активи,

вартість яких не перевищує 20 тис. грн., не належать до основних засобів. Отже, ноутбук та мобільний телефон - малоцінні необоротні матеріальні активи, нарахування амортизації здійснюється за принципом 50/50 (при надходженні - 50% і 50% - при списанні).

$$A = 31\,200,00 * \frac{50}{100} = 15\,600 \text{ грн.}$$

Статтю «Експлуатація обладнання» розраховують підсумовуванням витрат на електроенергію і допоміжні комплектуючі.

$$C_e = N_n * \Phi_{ef} * K_{зч} * K_{зп} * C_e , \quad (5.5)$$

де N_n - номінальна потужність ПК, кВт;

Φ_{ef} - річний ефективний фонд часу роботи ПК, машино-год;

$K_{зч}$ - середній коефіцієнт завантаження за часом;

$K_{зп}$ - коефіцієнт завантаження по потужності;

C_e - ціна одного кВт-год електроенергії, грн./(кВт-ч).

$$C_e = 0,2 * 1\,750 * 0,9 * 0,7 * 2,68 = 590,94 \text{ грн.}$$

$$C_e = \frac{590,94}{12} * 2 = 98,49 \text{ грн.}$$

Зарплата обслуговуючого персоналу розраховується за формулою (6.6):

$$ЗП_{обсл} = ФЗП_p * (1 + K_{відр}) * \frac{t_{обсл}}{\Phi_{ef.обсл}} , \quad (6.6)$$

де $ФЗП_p$ - річний фонд заробітної плати (основної і додаткової) обслуговуючих робітників, грн.;

$K_{\text{відр}}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальне страхування і в інші фонди;

$t_{\text{обсл}}$ - час протягом року, необхідне на технічне обслуговування ПК;

$\Phi_{\text{еф.обсл}}$ - річний ефективний фонд часу обслуговуючого персоналу.

Машину обслуговує один електромонтер 1 раз за неділю з основною ЗП 5 000 грн./міс. та додатковою ЗП 500 грн./міс.

$$ЗП_{\text{обсл}} = \left(\frac{5\,500,00}{22,5} * 9 \right) * (1 + 0,22) = 2\,201,18 \text{ грн.}$$

Сума витрат по статті «Поточний ремонт устаткування» дорівнює 3% річних від балансової вартості устаткування.

$$\frac{31\,200,00 * 0,03}{365} * 61 = 156,16 \text{ грн.}$$

Інші витрати складають 5% від суми попередніх.

$$\frac{(15\,600,00 + 98,49 + 2\,201,18 + 156,16) * 5}{100} = 902,79 \text{ грн.}$$

Зведемо отримані дані в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 - Кошторис витрат на зміст і експлуатацію устаткування

Найменування статей витрат	Сума, грн.
Амортизація устаткування	15 600,00
Експлуатація устаткування	98,49
Зарплата обслуговуючого персоналу з відрахуваннями	2 201,18
Поточний ремонт устаткування	156,16
Інші витрати	902,79
Всього	18 958,62

5.9 Загальновиробничі витрати

До загальновиробничих витрат відносяться витрати на загальне управління і загальногосподарські потреби (заробітна плата апарату управління, канцелярські витрати і так далі), зміст і експлуатацію будинків. Загальновиробничі витрати включаються у вартість розробки програми непрямым шляхом - у відсотках до основної заробітної плати розробників. В даному випадку загальновиробничі витрати складають 40% до основної заробітної плати розробників, що складає 12 159,90 грн.

Таблиця 5.8 - Калькуляція кошторисної вартості робіт по розробці програми і ціна програмного продукту

Найменування статей витрат	Сума, грн.
Витрати на матеріали	696,80
Основна ЗП та додаткова ЗП	33 439,73
Соціальні відрахування	7 356,74
Витрати на оплату машинного часу	18 958,62
Загальновиробничі витрати	12 159,90
Разом витрати	71 879,02

5.10 Розрахунок техніко-економічної ефективності моделі

Для теоретичних досліджень у більшості випадків важко чи навіть неможливо розрахувати економічний ефект, тому доцільно визначити їхню техніко-економічну ефективність з урахуванням наступних показників:

- важливості дослідження для народного господарства;
- складності розробки;
- результативності й можливості використання.

Важливість теоретичного дослідження оцінюємо як пошук принципово нових конструктивних і технологічних рішень і ін.

Результативність НДР визначається по повноті рішень поставленого завдання: отриманий результат відповідає планованому, задовільний (часткове рішення) чи негативний.

Аналіз залежності між цими показниками й витратами на їхнє досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичних НДР і визначається за формулою (5.7):

$$K_{\text{НДР}} = \frac{J^n * R * T}{B_{\text{НДР}} * t_{\text{НДР}}}, \quad (5.7)$$

де $K_{\text{НДР}}$ – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР):

J^n - важливість роботи;

R - результативність роботи;

T - технічна складність виконання НДР;

$B_{\text{НДР}}$ - витрати на проведення НДР, років:

n - показник використання результатів НДР:

$n = 0$ - результати НДР не використовуються;

$n = 1$ - результати НДР використовуються частково;

$n = 2$ - результати НДР використовуються в дослідно-конструкторських роботах (ДКР);

$n = 3$ - результати НДР можуть бути використані без проведення ДКР.

Для НДР, у яких $B_{\text{НДР}} > 30$ тис. грн. і $t_{\text{НДР}} \leq 2$ років, можна застосовувати такі значення оцінних факторів наведених в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Значення оцінних факторів

Оцінні фактори	J	R	T	C	t _ф	n
Припустимі значення	1...4	1...4	1...4	-	-	1...4
Прийняті значення	2	2	2	-	-	2

Згідно значень з таблиці оцінних факторів, отримуємо такий вираз:

$$K_{\text{НДР}} = \frac{2^2 * 2 * 2}{71,88 * 0,2} = \frac{16}{14,38} = 1,2$$

Таким чином, так як коефіцієнт техніко-економічної ефективності НДР $K_{\text{НДР}} \geq 1$, в нашому випадку рівний $K_{\text{НДР}} = 1,2$, то дослідницька робота вважається ефективною.

Термін окупності $T_{\text{ок}}$ проекту розраховується за формулою (5.8):

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{K_{\text{НДР}}}, \quad (5.8)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{1,2} = 0,8$$

5.11 Висновки

В даному розділі був проведений аналіз і обґрунтування економічної ефективності науково-дослідної роботи. Дана проектна робота з урахуванням реалізації програмного забезпечення не має повноцінних аналогів у нашій країні. Розраховано, що для проведення дослідження необхідно близько 45 днів.

Обґрунтованість ефективності дослідження підтверджується розрахованим коефіцієнтом економічної ефективності, який становить – 1,2.

Під час проведення розрахунків були розраховані витрати на реалізацію проєкту. Розрахунок витрат і економічної ефективності показав, що розроблений проєкт окупиться через вісім місяців.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема магістерської роботи – «Розробка системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D принтерів», тому розглянемо робоче місце інженера програміста. Дослідження проводяться у приміщенні конструкторського бюро з довжиною та шириною 6 метрів, загальна площа становить 36 м². Конструкторське бюро обладнане персональними комп'ютерами (далі – ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі – ВДТ) та 3D принтером, тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії і гігієни праці для робочих місць, а також заходи з пожежної безпеки та цивільного захисту.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у приміщенні конструкторського бюро обладнаному ПК з ВДТ та 3D принтером, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [9], виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- порушення основних вимог до ергономічних характеристик моніторів, такі як: блимання зображення, відсутність можливості регулювання яскравості та контрастності або наявності на екрани відблисків і відбиття приводить до підвищеної стомлюваності тобто може негативно позначитися на здоров'ї осіб, що працюють з комп'ютерами;

- незадовільні технічні характеристики моніторів, такі як: розмір екрана, роздільна здатність, зернистість зображення, тощо, або неправильне його встановлення, можуть негативно вплинути на зір та на здоров'я загалом;

– оскільки приміщення обладнане електротехнічними приладами та пристроями, тому, у разі порушення ізоляції, умов безпечної експлуатації або необережного поводження осіб, що працюють з комп'ютерами існує можливість ураження електричним струмом, тобто отримання електротравм різного ступеню важкості;

– підвищена або знижена температура, вологість і рухливість повітря в приміщенні, у випадку не якісної або нераціональної системи вентиляції та кондиціонування повітря, приводить до підвищеної стомлюваності, а як наслідок до помилок, зниженню працездатності, а також може бути причиною простудних захворювань;

– нераціональне освітлення або недотримання вимог до специфіки світлотехнічного обладнання робочих місць з ПК та режиму праці може призвести до порушення зору осіб, що працюють з комп'ютерами;

– неправильне положення при роботі за комп'ютером, робота користувача вимагає тривалого статичного напруження м'язів спини, шиї, рук і ніг, що може привести до кістково-м'язових порушень;

– порушення вимог до режимів праці та відпочинку користувачів ПК та 3D принтера, а саме неякісне або нераціональне розроблення внутрішньо-змінного режиму праці та відпочинку, відсутність або недотримання регламентованих перерв для відпочинку є причиною підвищення нервово-емоційного напруження, втоми зорового аналізатора, погіршення мозкового кровообігу, проявів несприятливих наслідків гіподинамії, підвищення втоми;

– коротке замикання у електричному колі, при невідповідності ступеня захисту оболонок (ізоляції) обладнання що експлуатується в приміщенні класу пожежонебезпечної зони приміщення або механічних ушкодженнях ізоляції провідників може привести до виникнення пожежі, а це може бути причиною термічних опіків осіб, що працюють в приміщенні;

– відсутність або неправильний вибір типу та необхідної кількості первинних засобів гасіння пожеж (вогнегасників) у результаті помилок у розрахунках, може стати причиною поширення пожежі, а як наслідок причиною

термічних опіків різного ступеню важкості.

Також необхідно враховувати, що різні по природі своєї дії небезпечні і шкідливі виробничі фактори можуть проявлятися одночасно.

6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Заходи щодо техніки безпеки - це система організаційних і технічних засобів, що запобігає або зменшує вплив на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Приміщення конструкторського бюро, що обладнане ПК з ВДТ та 3D принтером, відповідає вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Технічні заходи: електроживлення обладнання ПК здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання в приміщенні з ПК, характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК не перевищує 4 Ом.

Для приміщення, обладнаного персональними комп'ютерами з візуальними дисплейними терміналами (далі ПК з ВДТ), визначаються ергономічні характеристики моніторів, наприклад, відповідно до вимог розділу «Мінімальні вимоги з охорони праці», директиви ЕС 90/270 ЕЕС виконані основні вимоги до моніторів, які жорстко регламентують безпечні умови роботи і захист здоров'я осіб, що працюють з комп'ютерами:

- символи на екрані чіткі і добре розрізняються;

- зображення позбавлене блимання;
- яскравість та / або контрастність легко регулюються;
- екрани вільні від відблисків і відбиття;
- випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів

Для обладнання 2го класу – подвійна ізоляція і робоча ізоляція, додаткова ізоляція.

6.3 Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці для приміщення конструкторського бюро обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» зареєстрованих МЮ України 06.05.2014 р. за № 472/25249, ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Організація робочого місця передбачає: правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні; вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини; раціональне компонування обладнання на робочих місцях; врахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Періодичні методичні огляди мають проводитися раз на два роки комісією в складі терапевта, невропатолога та офтальмолога.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити за свій рахунок позачерговий медичний огляд працівників:

- за заявою працівника, якщо він вважає, що погіршення стану його здоров'я пов'язане з умовами праці;

– за своєю ініціативою, якщо стан здоров'я працівника не дозволяє йому виконувати свої трудові обов'язки.

За час проходження медичного огляду за працівниками зберігаються місце роботи (посада) і середній заробіток.

Основними критеріями оцінки придатності до роботи з ПК з ВДТ мають бути показники стану органів зору: гострота зору, показники рефракції, акомодатції, стану біокулярного апарату ока тощо. При цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

Протипоказання з боку органів зору:

- гострота зору з корекцією не нижча ніж 0,5 на одному оці і 0,2 - на другому;
- рефракція: міопія вище 6,0 Д, гіперметропія вище 4,0 Д, астигматизм (будь якого виду) вище 3,0 Д;
- відсутності біокулярного зору;
- лагофталъм;
- хронічні захворювання переднього відрізка очей;
- захворювання зорового нерва і сітки;
- глаукома.

При виявленні хронічних неспецифічних захворювань (гіпертонічна хвороба, виразкова хвороба шлунку та 12-палої кишки, хронічні захворювання бронхолегеневої, гепатобіліарної системи та ін.) працюючі з ПК з ВДТ повинні бути взяті на диспансерний облік з метою здійснення систематичного лікарського обстеження та лікування. Роботодавець має право в установленому законом порядку притягнути працівника, який ухиляється від проходження обов'язкового медичного огляду, до дисциплінарної відповідальності, а також зобов'язаний відсторонити його від роботи без збереження заробітної плати.

Для запобігання статистичного навантаження при користуванні ПК рекомендовано використовувати перерви в роботі 10 хв. через кожні дві години.

Оцінка умов праці на робочих місцях, аналіз впливу на працюючих санітарно-гігієнічних чинників і параметрів трудового процесу, передбачених

гігієнічною класифікацією проводиться в процесі трудової діяльності. При цьому, оцінюється технічний і організаційний рівень робочого місця та ступінь можливого ушкодження здоров'я.

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи. Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 36 м², довжина якої складає 6 м, ширина – 6 м, висота – 3 м.

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n * S * k_3 * z}{\eta}, \quad (6.1)$$

де: Φ – світловий потік, що розраховується, лм;

E – нормована мінімальна освітленість, лк;

$E = 200$ лк;

S – площа освітлюваного приміщення, м²;

$S = 36$ м²;

z – відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку $z = 1,1$);

k_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (в нашому випадку $k_3 = 1,3$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами

відбиття від стін ($\rho_{\text{ст.}}$) і стелі ($\rho_{\text{стелі}}$), значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{\text{ст.}} = 30\%$ і $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$).

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{A*B}{h*(A+B)} , \quad (6.2)$$

де: A – довжина приміщення, $A = 6$ м;

B – ширина приміщення, $B = 6$ м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

$$h = H - h_p - h_3 , \quad (6.3)$$

де H – висота виробничого приміщення, $H = 3$ м;

h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

$h_p = 0,8$ м;

h_3 – висота звисання світильника від стелі, м.

Розраховуємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p)*[L/h]} , \quad (6.4)$$

де $[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника 1,4.

$$N_p = \frac{6}{(3 - 0,8) * 1,4} = \frac{6}{3,08} = 1,95$$

$$N_p = 2 \text{ шт.}$$

Визначаємо максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{\text{max}} = \frac{B}{N_p} , \quad (6.5)$$

$$L_{max} = \frac{6}{2} = 3 \text{ м.}$$

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею

$$h = \frac{L_{max}}{\left[\frac{L}{h}\right]}, \quad (6.6)$$

$$h = \frac{3}{1,4} = 2,14 \text{ м.}$$

Знайдемо висоту звисання світильника від стелі за формулою (6.3):

$$h_3 = 3 - 0,8 - 2,14 = 0,06 \text{ м.}$$

Підставивши значення за формулою (6.2) отримаємо:

$$i = \frac{6 * 6}{2,14 * (6 + 6)} = \frac{36}{25,68} = 1,4$$

Знаючи індекс приміщення i , за таблицею 4 [ДБН В.2.5-28-2006] знаходимо $\eta = 46 \% = 0,46$.

Підставимо всі значення у формулу (6.1) для визначення сумарного світлового потоку освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 * 36 * 1,3 * 1,1}{0,46} = \frac{10\ 296}{0,46} = 22\ 382,61 \text{ мм.}$$

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$N^* = \frac{A*B}{L_{max}^2}, \quad (6.7)$$

$$N^* = \frac{6 * 6}{3^2} = \frac{36}{9} = 4$$

Розраховуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{л}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{л}}, \quad (6.8)$$

де $N_{л}$ – загальна кількість ламп у приміщенні, шт;

$$N_{л} = N^* * n, \quad (6.9)$$

$$N_{л} = 4 * 4 = 16 \text{ шт.}$$

$$\Phi_{л}^* = \frac{22\,382,61}{16} = 1\,398,15 \text{ лм.}$$

Вибираємо тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{л}$ і знаходимо коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи Φ^* та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $\Phi_{л}$):

$$m = \frac{\Phi_{л}^*}{\Phi_{л}}, \quad (6.10)$$

$$m = \frac{1\,398,15}{1\,500} = 0,9 = 1$$

Визначаємо оптимальну кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* * m, \quad (6.11)$$

$$N = 4 * 1 = 4 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_l * N_l * \eta}{S * k_3 * z}, \quad (6.12)$$

$$E_p = \frac{1500 * 16 * 0,46}{36 * 1,3 * 1,1} = \frac{11\ 040}{51,48} = 214,45 \text{ лк.}$$

Розраховуємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_l * P_l, \quad (6.13)$$

$$P_{\Sigma} = 16 * 30 = 480 \text{ Вт.}$$

Виконаємо ескіз розташування світильників на плані приміщення, враховуючи розмір світильників.

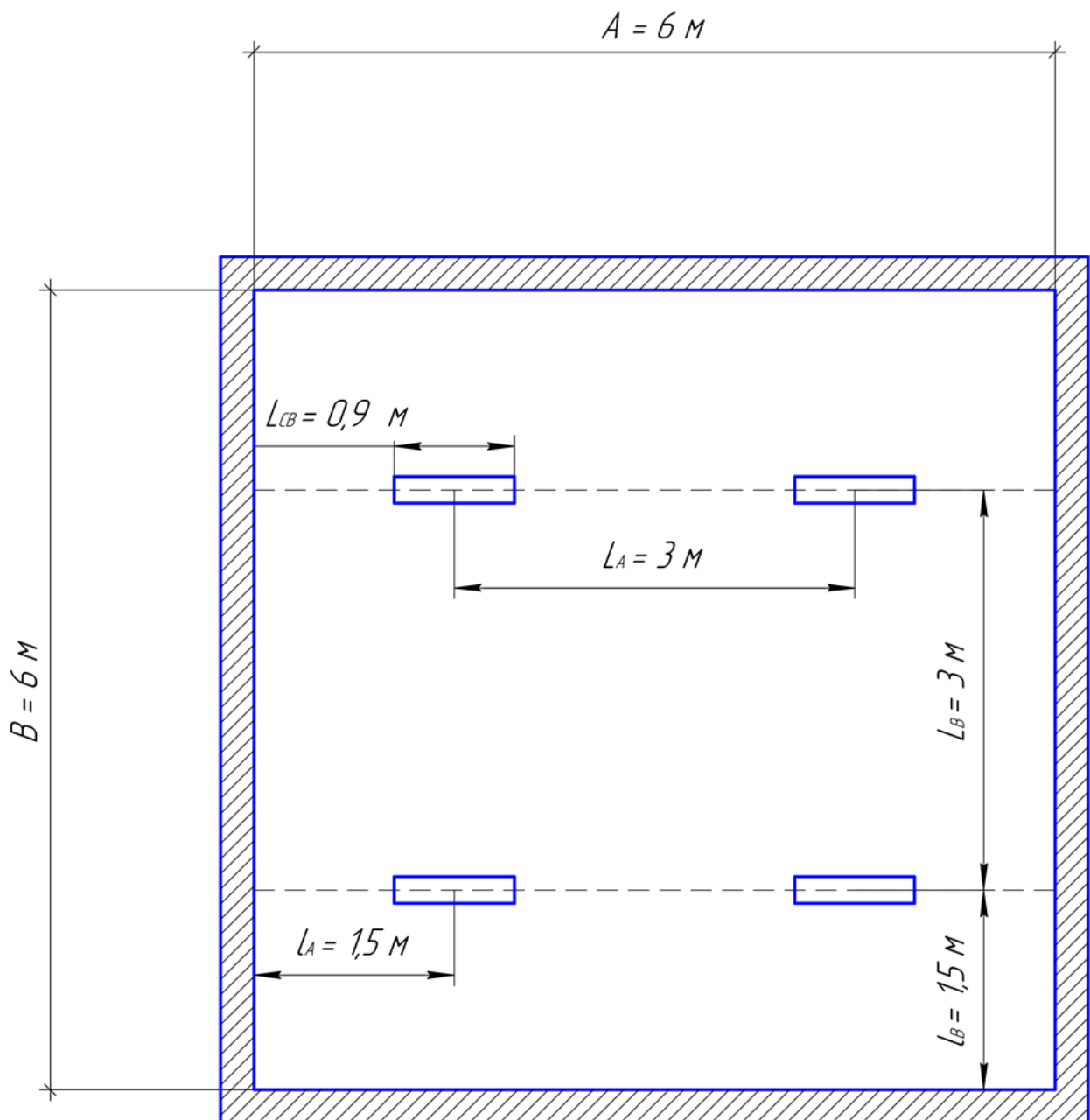


Рисунок 6.1 - Схема розміщення світильників у виробничому приміщенні

На рисунку 6.1:

A – довжина виробничого приміщення, м;

$A = 6\text{ м}$;

B – ширина виробничого приміщення, м;

$B = 6\text{ м}$;

L_A – відстань між сусідніми світильниками в ряду, м;

$$L_A = \frac{A}{N^*/N_p} , \quad (6.14)$$

$$L_A = \frac{6}{4/2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ м.}$$

L_B – відстань між рядами світильників, м;

$$L_B = \frac{B}{N_p} , \quad (6.15)$$

$$L_B = \frac{6}{2} = 3 \text{ м.}$$

L_{CB} – довжина світильника з лампами $ЛЛ$

$L_{CB} = 0.9$

l_A – відстань від крайніх світильників у ряду до стіни, м;

$$l_A = \frac{L_A}{2} , \quad (6.16)$$

$$l_A = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ м.}$$

l_B – відстань від крайніх рядів світильників до стіни, м.

$$l_B = \frac{L_B}{2} , \quad (6.17)$$

$$l_B = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ м.}$$

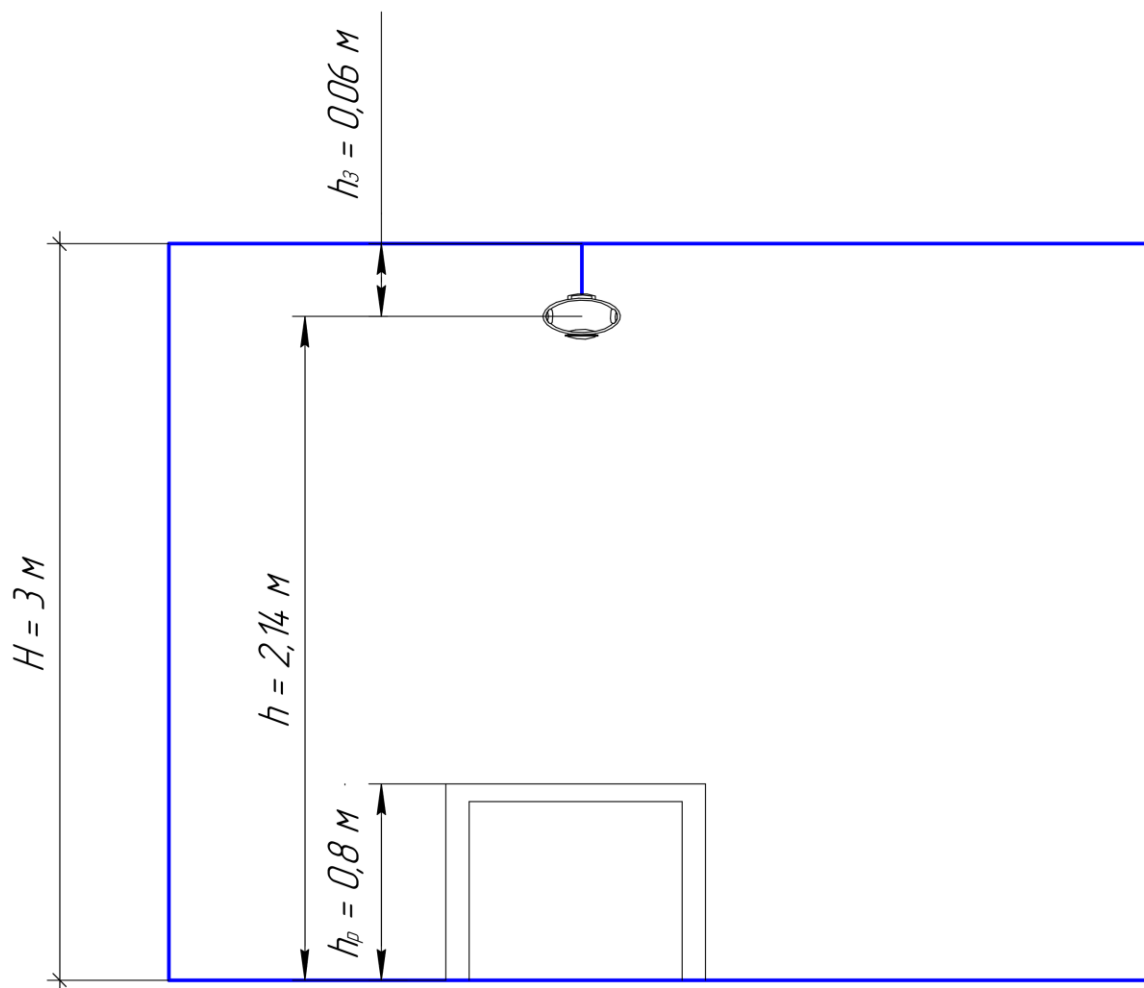


Рисунок 6.2 - Схема розміщення світильників над робочою поверхнею

На рисунку 3.3:

де H – висота виробничого приміщення, м;

$H = 3 \text{ м}$;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м;

$h = 2,14 \text{ м}$;

h_p – висота робочої поверхні, м;

$h_p = 0,8 \text{ м}$;

h_3 – висота звисання світильника від стелі, м;

$h_3 = 0,06 \text{ м}$.

6.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Практика показує, що завчасна підготовка людей і матеріально-технічних засобів до дій при виникненні надзвичайних ситуацій в значній мірі знижує ймовірність загибелі людей та втрати матеріальних засобів.

6.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для приміщення обладнаного ПК з ВДТ визначається відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

За вибухопожежною небезпекою приміщення й будівлі поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д. Приміщення в офісі відносимо до категорії Д, так як в офісі знаходиться негорючі речовини та матеріали в холодному стані. Так як всі кабінети офісів обладнані офісною технікою можливу пожежу відносимо до класу Е (горіння електроустановок під напругою).

Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється залежно від вогнегасної здатності вогнегасників, граничної площі, класу пожежі та за категорією приміщення (стандарт ISO 3941-77). Загальна площа приміщення, яку займає офіс складає 36 м². Так як офіс відноситься до категорії приміщення Д, класу пожежі Е і займає площу 36 м², рекомендовано два вуглекислотних вогнегасника (призначений для гасіння невеликих початкових вогнищ загоряння різних речовин і матеріалів, а також для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В) ємкістю 5 літрів, які слід розмістити у крайніх сторонах приміщення.

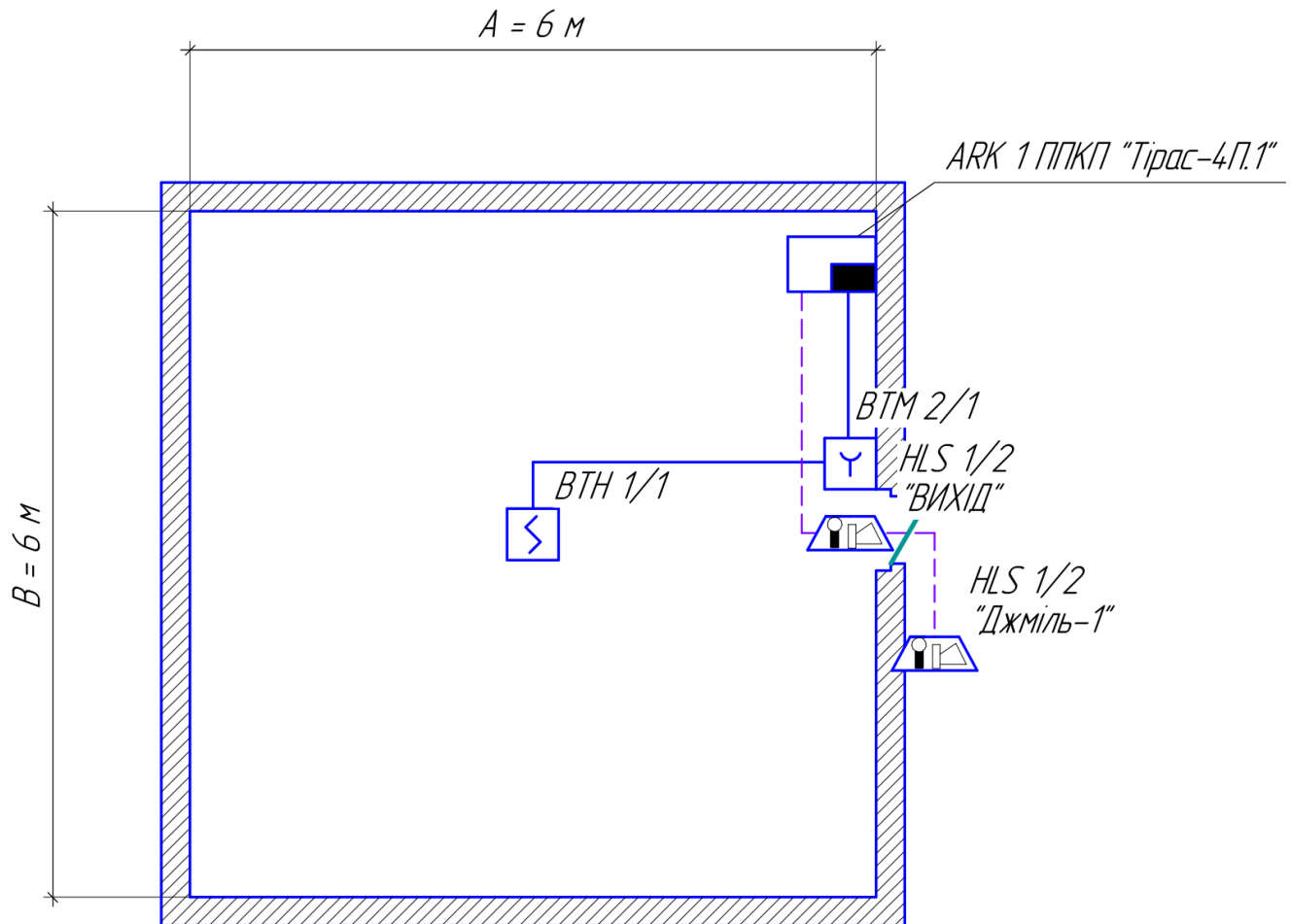


Рисунок 6.3 - Схема розміщення системи пожежної сигналізації

Система централізованого пожежного спостереження призначена для забезпечення віддаленого цілодобового спостереження за станом системи пожежної автоматики об'єкта. Згідно ДСТУ EN 54-21: 2009 система передавання тривожних сповіщень повинна забезпечувати зв'язок між однією або декількома системами тривожної сигналізації, і одним або декількома центрами прийому тривожних повідомлень.

Тривожні повідомлення від приймально-контрольних пожежних приладів призначених для протипожежного захисту будівель і споруд виводяться на пульт пожежного спостереження з урахуванням таблиці А.1, додатки А, ДБН В.2.5-56-2014.

Система повинна передавати інформацію (повідомлення) про свій стан в центр прийому тривожних повідомлень з цілодобовим перебуванням чергового

персоналу.

Запроєктована система пожежної сигналізації, основою якої виступає приймально-контрольний прилад ППКП (АРК 1) «Тірас-4П.1» (виробництва ТОВ «Тірас-12»).

У приміщеннях, для виявлення загорянь в приміщеннях об'єкта, проєктом передбачаються автоматичний димовий (ВТН) типу СПД-3 та ручний пожежний сповіщувач (ВТМ) типу SPR-1 (виробництва ПП «АРТОН», м. Чернівці).

Приміщення захищаються:

– димовими пожежними сповіщувачами пожежними сповіщувачами (ВТН) типу СПД-3 (виробництва ПП «АРТОН», м. Чернівці), які встановлюються на перекритті (покрітті) приміщень даного об'єкта, при квадратному розміщенні на відстані не більше - 10,5 м між сповіщувачами та на відстані від сповіщувача до стіни не більше - 5,3 м (у разі ширини контрольованого приміщення до 3 м з висотою до 7,5 м відстань між димовим пожежними сповіщувачами дозволяється збільшувати до 15 м, при цьому відстань від першого і останнього сповіщувача до стіни не повинна бути більше 7,5 м);

– ручними пожежними сповіщувачами (ВТМ) типу SPR-1 (виробництва ПП «АРТОН», м. Чернівці), встановлюються на шляхах евакуації на стіні на висоті від 1,4 м. до 1,6 м. від рівня підлоги (згідно ДБН В.2.5-56-2014).

Пожежні сповіщувачі, що об'єднуються в шлейфи, підключаються до приладу управління системою пожежної сигналізації АРК 1 (ППКП «Тірас-4П.1»). У шлейфи з 1-го по 2-й підключені автоматичні димовий та ручний ПС. Шлейфи № 3-4 – резервні.

У приміщенні де встановлюється ППКП, передбачається аварійне освітлення. Аварійне освітлення забезпечує світильник аварійного освітлення типу «ОС-6.1».

Для оповіщення людей про виникнення пожежі на даному об'єкті

проєктується тип системи оповіщення – CO2. У середині приміщень встановлюються світлозвукові сповіщувачі типу «ОСЗ-12» (80 дБ) з написом «ВИХІД» та світло-звукові оповіщувачі типу «Джміль-1» (80 дБ). Кількість оповіщувачів і їх потужність забезпечує необхідну силу звукового сигналу у всіх місцях перебування людей. Всі сповіщувачі прийняті в проєкті не мають регуляторів сили звуку і підключаються до мережі без роз'ємних пристроїв.

Мережі пожежної сигналізації виконуються кабелями з мідними жилами марки «ПСВВнг 4x0,4».

Мережі оповіщення про пожежу виконуються вогнестійкими кабелями з мідними жилами марки «КОРкЕН FRHF FE180/E30 1x2x0,8».

Мережі пожежної сигналізації та оповіщення прокладаються згідно креслень даного проєкту та вимог ДСТУ-Н СЕН /TS 54-14:2009 (п.6.11; А.7.3) по стелі та (або) стінам в гофрованій ПВХ трубі. Спуски кабелю до ППКП, ручних пожежних сповіщувачів а також оповіщувачів, прокласти в гофрованій ПВХ трубі або кабельному каналі, за місцем у залежності від оздоблення приміщення.

Опис роботи системи оповіщення про пожежу:

Крок 1 - подається імпульс на відключення системи вентиляції за допомогою реле МРЛ-2.1.

Крок 2 - включення світло-звукових оповіщувачів у зоні оповіщення ШО №1.

6.4.2 Заходи з цивільного захисту

З метою біологічного захисту населення законодавство передбачає запровадження обмежувальних протиепідемічних заходів, обсервації та карантину (ст. 37 Кодексу цивільного захисту України).

Карантин - адміністративні та медико-санітарні заходи, що застосовуються для запобігання поширенню особливо небезпечних

інфекційних хвороб [12]. Карантин встановлюється та відміняється Кабінетом Міністрів України. Рішення про встановлення карантину, а також про його відміну негайно доводиться до відома населення відповідної території через засоби масової інформації.

Карантин встановлюється на період, необхідний для ліквідації епідемії чи спалаху особливо небезпечної інфекційної хвороби. На територіях, де встановлено карантин, місцевим органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування надається право:

- залучати підприємства, установи, організації незалежно від форм власності до виконання заходів з локалізації та ліквідації епідемії чи спалаху інфекційної хвороби;

- залучати для тимчасового використання транспортні засоби, будівлі, споруди, обладнання, інше майно підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності, необхідне для здійснення профілактичних і протиепідемічних заходів, з наступним повним відшкодуванням витрат у встановленому законом порядку;

- встановлювати особливий режим в'їзду на територію карантину та виїзду з неї громадян і транспортних засобів, а у разі потреби – проводити санітарний огляд речей, багажу, транспортних засобів та вантажів;

- запроваджувати більш жорсткі, ніж встановлені нормативно-правовими актами, вимоги щодо якості, умов виробництва, виготовлення та реалізації продуктів харчування, режиму обробки та якості питної води;

- створювати на в'їздах і виїздах з території карантину контрольно-пропускні пункти тощо та ін.

Особи, хворі на особливо небезпечні та небезпечні інфекційні хвороби, а також особи із симптомами таких хвороб підлягають обов'язковій госпіталізації у спеціалізовані лікарні, а хто особи, які мали достовірно встановлені контакти з хворим, підлягають госпіталізації в ізолятор.

У разі встановлення карантину на час його дії та відповідно до потреби органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування утворюють на

території карантину тимчасові заклади охорони здоров'я (спеціалізовані шпиталі), обсерватори. Обов'язковій госпіталізації у спеціалізовані лікарні підлягають хворі на особливо небезпечні та небезпечні інфекційні хвороби, а також особи з симптомами таких хвороб.

Щодо обсервації, то законодавець не наводить дефініції цього поняття. У словниках під обсервацією розуміється ізоляція людей, які прибули з місць, де спостерігаються випадки інфекційних захворювань, для спостереження та профілактики. Тривалість обсервації визначається інкубаційним періодом захворювання, з приводу якого її призначено [17].

Обсервації та самоізоляції підлягають особи, які підпадають під критерії, визначені в рішенні про встановлення карантину.

Особи, які виявили бажання залишити територію карантину до його відміни, повинні отримати довідку про можливість виїзду із зони карантину протягом інкубаційного періоду хвороби, яка видається за результатами медичного обстеження в порядку, визначеному центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

На період перебування в самоізоляції, обсервації, в тимчасових закладах охорони здоров'я (спеціалізованих шпиталях) особі видається листок непрацездатності, який оплачується в розмірах і в порядку, встановлених законодавством для осіб, визнаних тимчасово непрацездатними внаслідок захворювання.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано конструкцію 3D-принтерів компанії Profi+. Визначено особливості їх експлуатації та можливі несправності роботи.

Розроблено інтерактивну експлуатаційну документацію з доповненою реальністю для 3D-принтерів Profi+, що надає можливість проаналізувати конфігурацію обладнання, отримати доступ до поточних значень параметрів принтера, що функціонує та виконати налаштування за наведеним алгоритмом.

Для комунікації програмного та апаратного забезпечення та забезпечення отримання поточних параметрів функціонування обладнання використовуються інструменти візуального програмування Node-Red.

Для розробки програмного застосування з доповненою реальністю використовується вузько спеціалізована платформа EcoStruxure Augmented Operator Advisor компанії Shneider Electric.

Підведення підсумків тестування показало, що цей мобільний застосунок досить гарний спосіб швидко передати інформацію про об'єкт, не використовуючи роздруківки креслень.

Наведено економічне обґрунтування магістерської роботи. Запропоновано заходи з охорони праці при проведенні проєктних робіт по розробці системи інтерактивної експлуатаційної документації з доповненою реальністю для 3D-принтерів.

Таким чином можна зробити висновок, що поставлені завдання були вирішені в повному обсязі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hear&There: An Augmented Reality System of Linked Audio / Joseph Rozier, Karrie Karahalios, Judith Donath // Online Proceedings of the ICAD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.icad.org/websiteV2.0/Conferences/ICAD2000/ICAD2000.html>
2. Henderson S., Feiner S. Evaluating the Benefits of Augmented Reality for Task Localization in Maintenance of an Armored Personnel Carrier Turret // Science & Technology Proc. 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. Orlando, USA. October, 2009.
3. ISO 26000 Corporate Social Responsibility Guidance
4. Miika Tikander Development and evaluation of augmented reality audio systems: Abstract of dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. – Helsinki, 2009. – 70 p.
5. Miika Tikander. Development and evaluation of augmented reality audio systems: Abstract of dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. – Helsinki, 2009. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.inverse.com/article/16407-ar-in-the-workplace>
6. Sa..a..ski J., Salonen T., Liinasuo M., Pakkanen J., Vanhatalo M., Riitahuhta A. Augmented Reality Efficiency in Manufacturing Industry: A Case Study. NordDesign 2008. Tallinn, Estonia.
7. Vuforia Object Scanner [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://library.vuforia.com/articles/Training/Vuforia-Object-Scanner-Users-Guide>.
8. Авдошин А.С., Забержинский Б.Э., Головин К.Ю. Анализ возможностей и перспектив использования дополненной реальности в теории и на практике // Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века: матер. II Международной научно-практ. конф., 5 марта – 26 сент. 2012 г. – Самара : Самарский ин-т (фил.) РГТЭУ, 2012

9. ДБН В.2.5-23:2010. «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення», Київ, 2010.
10. Досвід створення інтерактивної електронної експлуатаційної документації радіолокаційної станції 19Ж6 / А. А. Гризо, І. М. Невмержицький, О. А. Малишев, С. В. Денисенко // Системи обробки інформації. - 2017. - Вип. 1. - С. 177-181
11. Економіка підприємства: Підручник /За за. ред. С.Ф.Покропивного. - Вид. 2-ге, перероб. та доп. - К.: КНЕУ, 2000. - 528 с.
12. Закон України «Про захист населення від інфекційних хвороб» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 29, ст. 228)
13. Инструменты для разработки интерактивных электронных технических руководств. Нормативнометодическая документация. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.seamatica.ru/tech/>.
14. Климнюк В.Є. Віртуальна реальність в освітньому процесі // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2018. - 2(56). - С.207-212. 2.
15. Кравець І.В., Мідак Л.Я., Кузишин О.В. Технологія Augmented Reality як засіб для покращення ефективності вивчення хімічних дисциплін // Тези доп. Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи», 9-10 листопада 2017 р. – Тернопіль, 2017. – С.151-154.
16. Пронь Н.О. Вимоги до електронних документів: міжнародна практика та досвід України / Н.О. Пронь // Збірник наукових праць національного університету державної податкової служби України. Галузь науки: економічні науки – 2012. – №1. – С. 356-366. 9. Бортовая документация Airbus будет перенесена на iPad. Пресс-релиз компании Airbus [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://logi.cc/bortovaya-dokumentaciya-airbus-budet-perenesena-na-ipad/>

17. Словник української мови у 20 томах. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://slovnuk.me/>
18. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://blogs.unity3d.com/ru/2019/06/06/embedding-real-time-3d-in-your-digital-marketing-strategy/?_ga=2.212240724.136415469.1608561977-760090548.1600277283
19. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lookinar.com/rozyasnennya/dopovnena-realnistaugmented-reality-ar/>
20. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nodered.org/>
21. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nodered.org/about/>
22. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.prosoft.ru/cms/f/466284.pdf>
23. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zp.edu.ua/uploads/dept_s&r/2020/conf/4.1/TN_2020-FRET.pdf