

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра системного аналізу та управління
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

Студента Беліменко Георгія Георгійовича

академічної групи 124-20-1
спеціальності 124 Системний аналіз

на тему: «Проект створення виробничого комплексу для крупногабаритних деталей на основі адитивних технологій»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	д.т.н., професор Молоканова В.М.			
розділів:				
Інформаційно- аналітичний розділ	д.т.н., професор Молоканова В.М.			
Спеціальний розділ	д.т.н., професор Молоканова В.М.			
Рецензент	д.т.н., професор Петренко В.О.			
Нормоконтролер	к.ф.-м.н., доц. Хом'як Т.В.			

Дніпро
2024

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Системного аналізу та управління
(повна назва)

_____ к.т.н., доц. Желдак Т.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студенту Беліменко Г. Г. академічної групи 124-20-1
спеціальності: 124 Системний аналіз
на тему «Проект створення виробничого комплексу для крупногабаритних
деталей на основі адитивних технологій»
 затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»
 від № 470-с від 23.05.2024

Розділ	Зміст	Терміни виконання
1. Інформаційно-аналітичний розділ	<i>Провести аналіз ринку адитивних технологій в Україні та світі. Визначити предметну область дослідження та проблему, що розв'язується. Обґрунтувати методи виконання поставлених завдань.</i>	1.05.2024 р.
2. Спеціальний розділ	<i>Запропонувати методи вдосконалення виробництва великогабаритних виробів засобами автоматизації. Сформулювати концептуальну модель проекту створення виробничого комплексу, проаналізувати характерні особливості проекту, здійснити необхідні розрахунки для прийняття рішення про доцільність реалізації проекту.</i>	20.06.2024 р.

Завдання видано _____ проф. Молоканова В.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: 05.01.2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: _____

Прийнято до виконання _____ Беліменко Г.Г.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 52 с., рис. 5, табл. 5, джерел 14.

У даній роботі об'єктом дослідження виступає ринок адитивних технологій та їх інструментарій, що відіграють ключову роль у трансформації виробничих процесів та сприяють технологічному розвитку підприємств.

Предметом дослідження є розробка та впровадження виробничого комплексу на основі адитивних технологій, використовуючи методологію проектного менеджменту.

Мета даної кваліфікаційної роботи полягає у розробці та обґрунтуванні створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій для подальшого використання у виробництві металоконструкцій.

У кваліфікаційній роботі розглянуто здійснення комплексного обґрунтування і розробки проекту створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій. Даний виробничий комплекс розробляється для впровадження на підприємствах машинобудівної та аерокосмічної галузі.

Реалізація даного проекту дозволить вирішити проблему потреби підприємств у вдосконаленні методів виробництва великогабаритних виробів, які дозволяють зменшити строк та вартість виробництва, що позитивно вплине на конкурентоспроможність українських підприємств.

Перелік ключових слів: ПРОЕКТ СТВОРЕННЯ ВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ, АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ, 3D ДРУК ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ.

ABSTRACT

Explanatory note to the qualification work: 52 p., Fig. 5, Table 5, sources 14.

In this paper, the object of research is the market of additive technologies and their tools, which play a key role in the transformation of production processes and contribute to the technological development of enterprises.

The subject of the study is the development and implementation of a production complex based on additive technologies using the project management methodology.

The purpose of this qualification work is to develop and justify the creation of a production complex based on additive technologies for further use in the production of metal structures.

The qualification work considers the implementation of a comprehensive justification and development of a project for the creation of a production complex based on additive technologies. This production complex is being developed for implementation at the enterprises of the machine-building and aerospace industries.

The implementation of this project will solve the problem of the need of enterprises for improved methods of production of large-sized products, which allow to reduce the time and cost of production, which will positively affect the competitiveness of Ukrainian enterprises.

List of keywords: **PROJECT FOR THE CREATION OF A PRODUCTION COMPLEX, ADDITIVE TECHNOLOGIES, 3D PRINTING OF LARGE METAL STRUCTURES.**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА АНАЛІЗ СТАНУ ГАЛУЗІ	10
1.1 Види адитивних технологій у світі	10
1.2 Адитивне виробництво в Україні	21
1.3 Ключові гравці та найбільші виробництва у світі.....	22
1.4 Предметна область дослідження	23
Висновки до розділу 1.....	26
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗЦІЯ ВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗАЦІЇ	27
2.1 Формування концепції проекту з урахуванням альтернативних шляхів автоматизації виробництва крупногабаритних деталей	27
2.2 Концептуальна сутність проекту	34
2.3 Аналіз характерних особливостей проекту.....	25
2.4 Проектний аналіз та рішення щодо прийняття проекту	26
2.4.1 Маркетинговий аналіз проекту.....	26
2.4.2 Фінансовий аналіз проекту	32
2.4.3 Аналіз проектних ризиків.....	35
Висновки до розділу 2	39
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
ДОДАТКИ.....	45
Додаток А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	45
Додаток Б.....	46
Додаток В	47

ВСТУП

3D-друк, який колись був обмежений вузькими рамками застосування, сьогодні став потужним інструментом, що знаходить застосування в найрізноманітніших сферах людської діяльності. Від промисловості до медицини, від дизайну до кулінарії – 3D-принтери відкривають нові горизонти та можливості, які ще кілька десятиліть тому здавалися фантастикою. Сучасні 3D-принтери не лише допомагають інженерам та дизайнерам втілювати свої ідеї в життя, але й дозволяють створювати складні та функціональні об'єкти з високою точністю. Деталі машин, будівельні конструкції, медичні імплантати, предмети побуту – це лише невелика частина того, що сьогодні можна виготовити за допомогою 3D-друку.

Розвиток технологій обробки металу в XXI столітті став потужним каталізатором для вдосконалення адитивних технологій, особливо в галузі 3D-друку металом. Цей напрямок відкриває нові перспективи для промисловості, дозволяючи створювати легкі, міцні та складні за формою металеві деталі, які раніше були недоступні для традиційних методів виробництва.

Створення виробничого комплексу на базі адитивних технологій у ДП "КБ "Південне" започаткує новий етап у виробництві металевих виробів. Впровадження 3D-друку не лише розширить можливості виготовлення складних форм деталей, що раніше вважалися важкодоступними або неекономічними через традиційні методи обробки, а й дозволить значно збільшити темпи проектування та монтажу необхідних компонентів. Завдяки адитивним технологіям, підприємство зможе створювати вироби зі складною геометрією та внутрішньою структурою, підвищуючи їх якість та знижуючи відсоток відбракованих екземплярів. Скорочення технологічного циклу виготовлення деталей, зменшення ваги конструкцій та підвищення їхньої міцності за рахунок зменшення кількості елементів – це лише деякі з

переваг, які матиме ДП "КБ "Південне". Крім того, 3D-друк дозволить створювати прототипи та дослідні партії продукції в найкоротші терміни, що значно прискорить процес розробки та впровадження нових виробів. Відмова від громіздкого обладнання для традиційних методів обробки металу сприятиме зменшенню обсягів виробництва, що стане ще однією значною перевагою.

У даній роботі об'єктом дослідження виступає ринок адитивних технологій та їх інструментарій, що відіграють ключову роль у трансформації виробничих процесів та сприяють технологічному розвитку підприємств.

Предметом дослідження є розробка та впровадження виробничого комплексу на основі адитивних технологій, використовуючи методологію проектного менеджменту. Актуальність дослідження зумовлена зростаючим попитом на адитивні технології в Україні, особливо в аерокосмічній галузі, де існує потреба у скороченні часу та ресурсів на виробництво великогабаритних металоконструкцій без втрати якості. Традиційні методи виробництва не завжди здатні задовольнити ці вимоги, тому впровадження адитивних технологій стає важливим кроком у підвищенні ефективності підприємств.

Мета даної кваліфікаційної роботи полягає у розробці та обґрунтуванні створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій для подальшого використання у виробництві металоконструкцій.

Для досягнення цієї мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз ринку адитивних технологій в Україні та світі.
2. Проаналізувати методи вдосконалення виробництва великогабаритних виробів.
3. Сформулювати концептуальну модель проекту створення виробничого комплексу.
4. Проаналізувати характерні особливості проекту.

5. Здійснити необхідні розрахунки для прийняття рішення про доцільність реалізації проекту.

Інформаційною базою дослідження кваліфікаційної роботи є законодавча та нормативна база України з регулювання діяльності підприємств різних форм власності, підручники та монографії українських та зарубіжних авторів з теми дослідження, періодичні та спеціальні видання, звітність ДП «КБ «Південне» та інше.

Теоретичну базу кваліфікаційної роботи склали наукові праці та публікації провідних вітчизняних і закордонних спеціалістів із питань системного аналізу. В процесі написання кваліфікаційної роботи були застосовані загальнонаукові та спеціальні методи дослідження та обробки інформації, а саме: системний підхід в управлінні проектами; методи аналізу та синтезу; методи моделювання, прогнозування; стратегічний SWOT-аналіз; метод експертних оцінок; методи оцінювання ефективності проекту; методи сітьового, календарного та ресурсного планування.

Перший розділ кваліфікаційної роботи є інформаційно-аналітичним і містить детальний аналіз сучасних варіантів адитивного виробництва у світі. У ньому розглядаються як міжнародні, так і українські підприємства, що використовують адитивні технології. Також визначається предметна область дослідження та аналізуються проблеми, які вирішуються завдяки інтеграції адитивних технологій у виробничі процеси.

Другий розділ кваліфікаційної роботи є спеціальним і містить в собі запропоновані методи вдосконалення виробництва, структурні моделі проекту створення виробничого комплексу, аналіз характерних особливостей проекту та наявні розрахунки для прийняття рішення про доцільність реалізації проекту.

Результати дослідження можуть бути використані для впровадження систем промислового 3D-друку на українських підприємствах аерокосмічної

галузі, суднобудівних і вагонобудівних компаніях, виробниках великогабаритної запірної арматури та у військово-промисловому комплексі.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА АНАЛІЗ СТАНУ ГАЛУЗІ

1.1 Види адитивних технологій у світі

Адитивні технології, відомі також як 3D-друк, представляють собою інноваційний підхід до виробництва, який базується на послідовному нашаруванні матеріалу для створення тривимірних об'єктів. Ці технології класифікуються за різними критеріями, що відображають їхню сутність та можливості.

Одним із основних критеріїв є матеріал, який використовується у процесі друку. Полімерні технології застосовують широкий спектр пластиків, від доступних термопластиків (ABS, PLA, PETG) до фотополімерів, що затвердівають під дією світла. Металеві технології використовують порошки металів, таких як сталь, титан, алюміній, для створення міцних та функціональних деталей. Керамічні технології дозволяють виготовляти об'єкти з високою термостійкістю та хімічною інертністю, використовуючи керамічні порошки або пасти. Композитні технології поєднують різні матеріали для досягнення унікальних властивостей, таких як висока міцність та легкість.

Інший важливий критерій класифікації – це метод нанесення матеріалу. Екструзія передбачає подачу матеріалу у вигляді нитки або пасти через сопло, фотополімеризація використовує світло для затвердіння рідкого фотополімеру, спікання – нагрівання порошкового матеріалу до злипання, а плавлення – розплавлення матеріалу під дією лазерного або електронного променя.

Джерело енергії також є важливим фактором, що визначає тип адитивної технології. Лазерні технології використовують лазерне

випромінювання, електронно-променевої – електронний промінь, а деякі технології застосовують інші джерела енергії, такі як ультрафіолетове або інфрачервоне випромінювання.

Серед розмаїття адитивних технологій виділяються кілька основних типів, кожен з яких має свої унікальні особливості та сфери застосування.

FDM (Fused Deposition Modeling), або моделювання методом пошарового наплавлення, є однією з найпоширеніших та доступних технологій. Вона використовує термопластичні матеріали, які подаються через сопло у розплавленому вигляді та послідовно нашаровуються для формування об'єкта. FDM-принтери відзначаються простотою використання та низькою вартістю, що робить їх популярними серед любителів та малих підприємств.

SLA (Stereolithography), або стереолітографія, використовує рідкі фотополімери, які затвердівають під дією ультрафіолетового лазера. Ця технологія забезпечує високу точність та деталізацію, що робить її ідеальною для створення прототипів, моделей, ювелірних виробів та медичних імплантатів.

SLS (Selective Laser Sintering), або селективне лазерне спікання, застосовує порошкові матеріали, такі як поліаміди, метали та кераміка. Лазерний промінь вибірково спікає порошок, формуючи твердий об'єкт. SLS-технологія дозволяє створювати складні геометричні форми та функціональні деталі з високою міцністю та термостійкістю.

SLM (Selective Laser Melting), або селективне лазерне плавлення, є різновидом SLS-технології, що використовується для друку металевих деталей. Лазерний промінь повністю розплавляє металевий порошок, створюючи щільний та міцний об'єкт. SLM-технологія знаходить застосування у виробництві аерокосмічних деталей, медичних імплантатів та інструментів.

EBM (Electron Beam Melting), або електронно-променеве плавлення, також використовується для друку металевих деталей, але замість лазера застосовує електронний промінь. EBM-технологія забезпечує високу швидкість друку та можливість роботи з тугоплавкими металами, такими як титан та ніобій.

PolyJet, або багатоструменевий друк, використовує фотополімери, які наносяться на платформу у вигляді мікрокрапель та затвердівають під дією ультрафіолетового випромінювання. PolyJet-технологія дозволяє друкувати об'єкти з різними кольорами та матеріалами одночасно, що робить її ідеальною для створення реалістичних моделей та прототипів.

Binder Jetting, або струменевий друк зі зв'язуючим, використовує порошкові матеріали, які скріплюються між собою за допомогою рідкого зв'язуючого. Ця технологія відзначається високою швидкістю друку та можливістю роботи з різними матеріалами, включаючи метали, кераміку та пісок.

DLP (Digital Light Processing), або цифрова обробка світла, використовує проектор для затвердіння рідкого фотополімеру пошарово. DLP-технологія забезпечує високу швидкість та точність друку, що робить її привабливою для виробництва ювелірних виробів, стоматологічних моделей та інших деталей з високою деталізацією.

Кожна з цих технологій має свої переваги та недоліки, що визначають їх оптимальне застосування у різних галузях. Вибір конкретної технології залежить від типу матеріалу, необхідної точності, швидкості виробництва, вартості та інших вимог до виробу.

Порівняльний аналіз розглянутих адитивних технологій (див. табл. 1.1) дозволяє виявити їхні сильні та слабкі сторони, що є ключовим для вибору оптимального методу виробництва в залежності від конкретних потреб та вимог.

Технологія	Переваги	Недоліки	Сфери застосування	Матеріали	Обмеження
FDM	Доступність, низька вартість, широкий вибір матеріалів, простота використання	Обмежена точність та роздільна здатність, видимі шари на поверхні виробу, необхідність опори для нависаючих елементів	Прототипування, моделювання, виготовлення нескладних деталей, освітні проекти, хобі	Термопластики (ABS, PLA, PETG, нейлон тощо)	Обмежений вибір матеріалів, менша точність порівняно з іншими технологіями
SLA	Висока точність та деталізація, гладка поверхня виробу, можливість друку складних геометричних форм	Висока вартість матеріалів та обладнання, необхідність постобробки, обмеження за розміром виробу	Прототипування, моделювання, ювелірні вироби, медичні імплантати, стоматологічні моделі	Фотополімери (рідкі смоли)	Обмежений вибір матеріалів, менша міцність порівняно з металевими деталями
SLS	Висока міцність та термостійкість виробів, широкий вибір матеріалів (поліаміди, метали, кераміка), можливість друку складних геометричних форм	Висока вартість обладнання, необхідність постобробки, обмеження за розміром виробу	Промислове виробництво, аерокосмічна галузь, медицина, автомобільна промисловість	Порошкові матеріали (поліаміди, метали, кераміка)	Висока вартість обладнання, необхідність спеціальних приміщень та вентиляції
SLM	Висока міцність та щільність металевих деталей, широкий вибір металів, можливість друку складних геометричних форм	Дуже висока вартість обладнання, необхідність постобробки, обмеження за розміром виробу	Аерокосмічна галузь, медицина, автомобільна промисловість, інструментальне виробництво	Металеві порошки (сталь, титан, алюміній, нікелеві сплави тощо)	Дуже висока вартість обладнання та матеріалів, необхідність спеціальних приміщень та вентиляції

EVM	Висока швидкість друку, можливість роботи з тугоплавкими металами, висока міцність та щільність деталей	Дуже висока вартість обладнання, необхідність роботи у вакуумі, обмеження за розміром виробу	Аерокосмічна галузь, медицина, виробництво інструментів та форм	Металеві порошки (титан, ніобій, тантал тощо)	Дуже висока вартість обладнання та матеріалів, необхідність спеціальних приміщень та обладнання
PolyJet	Можливість друку об'єктів з різними кольорами та матеріалами, висока точність та деталізація, гладка поверхня виробу	Висока вартість матеріалів та обладнання, обмеження за розміром виробу	Прототипування, моделювання, медичні моделі, маркетингові матеріали	Фотополімери	Обмежений вибір матеріалів, менша міцність порівняно з металевими деталями
Binder Jetting	Висока швидкість друку, можливість роботи з різними матеріалами (метали, кераміка, пісок), низька вартість матеріалів	Необхідність постобробки, менша точність порівняно з іншими технологіями	Прототипування, ливарні форми, архітектурні моделі, фільтри	Порошкові матеріали (метали, кераміка, пісок)	Необхідність постобробки для досягнення високої точності та гладкості поверхні
DLP	Висока швидкість та точність друку, висока деталізація, гладка поверхня виробу	Висока вартість обладнання, обмеження за розміром виробу	Ювелірні виробы, стоматологічні моделі, мікрофлюїдні пристрої, електроніка	Фотополімери	Обмежений вибір матеріалів, менша міцність порівняно з металевими деталями

1.2 Адитивне виробництво в Україні

Адитивні технології, або 3D-друк, активно інтегруються в українську промисловість, демонструючи значний потенціал для трансформації виробничих процесів. Українські компанії, такі як 3D Metal Tech, Insoft, 3D Forward, Protolab та інші, успішно застосовують різноманітні адитивні технології для створення продукції у різних галузях. Від авіаційних та космічних деталей до медичних імплантатів, від прототипів до інструментів – 3D-друк відкриває нові можливості для українських виробників.

Проте розвиток адитивного виробництва в Україні не позбавлений викликів. Обмежений доступ до передового обладнання та матеріалів, а також недостатня обізнаність про потенціал 3D-друку серед підприємств створюють певні бар'єри для ширшого впровадження цієї технології. Однак, враховуючи специфіку української промисловості та потреби ринку, перспективи розвитку адитивного виробництва в Україні є досить оптимістичними.

Розвиток високотехнологічних галузей, таких як авіація, космонавтика, машинобудування та медицина, створює значний попит на інноваційні технології виробництва. Адитивні технології здатні задовольнити цей попит, дозволяючи створювати складні, легкі та міцні деталі з високою точністю та швидкістю. Крім того, зростаючий інтерес до індивідуалізації продукції та швидкого прототипування відкриває нові ніші для застосування 3D-друку в Україні.

Подальший розвиток освіти та наукових досліджень у сфері адитивних технологій, а також активне впровадження інноваційних рішень сприятимуть зміцненню позицій України на світовому ринку 3D-друку. Це дозволить не лише задовольнити внутрішні потреби промисловості, а й створити експортний потенціал для високотехнологічної продукції.

1.3 Ключові гравці та найбільші виробництва у світі

Світовий ринок адитивних технологій характеризується динамічним розвитком та активною участю провідних компаній і дослідницьких установ. Найбільші виробництва у світі, такі як аерокосмічна, автомобільна та медична промисловість, вже активно інтегрують 3D-друк у свої процеси.

Аерокосмічна галузь використовує адитивні технології для виробництва легких, міцних та складних за формою деталей, таких як елементи двигунів, кронштейни, паливні системи та інші компоненти. Це дозволяє знизити вагу літальних апаратів, підвищити їхню паливну ефективність та зменшити витрати на виробництво.

Автомобільна промисловість застосовує 3D-друк для створення прототипів, індивідуалізованих деталей, інструментів та навіть деяких серійних компонентів. Це пришвидшує процес розробки нових моделей та оптимізує конструкції.

Медична промисловість також знаходить широке застосування для адитивних технологій, використовуючи їх для створення індивідуалізованих імплантатів, протезів, хірургічних інструментів, моделей органів для планування операцій та навчальних цілей. Це покращує результати лікування та якість життя пацієнтів.

Серед ключових гравців на світовому ринку адитивних технологій виділяються компанії, що спеціалізуються на виробництві обладнання, матеріалів та програмного забезпечення. 3D Systems, Stratasys, EOS, SLM Solutions, GE Additive, HP, Markforged та інші пропонують широкий спектр 3D-принтерів, від настільних моделей для домашнього використання до промислових систем для виробництва великогабаритних деталей з металу. Виробники матеріалів, такі як Evonik, BASF, Arkema, DSM, Covestro,

розробляють та постачають різноманітні матеріали для 3D-друку, включаючи полімери, метали, кераміку та композити. Autodesk, Materialise, Siemens, Dassault Systèmes та інші пропонують програмне забезпечення для проектування, моделювання та підготовки до друку 3D-моделей.

Важливу роль відіграють також постачальники послуг 3D-друку, такі як Shapeways, Protolabs, 3D Hubs, та дослідницькі центри й університети, такі як MIT, Fraunhofer Institute, Oak Ridge National Laboratory, які проводять дослідження, розробляють нові матеріали та методи друку, а також готують фахівців для цієї галузі.

Співпраця між цими ключовими гравцями сприяє постійному розвитку та вдосконаленню адитивних технологій, розширенню їхніх можливостей та сфер застосування, відкриваючи нові перспективи для інновацій та економічного зростання у різних галузях промисловості.

1.4 Предметна область дослідження

Інтеграція адитивних технологій у виробництво крупногабаритних деталей для ракетобудування є актуальним напрямком досліджень та розробок, що має значний потенціал для трансформації цієї стратегічної галузі. Зростаючий попит на великогабаритні компоненти ракет обумовлений необхідністю розвитку та вдосконалення оборонної промисловості України. Нові реалії потребують щоденної модернізації виробничих процесів та інтеграції нових рішень.

Традиційні методи, що базуються на механічній обробці та зварюванні, часто обмежені у своїх можливостях щодо створення складних геометричних форм, оптимізації конструкцій та зниження ваги деталей. Крім того, вони характеризуються високими витратами на матеріали та енергію, а також тривалими термінами виробництва.

Адитивні технології, завдяки своїй здатності створювати об'єкти будь-якої складності шляхом пошарового нанесення матеріалу, відкривають нові перспективи для ракетобудування. Вони дозволяють виробляти легкі, міцні та оптимізовані деталі з високою точністю та швидкістю, що значно скорочує терміни та витрати на виробництво. Крім того, адитивні технології дають можливість створювати унікальні конструкції, які неможливо виготовити традиційними методами, що відкриває шлях до нових рішень у сфері ракетної техніки. Наприклад, завдяки адитивному виробництву можна створювати деталі з внутрішніми порожнинами та каналами складної форми, що дозволяє знизити вагу конструкції та забезпечити ефективне охолодження. Також можливо створювати деталі з градієнтною структурою, що забезпечує оптимальний розподіл навантаження та підвищує міцність.

Застосування адитивних технологій у ракетобудуванні має значний потенціал для вирішення актуальних проблем галузі, таких як висока вартість та тривалі терміни виробництва, обмежені можливості традиційних методів щодо створення складних геометричних форм та необхідність зниження ваги ракетних деталей. Інтеграція 3D-друку у виробничий процес дозволить створювати інноваційні конструкції та оптимізувати продуктивність виробничого процесу.

Адитивні технології в ракетобудуванні відкривають нові можливості для вирішення низки ключових проблем, з якими стикається традиційне виробництво.

По-перше, це складність виготовлення крупногабаритних деталей, що часто вимагає використання складних та дорогих методів лиття, кування та механічної обробки. Адитивні технології дозволяють створювати такі деталі безпосередньо з цифрової моделі, що значно спрощує та пришвидшує процес виробництва, а також відкриває нові можливості для оптимізації конструкцій та зниження ваги.

По-друге, адитивні технології дозволяють мінімізувати відходи матеріалу та знизити вагу деталей. Традиційні методи часто пов'язані зі

значними відходами, особливо при виготовленні складних деталей, тоді як 3D-друк дозволяє використовувати матеріал більш ефективно, що є критично важливим для ракетобудування, де кожен грам має значення.

По-третє, 3D-друк забезпечує підвищення швидкості та гнучкості виробництва. Традиційні методи часто характеризуються тривалими циклами розробки та виготовлення деталей, тоді як адитивні технології дозволяють значно скоротити цей час, оскільки деталі створюються безпосередньо з цифрової моделі, без необхідності створення складного інструментарію. Крім того, 3D-друк забезпечує більшу гнучкість дизайну, дозволяючи швидко вносити зміни до конструкції та виготовляти унікальні деталі під конкретні потреби.

Нарешті, адитивні технології відкривають унікальну можливість виробництва складних геометричних форм та оптимізації конструкцій. Вони дозволяють створювати деталі зі складною внутрішньою структурою, такі як решітчасті структури, порожнини та канали, що неможливо виготовити традиційними методами. Це відкриває нові можливості для оптимізації конструкцій, зниження ваги та підвищення міцності деталей, що є ключовими факторами у ракетобудуванні.

Наприклад, компанія SpaceX активно використовує 3D-друк для виробництва компонентів ракет Falcon 9 та Starship. Зокрема, за допомогою адитивних технологій виготовляються двигуни SuperDraco, що забезпечують аварійну евакуацію екіпажу космічного корабля Crew Dragon. Ці двигуни мають складну внутрішню структуру з каналами для охолодження, що неможливо було б виготовити традиційними методами. Завдяки 3D-друку, SpaceX змогла значно скоротити терміни та витрати на виробництво цих критично важливих компонентів.

Іншим прикладом є компанія Relativity Space, яка розробляє ракету Terran 1, повністю виготовлену за допомогою адитивних технологій [10]. Використання 3D-друку дозволило компанії значно спростити та пришвидшити процес виробництва ракети, а також знизити її вартість.

NASA також активно досліджує та впроваджує адитивні технології у свої проекти. Наприклад, у рамках програми Artemis, спрямованої на повернення людини на Місяць, NASA планує використовувати 3D-друк для виготовлення житлових модулів та інших інфраструктурних об'єктів на місячній поверхні. Це дозволить значно знизити витрати на транспортування матеріалів з Землі та забезпечити необхідну інфраструктуру для тривалого перебування людини на Місяці.

Висновки до розділу 1

Сьогодні для спеціалізованих підприємств України технологія виготовлення великогабаритних об'єктів є ресурсоємним і технологічно складним процесом, який значною мірою визначає собівартість виробу.

Для забезпечення технологічності виробництва при проектуванні великогабаритних об'єктів конструкція посилюється, що погіршує їх масові характеристики. Тривалість виробництва великогабаритних об'єктів складає від 1 до 6 місяців. Перераховані фактори негативно впливають на питому вартість виведення корисного навантаження і знижують її конкурентоспроможність на світовому ринку. Завданням кваліфікаційної роботи є розробка системи промислового 3D-друку для використання її в технологічному процесі виробництва великогабаритних виробів РН у «КБ«Південне»».

Потреби підприємств аерокосмічної галузі вимагають скорочення часу та ресурсів на виробництво великогабаритних металоконструкцій без погіршення якісних характеристик виробів – всього, що неможливо забезпечити традиційними технологіями виробництва.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА ОПТИМІЗЦІЯ ВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Формування концепції проекту з урахуванням альтернативних шляхів автоматизації виробництва крупногабаритних деталей

Проект має на меті створення виробничого комплексу на базі адитивних технологій для впровадження на ракетобудівному підприємстві ДП «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля». Проблема, на вирішення якої спрямований проект, полягає в тому, що відсутність сучасного виробничого комплексу на основі адитивних технологій на підприємствах ракетобудівної галузі України стає серйозним недоліком, що негативно впливає на ефективність виробництва продукції.

Суть запропонованого проекту полягає в розробці системи промислового 3D-друку для використання його в технологічному процесі виробництва великогабаритних виробів РН - бакових систем, конструкцій сухих відсіків і т.ін. на ДП «КБ «Південне». Реалізація даного проекту дозволить вирішити проблему потреби підприємства у виробничому комплексі з вдосконаленими методами виробництва великогабаритних виробів, які б враховували особливості ракетобудівної галузі та дозволи зменшити строк та вартість виробництва.

Проект передбачає розробку системи промислового 3D-друку для використання у виробничих процесах великогабаритних виробів, таких як бакові системи та обичайки сухих відсіків. Як цільовий прототип розглядається технологія електро-променевої плавки, розроблена Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Основна перевага цієї технології – висока продуктивність, що дозволяє вирощувати великі деталі, розміри яких вимірюються метрами, з продуктивністю до 9 кг/год. Технологія ЕПІ передбачає пошарове формування виробу шляхом сплаву металевго дроту, сплавлення забезпечується спрямованим пучком електронів, джерелом якого є електронно-променева гармата. Завдяки вакуумній камері, виходить виріб з високою якістю структури металу, але принцип формування обумовлює низьку якість зовнішніх поверхонь. Проте, для друку паливних баків якість отриманої поверхні є достатньою.

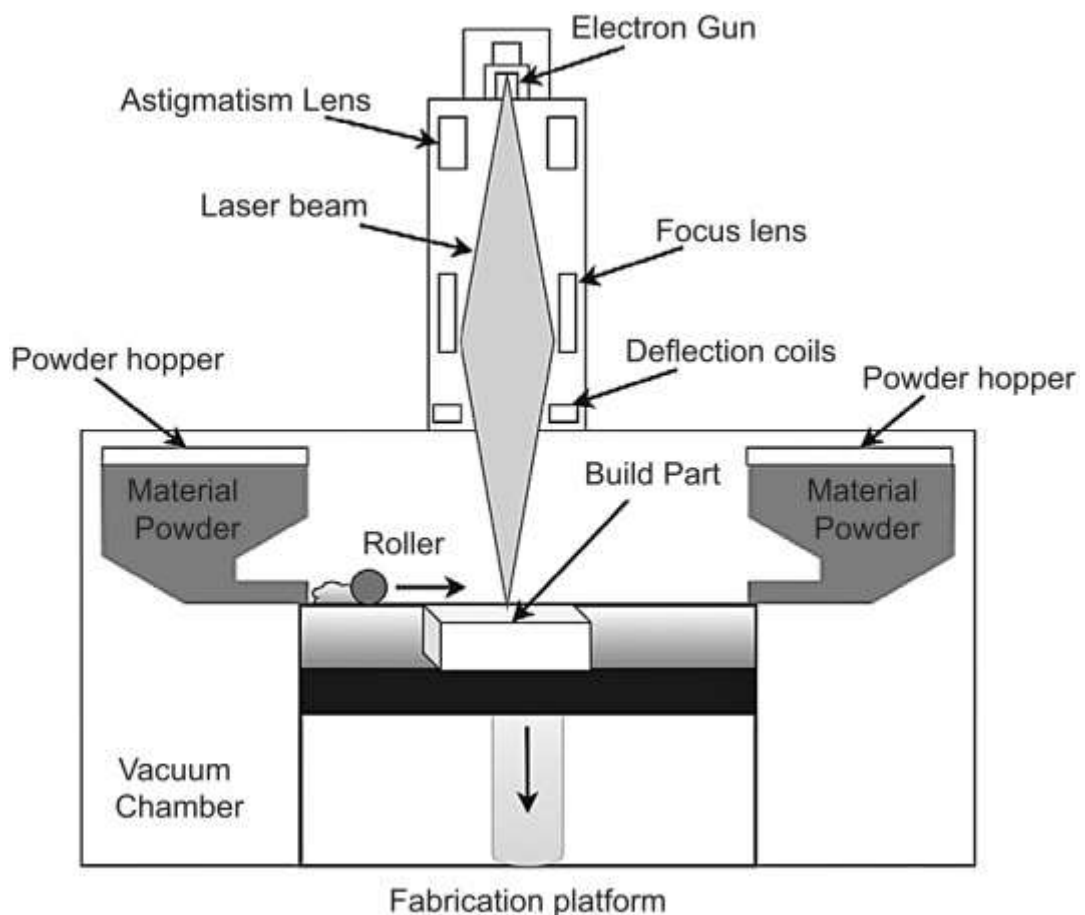


Рис. 2.1. Схематичне зображення технологічного процесу ЕПІ

Поєднання технології ЕПІ з традиційними методами механічної обробки дозволяє отримати найкращий результат з прийнятними витратами. Модельним матеріалом є металевий прут або дріт, що є перевагою, оскільки у такому вигляді доступні матеріали широкого спектру: нікелеві сплави,

нержавіючі і інструментальні сталі, Co-Cr та багато інших. Вартість такого матеріалу істотно нижча, ніж у порошковому стані.

В якості системи дистанційного контролю, що відбуваються під час друку виробу, робочих процесів передбачається застосувати традиційне, для даних технологій, рішення, а саме - промисловий 3D сканер.

Компанія GOM розробила інноваційну технологію 3D-сканування на основі структурованого світла під назвою ATOS. Завдяки відсутності рухомих частин та використанню безпечного синього світлового випромінювання, сканер ATOS може безпечно працювати без додаткових систем огорожі. Повністю автоматизована система сканування ATOS оснащена передовими компонентами, включаючи високоякісний DLP-проектор, який проектує на об'єкт складний візерунок з синього світла, та дві чутливі CCD-камери, які одночасно фіксують деформацію візерунка для визначення форми об'єкта з високою точністю. Завдяки модульній конструкції та використанню легких матеріалів, система ATOS може бути адаптована до різних розмірів об'єктів та вимог до точності. Спеціалізоване програмне забезпечення GOM Inspect Suite забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та можливість програмування в режимі Live-View. Користувач може керувати процесом сканування та обробки даних, а також проводити аналіз отриманих 3D-моделей безпосередньо в програмному середовищі.

Увагу також необхідно приділити альтернативним варіантам системи 3D-друку для використання його в технологічному процесі виробництва великогабаритних виробів.

Альтернатива 1. Одним з альтернативних варіантів є використання адитивної технології «Direct Deposition». Ця технологія передбачає, що метал та необхідна для плавки енергія подаються безпосередньо в точку, де відбувається побудова фрагмента деталі. Існує декілька варіантів принтерів, що використовують цю технологію:

- Принтер без робочої камери: Перевагою є відсутність робочої камери.

Основним недоліком є низька продуктивність. Ця технологія зазвичай

використовується для нанесення металевих покриттів та відновлення пошкоджених поверхонь.

- Принтер з робочою камерою: Основна перевага - висока продуктивність. Недоліком є необхідність використання металевого порошку як фідстока, що не забезпечує необхідних технічних характеристик для проекту.

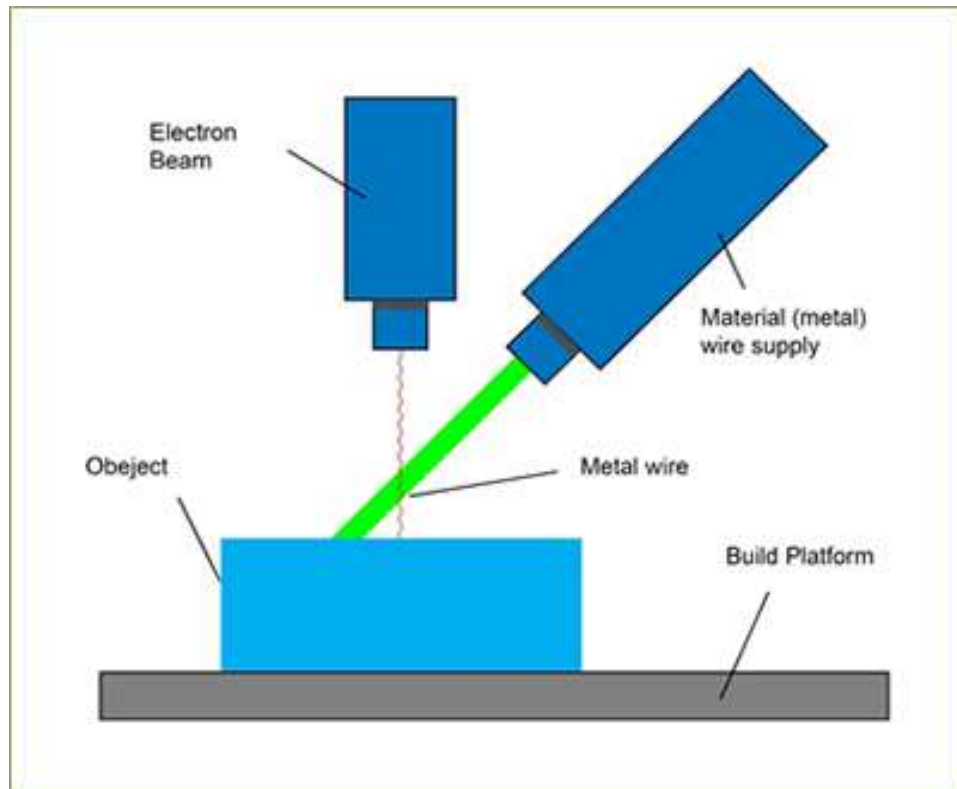


Рис. 2.2. Схематичне зображення технології «Direct Deposition»

Модифікації технології Direct Deposition:

- DMD - Direct Metal Deposition (POM, США)
- LENS - Laser Engineered Net Shape (Optomec, США)
- DM - Direct Manufacturing (Sciaky, США)
- MJS - Multiphase Jet Solidification (Fraunhofer IFAM, Німеччина; FDM, США)

Альтернатива 2. Компанія Sciaky розробила технологію EBAM, яка є технологією електронно-променевого адитивного виробництва. Ця технологія за своїм принципом аналогічна технології ЕПП. На ринку

адитивних технологій компанія Sciaky з технологією EBAM займає визначену нішу, що включає виробництво великих металевих деталей з високою точністю та продуктивністю.

Альтернатива 3. Існує також перспективна адитивна технологія «Cold Spray» (холодне розпилення металу), розроблена компанією RUS Sonik Technology, США. Ця технологія має значний потенціал для виготовлення великогабаритних об'єктів завдяки своїм унікальним властивостям.

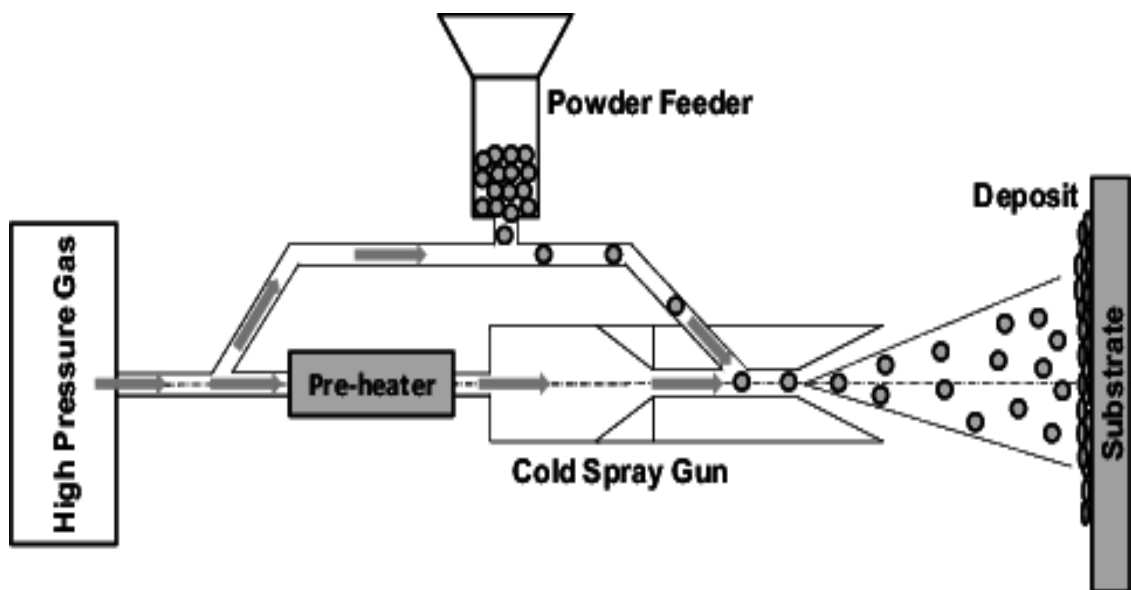


Рис. 2.3. Схематичне зображення технології «Cold Spray».

Основною перевагою технології «Cold Spray» є висока продуктивність - метал наноситься на об'єкт зі швидкістю до 18 кг/год. Це дозволяє швидко виготовляти великі об'єкти з різноманітних металів, що значно розширює можливості використання технології. Спектр застосовуваних марок металевих матеріалів дуже широкий, що дозволяє створювати вироби з різними властивостями та для різних застосувань.

Однак, технологія «Cold Spray» має і свої недоліки. Ефективність осадження металу залежить від типу металевого порошку і становить від 50% до 85% від загального завантаження. Це означає, що значна частина матеріалу може бути втрачена в процесі виробництва, що збільшує вартість виготовлення. Крім того, дана технологія здебільшого використовується для

відновлення пошкоджених поверхонь металевих виробів, що може обмежити її застосування для створення нових великогабаритних об'єктів.

Альтернатива 4. Технологія «Spray Forming» (лиття розпиленням або осадження розпилюванням), розроблена Metso Materials Technology, Фінляндія, є відомою вже більше 20 років і застосовується для виготовлення металевих компонентів з однорідною мікроструктурою. Ця технологія дозволяє отримувати особливо чисті металеві компоненти шляхом осадження напівтвердих, розпорошених газовим струменем крапель металу на профільовану підкладку.

Основною перевагою технології «Spray Forming» є висока продуктивність, яка може досягати 20 кг/хв. Це дозволяє швидко виготовляти великі об'єкти з високою якістю мікроструктури металу. Така продуктивність є однією з найвищих серед існуючих адитивних технологій, що робить її привабливою для промислового використання.

Проте, технологія «Spray Forming» має свої недоліки. Вироби, виготовлені за цією технологією, мають поверхню дуже низької якості та незадовільну для цього проекту точність виконання. Це може вимагати додаткової обробки після виготовлення, що збільшує загальний час та вартість виробництва. Крім того, складність контролю процесу осадження може призвести до нерівномірної мікроструктури в окремих ділянках виробу.

Ми обрали фундаментальний підхід, створивши виробничий комплекс, що базується на технології адитивного електродугового зварювання. Цей інноваційний метод передбачає подачу металевого дроту в спеціально відведену робочу зону, де він сплавляється спрямованим електронним пучком з електронно-променевої гармати, що призводить до формування шару продукту. В просторій робочій зоні розміром 4x4x6 метрів, розташованій у вакуумній камері, продуктивність роботи обладнання становить від 3,5 до 9 кг/год.

Обладнання, яке використовується у виробництві, включає електронно-променеву гармату Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона

Національної академії наук України та промисловий 3D-сканер компанії GOM.

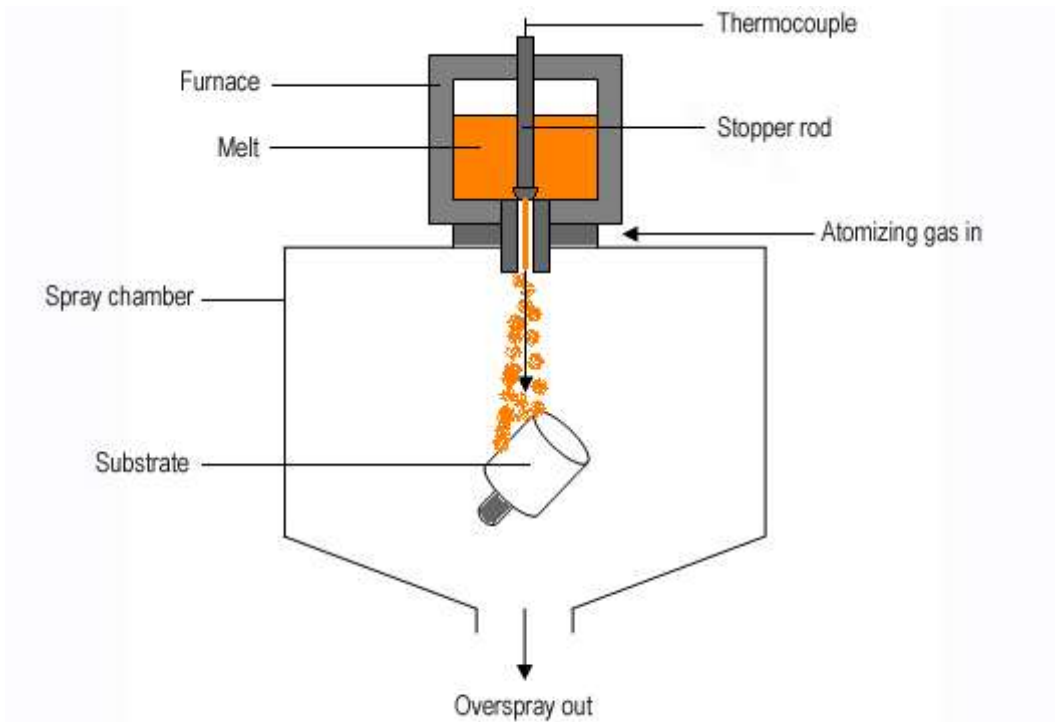


Рис. 2.4. Схематичне зображення технології «Spray Forming».

Фінансування цього проекту буде здійснюватися за рахунок власного капіталу компанії. Це стратегічне рішення не тільки підвищує прибутковість, але й гарантує, що всі отримані доходи будуть спрямовані на власне розширення та розвиток, а не на покриття боргів перед банками.

Розуміючи, що проект являє собою цілісний комплекс заходів, спрямованих на досягнення конкретних цілей в рамках заздалегідь визначених часових рамок і ресурсних обмежень, нашим наступним імперативом є формулювання основної суті проекту.

У більш широкому сенсі, реалізація цього проекту стане каталізатором прогресу в ключових глобальних процесах:

- Удосконалення виробничих процесів: Приведе до оптимізації виробничих циклів для деталей зі складною геометрією.

- Спрощення виробництва складних деталей: Пропонує рішення там, де традиційні методи можуть бути непрактичними або надто дорогими.
- Підвищення якості та зменшення кількості браку: Особливо важливо для компонентів зі складною геометрією або внутрішньою структурою.
- Полегшення конструкцій: Завдяки виготовленню композитних компонентів.
- Підвищення міцності та надійності: Досягається за рахунок оптимізації структурних елементів.
- Прискорене створення прототипів і виробництво дослідних партій: Вирішальне значення для стимулювання інновацій та ініціатив з розробки нових продуктів.

Таким чином, головною метою проекту є створення в КБ «Південне» сучасного виробничого комплексу на базі адитивних технологій.

2.2 Концептуальна сутність проекту

Цілі проекту. Основною метою проекту є створення на базі КБ «Південне» виробничого комплексу з використанням адитивних технологій для виготовлення великогабаритних металоконструкцій. Ця головна мета деталізується за допомогою побудови дерева цілей - методу, який розбиває головну мету на окремі складові на основі однієї ознаки.

Шляхом декомпозиції основної мети дерево цілей пов'язує загальну мету з конкретними завданнями, призначеними окремим виконавцям.

Реалізація проекту відбувається у такі етапи:

1. Збір та координація вихідних даних: Проект починається зі збору та координації вихідних даних, необхідних для вибору або адаптації цільової технології.

2. Виготовлення прототипів: Прототипи будуть виготовлені з використанням запропонованих технологій. Замовлення на виготовлення

будуть розміщені у компаніях на основі затверджених цифрових 3D-моделей.

До таких компаній належать:

- GE Additive (США): Виготовлення зразка за технологією EBAM.
- Titomic (Австралія): Виготовлення зразка за технологією COLD SPRAY.
- Oerlikon Metco (Швейцарія): Виготовлення зразка за технологією Spray Forming.

Ці компанії отримають 3D-моделі зразків для оцінки, як технологічної, так і економічної, з метою подальшого виробництва. Технологічні та економічні аспекти кожної технології будуть обговорені та узгоджені з їхніми власниками, інформація про які відсутня у відкритих джерелах.

3. Випробування зразків та вибір технології: Механічні властивості зразків будуть протестовані для вибору відповідної технології. Це передбачає підтвердження фізико-механічних властивостей модельних зразків для кількісного обґрунтування цільової технології або її адаптації. Буде оцінено якість продукції, отриманої за кожною технологією, та визначено необхідні модифікації для досягнення необхідних вимог до кінцевого продукту. Сторонні підрядники проведуть металографічний аналіз, неруйнівний контроль та визначать фізико-хімічний склад і властивості матеріалів. Серед підрядників - Централізована металургійна лабораторія ПМЗ (Дніпро), ДП «Колоран» (Київ), «Запоріжсталь» (Запоріжжя) та ННЦ «Інститут метрології» (Харків).

4. Розробка ескізного проекту: Буде розроблено концептуальний проект виробничого комплексу на основі адитивних технологій. Це включає розробку вихідних даних для адаптації технології, проектування маніпулятора, робочої платформи та допоміжних систем.

5. Замовлення обладнання для виробництва: Буде розміщено замовлення на виготовлення основного обладнання та видано вихідні дані підрядникам з подальшим укладанням контрактів на виготовлення.

6. Розробка технічних специфікацій: Підрядники нададуть технічні специфікації для систем та підсистем, які будуть розроблятися. Ці специфікації, разом з пропозиціями, ескізними та технічними проектами виробничого комплексу, будуть опрацьовані та затверджені. Також будуть підготовлені вихідні дані для будівництва або адаптації виробничих потужностей.

7. Будівництво/приспосовування виробничих потужностей: Цей етап передбачає будівництво або адаптацію виробничих потужностей відповідно до вимог.

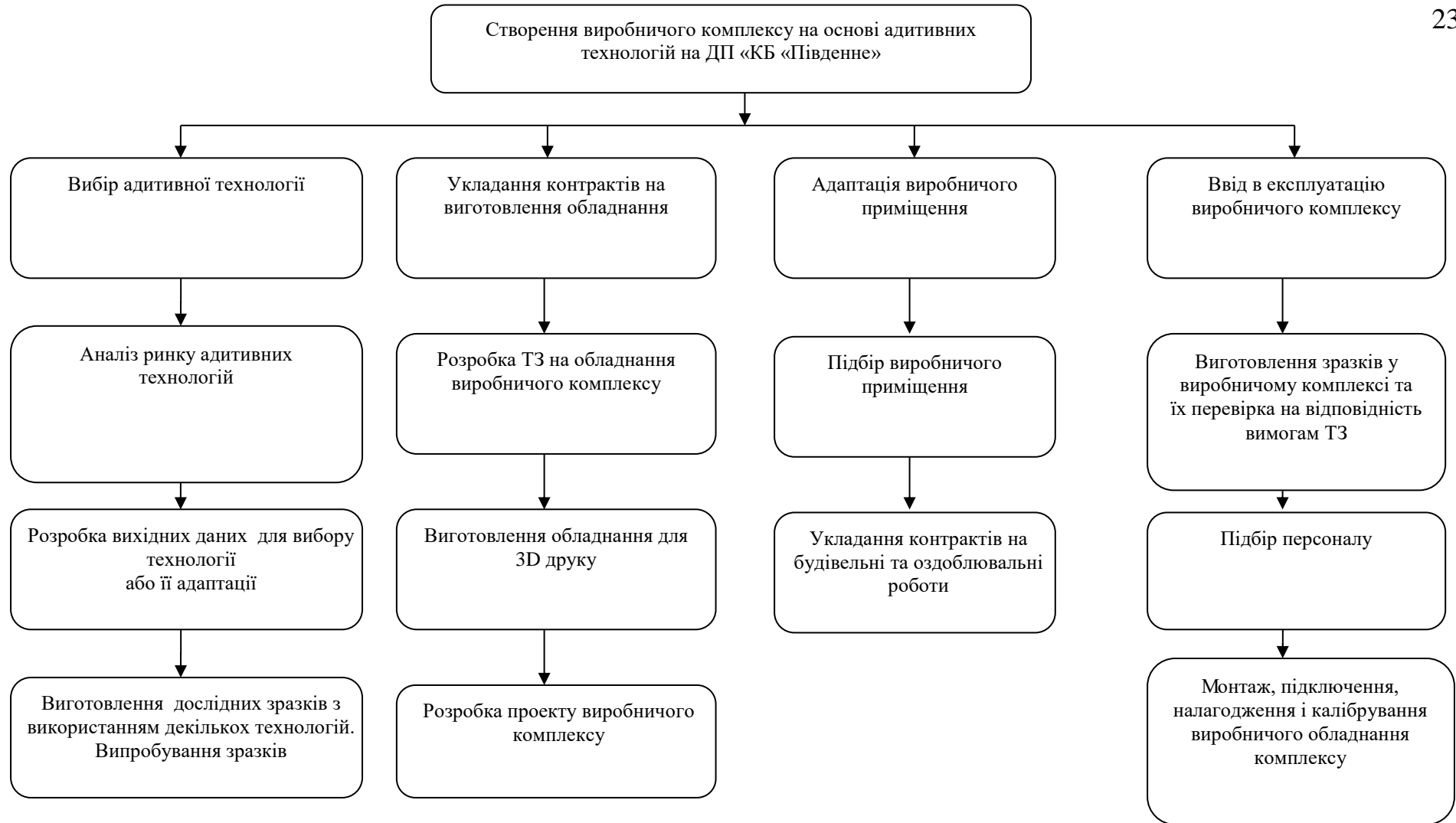
8. Оснащення виробничих потужностей: Виробничі потужності будуть обладнані необхідними допоміжними системами. Будуть укладені контракти з підрядниками на виконання різних необхідних робіт, включаючи комунікації, освітлення та розміщення персоналу.

9. Встановлення та калібрування обладнання: Виробниче обладнання для комплексу буде встановлено, підключено, відрегульовано та відкалібровано.

10. Виробництво та верифікація зразків: Зразки будуть виготовлені у виробничому комплексі та перевірені на відповідність технічним специфікаціям.

Ретельне дотримання цих етапів спрямоване на успішне створення виробничого комплексу в КБ «Південне», що використовує адитивні технології для виготовлення великогабаритних металоконструкцій.

Декомпозиція головної мети проекту надано на рис. 2.5.



5

Рис. 2.5. Дерево цілей проекту

Початком цього проекту є наказ генерального директора про створення виробничого комплексу з використанням адитивних технологій на базі КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля. Життєвий цикл проекту розділений на окремі фази, що пов'язують його початок і завершення, а саме:

Фаза I: Концептуальна (передінвестиційна)

Фаза II: Розробка та планування

Фаза III: Впровадження

Фаза IV: Завершення

Під час концептуальної фази проект має на меті

- Визначити основні проблеми, які необхідно вирішити.
- Сформулювати цілі проекту.
- Встановити критерії успішного досягнення цих цілей.
- Провести аналіз альтернативних варіантів.
- Визначити необхідність та доцільність створення виробничого комплексу.
- Оцінити вартість інвестицій.
- Визначити потенційні терміни реалізації проекту.
- Прийняти рішення про доцільність реалізації проекту.
- Розробити й затвердити створено комплексний план проекту.

На етапі розробки та планування буде створено комплексний план проекту, який детально описує структуру проекту, мережеву модель, графік та потреби в ресурсах.

Етап реалізації буде проходити відповідно до затвердженого плану, із залученням операційного менеджменту для моніторингу та усунення виявлених порушень і відхилень. Будуть прийматися управлінські рішення для приведення фактичних результатів у відповідність до запланованих показників.

2.3 Аналіз характерних особливостей проекту

Реалізація проекту зі створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій у ДП «КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля» потребує організаційної структури, яку ідентифікують як слабку матрицю. Ця структура зберігає багато характеристик традиційної функціональної організації, в якій роль менеджера проекту більше схожа на роль координатора, ніж на роль керівника-директора. Концентрація всіх виробничих і управлінських функцій у руках проектного менеджера дозволяє спростити комунікацію і прийняття рішень, а повноваження каскадом передаються від вищих рівнів функціонального управління до операційних рівнів.

Ключові характеристики цього проекту включають

- Середньострокова тривалість: Проект розроблений з чіткими часовими рамками, з метою завершення протягом 3,5 років. Така тривалість забезпечує баланс між швидкою розробкою та ретельним впровадженням, гарантуючи, що всі аспекти будуть ретельно сплановані та виконані.

- Інноваційний підхід: Цей проект передбачає створення нового виробничого комплексу з використанням адитивних технологій, що є значним технологічним кроком уперед для КБ «Південне» ім. М.К. Янгеля. Очікується, що впровадження цих передових технологій розширить виробничі можливості та створить конкурентну перевагу на ринку.

- Інвестиційна складова: Важливим аспектом цього проекту є його інвестиційна складова. Закупівля повного програмно-апаратного комплексу має важливе значення, а також масштабні ремонтно-будівельні роботи на виробничому майданчику. Ці інвестиції мають вирішальне значення для створення інфраструктури, необхідної для успішного впровадження адитивних технологій.

- Організаційна складність: Окрім технічних аспектів, проект відзначається значною організаційною складністю. Це включає необхідність

аналізу та адаптації адитивних технологій до існуючих виробничих процесів, встановлення та калібрування нового обладнання, а також впровадження широкого спектру організаційних заходів. Ці кроки є життєво важливими для забезпечення безперешкодної інтеграції нової системи з поточними операціями.

З огляду на ці характеристики, одним з найважливіших викликів буде подолання опору змінам, особливо з боку керівників середньої та нижчої ланки. Ефективні стратегії управління змінами мають важливе значення для подолання цього опору, гарантуючи, що всі зацікавлені сторони поділяють цілі проекту і отримують належну підтримку протягом усього перехідного періоду.

Для вирішення цих завдань проект впроваджуватиме комплексні навчальні програми для персоналу на всіх рівнях, забезпечуючи їхню обізнаність з новими технологіями та процесами. Будуть створені механізми регулярної комунікації та зворотного зв'язку для того, щоб усі члени команди були поінформовані та залучені до роботи. Крім того, буде розроблено надійний план управління змінами для виявлення потенційних точок опору та їх активного усунення за допомогою цілеспрямованих втручань.

Успіх цього проекту залежить від ретельного планування, ефективної комунікації та здатності керувати опором змінам і пом'якшувати його. Зосередившись на цих критично важливих процесах, ДП «КБ «Південне» може забезпечити плавний перехід до сучасного виробничого комплексу, що використовує весь потенціал адитивних технологій.

2.4 Проектний аналіз та рішення щодо прийняття проекту

2.4.1 Маркетинговий аналіз проекту. Маркетингова стратегія створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій на базі КБ «Південне» особлива тим, що продукт проекту - сучасний виробничий комплекс - не буде продаватися зовнішнім замовникам. Натомість він буде власним активом, що функціонуватиме виключно в межах КБ «Південне». Такий стратегічний підхід

вимагає всебічного аналізу внутрішніх сильних і слабких сторін організації, а також зовнішніх можливостей і загроз.

Розробка цієї маркетингової стратегії ґрунтується на ретельному вивченні можливостей КБ «Південне» та зовнішнього середовища. Важливим інструментом у цьому процесі є SWOT-аналіз, який дає уявлення про внутрішні та зовнішні фактори, що можуть вплинути на успіх проекту. Результати цього аналізу наведені нижче, де показані сильні та слабкі сторони, можливості та загрози, що мають відношення до проекту.

Сильні сторони:

- Значні професійні знання та досвід: КБ «Південне» має високий рівень експертизи та перевірений досвід реалізації складних, наукоємних проектів. Цей досвід забезпечує міцний фундамент для успішного розвитку виробничого комплексу.
- Сформована команда: Організація вже має спеціальну команду для пілотного виробничого комплексу, що гарантує наявність згуртованої та досвідченої групи, готової до вирішення завдань проекту.
- Підтримка з боку керівництва: Проект користується сильною підтримкою з боку керівництва КБ «Південне», що має вирішальне значення для забезпечення необхідних ресурсів та подолання потенційних внутрішніх перешкод.
- Наявні приміщення: На підприємстві є наявні приміщення, які можна перепрофілювати для розміщення нового виробничого комплексу з адитивних технологій, що зменшує потребу в додаткових інвестиціях в інфраструктуру.
- Кваліфіковані технічні спеціалісти: Наявність висококваліфікованого технічного персоналу в ДП «КБ «Південне» є значною перевагою, оскільки ці фахівці відіграватимуть важливу роль в успішному впровадженні та експлуатації виробничого комплексу.

Слабкі сторони:

- Відсутність досвіду власного виробництва: Незважаючи на свої сильні сторони, КБ «Південне» не має досвіду власного виробництва, а наявні компетенції персоналу не повною мірою відповідають вимогам роботи з новими адитивними технологіями .
- Неефективна система мотивації персоналу: Існуюча система мотивації персоналу до впровадження інновацій є недостатньою, що може перешкоджати просуванню проекту та впровадженню нових технологій.
- Висока плинність кваліфікованих кадрів: Організація стикається з відносно високою плинністю кваліфікованих кадрів, що може порушити безперервність і стабільність, необхідні для успіху проекту.
- Бюрократичне управління: Високий ступінь бюрократизації управлінської структури компанії може сповільнювати процеси прийняття рішень і перешкоджати гнучкому виконанню проектів.
- Недостатні навички управління проектами: Існує помітний пробіл у знаннях та навичках управління проектами серед співробітників компанії, що є критично важливим для ефективного планування та виконання проекту.
- Спротив новим технологіям: Значна частина управлінського персоналу середньої та нижчої ланки не бажає розуміти та сприймати нові адитивні технології, що створює проблеми для прийняття та інтеграції проекту.

Нижче представлено ОТ аналіз зовнішнього середовища з акцентом на оцінці неконтрольованих зовнішніх факторів. На основі SWOT-аналізу експертна оцінка визначила найбільш значущі фактори, що впливають на проект.

Сильні сторони:

- Високий рівень знань та великий попередній досвід реалізації складних, наукоємних проектів.
- Сильна підтримка з боку керівництва компанії щодо реалізації цього проекту.

Слабкі сторони:

- Відсутність власного виробничого досвіду у КБ «Південне» та недостатній рівень компетенцій персоналу для виконання вимог щодо роботи з ВКАТ.
- Відносно висока плінність кваліфікованих кадрів.

Таблиця 2.1

ОТ-аналіз проекту створення ВКАТ

Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
<p>1. Активний розвиток ринку адитивних технологій в Україні.</p> <p>2. Державні програми, спрямовані на реструктуризацію ракетної галузі в економіці України.</p> <p>3. Технічне переоснащення та розвиток нових, інноваційних технологій виробництва.</p> <p>4. Зростання попиту на продукцію спільного виробництва серед підприємств ракетної галузі завдяки зниженню собівартості та підвищенню якості продукції.</p>	<p>1. Технічна складність реалізації проекту.</p> <p>2. Труднощі із забезпеченням фінансування проекту в умовах економічної кризи та конфлікту, що триває.</p> <p>3. Нестабільність національної валюти і макроекономічної ситуації.</p>

На основі SWOT-аналізу були розроблені наступні стратегії реалізації проекту:

Стратегія ST: Ця стратегія спрямована на використання сильних сторін організації для пом'якшення зовнішніх загроз. Використовуючи свій високий рівень експертизи та управлінської підтримки, компанія може подолати технічні складнощі та фінансові виклики, що виникають у зовнішньому середовищі.

Стратегія SO: Ця стратегія фокусується на капіталізації зовнішніх можливостей шляхом використання сильних сторін організації. Наприклад, компанія може використати свій досвід та управлінську підтримку, щоб

скористатися перевагами зростаючого ринку адитивних технологій та державних програм реструктуризації галузі.

Стратегія ВТ: Цей підхід спрямований на подолання внутрішніх слабкостей для протидії зовнішнім загрозам. Покращуючи власний виробничий досвід та підвищуючи компетенції персоналу, компанія може краще справлятися з технічними та фінансовими викликами, з якими вона стикається.

Стратегія ВО: Ця стратегія спрямована на подолання внутрішніх слабкостей для використання зовнішніх можливостей. Наприклад, вирішивши проблему високої плинності кадрів та підвищивши кваліфікацію персоналу, компанія зможе краще брати участь у зростаючому ринку адитивних технологій та отримати вигоду від державних програм реструктуризації галузі.

Отже, SWOT-аналіз не тільки визначає важливі фактори, що впливають на проект, але й забезпечує стратегічну основу для подолання викликів і можливостей, що виникають у зовнішньому середовищі. Впроваджуючи ці стратегії, компанія може підвищити свою здатність успішно завершити проект і досягти поставлених цілей у динамічному і часто непередбачуваному зовнішньому середовищі.

На основі ретельного SWOT-аналізу було розроблено комплексний маркетинговий план створення ВКАТ при Державному підприємстві «Конструкторське бюро “Південне” (ДП “КБ ”Південне»)). Цей план детально описує специфікації продукту, цінову стратегію та методи просування на ринку, необхідні для успішного запуску та функціонування ВКАТ.

Огляд продукту. Основним продуктом цієї ініціативи є система ВКАТ, розроблена та впроваджена на Державному підприємстві «Конструкторське бюро “Південне” ім. М.К. Янгеля» (ДП «КБ “Південне” ім. М.К. Янгеля»)). Ця система являє собою значний прогрес у технологічних можливостях підприємства і призначена для підвищення ефективності виробництва та якості продукції.

Цінова стратегія. В умовах фінансової нестабільності ціноутворення стає критично важливим фактором, хоча і не єдиним визначальним фактором

успіху. Вартість обладнання становить приблизно 80% від загального бюджету проекту. Щоб забезпечити економічну ефективність та відповідність вимогам проекту, постачальники обладнання ретельно відбираються на основі їх відповідності ТЗ. Серед розглянутих варіантів пропозиція Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України виділяється як найбільш підходяща завдяки своїй високій відповідності зазначеним критеріям.

Вимоги до місця розташування. Вимоги до виробничого приміщення чітко визначені в ТЗ. Ці специфікації гарантують, що обране місце є оптимальним для встановлення та експлуатації системи ВКАТ, тим самим сприяючи безперешкодній інтеграції в існуючі робочі процеси.

Внутрішня корпоративна стратегія сприяння прийняттю та підтримці ВКАТ передбачає поєднання кількох ключових заходів:

- Інформаційні кампанії: Регулярні оновлення та детальна інформація про переваги та вигоди нової виробничої системи будуть доводитися до відома керівників підрозділів та працівників. Ця ініціатива спрямована на формування чіткого розуміння того, як ВКАТ підвищить продуктивність та операційну ефективність.

- Тренінги та семінари: Щоб полегшити перехідний період, будуть проведені комплексні тренінги та семінари. Вони забезпечать працівників необхідними навичками та знаннями для ефективного використання системи ВКАТ, тим самим зменшуючи побоювання та опір.

- Механізм зворотного зв'язку: Створення надійного механізму зворотного зв'язку дозволить співробітникам висловлювати свої занепокоєння та пропозиції. Це не тільки допоможе оперативно вирішувати будь-які проблеми, але й дасть змогу працівникам відчувати, що їх цінують та залучають до процесу, що сприятиме прийняттю та підтримці системи ВКАТ з їхнього боку.

Інтегруючи ці заходи, маркетинговий план має на меті забезпечити безперешкодне впровадження та сталу роботу системи ВКАТ в КБ «Південне»,

що в кінцевому підсумку сприятиме довгостроковому успіху та технологічному прогресу організації.

2.4.2 Фінансовий аналіз проекту. Оцінка фінансової ефективності створення ВКАТ (вертикального інструменту розширення знань) в КБ «Південне» є складним завданням, насамперед тому, що вироби ВКАТ (системи паливних баків) є проміжними компонентами, а не кінцевими продуктами.

Тим не менш, фінансовий ефект від створення ВКАТ помітний у підвищенні продуктивності виробництва, поліпшенні якості продукції та скороченні часу виробництва.

Кількісно оцінити скорочення виробничих витрат на виробництво продукції, обумовлене підвищенням продуктивності, за своєю суттю є складним завданням. Тому ця потенційна економія не буде врахована в наступних розрахунках. Однак, важливість цієї економії в умовах конкурентного ринку неможливо переоцінити.

Для ефективного обслуговування ВКАТ потрібен наступний персонал:

- Менеджер комплексу
- Керівник проектної групи
- три інженери-конструктори
- Керівник групи технічного обслуговування
- два інженери з технічного обслуговування

Ці фахівці будуть працювати повний робочий день, забезпечуючи безперервну та ефективну роботу. Вартість обслуговування системи складатиме:

$$(18000+(12000*2)+(10500*5)) *1*12 = 1\ 134 \text{ тис. грн. на рік.}$$

Таблиця 2.2

План прибутків-збитків від створення ВКАТ

Статті витрат/вигод	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
Коефіцієнт дисконтування	13,5	13,5	13,5	13,5

Інвестиції , млн. грн.	0,5	70,5	11	0
Витрати на експлуатацію системи млн. грн.	0	0	0	756

Грошовий потік від створення ВКАТ (інвестиційної діяльності)	- 0,5	- 70,5	- 11	
Дисконтований грошовий потік	- 0,5	- 62,11	-8,53	- 517,05

Ставка дисконтування в розрахунках прийнята 13,5 % по гривні і 13,5 % по твердій валюті (USD), що відповідає затвердженому на підприємстві нормативному коефіцієнту фінансової ефективності.

План вкладання інвестицій. Основні напрями вкладання інвестиційних коштів для створення ВКАТ у КБ «Південне» приведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Інвестиційні витрати на реалізацію проекту

Стаття витрат	Вартість, тис. грн.	Етап №
Купівля електронно-променевого пристрою із комплектом фідстока (кремній-магнієвий стержні)	480	5
Купівля системи сканування	599	5
Розробка і виготовлення несучої системи, системи переміщення маніпулятора, електронного обладнання	1573	5
Вартість розробки і виготовлення робочої вакуумної камери	34320	5
Допоміжні системи: водяного охолодження, подачі інертного газу	290	5
Розробка інтегрального програмного забезпечення	819	5
Вартість виготовлення додаткової оснастки і допоміжних систем (автоматичне калібрування оптичних систем, система пожежотушіння і т.ін.)	1453	5
Витрати на залучення проектно - будівельних організацій	3073	6
Витрати на залучення підрядників на наукову підтримку проекту (Інститут Патона)	352	6
Виготовлення металевих зразків (вибір технології)	339	2
Витрати на проведення аналізу і випробування металевих зразків	327	3

Підготовка виробничого приміщення	4433	7
Інженерні споруди виробничого приміщення	6942	8
Усього за проектом:	55000	

Фінансування проекту планується здійснювати із фонду розвитку підприємства. Не дивлячись на те, що проект фінансується із власних коштів, для точнішої оцінки фінансової ефективності виділення коштів ставка дисконтування приймається на рівні середньої інфляції гривні - 8%.

2.4.3 Аналіз проектних ризиків.

Ризик в контексті управління проектами - це подія, яка може відбутися в умовах невизначеності з певною ймовірністю. Простіше кажучи, це ймовірність настання небажаної події з усіма її потенційними наслідками. Цей аналіз зосереджений на виявленні та оцінці найбільш значущих ризиків для проекту зі створення ВКАТ в КБ «Південне».

До основних ризиків, визначених для цього проекту, відносяться

1. Невизначеність ситуації: Цей ризик пов'язаний з потенційною можливістю знищення або пошкодження обладнання внаслідок актів військової агресії. У регіонах, що переживають конфлікт, цей ризик є особливо актуальним і може серйозно вплинути на терміни та безпеку проекту.

2. Економічна нестабільність: Ризик, пов'язаний з нестабільністю економічної ситуації в Україні, в тому числі інвестиційного законодавства, може призвести до скорочення фінансування програм розвитку ДП «КБ «Південне». Економічні коливання та зміни в інвестиційному законодавстві можуть створити значні фінансові обмеження.

3. Матеріально-технічні недоліки: Існуюча матеріально-технічна база підприємства може бути недостатньою, що створює ризик для успішної реалізації проекту. Це стосується наявності та якості необхідного обладнання та інфраструктури.

4. Розширення обсягу робіт: Існує ризик значного розширення обсягу проекту під час його реалізації. Зміни у вимогах або цілях проекту можуть призвести до збільшення витрат, подовження термінів і перерозподілу ресурсів.

5. Невиконання зобов'язань постачальником: Цей ризик виникає через можливість невиконання постачальниками своїх контрактних зобов'язань. Надійність постачальника має вирішальне значення для дотримання графіків проекту та стандартів якості.

6. Технологічне старіння: Швидкий розвиток нових технологій може зробити існуючу технологію ЕПП та пов'язаний з нею виробничий комплекс застарілим ще до завершення проекту. Випередження технологічного прогресу є життєво важливим для забезпечення актуальності та ефективності проекту.

У дослідженні було проаналізовано ймовірність настання зазначених ризиків. Для суб'єктивної оцінки ймовірності кожної несприятливої події використовувалися експертні думки, засновані на великому досвіді та аналізі потенційних сценаріїв. Ймовірність виникнення небажаних явищ була класифікована за наступною рейтинговою системою:

- Незначна: 0-25
- Низька: 25-50%
- Середній: 50-75
- Висока: 75-100%.

Крім того, важливість кожного ризику була оцінена шляхом присвоєння їм вагових коефіцієнтів для визначення пріоритетності. Вага найвищого пріоритету ризику становить 0,1, третього пріоритету - 0,01, а другого пріоритету - 0,055 (розраховується як середнє значення першого та третього пріоритетів).

Підсумовуючи, статус кожної несприятливої події визначався шляхом множення ймовірності її настання на її значущість, як показано в Таблиці 2.4. Цей комплексний аналіз ризиків допомагає визначити пріоритетність ризиків і сформулювати відповідні стратегії пом'якшення наслідків, забезпечуючи безперебійну реалізацію проекту, незважаючи на невизначеність. Він

підкреслює важливість проактивного управління ризиками для подолання складнощів, пов'язаних з реалізацією проекту в складних умовах.

- Таблиця 2.4

Кількісна оцінка ризиків

- Вид ризику	- Експертна оцінка вірогідності реалізації ризикової події	- Пріоритет ризику, P	- Вага ризику, W_i	- Оцінка, $O * w_i$
Невизначеність ситуації	25	2	0,055	1,375
Економічна нестабільність	25	1	0,1	2,5
Розширення обсягу робіт	50	2	0,055	2,75
Невиконання зобов'язань постачальником	25	3	0,01	0,25
Технологічне старіння	25	3	0,01	0,25
Нестача фінансування	50	1	0,1	5,0
Збої, нестабільність роботи ВКАТ	25	1	0,1	2,5
Слабкість матеріально-технічної бази	50	2	0,055	2,75
Недостатня підготовленість персоналу	50	2	0,055	2,75
Розширення завдань за проектом	20	1	0,1	2,0
Сумарний ризик проекту				31,75

- Заходи щодо зниження негативних наслідків реалізації найбільш важливих ризикових подій, що отримали оцінку 2,5 і більше балів, наведені нижче.

Нестача фінансування. Щоб вирішити проблему потенційної нестачі фінансування, необхідно дослідити та забезпечити альтернативні джерела фінансування. Це може включати пошук інвесторів, подання заявок на гранти або створення стратегічних партнерств, які можуть надати фінансову підтримку. Диверсифікація джерел фінансування може забезпечити фінансову стабільність компанії та її спроможність продовжувати свою діяльність і розвивати проекти.

Невдачі та нестабільність ВКАТ. Щоб зменшити ризик невдач і нестабільності в рамках ВКАТ, слід застосувати багатогранний підхід. Він включає в себе:

1. Підвищення якості технічної розробки проектів для забезпечення надійності та надійності результатів.
2. Оновлення матеріально-технічної бази до сучасних стандартів, щоб уникнути застарівання та підвищити операційну ефективність.
3. Впровадження системного підходу до вибору постачальників послуг, обладнання та програмного забезпечення для забезпечення сумісності, надійності та продуктивності.
4. Створення резервного фонду для проведення ремонтів та модернізації, що забезпечить наявність фінансових ресурсів для вирішення будь-яких непередбачуваних проблем.
5. Впровадження планів дій у надзвичайних ситуаціях, які детально описують дії, що мають бути вжиті у випадку збою, забезпечуючи швидке та ефективне реагування з метою мінімізації простоїв.
6. Слабкість матеріально-технічної бази.

Для зміцнення матеріально-технічної бази необхідно вжити наступних заходів:

Підвищення якості планування, з особливим акцентом на організаційні заходи для оптимізації процесів та підвищення ефективності.

Підвищення виконавської дисципліни працівників компанії, в тому числі керівництва, для забезпечення дотримання планів і протоколів, тим самим мінімізуючи помилки та неефективність.

Вирішення проблеми недостатньої підготовки персоналу має вирішальне значення. Цього можна досягти шляхом:

- Розробка комплексної системи мотивації персоналу для заохочення постійного навчання та професійного розвитку.

– Покращення виконавської дисципліни в усіх підрозділах та впровадження офіційної процедури управління змінами для плавного та ефективного переходу до нової системи.

– Створення служби підтримки користувачів задовго до введення в експлуатацію ППЧ, забезпечення доступу працівників до необхідних ресурсів і допомоги для ефективного виконання ними своїх обов'язків.

Як зазначалося вище, багато з найбільш значущих ризиків належать до компетенції керівництва компанії та команди проекту. Вживаючи таких упереджувальних заходів, як описані вище, компанія може значно зменшити потенційний негативний вплив цих ризиків. Впровадження цих стратегій не лише допоможе зменшити ризики, але й сприятиме загальній стійкості та успіху компанії.

Висновки до розділу 2

В цьому розділі продовжено розробку та планування проекту. Для покращення можливостей управління проектом зроблено декомпозицію проекту на окремі елементи, які є самостійними об'єктами планування, обліку, організації та координації, тобто структури проекту. Проведено маркетинговий та фінансовий аналіз проекту. Виконано аналіз проектних ризиків, сформульовані основні можливі проблеми та запропоновано їх вирішення.

ВИСНОВКИ

В даному кваліфікаційному проекті було ретельно виконано розробку та обґрунтування плану створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій на виробничій базі Державного підприємства «Конструкторське бюро “Південне” ім. М.К. Янгеля». В результаті дослідження було визначено, що актуальність даного проекту обумовлена нагальною потребою в удосконаленні виробничого процесу в ДП «КБ “Південне”», зокрема, через застарілість існуючих методів створення великогабаритних компонентів. Існуючі технології виробництва вимагають значного спрощення конструкції великогабаритних деталей, що негативно впливає на їх масогабаритні характеристики та призводить до тривалого часу виготовлення - від одного до шести місяців. Ці проблеми негативно впливають на собівартість кінцевого продукту і перешкоджають швидкій модернізації, оскільки виробництво тестових зразків вимагає тривалого періоду часу.

Основною метою проекту є розробка промислової системи 3D-друку для інтеграції в технологічний процес виготовлення великогабаритних виробів на Державному підприємстві «Конструкторське бюро “Південне” ім. М.К. Янгеля» (ДП «КБ “Південне”»). Використовуючи адитивні технології, проект має на меті оптимізувати виробничі процеси, значно скоротивши витрати часу та ресурсів без шкоди для якості продукції. Такий підхід відповідає зростаючим потребам аерокосмічних компаній, які потребують більш швидких та ресурсоефективних методів виробництва великих металевих конструкцій. Традиційні технології виробництва не відповідають цим вимогам, що підкреслює необхідність впровадження інноваційних рішень в галузі адитивного виробництва.

Кваліфікаційний проект пропонує створення виробничого комплексу, заснованого на адитивних технологіях, що сприятиме впровадженню систем промислового 3D-друку не тільки на українських аерокосмічних підприємствах, а й у таких галузях, як суднобудування, вагонобудування,

виробництво великогабаритної арматури, а також військово-промисловий комплекс. В ході дослідження було проведено ретельну оцінку сильних і слабких сторін різних систем, і було зроблено висновок, що найбільш підходящим рішенням для КБ «Південне» є розробка Інституту ім. Патона, головного підрядника попередніх проектів зі створення ВКАТ.

Було проведено комплексний фінансовий, маркетинговий, інституційний аналіз проекту та аналіз ризиків. Ключові показники ефективності (КРІ), розраховані для проекту, продемонстрували багатообіцяючі результати, підкреслюючи потенціал успіху проекту. Аналіз також виявив потенційні фактори ризику та запропонував заходи для ефективного зменшення цих ризиків.

Таким чином, проект має на меті революціонізувати виробництво в КБ «Південне» шляхом інтеграції передових технологій адитивного виробництва. Результати цього дослідження можуть бути екстрапольовані для створення подібних виробничих комплексів на різних машинобудівних підприємствах України, що сприятиме підвищенню промислового потенціалу країни. Реалізація цього проекту не лише модернізує виробничі процеси, а й позиціонує Україну як лідера у впровадженні передових технологій адитивного виробництва, сприяючи інноваціям та підвищенню ефективності в різних галузях промисловості.

У кваліфікаційній роботі проведена розробка та обґрунтування проекту створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій на виробничій базі ДП «КБ «Південне».

У ході дослідження визначено, що актуальність даного проекту зумовлена необхідністю вдосконалення виробничого процесу на ДП «КБ «Південне», через застарілість наявних методів створення крупногабаритних компонентів. Для забезпечення технологічності виробництва при проектуванні конструкція крупногабаритних деталей суттєво спрощується, що погіршує їх масові характеристики, а тривалість виробництва може складати від 1 до 6

місяців. Перераховані фактори негативно впливають на питому вартість створення кінцевого продукту, а також унеможливають швидку модернізації через великий термін виробництва випробувальних зразків. Завданням цього проекту є розробка системи промислового 3D-друку для використання її в технологічному процесі виробництва великогабаритних виробів на ДП «КБ «Південне».

Підсумовуючи вище сказане, можна зробити наступний висновок: потреби підприємств аерокосмічної галузі вимагають скорочення часу та ресурсів на виробництво великогабаритних металоконструкцій без погіршення якісних характеристик виробів – всього, що неможливо забезпечити традиційними технологіями виробництва.

У кваліфікаційній роботі запропоновано проект створення виробничого комплексу на основі адитивних технологій. Реалізація даного проекту дозволить використовувати виробничий комплекс на основі адитивних технологій для впровадження систем промислового 3D-друку на українських підприємствах аерокосмічної галузі, суднобудівних і вагонобудівних підприємствах, на підприємствах виробників великогабаритної запірної арматури, у військово-промисловому комплексі.

Проведено фінансовий, маркетинговий, інституційний та ризиковий аналіз проекту. Результати розрахунку основних показників ефективності проекту полягають у наступному:

Проаналізовано вірогідність і небезпеку виникнення чинників ризику при реалізації проекту. Приведено заходи, які будуть застосовані в разі виникнення ризикових ситуацій.

Проаналізувавши результати даної роботи, можна зробити наступний висновок: проект покращить виробництво, результати дослідження можуть бути використані для створення виробничих комплексів на основі адитивних технологій на машинобудівних підприємствах України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування // навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2021
2. Дорошенко В. Стан і тенденції розвитку ринку 3D-технологій як елементу цифровізації виробництва продукції з полімерів і металів // Наука і суспільство 2021
3. Fused Deposition Modeling (FDM) 3D Printing Technology Overview. – Режим доступу : <https://xometry.pro/en-eu/articles/3d-printing-fdm-overview/>. – Назва з екрану.
4. Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing. – Режим доступу : <https://formlabs.com/asia/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>. – Назва з екрану.
5. Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing. – Режим доступу : <https://formlabs.com/asia/blog/what-is-selective-laser-sintering/>. – Назва з екрану.
6. Selective laser melting (SLM). – Режим доступу : <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/selective-laser-melting>. – Назва з екрану.
7. Rapid Prototyping -- Electron Beam Melting - EBM. – Режим доступу : <https://web.archive.org/web/20080124120258/http://www.engineershandbook.com/RapidPrototyping/ebm.htm>. – Назва з екрану.
8. Матеріали та використання PolyJet: поради та рекомендації. – Режим доступу : <https://abvstroy.com/wp-content/uploads/2018/02/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8-%D1%82%D0%B0-%D0%B2%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-PolyJet.pdf>. – Назва з екрану.
9. Digital light processing. – Режим доступу : <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/digital-light-processing>. – Назва з екрану.

10. Адитивна технологія у виробництві повітряних суден. Proceedings of the National Aviation University / Hapon V., Terlyk Y., Tuz M.: Т. 84, № 3. С. 38–43.

11. Інформаційні технології в економіці, бізнесі, управлінні : навч. посіб. / За заг. ред. Т. Кельдера. – Запоріжжя : ЗДУ, 2002. – С. 37 – 49.

12. Тарасюк Г. М. Управління проектами : навч. посіб. для студентів вищ. навч. закладів / Г. М. Тарасюк. – К. : Каравела, 2004. – 344 с.

13. Управління проектами : Навч. посібник / Батенко Л.П., Загородніх О.А., Ліщинська В.В. – К. : КНЕУ, 2003. – 231с.

14. Nebatov K., Shevchenko Y. O. STUDY OF CONTROL PROCESSES THROUGH SYSTEM ANALYSIS // «Тиждень студентської науки - 2023»: мат. сімдесят восьмої студ. наук.-техн. конф., Дніпро, 23–28 квітня 2023 року – Д.: НТУ «ДП», 2023 – с 377-379. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/164325>

ДОДАТКИ

Додаток А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ з/п	Позначення				Найменування	Кількість аркушів	Примітки		
1									
2					Документація				
3									
4	САУ.КР.24.25. ПЗ				Пояснювальна записка	53	Формат А4		
5									
6	САУ.КР.24.25. ДМ				Демонстраційний матеріал	14	Презентація на CD-R		
7									
8	САУ.КР.24.25 .КР				Копія роботи	1	Диск CD-R		
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
					САУ.КР.24.ДА.ПЗ.				
Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Матеріали дипломної роботи		Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Беліменко							
К. розд.		Молоканова							
Керівн.		Молоканова							
Н.контр.		Хом'як							
Зав. каф.		Желдак							
							НТУ «ДП» 124-20		

Додаток Б.
Відгук
на кваліфікаційну роботу бакалавра
Беліменко Георгія Георгійовича
студента групи 124 – 20 – 1
спеціальності 124 Системний аналіз

Тема кваліфікаційної роботи: «Проект створення виробничого комплексу для крупногабаритних деталей на основі адитивних технологій»

Актуальність теми зумовлена необхідністю вирішення задачі виготовлення великогабаритних об'єктів, що значною мірою визначає собівартість виробів. Реалізація даного проекту дозволить вирішити проблему удосконалення технологій виробництва великогабаритних виробів та, відповідно, збільшити конкурентоспроможність підприємств машинобудівної галузі.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз, оскільки розв'язується спеціалізована задача аналізу, моделювання розвитку в складній системі виробничого підприємства

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра. Оригінальність наукових рішень полягає в системному підході як до аналітичного огляду галузі дослідження, так і до розробки детального плану проекту. Проект є ефективним з фінансової точки зору, комплексно обґрунтованим та може пропонуватися до реалізації. Кваліфікаційна робота має логічну структурну побудову, добру аргументацію, глибокий аналіз.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи полягає в скороченні часу, необхідного для обробки вхідних даних та прийняття управлінських рішень у межах підприємства.

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи можуть бути застосовані при розробці та впровадженні систем управління комплексом виготовлення крупногабаритних деталей.

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами. Роботу виконано відповідно до завдання та у повному обсязі.

У роботі відзначено такі недоліки: не розглянуто процеси управління інтеграцією зацікавлених сторін у даному проекті.

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: 84 «добре».

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра,
докт. техн. наук, професор кафедри
системного аналізу та управління

_____ В. М. Молоканова

Додаток В

Структура робіт по проекту

