ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

з підготовки і захисту кваліфікаційної роботи магістра

Для студентів	2 курсу
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	G «Інженерія, виробництво та будівництво»
Спеціальність	G9 «Прикладна механіка»
Освітньо-професійна програма	Смартпромисловість
Факультету	Інженерії та транспорту

Хмельницький – 2026 р.

Методичні рекомендації з підготовки і захисту кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів 2 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Смартпромисловість» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» / Д. О. Дмитрієв – Херсон : ХНТУ, 2026. – 61 с.

Розробники: д.т.н., професор Дмитрієв Д.О.

Затверджено на засіданні кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки
Протокол № __2___ від “_19_” __вересня__2025 року

Завідувач кафедри АРМ _____ Ігор СЄЛІВЕРСТОВ

Схвалено групою забезпечення спеціальності G9 «Прикладна механіка»
Протокол № _2__ від “_19_” _вересня__2025 року

Керівник групи
забезпечення

Схвалено науково-методичною радою
факультету Інженерії та транспорту
Протокол № __1___ від “_30_” __серпня__2025 року

Голова Ольга ВОЙТОВИЧ

_____

Узгоджено з навчально-методичним відділом

Реєстраційний номер №__127-18_ від __19.01.2026_

© ХНТУ, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 5

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ 7

1.1. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи магістра 10

1.2. Вимоги до рівня сформованості компетентностей здобувача 8

2. ТЕМАТИКА ВИПУСКНИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ МАГІСТРА 12

2.1. Основні напрями тем ВКР в межах освітньої програми «Смартпромисловість» 12

2.2. Вимоги до формулювання теми випускної кваліфікаційної роботи 14

3. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ 16

3.1. Порядок видачі завдання на ВКР магістра 16

3.2. Календарний план виконання роботи 17

4. СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА 19

4.1. Загальні вимоги до структури розрахунково-пояснювальної записки 19

4.2. Вступ: вимоги до змісту та оформлення 20

4.3. Розділ 1. Сучасний стан виробництва, аналіз наукових публікацій, визначення мети 24

4.4. Розділ 2. Математичні та імітаційні моделі цифрових двійників 27

4.5. Розділ 3. Проєктування смарт-системи підприємства та кіберфізичних засобів 28

4.6. Розділ 4. Організація виробництва, диспетчеризація та оцінювання KPI 29

4.7. Розділ 5. Підготовка стартап-проєкту 41

5. ВИМОГИ ДО ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ТА ІЛЮСТРАТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ 46

5.1. Загальні вимоги до графічних матеріалів 46

5.2. Вимоги до схем, моделей, діаграм та візуалізацій 47

5.3. Вимоги до презентаційних матеріалів 47

6. ПІДГОТОВКА ТА ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ВКР МАГІСТРА 48

6.1. Подання роботи до екзаменаційної комісії 48

6.2. Процедура захисту випускної кваліфікаційної роботи 49

6.3. Критерії оцінювання результатів захисту 50

СПИСОК НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ТА РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ 52

ДОДАТКИ

Додаток А. Приклад завдання на випускну кваліфікаційну роботу магістра

Додаток Б. Приклад календарного плану виконання ВКР

Додаток В. Приклад титульного аркуша та змістовної частини

ВСТУП

Випускна кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю «Прикладна механіка» є завершальним етапом підготовки фахівця другого (магістерського) рівня вищої освіти та має на меті перевірку здатності здобувача самостійно розв’язувати складні інженерні, науково-прикладні та проєктні завдання в умовах сучасного високотехнологічного виробництва. Особливого значення набуває виконання таких робіт у межах освітньої програми «Смартпромисловість», орієнтованої на концепції цифровізації, інтелектуалізації та інтеграції кіберфізичних систем у промислових процесах.

Сучасний розвиток машинобудування, гірничо-металургійної, автомобілебудівної, авіаційної, деревообробної, агропромислової та переробної галузей характеризується активним упровадженням концепцій Industry 4.0, цифрових двійників (Digital Twin), смарт-фабрик, автоматизованих систем керування виробництвом, технологій доповненої та віртуальної реальності, а також систем оцінювання ключових показників ефективності виробництва. Це зумовлює потребу у фахівцях з прикладної механіки, здатних поєднувати класичні інженерні підходи з сучасними цифровими та інформаційними технологіями.

Методичні рекомендації призначені для надання здобувачам вищої освіти систематизованих вимог і вказівок щодо вибору теми, структури, змістового наповнення, методів дослідження та оформлення випускної кваліфікаційної роботи магістра. Вони базуються на чинних нормативних документах у сфері вищої освіти, вимогах стандарту спеціальності «Прикладна механіка», а також на узагальненні досвіду виконання й захисту магістерських робіт, присвячених проєктуванню та дослідженню смартпідприємств і цифрових двійників реальних виробничих об’єктів.

Дотримання наведених методичних рекомендацій сприятиме підвищенню якості випускних кваліфікаційних робіт, формуванню у здобувачів системного інженерного мислення, розвитку навичок науково-

дослідної та проєктної діяльності, а також забезпечить практичну спрямованість результатів магістерських досліджень відповідно до потреб сучасної смартпромисловості.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи магістра

Метою випускної кваліфікаційної роботи магістра є розв’язання комплексної інженерно-наукової задачі машинобудівного виробництва шляхом проєктування, моделювання та дослідження смарт-підприємства з виготовлення конкретної деталі, групи деталей, механічного вузла або агрегату методами механічної обробки, адитивних технологій та/або складання і в наслідок цього удосконалення технологічного процесу або конструкції технічного об’єкта з використанням концепцій смарт-промисловості. Запропонувати архитектуру цифрових двійників і кіберфізичних систем з обґрунтуванням ефективності прийнятих технічних рішень на основі сучасних методів прикладної механіки, математичного та комп’ютерного моделювання в машинобудуванні.

Випускна кваліфікаційна робота магістра має продемонструвати здатність здобувача вищої освіти самостійно інтегрувати результати отриманих фахових компетенцій у завершене магістерське дослідження, поглибити й розширити проєктні рішення, виконати їх науково-технічне обґрунтування та довести практичну придатність для умов реального або модельного виробництва.

Для досягнення поставленої мети у випускній кваліфікаційній роботі магістра необхідно вирішити такі основні завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан машинобудування або обраної галузі промисловості, об’єкта та технологічного процесу з урахуванням тенденцій смарт-промисловості, цифровізації та інтелектуалізації виробництва.

2. Виконати аналітичний огляд наукових і технічних джерел за тематикою дослідження, узагальнити існуючі підходи до створення

цифрових двійників, смарт-систем і кіберфізичних машинобудівних виробничих комплексів.

3. Сформулювати мету, задачі та вимоги до об’єкта проєктування або дослідження на основі результатів комплексного курсового проєкту та його подальшого розвитку у межах магістерської роботи.

4. Розробити математичну, імітаційну або комп’ютерну модель технологічного процесу, виробничої системи або технічного об’єкта, що є основою цифрового двійника.

5. Спроєктувати структуру цифрового двійника машинобудівного підприємства, процесу або обладнання, визначити інформаційні, механічні та кіберфізичні компоненти смарт-системи.

6. Виконати проєктування машинобудівного смарт-підприємства або його підсистем, з урахуванням організації виробництва, автоматизації, диспетчеризації та взаємодії елементів системи.

7. Провести оцінювання ефективності функціонування спроєктованої системи з використанням ключових показників ефективності, результатів моделювання та аналізу режимів роботи.

8. Розробити стартап-проєкт і за потреби реального виробництва обґрунтувати заходи з безпеки життєдіяльності, пов’язані з експлуатацією проєктованого виробництва або технічного об’єкта.

9. Сформулювати узагальнені висновки та практичні рекомендації, що підтверджують досягнення поставленої мети та можливість використання отриманих результатів у реальних умовах виробництва або подальших наукових дослідженнях.

1.2. Вимоги до рівня сформованості компетентностей здобувача

Кваліфікаційна робота магістра є комплексним технічним завданням, яке підтверджує другий (магістерський) рівень вищої освіти за спеціальністю G9 «Прикладна механіка».

Метою виконання кваліфікаційної роботи магістра є виявлення ступеня засвоєння здобувачем вищої освіти отриманих знань, формування на їх основі відповідних загальних та фахових компетентностей, а також його підготовленості до самостійної роботи та реалізації сформованих компетенцій в якості магістра з прикладної механіки»:

ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК4. Здатність розробляти проєкти та управляти ними.

ЗК5. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК1. Здатність до спілкуватися іноземною мовою.Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК2. Здатність описати, класифікувати та змоделювати широке коло технічних об’єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК3. Здатність до самостійної роботи і ефективного функціонування в якості керівника групи.

ФК4. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності.

ФК5. Здатність до проектування сучасних кіберфізичних систем на основі інтелектуальних методів та цифрових технологій з використанням штучного інтелекту, робототехнічних та мехатронних пристроїв.

ФК6. Здатність аналізувати існуючі процеси виробництва при експлуатації та технічному обслуговування об'єктів і систем, включаючи утилізацію, з використанням принципів ІТ-технологій у смартіндустрії.

ФК7. Здатність застосовувати сучасні інтелектуальні методи для оцінки якості матеріалів та проводити сертифікацію нової продукції в лабораторних умовах та в умовах смартвиробництва.

Здатність використовувати знання й фактичні навички щодо експлуатації, обслуговування і контролю працездатності смартвиробництва.Завданнями кваліфікаційної роботи магістра є формування цілого ряду програмних результатів навчання:

ПРН1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проєктування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань;

ПРН2. Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу їх виготовлення;

ПРН3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні;

ПРН4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп’ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації;

ПРН5. Самостійно ставити та розв’язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішень;

ПРН6. Розробляти, виконувати та оцінювати інноваційні проекти з урахуванням інженерних, правових, екологічних, економічних та соціальних аспектів;

ПРН7. Зрозуміло і недвозначно презентувати результати досліджень та проектів, доносити власні висновки, аргументи та пояснення державною та іноземною мовами усно і письмово колегам, здобувачам освіти та представникам інших професійних груп різного рівня;

ПРН8. Оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах;

ПРН9. Організовувати роботу групи при виконанні завдань, комплексних проектів, наукових досліджень, розуміти роботу інших, давати чіткі інструкції;

ПРН10. Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію.

ПРН11. Розробляти управлінські та/або технологічні рішення за невизначених умов та вимог, оцінювати і порівнювати альтернативи, аналізувати ризики, прогнозувати можливі наслідки;

ПРН12. Узагальнювати та розвивати методи цифрових двійників по підвищенню якості, витривалості та довговічності виробів машинобудування;

ПРН13. Аналізувати показники інтелектуальних виробничих систем; Проводити сертифікацію нової продукції.

Тематика випускних кваліфікаційних робіт магістра в межах освітньої програми «Смартпромисловість» охоплює проєктування та дослідження смарт-підприємств різних галузей, створення та аналіз цифрових двійників

технологічних процесів, машин і виробничих систем, розроблення математичних та імітаційних моделей, упровадження інтелектуальних метрологічних, диспетчерських і інформаційно-аналітичних систем, а також оцінювання ефективності функціонування виробництва на основі стандартизованих показників. При цьому випускна робота має інтегрувати знання з механіки, машинобудівних технологій, автоматизації, мехатроніки, комп'ютерного моделювання та організації виробництва.

2. ТЕМАТИКА ВИПУСКНИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ МАГІСТРА

2.1. Основні напрями тем ВКР в межах освітньої програми «Смартпромисловість»

Тематика випускних кваліфікаційних робіт магістрів освітньо-професійної програми «Смартпромисловість» формується з урахуванням сучасних тенденцій розвитку промисловості, концепцій цифровізації, інтелектуалізації машинобудівних виробничих систем та впровадження кіберфізичних технологій. Теми ВКР є логічним розвитком і поглибленням результатів комплексного курсового проєкту та спрямовані на розв'язання актуальних інженерно-проєктних і дослідницьких завдань у сфері прикладної механіки.

Основні напрями тем випускних кваліфікаційних робіт магістрів включають:

1. Проєктування смарт-підприємств різних галузей промисловості.

До цього напряму належать теми, пов'язані з комплексним проєктуванням підприємств машинобудівної, автомобілебудівної, гірничо-металургійної, деревообробної, агропромислової, авіабудівної, електротехнічної та інших галузей із застосуванням концепцій смартпромисловості.

2. Розроблення та дослідження цифрових двійників підприємств, технологічних процесів і технічних об'єктів.

Тематика цього напряму охоплює створення математичних, імітаційних та комп’ютерних моделей цифрових двійників виробничих систем, обладнання, дільниць або окремих технологічних процесів з метою аналізу, оптимізації та прогнозування їх роботи.

3. Проєктування кіберфізичних виробничих систем і смарт-систем управління.

Роботи даного напряму спрямовані на дослідження взаємодії фізичних, інформаційних і програмних компонентів виробництва, розроблення структур смарт-систем, систем автоматизації, диспетчеризації та інтеграції даних у режимі реального часу.

4. Математичне, імітаційне та комп’ютерне моделювання виробничих систем.

До цього напряму належать теми, пов’язані з розробленням моделей технологічних процесів, механічних систем, потоків матеріалів та інформації, а також дослідженням режимів їх функціонування з використанням сучасних програмних засобів.

5. Інтелектуальні технології виробництва та промислова смарт-реальність.

Тематика включає дослідження та застосування технологій доповненої, віртуальної, розширеної та симульованої реальності в процесах проєктування, виробництва, навчання персоналу та обслуговування обладнання.

6. Організація виробництва та оцінювання ефективності смарт-підприємств.

Роботи цього напряму присвячені питанням організації виробничих процесів, планування та диспетчеризації, а також оцінюванню ключових показників ефективності функціонування підприємств на основі результатів моделювання та цифрових технологій.

7. Інженерне забезпечення сталого та енергоефективного виробництва.

Тематика передбачає аналіз ресурсоефективності, зниження витрат, підвищення надійності обладнання та впровадження інженерних рішень, спрямованих на сталий розвиток машинобудівних смарт-підприємств.

Тематика випускних кваліфікаційних робіт магістрів повинна забезпечувати інтеграцію знань з прикладної механіки, машинобудівних технологій, автоматизації, цифрового моделювання та організації виробництва, а також відповідати вимогам освітньо-професійної програми «Смартпромисловість» і актуальним потребам сучасної промисловості.

2.2. Вимоги до формулювання теми випускної кваліфікаційної роботи і їх приклади

Тему магістерської роботи формулюють студент-магістрант разом із науковим керівником у рамках спеціальності магістерської програми і компетенції кафедри. Тема магістерської роботи повинна бути короткою, відповідати обраній спеціалізації та суті наукового питання, що вирішується, вказувати на мету дослідження та його завершеність. Іноді для біль шої конкретизації до назви слід додати невеликий (4–6 слів) підзаго- ловок. Наприклад: Магістерська робота. Організаційні питання.

У назві не бажано використовувати ускладнену термінологію псевдо-наукового характеру. Треба уникати назв, що починаються зі слів: . . . Дослідження питання . . . . . Вивчення деяких шляхів . . . . . Деякі питання . . . в яких не відображено достатньою мірою суть проблеми.

ТЕМА КОМПЛЕКСНОГО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	ТЕМА ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА 70 сторінок +
Проект цифрового Digital Twin двійника підприємства гірничо-металургійної промисловості	Проєкт гірничо-металургійного підприємства та дослідження смарттехнологій метрологічної служби
Проект цифрового Digital Twin двійника підприємства деревообробної промисловості	Проєкт смартфабрики та дослідження інтелектуальних технологій серійного виготовлення деревообробної продукції.
Проект цифрового Digital Twin	Проєкт та дослідження машинобудівного

двійника механообробного підприємства з виготовлення гідроапаратури та гідравлічної техніки	підприємства з інтелектуальними технологіями виготовлення гідроапаратури та гідравлічної техніки.
Проект засобів промислової смартреальності: доповнена (AR— Augmented Reality), віртуальна (VR — Virtual Reality), розширена (XR —Extended reality imulated), симульована.	Проєкт машинобудівного підприємства з технологіями промислової смартреальності та дослідження ключових показників ефективності.
Проект цифрового Digital Twin двійника автомобілебудівного підприємства	Проєкт автомобілебудівного підприємства з дослідженням смарттехнологій та цифрових двійників
Проект цифрового Digital Twin двійника автомобілебудівного підприємства	Проєкт підприємства побутової техніки з дослідженням смарттехнологій та цифрових двійників
Проект цифрового Digital Twin двійника підприємства виготовлення та ремонту сільгосптехніки	Проєкт підприємства виготовлення та ремонту сільгосптехніки з дослідженням смарттехнологій та цифрових двійників
Проект цифрового Digital Twin двійника підприємства обробки кавової продукції	Проєкт підприємства обробки кавової продукції та устаткування з дослідженням смарттехнологій
Проект цифрового Digital Twin двійника підприємства виготовлення акумуляторів	Проєкт смартпідприємства виготовлення акумуляторів з дослідженням цифрових двіників
Проект цифрового Digital Twin двійника авіабудівного підприємства	Проєкт авіабудівного підприємства з дослідженням смарттехнологій та цифрових двійників
Проект цифрового Digital Twin двійника підприємства автосервісу	Проєкт автосервісного смартпідприємства з дослідженням та застосуванням цифрових двійників

3. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

3.1. Порядок видачі завдання на ВКР магістра та функції наукового керівника і студента

Затвердження теми

Після узгодження з керівником теми студент-магістрант подає про це інформацію в письмовому виді відповідальному за ди-пломне проектування по кафедрі. Далі тема магістерської дисертації обговорюється на засіданні кафедри та затверджується наказом по університету.

Керівник

Безпосереднє керівництво магістром здійснює науковий керівник з числа провідних викладачів кафедри. Науковий керівник спрямовує роботу магістранта в потрібному напрямку.

Магістрант

Безпосередньо він, і тільки він, пише магістерську дисертацію відповідно до теми та плану. Керівник тільки скеровує напрям роботи. Відповідає за своєчасне виконання роботи теж тільки магістрант.

Керівник / магістрант

Взаємовідносини між керівником і магістрантом дуже прості: Керівник – скеровує ро- боту студента у вибраному науковому або прикладному напряму .. Магістрант – прислухаючись до порад керівника проводить досліди та описує отримані ре-зультати . . .

План

Разом з науковим керівником магістрант розробляє план магістер- ської дисертації. План затверджують керівник та завідувач кафедри. Контроль Поточний контроль та послідовність роботи над дисертацією здій- снюють за такою схемою

Попередження

Відповідальність за плагіат несе особисто магістрант, а не керівник. Виявлення плагіату є підставою для відрахування студента з університету без диплома про освіту.

Керівник відповідає за наявність та зміст плану ВКР магістра. План може коректуватись.

3.2. Календарний план виконання роботи

Кваліфікація "магістр" відображає рівень готовності студента до самостійної професійної роботи і присуджується за результатами захисту випускної кваліфікаційної магістерської роботи. Робота над магістерською роботою здійснюється впродовж дворічного періоду навчання у рамках обраної програми.

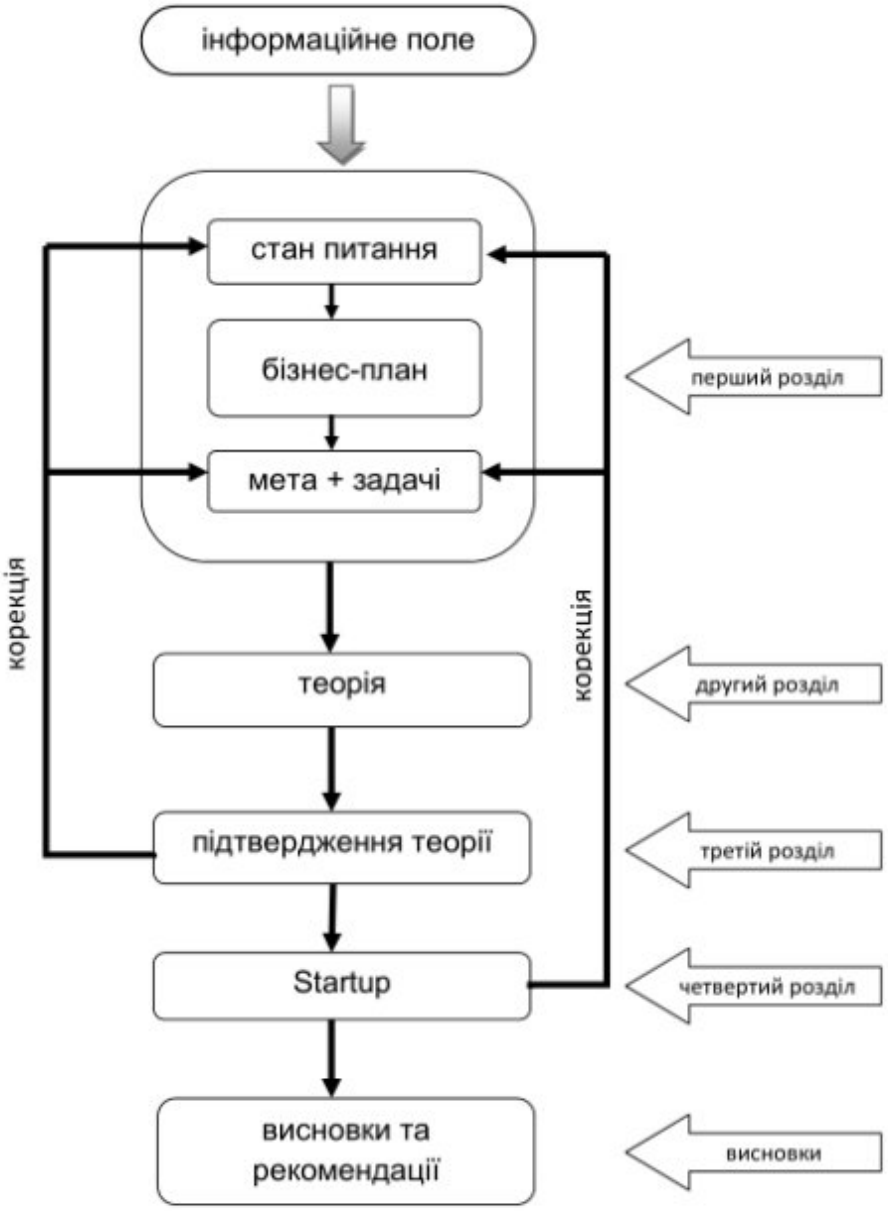


Рис.1. Структура випускної кваліфікаційної роботи магістра

Етап контролю	Зміст роботи	Термін	Що має бути готове
1 семестр	Стан питання	4-й тиждень	тема
		12-й тиждень	стан питання 50%
		18-й тиждень	стан питання + мета + задачі 100%
2 семестр	Теорія	6-й тиждень	теорія 30%
		12-й тиждень	теорія 60%
		18-й тиждень	теорія 100% + практична частина 25%
3 семестр	Практика	8-й тиждень	практика та практична частина 100%
		14-й тиждень	оформлення роботи + StartUp
		до 25 грудня	захист роботи

4. СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

4.1 Загальні вимоги до структури розрахунково-пояснювальної записки

Розрахунково-пояснювальна записка випускної кваліфікаційної роботи магістра повинна мати логічно вибудувану, завершену структуру, яка забезпечує послідовне розкриття теми дослідження, обґрунтування прийнятих інженерних рішень та досягнення поставленої мети. Структура записки має відповідати вимогам освітнього стандарту спеціальності 131 «Прикладна механіка» та специфіці освітньої програми «Смарт-промисловість».

До складу розрахунково-пояснювальної записки, як правило, входять такі обов’язкові структурні елементи:

- титульний аркуш;
- завдання на випускну кваліфікаційну роботу;
- анотація (за потреби);
- зміст;
- перелік умовних скорочень, символів та позначень (за наявності);
- вступ;
- основна частина (розділи);
- висновки;
- список використаних джерел;
- додатки.

Основна частина випускної кваліфікаційної роботи магістра повинна містити, як правило, п’ять розділів, зміст яких спрямований на:

- аналіз сучасного стану об’єкта або предмета дослідження;
- огляд і узагальнення наукових та технічних джерел;
- побудову математичних, імітаційних або комп’ютерних моделей;
- проєктування цифрових двійників, смарт-систем та кіберфізичних елементів виробництва;

- організацію виробництва, диспетчеризацію та оцінювання ключових показників ефективності;
- підготовку даних для стартап-проєкту;
- забезпечення вимог охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки магістерської роботи, як правило, повинен становити не менше 70 сторінок машинописного тексту без урахування додатків. Структура та наповнення кожного розділу мають бути узгоджені з темою роботи, календарним планом і завданням на ВКР.

4.2 Вимоги до змісту та оформлення

Зміст випускної кваліфікаційної роботи магістра повинен відповідати темі дослідження, відображати рівень сформованості професійних і науково-дослідних компетентностей здобувача та демонструвати його здатність самостійно вирішувати складні інженерні завдання у сфері смарт-промисловості.

Загалом магістерська робота має такі складові елементи:

– обсяг магістерської робои має бути не більше 80 сторінок;

– текст дисертації має бути набраний на комп’ютері і роздрукований на стандартних листах формату А4;

– бажано наступний розподіл тексту по розділах за об’ємом :

– вступ — 2. . . 3 сторінки;

– перший розділ — (15. . . 20)% від загального обсягу;

– другий розділ — (15. . . 20)% від загального обсягу;

– третій розділ — (15. . . 20)% від загального обсягу;

– четвертий розділ — (15. . . 20)% від загального обсягу;

– висновки 1. . . 2 сторінки.

– список джерел — 15. . . 20 найменувань;

Додатки в об’єм магістерської дисертації не входять.

У вступі необхідно обґрунтувати актуальність теми, визначити мету та завдання роботи, об’єкт і предмет дослідження, методи дослідження, а також

практичну значущість отриманих результатів. Вступ повинен логічно підводити до основної частини роботи та чітко окреслювати її спрямованість.

Кожен розділ основної частини повинен мати завершений характер, містити аналітичні висновки та логічні переходи до наступного розділу. Матеріал слід викладати стисло, технічно грамотно, з використанням усталеної науково-технічної термінології. Усі прийняті інженерні рішення, моделі, методи та розрахунки мають бути обґрунтовані та, за можливості, підтверджені результатами моделювання або аналізу.

Оформлення текстової частини повинно відповідати чинним вимогам до науково-технічних робіт. Текст слід друкувати на аркушах формату А4 з дотриманням єдиних вимог до шрифту, міжрядкового інтервалу, полів сторінки та нумерації. Усі формули, таблиці та рисунки повинні мати наскрізну нумерацію, назви та посилання в тексті.

Посилання на використані джерела необхідно наводити безпосередньо в тексті відповідно до встановлених вимог, а список використаних джерел оформлювати у встановленій послідовності. Додатки повинні містити допоміжні матеріали (фрагменти програмного коду, великі таблиці, схеми, додаткові розрахунки), які перевантажують основний текст, але є важливими для розуміння результатів роботи.

Вступ

Вступ розкриває сутність і стан наукової проблеми (задачі) та її значущість, підстави і вихідні дані для розробки теми, обґрунтування необхідності проведення дослідження.

Вступ має відобразити загальну характеристику магістерської роботи у такій послідовності (всі перелічені пункти є обов’язковими):

– актуальність теми;

– зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами;

– мета і завдання дослідження;

– об’єкт дослідження;

– предмет дослідження;

– методи дослідження;

– наукова новизна отриманих результатів;

– практичне значення отриманих результатів;

– особистий внесок магістранта;

– апробація результатів роботи;

– публікації;

– структура роботи.

Актуальність теми.

Шляхом критичного аналізу та порівняння з відомими розв'язаннями проблеми (наукової задачі) обґрунтовують актуальність та доцільність роботи для розвитку відповідної галузі науки, виробництва, особливо на користь України.

Досить кількома реченнями висловити сутність узагальненої проблеми (проблеми, яка притаманна всім/більшості об'єктів дослідження).

Наприклад :

Традиційні підходи до управління . . . не враховують особливості . . . . що призводить до . . . Тому необхідно створити нові. . . та тим самим підвищити . . . сучасного виробництва . . .

Мета і задачі дослідження.

Стисло формулюють мету роботи і задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.

Мета дослідження : Це узагальнене формулювання того, що повинно бути досягнуто в результаті дослідження. Наприклад: . . . підвищення продуктивності свердління отворів у титанових сплавах за рахунок оптимізації геометричних параметрів свердла . . . Не слід формулювати мету як "Дослідження. . .", "Вивчення. . .", тому що ці слова вказують на процес, а не на результат.

Мета ВКР магістра формується як інженерне завдання зі створення, дослідження або вдосконалення машинобудівної технологічної системи з використанням цифрових двійників, імітаційного моделювання та смарт-технологій.

Задачі дослідження :

Це те, що треба зробити аби досягнути поставленої мети. Завдання повинні охоплювати: аналіз технологічного процесу; побудову математичних моделей; імітаційні експерименти; проєктування смарт-рішень.

Наприклад:

1. Вивчення характеру зміни передніх кутів вздовж ...

2. Створення математичної моделі свердління отворів у . . .

Об’єкт дослідження

Це процес або явище, або фізичний об’єкт, що породжує проблемну ситуацію та обраний магістрантом для вивчення.

Предмет дослідження

Міститься в межах об’єкта дослідження. Це якась конкретна риса об’єкту дослідження. Це те, що магістрант планує вивчати під час роботи над дисертацією.

Додатки до роботи

До них доцільно включати допоміжний матеріал, необхідний для повноти сприйняття магістерського дослідження:

– проміжні математичні доведення, формули і розрахунки;

– таблиці допоміжних цифрових даних;

– протоколи результатів експериментів;

– розрахунки економічного ефекту;

– інструкції та методики;

– опис алгоритмів і програм вирішення задач на ЕОМ, які розроблені в процесі виконання магістерської роботи;

– ілюстрації допоміжного характеру.

Загалом до додатків відносять матеріали допоміжного (проміжного) характеру, які можливо пропустити, але наявність яких робить отримані результати більш переконливими.

До додатків обов’язково включають:

– копії виданих тез доповідей на конференціях;

– копії виданих статей;

– акти впровадження.

4.3. Розділ 1. Сучасний стан виробництва, аналіз наукових публікацій, визначення мети

Перший розділ це аналітичне дослідження джерел за темою магістерської роботи. У розділі викладають стан об’єкту дослідження на теперішній час. Аналізують, що вже зроблено іншими дослідниками та які питання потребують подальших досліджень.

Ідея першого розділу. Дослідити, що є в світі за темою, виявити проблеми. Сформулювати мету та задачі подальшого дослідження. Необхідно проаналізувати як позитивні, так і негативні сторони об’єкту дослідження. Характеризуючи рівень наукової розробки досліджуваної теми не можна обмежуватись тільки переліком джерел. В аналізі джерел слід відобразити різні погляди з питання, що вивчається.

Основний акцент робиться на процесах механічної обробки, складання та адитивного виготовлення деталей, які розглядаються в контексті смарт-промисловості та цифрових двійників.

На відміну від комплексного курсового проєкту, у ВКР магістра аналіз має бути системним, проблемно орієнтованим і пов’язаним із подальшим математичним та імітаційним моделюванням.

Пошук джерел рекомендується здійснювати за таким алгоритмом:

Формування ключових слів (українською та англійською мовами): Smart manufacturing, Digital twin, Cyber-physical systems, Simulation modeling of production systems, Industry 4.0

Пошук літератури доцільно здійснювати за такими напрямами:

- цифрові двійники верстатів з ЧПК;

- моделювання процесів різання;
- імітаційне моделювання виробничих потоків у машинобудуванні;
- цифрове проєктування складальних процесів;
- адитивні технології у машинобудуванні.
- Приклад формування ключових слів
- CNC machining digital twin
- Simulation of machining processes
- Assembly process modeling
- Additive manufacturing in mechanical engineering
- Smart machining systems

Джерела аналізуються з позицій: рівня формалізації моделей; можливості практичного впровадження; застосування для конкретних технологічних операцій.

Пошук у наукових базах і ресурсах: Google Scholar; Scopus;Web of Science; ScienceDirect; SpringerLink; IEEE Xplore; стандарти ISO, IEC, ДСТУ; технічна документація програмних продуктів.

Відбір джерел за критеріями:

- актуальність (переважно до 5–7 років);
- наявність прикладних результатів;
- використання моделей і цифрових технологій.

Аналіз джерел має бути порівняльним, з виділенням: підходів до створення цифрових двійників; типів моделей; переваг і недоліків; напрямів подальших досліджень.

Рекомендовані таблиці: порівняльна таблиця підходів; узагальнення методів моделювання; класифікація смарт-технологій.

Якщо вибраний об’єкт дослідження вже достатньо вивчений, необхідно обґрунтувати, чому він все ж потребує подальшого опрацьовування. Тобто показати (знайти) невирішені питання.

Якщо вибраний об’єкт дослідження є абсолютно новим, потрібно навести

роз’яснення щодо того, чому він заслуговує на увагу. В аналізі стану питання, магістрант окреслює основні етапи розвитку об’єкту дослідження. Висвітлюючи роботи попередників, магістрант формулює ті питання, що залишились невирішеними, обґрунтувавши таким чином актуальність його дослідження.

Аналіз рекомендується виконувати з урахуванням технологічної специфіки машинобудування.

1. Аналіз виробничих процесів. Розглядаються такі групи процесів: токарна, фрезерна, свердлильна, шліфувальна обробка; багатокоординатна обробка на верстатах з ЧПК; автоматизовані складальні операції; гібридні технології (адитивно-механічна обробка).

Оцінюються: рівень автоматизації; застосування ЧПК та роботизованих комплексів; використання цифрових технологій підготовки виробництва (CAD/CAM/CAE); наявність зворотного зв’язку між обладнанням і цифровими моделями.

2. Аналіз складання. Для складальних процесів аналізуються: послідовність операцій; точність базування; допуски та посадки; можливості автоматизованого або роботизованого складання. Особливу увагу доцільно приділити впливу відхилень попередніх операцій обробки на якість складання.

3. Аналіз адитивних технологій. Розглядаються: технології порошкового та дротового наплавлення; селективне лазерне спікання та плавлення; можливості інтеграції адитивних технологій у машинобудівне виробництво; використання адитивних процесів для виготовлення оснастки, прототипів або функціональних деталей.

Рекомендовані рисунки: структурна схема машинобудівного виробництва; схема технологічного маршруту виготовлення деталі; схема інтеграції адитивної ділянки у виробничу систему.

Стан питання це висвітлення основних характеристик аналогів об’єкту дослідження, які вже існують. Спочатку позитивних (переваг над іншими), а потім негативних (які породжують проблеми).

Не слід плутати аналіз стану питання за досліджуваною темою з описом

роботи (або конструкції) предмету що підлягає аналізу.

Аналіз це стисла характеристика позитивних та негативних сторін об’єкту. Аналіз сучасного стану виробництва рекомендується виконувати у такій послідовності:

1. Загальна характеристика галузі. Описуються основні тенденції розвитку галузі (машинобудування, автомобілебудування, деревообробка, гірничо-металургійна промисловість тощо), рівень автоматизації та цифровізації виробничих процесів.

2. Характеристика підприємства або типового виробничого об’єкта, аналізується структура виробництва; типи обладнання; рівень застосування автоматизованих систем; наявність елементів цифрового моніторингу.

3. Виявлення проблем і обмежень. Доцільно виділити вузькі місця виробничих потоків; низьку гнучкість системи; обмежену інформативність керування; відсутність інтегрованих цифрових моделей.

4.4. Розділ 2. Математичні та імітаційні моделі цифрових двійників

У ВКР магістра математичні та імітаційні моделі є ядром цифрового двійника. Вони забезпечують перехід від опису реального об’єкта до формалізованого інструменту аналізу, прогнозування та оптимізації.

Моделі у ВКР магістра відображають: процеси різання та формоутворення; технологічні маршрути виготовлення деталей; складальні операції; адитивні процеси.

Етап 1. Формалізація об’єкта. Визначаються: межі системи; основні елементи; вхідні та вихідні параметри;при пущення і обмеження.

Рисунок: концептуальна схема цифрового двійника.

Етап 2. Побудова математичної моделі. Математична модель може включати: рівняння продуктивності; часові залежності; балансові співвідношення; стохастичні параметри.

Модель повинна бути: адекватною; зрозумілою; орієнтованою на подальшу

імітацію.

Етап 3. Побудова імітаційної моделі. Імітаційна модель: відтворює логіку функціонування системи; враховує ресурси, черги, правила керування; дозволяє проводити експерименти.

У ВКР магістра рекомендується: розширити модель комплексного курсового проекту; додати сценарії «what-if»; провести серію віртуальних експериментів.
Рисунки: фрагмент імітаційної моделі; блок-схема алгоритму моделювання.
Етап 4. Валідація та аналіз результатів. Перевіряється: адекватність; стійкість результатів; відповідність реальним даним (за наявності).
Послідовність проєктування цифрового двійника.
1. Формалізація технологічного процесу. Визначаються: обладнання (верстати, принтери, роботи); технологічні параметри; послідовність операцій; контрольні точки якості.
Наводять схему технологічного процесу виготовлення деталі.
2. Математичне моделювання. Моделі можуть включати: залежності сил різання; продуктивність обробки; точність та відхилення; температурні та силові навантаження.
3. Імітаційне моделювання. Імітаційна модель дозволяє: аналізувати завантаження обладнання; досліджувати черги та простої; оцінювати ефективність альтернативних маршрутів; порівнювати традиційні та адитивні технології.
Рисунки: логічна схема імітаційної моделі; фрагмент моделі технологічної лінії.
4. Аналіз і валідація. Проводиться порівняння результатів моделювання з: нормативними значеннями; даними підприємства; результатами ККП.

4.5. Розділ 3. Проєктування смарт-системи підприємства та кіберфізичних засобів.

Проєктування смарт-системи базується на інтеграції: фізичного виробництва; цифрових моделей; автоматизованих систем керування; аналітичних засобів підтримки рішень. Смарт-система машинобудівного підприємства повинна

забезпечувати:

- гнучкість виробництва;
- адаптацію до зміни номенклатури;
- інтеграцію механічної, складальної та адитивної обробки.

Архітектура смарт-системи. Розглядаються рівні: обладнання (верстати, роботи, 3D-принтери); системи керування;виробничі інформаційні системи; цифрові двійники.

Кіберфізичні засоби. Описуються: датчики стану інструменту; системи контролю якості; засоби збору технологічних параметрів; інтеграція з цифровими моделями.

Інтеграція адитивних технологій. Розглядаються: цифрові маршрути адитивного виготовлення; контроль параметрів друку; поєднання адитивних і механічних операцій; використання цифрового двійника для оптимізації процесу.

Оцінювання ефективності. Оцінюється: скорочення часу виготовлення; підвищення точності; зниження витрат; підвищення гнучкості виробництва.

4.6. Розділ 4. Організація виробництва, диспетчеризація та оцінювання KPI

Рекомендується: застосування KPI; порівняння сценаріїв; аналіз ефективності проєктних рішень.

Рисунки:схема інфо рмаційних потоків;діаграма взаємодії підсистем; результати оцінювання KPI.

Таблиця відповідності результатів комплексного курсового проєкту та випускної кваліфікаційної роботи магістра освітня програма «Смартпромисловість», спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Елемент / етап	Комплексний курсовий проєкт (ККП)	Випускна кваліфікаційна робота магістра (ВКР)	Методична наступність
Об’єкт дослідження	Окремий технологічний процес, виробнича дільниця або технічна система	Виробнича система, підприємство або інтегрована смарт-система	Розширення масштабу об’єкта та рівня узагальнення
Предмет	Моделювання та	Комплексне	Поглиблення та

дослідження	аналіз окремих параметрів процесу	дослідження процесів, систем та цифрових двійників	інтеграція результатів ККП
Аналіз сучасного стану	Огляд базових рішень та технологій	Критичний аналіз сучасних підходів та наукових публікацій	Розширений аналітичний рівень
Пошук і аналіз джерел	Обмежений перелік джерел, навчальна спрямованість	Систематизований пошук у міжнародних наукових базах	Поглиблення та актуалізація джерельної бази
Математичні моделі	Спрощені або локальні математичні залежності	Розширені математичні моделі з урахуванням реальних обмежень	Уточнення та деталізація моделей
Імітаційні моделі	Базова імітаційна модель процесу або дільниці	Комплексна імітаційна модель виробничої системи	Розвиток і масштабування моделі
Цифровий двійник	Елементи цифрового двійника або концептуальна модель	Повноцінний цифровий двійник об’єкта дослідження	Логічне завершення концепції
Проєктні рішення	Навчальні проєктні пропозиції	Інженерно обґрунтовані смарт-рішення	Підвищення рівня інженерної складності
Смарт-технології	Окремі елементи смарт-виробництва	Інтегрована смарт-система підприємства	Системна інтеграція
Адитивні технології	Ознайомче застосування або порівняльний аналіз	Інтеграція адитивних технологій у виробничу систему	Поглиблення та практична реалізація
Оцінювання ефективності	Якісна або спрощена кількісна оцінка	Кількісна оцінка з використанням KPI	Підвищення аналітичної обґрунтованості
Наукова новизна	Елементи навчальної новизни	Елементи наукової та прикладної новизни	Перехід до дослідницького рівня
Практична значущість	Навчальна або демонстраційна	Практично орієнтована для впровадження	Посилення прикладного характеру

Побудуємо імітаційну модель автоматизованої дільниці складання

карбюратора, креслення якого подано на рис.2., а технологічну схему на рис.3.

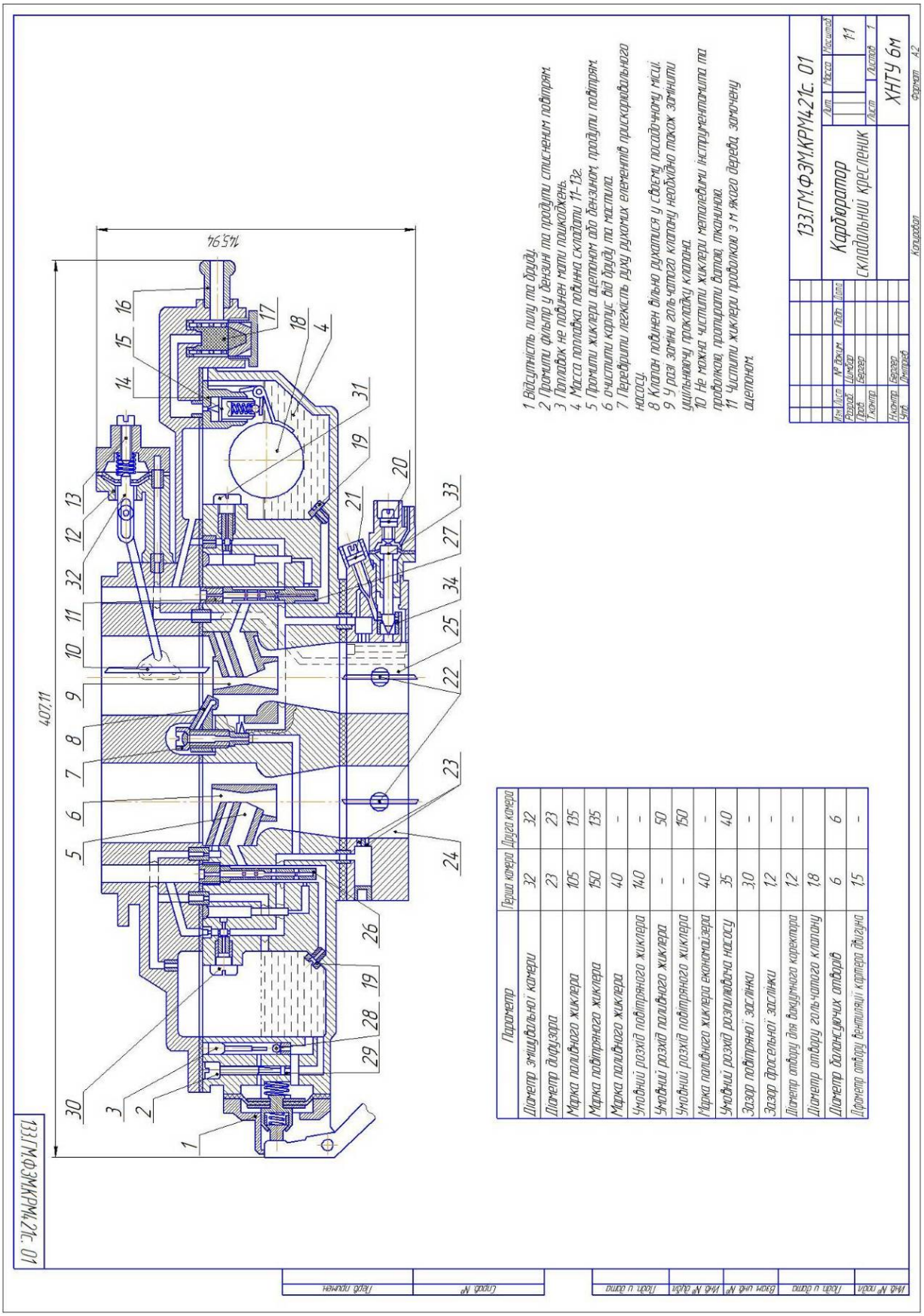
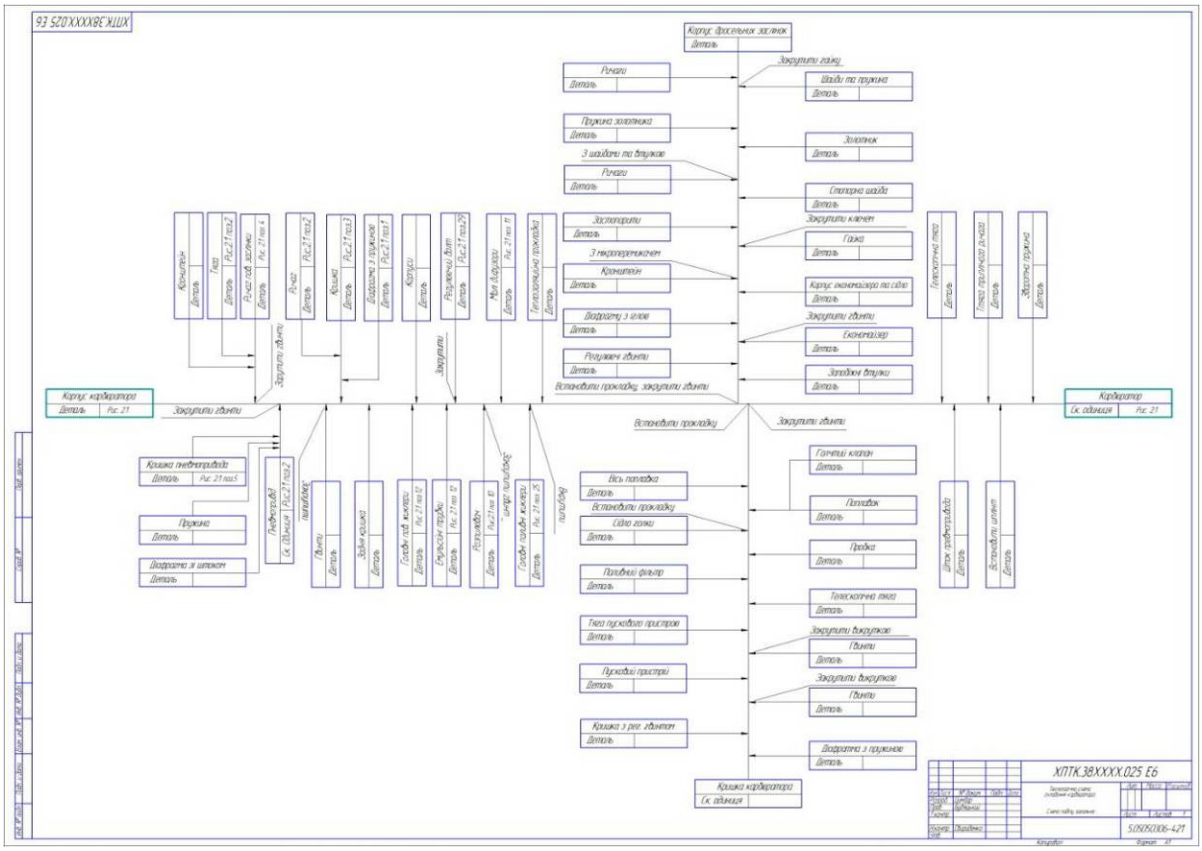
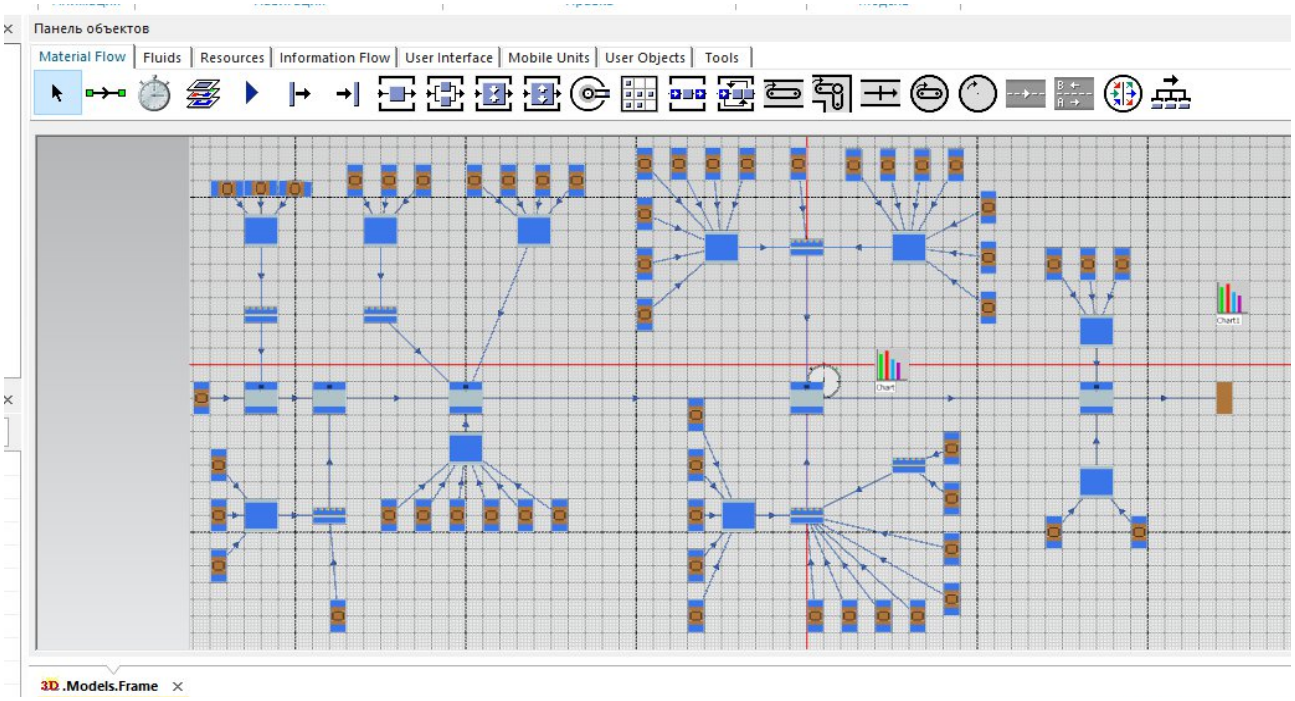


Рис.2. Складальне креслення карбюратора ДВЗ

Норми часу для кожної складальної операції наведено у Додатку.



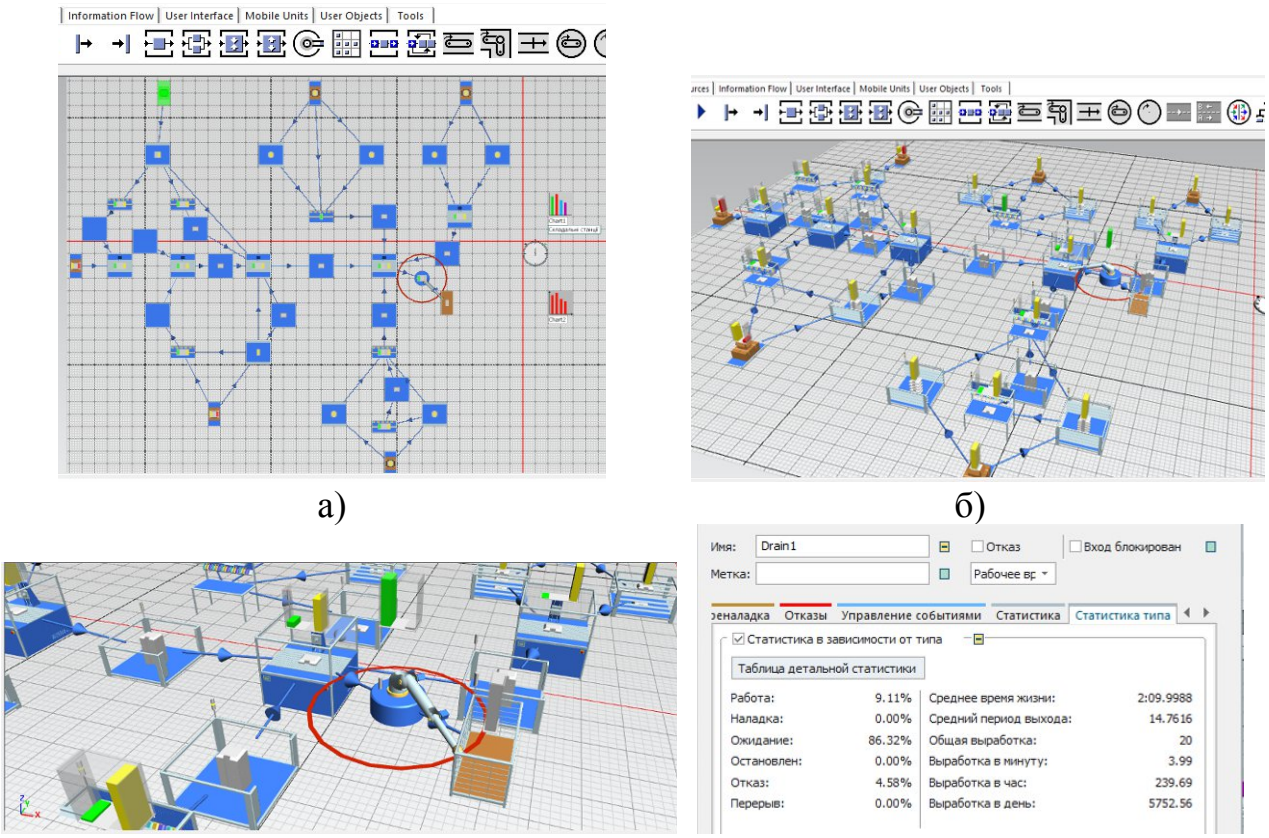
а)



б)

Рис.3. Традиційна технологічна схема складання карбюратора ДВЗ (а) і вигляд імітаційної моделі в плані у Tecnomatix plant simulation (б)

Виконано зміни традиційної структури (рис.3, б) у вигляді об’єднання складів і відповідного розподілення потоків на сортувальні станції (рис. 4, а). Встановлено робот-маніпулятор укладач готових виробів на склад (рис.4, в).



а) б)

в) г)

Рис. 4. Структура (а), 3d-модель дільниці (б), маніпулятор укладач на склад (в) і статистика роботи складу імітаційної моделі автоматизованої дільниці (г)

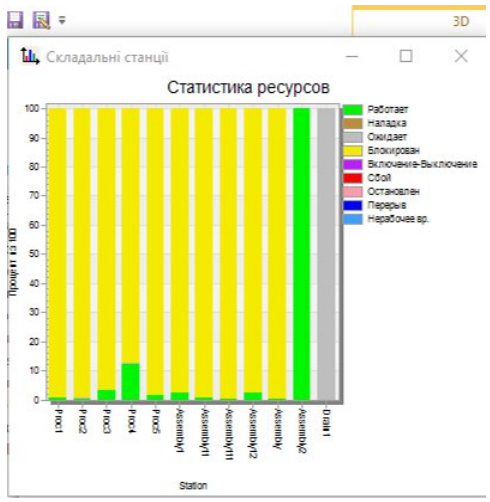
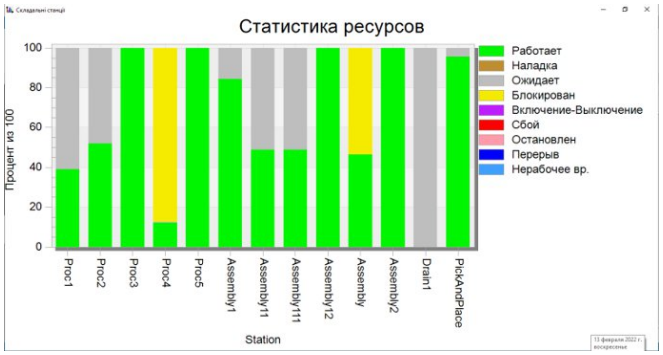
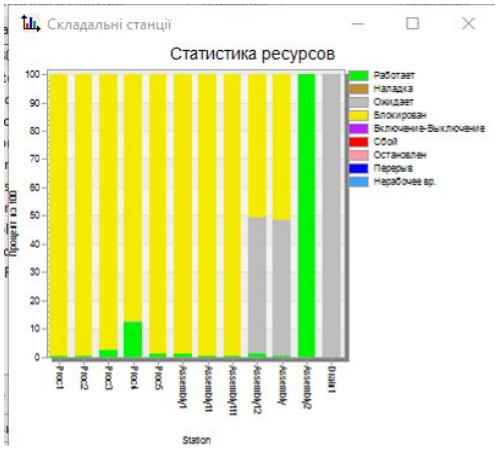
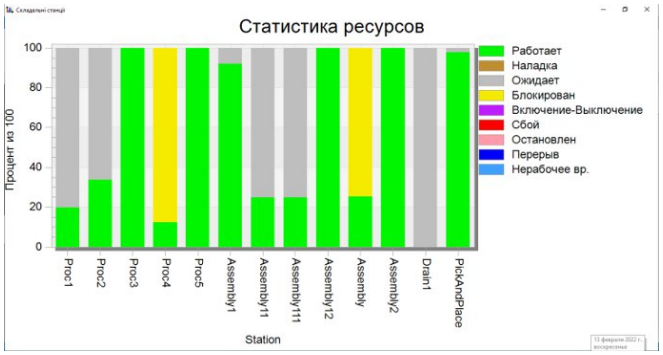
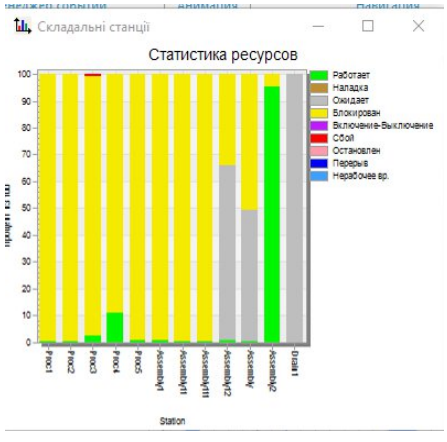
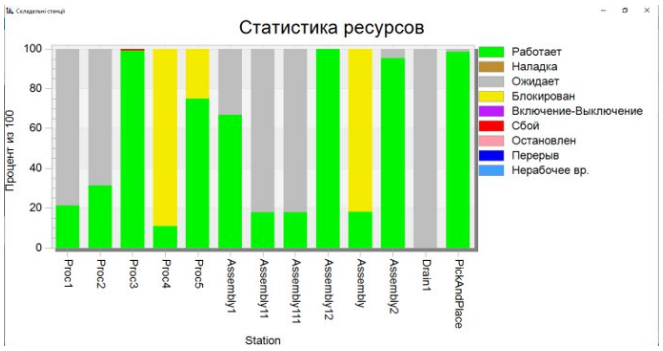
Середній період виходу карбюраторів і їх загальна кількість показана як аналіз статистики у властивостях складу імітаційної моделі на рис. 4, г.

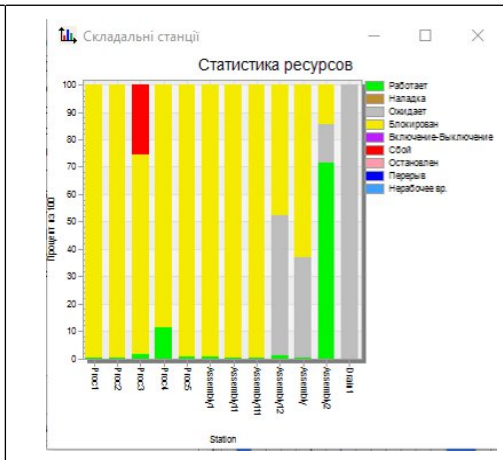
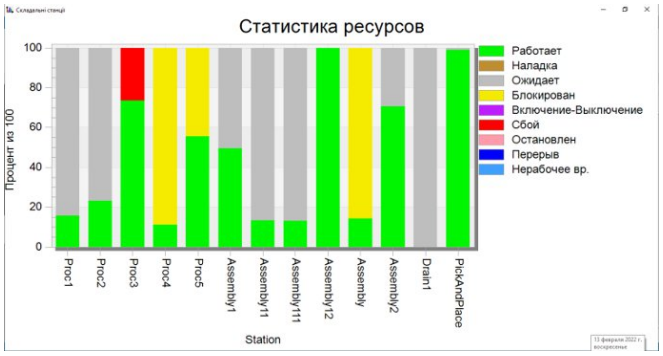
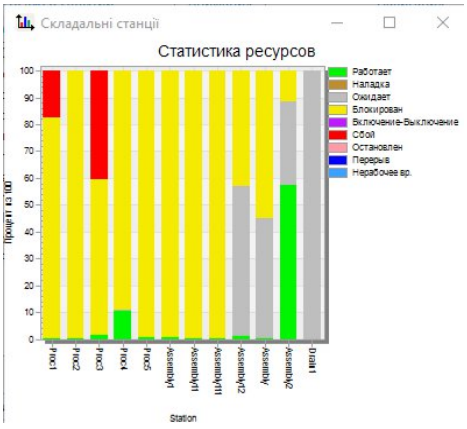
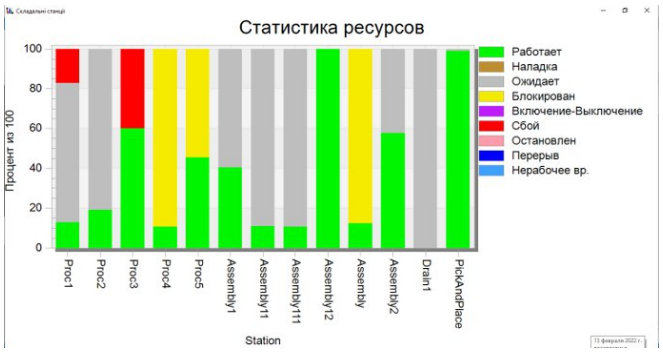
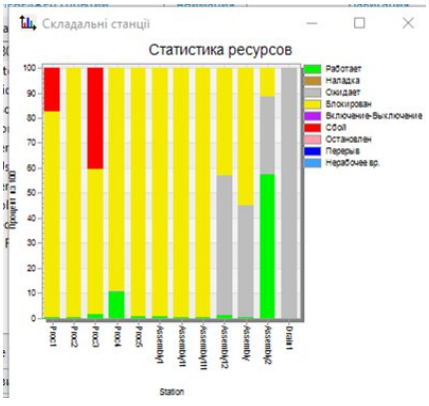
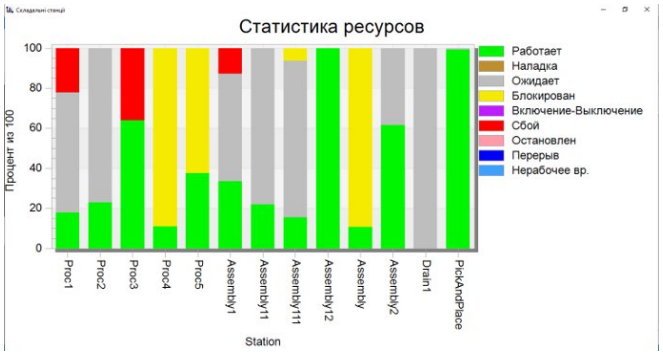
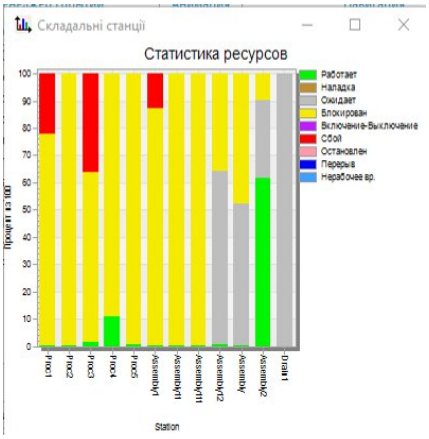
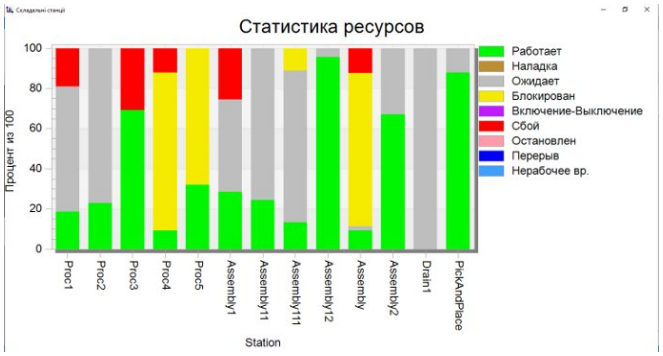
Для аналізу у реальному часі виробництва традиційної технологічної схеми застосовано об’єкт-індикатор властивостей, що будує діаграму статистики стану робочих станцій. В таблиці 2.1 наведено порівняння станів центральної гілки складальної лінії руху Корпусу карбюратора (станції Proc1-5) та станцій складання лівої і правої гілок Assembly (6 шт), що застосовані для складання до Кришки корбюратора, Корпусу дроссельних заслонок і ін. Порівняння виконано під час 5- хвилин часу симуляції традиційної лінії без застосування буферів як міжопераційних накопичувачів

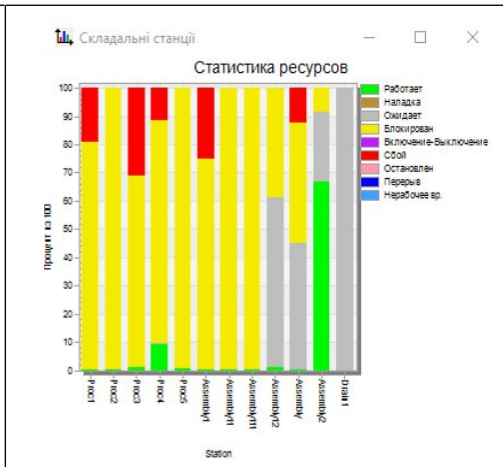
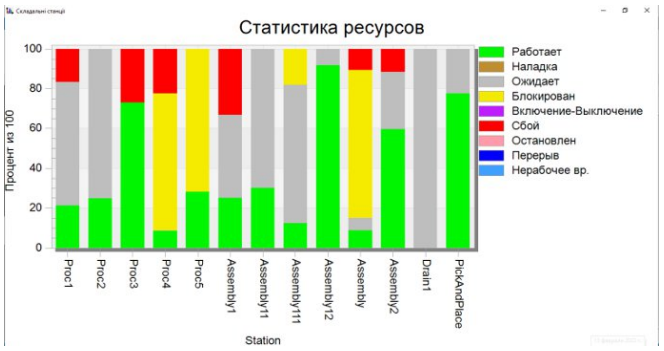
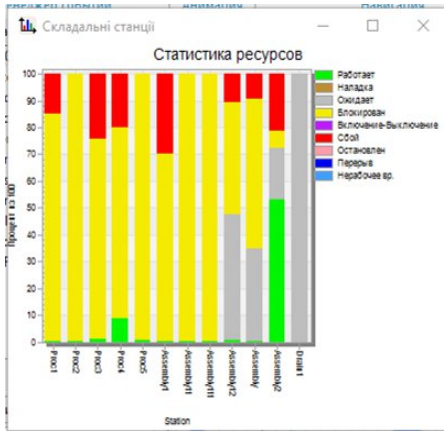
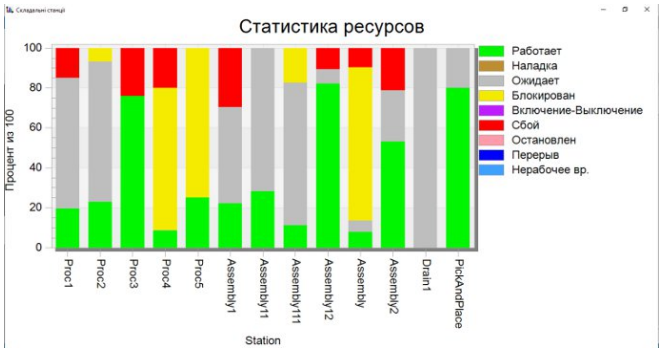
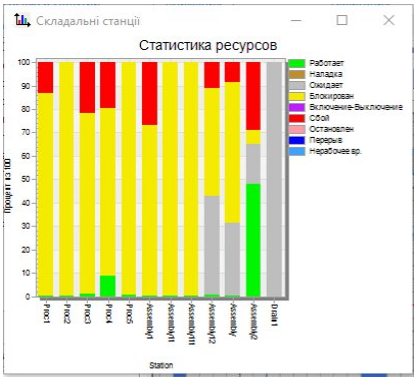
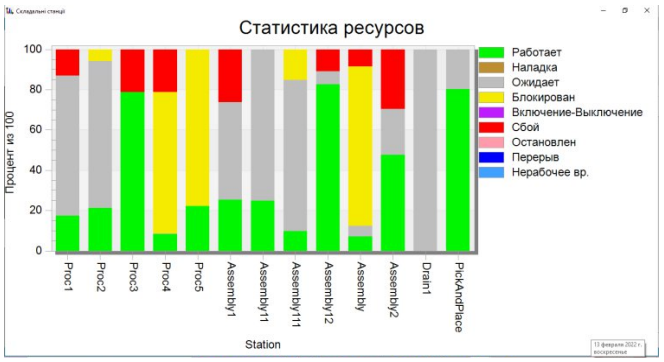
(перший стовпчик табл.2) і з буферами ємністю 500 деталей кожний (перший стовпчик табл.2).

Таблиця 2

Порівняння завантаженості робочих станцій на протязі роботи 5 хв.

час роботи, хв	структура лінії без міжопераційних накопичувачів (рис.3, б)	структура лінії з міжопераційними накопичувачами ємністю 500 деталей (рис.3, а)
0,5		
1,0		
1,5		

2,0	Складальні станції Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station	Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station
2,5	Складальні станції Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station	Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station
3,0	Складальні станції Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station	Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station
3,5	Складальні станції Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station	Статистика ресурсов Работает Наладка Ожидает Блокирован Включение-Выключение Сбой Остановлен Перерыв Нерабочее вр. Station

4,0		
4,5		
5,0		

Експериментальні дослідження у середовищі Siemens Tecnomatix Plant Simulation

Під час імітаційного експерименту виявлено різну завантаженість та час очікування та блокування робочих станцій, що на пряму залежить не тільки від наявності міжопераційних накопичувачів (буферів), а і від максимальної кількості деталей в буфері (максимальна завантаженість). На

рис. 5 наведено вікно статистики окремого буферу імітаційної моделі як приклад.

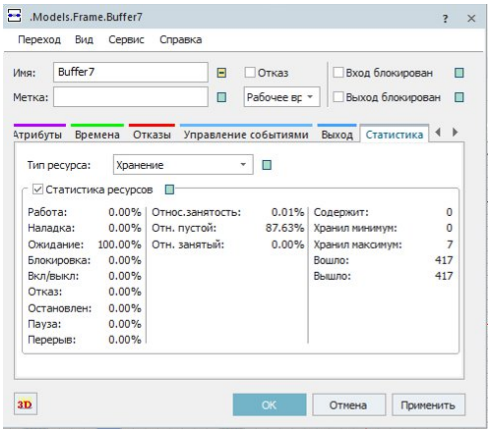
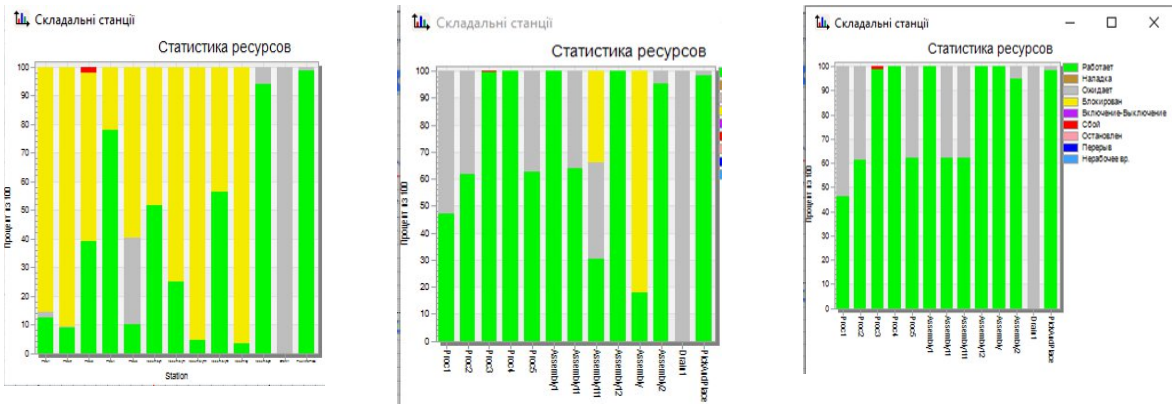


Рис.5. Вікно статистики роботи на окремому моменті часу об’єкту Буфер імітаційної моделі автоматичної лінії



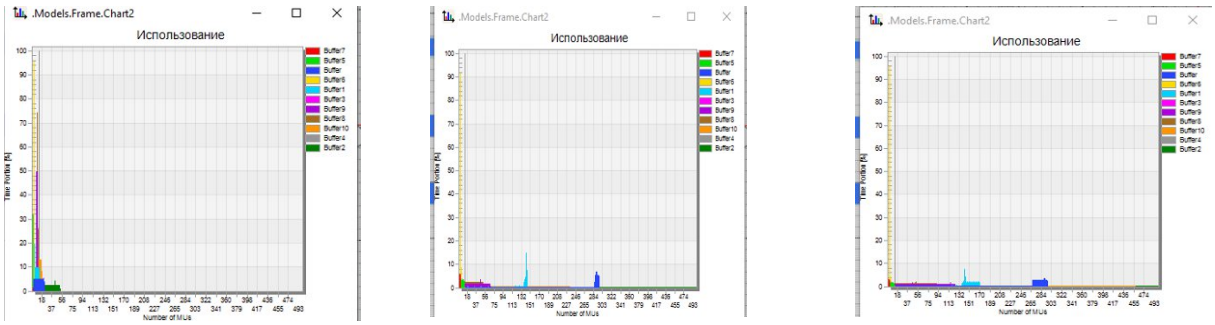
а) б) в)

Рис.6. Статистика ресурсів робочих станцій з різним об’ємом між операційних накопичувачів на 1 хв.30 секунді роботи автоматизованої дільниці:

а) -накопичувачі ємністю 50 деталей; б) -накопичувачі ємністю 500 деталей; в) -накопичувачі ємністю 5000 деталей;

Динамічний аналіз роботи міжопераційних накопичувачів

Програмне середовище Siemens Tecnomatix Plant Simulation дозволяє оцінити у реальному часі роботи імітаційної моделі завантаженість кожного між операційного буферу і виявити його необхідну ємність (рис.7).



1 секунда роботи 30 секунд роботи 1 хвилина роботи

Рис.7. «Зріз» кількості деталей у міжопераційних буферах під час роботи імітаційної моделі автоматичної лінії складання карбюратора

Найбільш «проблемними» місцями у традиційній схемі складання карбюратора визначено Буфер 0 (ліва гілка приєднання дифузорів) і Буфер 2 (права гілка приєднання деталей до Кришки карбюратора), заповнення яких зростає дуже швидко і досягає для буферу 2 кількості у декілька тисяч (рис. 7, рис. 8).

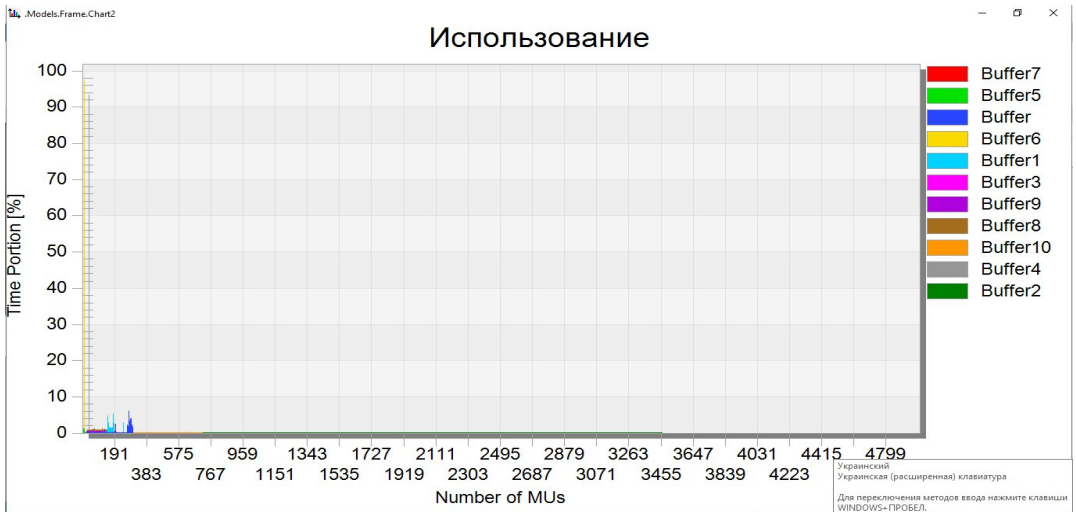
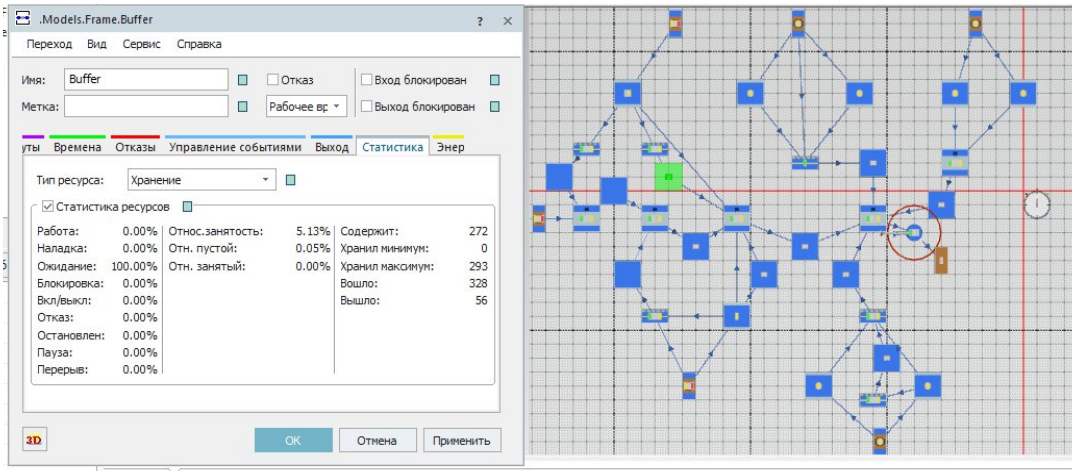
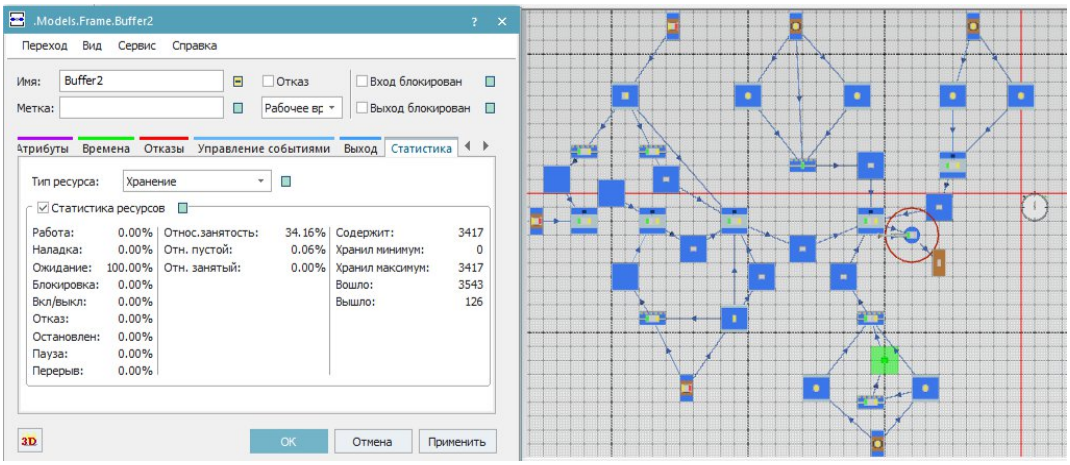


Рис.8. Динамічний графік заповнення між операційних буферів («зріз на 1,5 роботи автоматичної лінії»)

Дана обставина вимагає структурної і параметричної оптимізації гілок з Буферами за номером 0 (рис.9, а) і 2 (рис.9, б).



а)



б)

Рис.9. Місця що потребують доопрацювання за критеріями пропускної здатності (виділено зеленим кольором, «зріз» на 1,5 хвилині роботи)

Вивчення витрат робочого часу від надійності робочих станцій

Продуктивність автоматичної ліній визначається надійністю обладнання, яку в імітаційній моделі задано параметрами відмов або доступністю у відсотках (рис.10). В імітаційній моделі традиційної структури без між операційних буферів (рис. 11, а) і при вірогідності відмов до 20% виработка складала 240 вузлів за годину, а за наявності між операційних буферів виработка досягла 252 вузла (рис. 11, б).

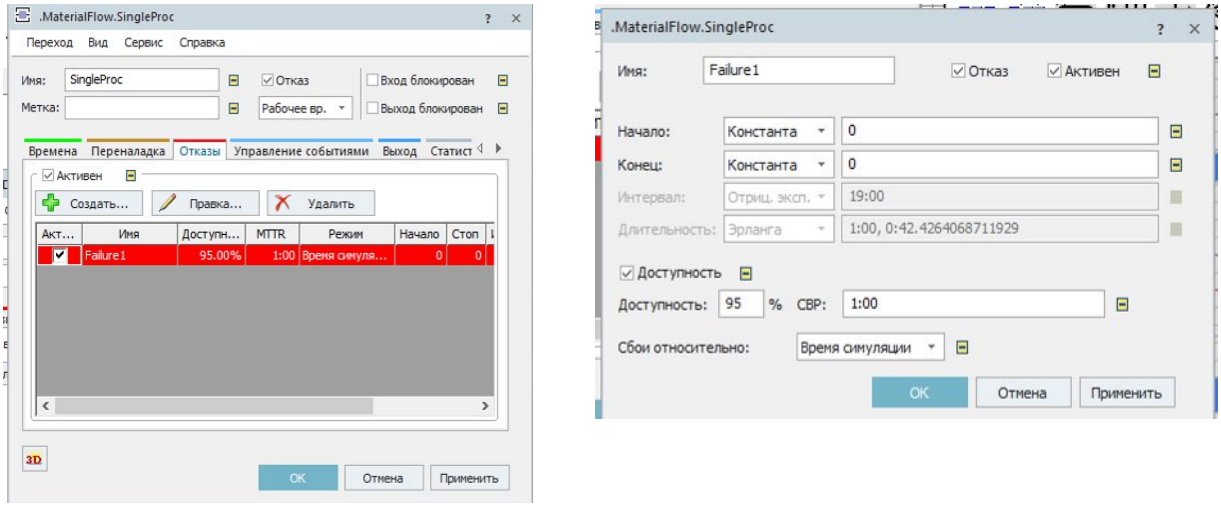
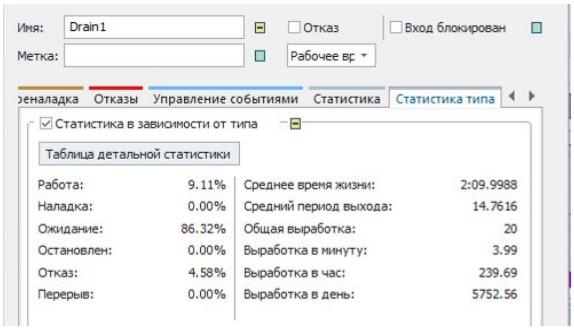
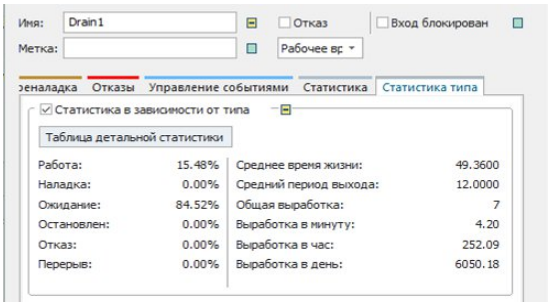


Рис.10. Завдання препроцесорних даних по відмовам кожної робочої та сортувальної станції або буферу у Siemens Tecnomatix Plant Simulation

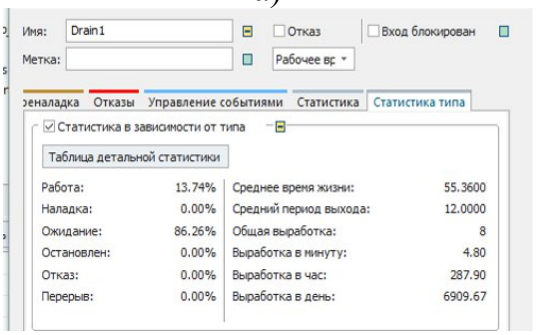
При зменшенні збоїв у складальних станціях до 5% і 2,5% виработка збільшилась (рис. 11, в) до 287 і зменшилась (рис. 11, г) до 282 вузлів, відповідно.



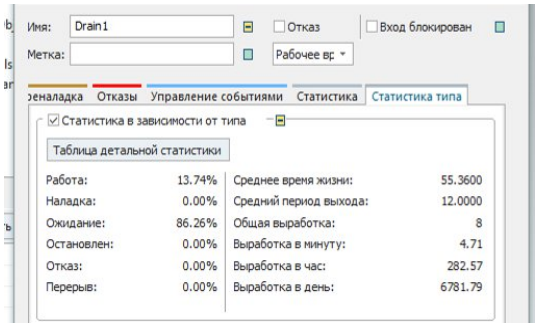
а)



б)



в)



г)

Рис.11. Результати симуляції імітаційної моделі з різним ступенем відмов складальних станцій

Проведений аналіз технологічної схеми складання дає комплексне уявлення про якість спроектованої автоматичної дільниці за досить короткий час і надає можливості оптимізації як структури дільниці, так і параметрів обладнання складальних станцій і допоміжного устаткування.

4.7. Розділ 5. Підготовка стартап-проєкту

У п’ятому розділі магістерської роботи студент має виконати розроблення startup-проекту, а саме маркетинговий аналіз – виявити ринкові можливості використання результатів роботи.

Зміст пятого розділу - обґрунтувати шляхи впровадження досягнутої мети та поставлених задач в умовах сучасного ринку (в рамках галузі). В межах цього розділу: – розробляється опис самої ідеї проекту та визначаються загаль- ні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів; – аналізують технічні можливості реалізації ідей проекту; – аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації; – на базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ри-нкового впровадження потенційного товару в межах проекту. Розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впроваджен- ня. Проведення маркетингового аналізу передбачає виконання нижченаведених кроків. Опис ідеї проекту В межах підпункту слід послідовно проаналізувати та подати у вигляді таблиць: – зміст ідеї (що пропонується); – можливі напрямки застосування (того що ви пропонуєте); – основні вигоди, що може отримати користувач ваших ідей (за кожним напрямком застосування); – чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Етап 1 Перші три пункти подаються у вигляді таблиці і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Етап 2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропози- ціями конкурентів передбачає: – визначення переліку техніко-економічних властивостей та ха- рактеристик ідеї (це те що характеризує відмінність вашої ідеї від того що є на ринки); – визначення попереднього кола конкурентів або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів конкурентів відповідно до визначеного вище переліку; – проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають: – гірші значення (слабкі); – аналогічні (нейтральні) значення; – кращі значення (сильні). Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характе- ристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. Технологічний аудит ідеї проекту В межах даного підрозділу необхідно провести аудит техноло- гії, за до-помогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових : – за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту? – чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити? – чи доступні такі технології авторам проекту? За результатами аналізу робиться висновок щодо можливості те- хнологічної реалізації проекту: так чи ні, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити (з поміж названих технологій оби- раються такі, що доступні авторам проекту та є наявними на ринку). Аналіз ринкових можливостей Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які мо- жуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, по- треб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Етап 3 Спочатку проводиться аналіз попиту: – наявність попиту; – обсяг; – динаміка розвитку ринку. Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнює- ться із банківським відсотком на вкладення. За умови, що останній є вищим, можливо, має сенс вкласти кошти в інший проект. За результатами аналізу робиться висновок щодо того, чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Етап 4 Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи.

Етап 5 Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешко- джають. Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значу- щості.

Етап 6 Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку.

Етап 7 Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі. За результатами аналізу робиться висновок щодо принципової мо- жливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Роби- ться висновок щодо характеристик (сильних сторін), які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку. Другий висновок враховується при формулюванні переліку фа- кторів конкурентоспроможності у етапі 8.

Етап 8 На основі аналізу конкуренції, проведеного на етапі 7, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища визначається та об- ґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Етап 9 За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Етап 10 Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливо- стей (Opportunities) на

основі виділених ринкових загроз та можли- востей, та сильних і слабких сторін. Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей мар- кетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – ці- нової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Етап 11 На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення startup-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (аналіз потенційних конкурентів). Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів. Після аналізу зазначити обрану альтернативу. З означених альтернатив обирається та, для якої: – отримання ресурсів є більш простим та ймовірним; – строки реалізації – більш стислими. Розроблення ринкової стратегії проекту

Етап 12 Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визна- чення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів. За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) ав-тори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій то-вар, та визначають стратегію охоплення ринку: – якщо компанія зосереджується на одному сегменті – вона оби- рає стратегію концентрованого маркетингу; – якщо працює із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу – вона використовує стра- тегію диференційованого маркетингу; – якщо компанія працює із всім ринком, пропонуючи стандарти- зовану програму (включно із характеристиками товару/послуги) – вона використовує масовий маркетинг.

Етап 13 Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Етап 14 Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки.

Етап 15 На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальни- ка (startup-компанії) та до продукту, а також в залежності від обра- ної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект. Результатом виконання підрозділу має стати узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії на ринку. 16.6.5 Маркетингова програма стартап-проекту

Етап 16 Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Етап 17 Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання. Загалом це перелік можливих характеристик товару/ідеї. Після формування маркетингової моделі товару слід особливо від- мітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інте-лектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання вла- стивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Етап 18 Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів. Аналіз проводиться експертним методом. Етап 19 Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення): –

проводити збут власними силами або залучати сторонніх посеред- ників (власна або залучена система збуту); – вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту; – вибір та обґрунтування виду посередників. Етап 20 Останньою складової маркетингової програми є розроблення кон- цепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів. Результатом етапу 20 має стати ринкова (маркетингова) програ- ма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та по- передній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

У висновках пятого розділу узагальнюється проведений аналіз та зазначається:

– чи є можливість ринкової комерціалізації проекту (чи наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку);

– чи є перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар’єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту;

– яку альтернативу (варіант) впровадження доцільно обрати для ринкової реалізації проекту;

– чи є доцільною подальша імплементація проекту.

5. ВИМОГИ ДО ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ТА ІЛЮСТРАТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

5.1. Загальні вимоги до графічних матеріалів

Графічна частина та ілюстративні матеріали випускної кваліфікаційної роботи магістра є обов’язковим елементом ВКР і призначені для наочного відображення: структури об’єкта дослідження; технологічних процесів; математичних та імітаційних моделей; архітектури цифрових двійників; проєктних рішень у сфері смарт-промисловості.

Графічні матеріали повинні логічно доповнювати пояснювальну записку, а не дублювати її текст, та відповідати темі і завданням ВКР. Склад графічної частини До графічної частини ВКР магістра можуть входити:

- структурні схеми виробничих систем або підприємств;
- схеми технологічних маршрутів виготовлення деталей;
- схеми процесів механічної обробки, складання та адитивного виробництва;
- концептуальні схеми цифрових двійників;
- архітектурні схеми смарт-систем і кіберфізичних засобів;
- блок-схеми алгоритмів математичного та імітаційного моделювання;
- результати імітаційних експериментів у вигляді графіків, діаграм, гістограм;
- інтерфейси програмних рішень (за необхідності).

Кількість і склад графічних матеріалів визначаються темою ВКР та рекомендаціями керівника, але мають забезпечувати повноту та наочність викладення результатів.

5.2. Вимоги до схем, моделей, діаграм та візуалізацій

У пояснювальній записці всі ілюстрації оформлюються у вигляді рисунків, які: нумеруються в межах розділу або по всій роботі; мають назву, розташовану під рисунком; обов’язково згадуються в тексті роботи.

Рисунки повинні бути: чіткими та читабельними; виконаними в єдиному стилі; достатньої якості для друку та електронного подання.

Допускається використання: векторної графіки; скріншотів програмних середовищ; схем, побудованих у CAD, CAE, CAM, системах імітаційного моделювання.

5.3. Вимоги до презентаційних матеріалів

Графічна частина, що виноситься на захист, повинна: відображати ключові результати ВКР; бути узгодженою з пояснювальною запискою; демонструвати рівень інженерної та аналітичної підготовки магістра.

Рекомендується включати:

1. Загальну схему об’єкта дослідження.
2. Схему технологічного процесу або виробничої системи.
3. Схему або архітектуру цифрового двійника.
4. Результати моделювання та аналізу.
5. Проєктні рішення смарт-системи.
6. Вимоги до схем цифрових двійників і смарт-систем

Схеми цифрових двійників повинні відображати:

- фізичний об’єкт або процес;
- інформаційні потоки;
- математичні та імітаційні моделі;
- канали зворотного зв’язку;
- взаємодію з системами керування.

6. ПІДГОТОВКА ТА ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ВКР МАГІСТРА

6.1. Подання роботи до екзаменаційної комісії

Документи, що надаються в Державну комісію магістрантом:

– підписана автором магістерська дисертація
– відгук керівника
– рецензія рецензента

Відгук наукового керівника

Відгук наукового керівника пишеться в довільній формі, в ньому мають бути відображені та оцінені наступні сторони дисертації: актуальність роботи; повнота і оригінальність рішення; елементи наукової новизни; оцінка міри готовності дисертації до захисту. Зміст відгуку заздалегідь доводиться до

відома магістранта, щоб він міг дати аргументовані відповіді на зауваження керівника.

Керівник не ставить оцінку за магістерську роботу, адже він робить усе щоб вона була найкращою.

Рецензія

Підготовлена і затверджена до захисту магістерська дисертація піддається обов'язковому рецензуванню. Рецензент аналізує і оцінює:актуальність роботи;міру обґрунтованості елементів наукової новизни, достовірність отриманих результатів і практичну значущість.

Як правило, разом з позитивними сторонами роботи в рецензії відзначаються її недоліки. Зміст рецензії заздалегідь доводиться до відома магістранта, щоб він міг дати аргументовані відповіді на зауваження рецензента. Рецензент виставляє оцінку магістерської роботи.

Перед основним захистом магістрант проходить попередній захист обов'язковою участю наукового керівника. Основне призначення попереднього захисту – аналіз дисертації та усунення виявлених недоліків.

Магістерська робота у завершеному виді, підписана автором і науковим керівником, здається на випускову кафедру за 10 днів до захисту та системи перевірки ХНТУ запобігання академічному плагіату. Одночасно з дисертацією здається відгук наукового керівника. Завідувач кафедрою вирішує питання про допуск дисертації до захисту. У разі, якщо завідувач кафедри не вважає можливим допустити магістранта до захисту, це питання розглядається на засіданні кафедри за участю претендента і наукового керівника.

6.2. Процедура захисту випускної кваліфікаційної роботи

Захист ВКР магістра.

Захист магістерської роботи проводиться публічно на відкритому засіданні екзаменаційної комісії .

Доповідь

Доповідь студента – це завершальний етап захисту. Саме доповідь та відповіді на запитання комісії впливають на оцінку ВКР.

Тривалість - 12…15 хвилин.

Кількість - слайдів 12…15.

Тренінг - перед доповіддю доцільно потренуватись. Найкраще, провести презентацію наче перед комісією.

Казати - про те, що зображено на слайдах, зосереджуючи увагу присутніх на головних питаннях у роботі. Найкраще - зосередьте увагу присутніх на головних моментах роботи. Покажіть позитивні моменти вашої роботи та її переваги над іншими.

Головне - показати, що ваша робота є актуальною.

Найгірше - що ви можете зробити – це почати читати з екрану.

Це означає, що :

ви не володієте матеріалом роботи …

- не спроможні формулювати свої думки …

6.3. Критерії оцінювання результатів захисту

Підсумкова оцінка за випускну кваліфікаційну роботу формується з урахуванням таких основних критеріїв:

1. Актуальність теми та її відповідність освітній програмі.

Оцінюється ступінь відповідності теми ВКР сучасним напрямам розвитку смарт-промисловості, цифрових двійників, автоматизованих і кіберфізичних систем, а також логічний зв’язок роботи з тематикою комплексного курсового проєкту.

2. Повнота та якість аналітичного огляду.

Враховується глибина аналізу сучасного стану галузі, рівень опрацювання наукових і технічних джерел, коректність узагальнення існуючих підходів і формулювання мети та завдань дослідження.

3. Обґрунтованість інженерних і науково-технічних рішень.

Оцінюється правильність вибору методів дослідження, математичних, імітаційних або комп’ютерних моделей, а також обґрунтованість прийнятих проєктних рішень.

4. Рівень розроблення цифрового двійника та смарт-системи.

Аналізується ступінь опрацювання структури цифрового двійника підприємства, процесу або технічного об’єкта, опис кіберфізичних компонентів, систем автоматизації, диспетчеризації та інформаційної інтеграції.

5. Практична значущість і результативність роботи.

Оцінюється можливість практичного використання отриманих результатів, адекватність оцінювання ключових показників ефективності, логічність висновків і рекомендацій.

6. Рівень виконання розділу щодо розробки стапртап проєкту.

Враховується повнота аналізу існуючих сильних і слабких сторін та рівень інноваційності з технічною обґрунтованістю запропонованих заходів.

7. Якість оформлення випускної кваліфікаційної роботи.

Оцінюється відповідність структури, обсягу та оформлення роботи вимогам методичних рекомендацій, правильність оформлення формул, таблиць, рисунків, списку використаних джерел і додатків.

8. Якість доповіді та ілюстративних матеріалів.

Береться до уваги логічність, чіткість і лаконічність доповіді, відповідність презентаційних матеріалів змісту роботи, наочність схем і моделей.

9. Рівень відповідей на запитання членів екзаменаційної комісії.

Оцінюється глибина розуміння теми, уміння аргументовано відстоювати прийняті рішення, володіння термінологією та здатність до професійної дискусії.

10. Відгуки керівника та рецензента.

Ураховується загальна оцінка якості виконання роботи, рівень самостійності здобувача та наявність зауважень принципового характеру.

Підсумкова оцінка за захист випускної кваліфікаційної роботи магістра визначається рішенням екзаменаційної комісії та виставляється за національною шкалою оцінювання з подальшим переведенням у шкалу ECTS

СПИСОК НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ТА РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пасічник, В. А. Магістерська дисертація. Організаційні питання [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів-магістрантів, які навчаються за технічними спеціальностями / В. А. Пасічник, В. І. Солодкий, О. В. Глоба ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 72 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/49821/1/Mahisterska_dysertatsiia.pdf
2. Солодкий, В. І. Магістерська дисертація. Наукова складова [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 – Прикладна механіка / В. І. Солодкий, В. В. Вовк, Д. О. Красновид ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 516,89 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 156 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45839/1/Solodkyi_V_I_Mag-dis-nauk-sklad_21-22.pdf
3. Випускна кваліфікаційна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 – Прикладна механіка / В. І. Солодкий, Ю. Й. Бесарабець, В. В. Вовк, Д. О. Красновид ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Третя редакція. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,38 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 221 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45842/1/Solodkiy_V_I_Bak-Mag_21-22.pdf
4. ДСТУ 3008:2015. Оформлення звіту

ДОДАТКИ

ДОДАТКИ

Додаток 1

Зразок титульної сторінки

Форма № Н-9.02

_ Херсонський національний технічний університет_
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту_
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення)

Транспортних систем і технічного сервісу_
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

_____Магістр_____
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему_____

_____

_____

Виконав: студент ___курсу, групи_____
спеціальності

_____
(шифр і назва спеціальності)

_____
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент_____
(прізвище та ініціали)

Херсон – 20__ р.

Додаток 2
Форма № Н-9.01

_____Херсонський національний технічний університет_____
(назва вузу)
Інститут, факультет, відділення _____Інженерії та транспорту_____
Кафедра, циклова комісія ___Транспортних систем і технічного сервісу___
Освітньо-кваліфікаційний рівень_____Магістр_____
Спеціальність _____G9 – Прикладна мнханіка_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
голова циклової комісії
_____І.А. Сєліверстов
“_____”_____20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____
(прізвище, ім’я, по батькові)
1. Тема роботи _____
_____
_____
керівник роботи _____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
“___”_____20__року №___
2. Строк подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до проекту роботи _____
_____
_____
_____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):_____
_____
_____
_____
_____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):
_____
_____
_____
_____
_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Додаток 3

Орієнтовна послідовність розділів пояснювальної записки

1. Титульний аркуш встановленого зразку (додаток 1) – 1 стор. формату А4.
2. Завдання встановленого зразку (додаток 2) – 1 стор. формату А4.
3. Реферат – 1 стор. формату А4.
4. Зміст
5. Вступ – 1-3 стор. формату А4.
6. Літературний огляд – 10-15 стор. формату А4.
7. Розрахунково-пояснювальна частина – 30-40 стор. формату А4.

7.1. Розділ 1. …

7.2. Розділ 2. …

7.3. …

8. Висновки і пропозиції – 1 стор. формату А4.
9. Література
10. Додатки

Додаток Б. Приклад календарного плану виконання ВКР

Додаток В. Приклад титульного аркуша