

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
приладобудівний факультет
кафедра виробництва приладів**

«На правах рукопису»
УДК 658.511.3

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

«__» _____ 20__ р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології**

**на тему: «Інформаційна система планування механоскладального
виробництва»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ПБ-61м
Волошин К.П.

Керівник:

доцент кафедри виробництва приладів, к.т.н., доцент
Філіппова М.В.

Консультант з стартап-проект:

доцент кафедри менеджменту, к.е.н., доцент
Бояринова К.О.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
приладобудівний факультет
кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою
Спеціальність (спеціалізація) – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» («Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ 20__ р.
«__» _____

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Волошину Костянтину Петровичу

1. Тема дисертації **«Інформаційна система планування механоскладального виробництва»**, науковий керівник дисертації Філіппова Марина В'ячеславівна, к.т.н, доцент, затвержені наказом по університету від «23» березня 2018 р. №1006-с
2. Термін подання студентом дисертації «11» червня 2018 р.
3. Об'єкт дослідження процеси планування механоскладального виробництва
4. Предмет дослідження укрупнений та оперативно-календарний методи планування виробництва
5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Аналіз існуючих підходів до процесів планування механоскладального виробництва. 2. Розробка алгоритму планування виробництва 3. Розробка архітектури інформаційної системи та схеми бази даних, яка входить до її складу 4. Розробка засобів візуалізації результатів. 5. Розробка стартап проекту «Інформаційна система планування механоскладального виробництва»
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу презентація у MS Power Point за результатами дослідження
7. Орієнтовний перелік публікацій: тези доповідей на науково-технічних конференціях, стаття у фаховому виданні, охороні документи на право інтелектуальної власності

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап проекту «інформаційна система планування механоскладального виробництва»	Бояринова К.О., доцент кафедри менеджменту		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Аналіз існуючих підходів до процесів планування механоскладального виробництва 3.		
2.	Розробка алгоритму планування виробництва		
3.	Розробка архітектури інформаційної системи та схеми бази даних, яка входить до її складу		
4.	Розробка засобів візуалізації результатів		
5.	Апробація результатів роботи		
6.	Розробка стартап проекту «Інформаційна система планування механоскладального виробництва»		
7.	Оформлення пояснювальної записки		

Студент

К.П. Волошин

Науковий керівник дисертації

М.В. Філіппова

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. Створення систем планування виробництва на підприємствах з використанням інформаційних технологій і методів моделювання, що враховують оптимальне використання виробничих, матеріальних, трудових та інформаційних ресурсів, є надзвичайно трудомістким і вимагає вирішення цілого ряду принципово нових комплексів задач, які віддзеркалюють різноманіття процесів як у самих системах підприємств, так й їх зв'язок із зовнішнім середовищем. Визначення можливостей підприємства як на укрупненому етапі планування виробництва, так й на оперативному дозволяє конкретизувати обсяги виробництва, прогнозувати випуск і проектування конкурентоспроможної продукції. Тому розроблення інформаційної системи планування виробництва, яка враховує як внутрішні так і зовнішні зв'язки підприємства є актуальною.

Мета і задачі дослідження:

Мета роботи. Розробка інформаційної системи, що надає інформацію для прийняття рішення про виготовлення виробу на етапі виробничого планування.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язано наступні задачі:

1. Проведено порівняльний аналіз існуючих підходів до автоматизації процесу виробничого планування;
2. Розроблено архітектуру інформаційної системи і схему бази даних, призначеної для зберігання вхідної інформації та результатів виконання процесу виробничого планування;
3. Розроблено алгоритми автоматизації планування виробництва (на рівні укрупненого і оперативного планування);
4. Розроблено засоби візуалізації результатів планування, що надають інформацію для прийняття рішень про запуск виробів у виробництво і видачу виробничих завдань;
5. Проведено апробацію інформаційної системи на виробі і проаналізовано результати роботи системи.

Об'єкт дослідження. Процеси планування виробництва.

Предмет дослідження Укрупнений та оперативно-календарний методи планування виробництва.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використовувались такі методи: методи аналізу та синтезу для дослідження властивостей факторів, що впливають на ефективність інформаційних ресурсів планування виробництва, методи алгоритмізації та програмування при розробці інформаційної системи планування механоскладального виробництва.

Наукова новизна одержаних результатів. У магістерській дисертації здійснено постановку і вирішення завдання планування виробництва. При цьому отримані такі наукові результати: встановлено зв'язок елементів системи планування виробництва з метою зменшення кількості

повторюваних об'єктів, що використовуються; формалізована задача оперативного планування механоскладальних робіт.

Практичне значення одержаних результатів. В результаті проведених досліджень розроблено інформаційну систему планування механоскладального виробництва, розроблено алгоритми укрупненого та оперативного планування механоскладального виробництва. Результати роботи використовуються при проведенні комп'ютерних практикумів з дисциплін «Технології інформаційної підтримки виробів в приладобудуванні» та «Інформаційні та інтелектуальні системи» кафедри виробництва приладів при підготовці здобувачів вищої освіти зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно -інтегровані технології».

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи були висвітлені на: XVI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених і спеціалістів «Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації» (м. Кременчук, 2018 р.), науково-практичних конференціях студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування» (м. Київ, 2017 р., 2018 р.), 10-й міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Новые направления развития приборостроения» (м. Мінськ, Республіка Білорусь, 2017 р.), 10-я міжнародній науково-технічній конференції «Приборостроение-2017» (м. Мінськ, Республіка Білорусь, 2017 р.).

Публікації. За темою магістерської дисертації опубліковано 12 робіт (наведено в додатку 7).

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Вона містить 117 сторінок друкованого тексту, 19 рисунків, 16 таблиць, список використаних джерел зі 30 найменувань і 7 додатків.

Ключові слова, механоскладальне виробництво, інформаційна система, виробниче планування, оперативно-календарне планування, діаграма Ганта.

ABSTRACT

Actuality of theme. The creation of production planning systems at enterprises using information technology and modeling techniques that take into account the optimal use of production, material, labor and information resources is extremely labor intensive and requires the solution of a number of fundamentally new complexes of tasks that reflect the diversity of processes in the systems of enterprises themselves, and their connection with the external environment. Determining the capabilities of the company both at the enlarged stage of production planning and operational allows to specify the volume of production, to forecast the issue and design of competitive products. Therefore, the development of information system of production planning, which takes into account both internal and external connections of the enterprise, is actual The purpose and tasks of the research.

The purpose of the work. Development of an information system that provides information for making a decision on the manufacture of a product at the stage of production planning.

In order to achieve the set goal, the following tasks are solved:

1. A comparative analysis of existing approaches to the automation of the production planning process;
2. The architecture of the information system and the database schema designed for storing the input information and the results of the implementation of the production planning process;
3. The algorithms of automation of production planning (at the level of enlarged and operational planning) are developed;
4. The means of visualization of the results of planning, providing information for making decisions on the launch of products in the production and issue of production tasks, has been developed;
5. Approbation of the information system on the product was carried out and the results of the system were analyzed.

Object of study. Planning processes of production.

The subject of research. Enlargement and operative-calendar methods of production planning.

Research methods. The following methods were used for solving the tasks: methods of analysis and synthesis for studying the properties of factors influencing the efficiency of information resources of production planning, algorithmization and programming methods in the development of an information system for the planning of mechano-assembly production.

Scientific novelty of the obtained results. In the master's thesis the formulation and the decision of the problem of production planning are made. At the same time, the following scientific results were obtained: the link between elements of the production planning system was established to reduce the number of repetitive objects used; formalized task of operational planning of mechano-assembly works,.

The practical value of the results. As a result of the conducted researches the information system of planning of mechanical assembly production was developed, algorithms of the enlarged and operative planning of mechano-assembly production were developed. The results of the work are used in conducting computer workshops from the display "Technologies of information support of products in instrument making" and "Information and intellectual systems" of the department of the manufacture of devices in the preparation of applicants for higher education on specialty 151 "Automation and computer-integrated technologies".

Approbation of the results of the dissertation. The main positions and results of the dissertation work were highlighted on: XVI International People's Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Specialists "Electromechanical and Power Systems. Methods of modeling and optimization" (Kremenchug, 2018), scientific and practical conferences of students, graduate students and young scientists "A View to the Future of Instrumentation" (Kyiv, 2017, 2018), 10th I International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students "New Directions of Instrument Development" (Minsk, Republic of Belarus, 2017), 10th International Scientific and Technical Conference "Instrument-2017" (Minsk, Republic of Belarus, 2017)

Publications. 12 works have been published on the theme of the master's thesis (shown in appendix 7).

Structure and scope of work. The dissertation consists of an introduction, 6 sections, conclusions, list of used sources and applications. It contains 117 pages of printed text, 19 figures, 16 tables, a list of used sources of 26 titles and 7 applications.

Keywords. Mechanical assembly, information system, production planning, operative-calendar planning, Gantt chart.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	14
ВСТУП.....	16
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА	18
1.1 Класифікація підходів до процесу планування виробництва	18
1.2 Інформаційні системи планування виробництва.....	28
Висновки по розділу	32
2. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА.....	34
2.1 Вибір підходу і постановка задачі.....	34
2.2. Вибір засобів розробки	36
2.3 Структура бази даних інформаційної системи	37
2.4 Узагальнена структура інформаційної системи планування виробництва.....	44
Висновки по розділу	50
3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ПРОЦЕСІВ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ	51
3.1 Об'єкти системи та взаємозв'язок між ними	51
3.2 Отримання вихідних даних.....	54
3.3 Алгоритми планування виробництва	56
3.4 Алгоритм генерації змінно-добових завдань виробництва.....	58
3.5. Алгоритм оперативного планування виробництва.....	59
Висновки по розділу	66
4. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА	67
4.1 Реалізація діаграми Гантта, як призначеного для користувача елементу управління (User Control).....	67
4.2 Реалізація звітності за даними планування виробництва	75
Висновки по розділу	76
5. АПРОБАЦІЯ І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛАНУВАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ	77
5.1 Апробація інформаційної системи	77
5.2 Аналіз результатів роботи інформаційної системи	81
Висновки по розділу	83
6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА»	84
6.1 Опис ідеї проекту	84

6.2 Технологічний аудит ідеї проекту	86
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	86
6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	92
6.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	95
Висновки по розділу	98
ВИСНОВОК	99
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	100
Додаток 1. СХЕМА БАЗИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток 2. ВИХІДНИЙ КОД ПРОЦЕДУРИ БД ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ ПРАВИЛ ПЕРЕРАХУНКУ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ НОМЕНКЛАТУРИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток 3. ПОРЯДОК ЗАПОВНЕННЯ БД.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток 4. ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ ІС	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток 5. ВИХІДНИЙ КОД РЕАЛІЗАЦІЇ ЧАСТИНИ ЕТАПУ УКРУПНЕННЯ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ..	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК 6	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

MRP - (Manufacturing Resource Planning) - стандарт управління підприємством;

MES - (Manufacturing Execution System) - інформаційна система оперативного управління виробництвом;

ERP - Enterprise-Resource Planning (інформаційна система управління виробництвом);

AP & S - Advanced Planning and Scheduling (методологія вдосконалення, планування і складання розкладів);

APS - Advanced Planning System (інформаційна система вдосконалення планування); [6]

БД - база даних;

СУБД - система управління базами даних;

WPF - Windows Presentation Foundation (система для побудови клієнтських додатків Windows);

ІС - інформаційна система;

SQL - Structured Query Language (структурована мова запитів до бази даних);

PDM - Product Data Management (інформаційна система управління даними про виріб);

ВОМ - Bill of Materials - зміст складу виробу;

CAD - Computer-Aided Design (інформаційна система автоматизовано го проектування);

ОКЕІ - загальноросійський класифікатор одиниць виміру;

РЦ - робочий центр (обладнання, робоче місце);

РМ - робоче місце;

ДСЕ - деталь або складальна одиниця, що виготовляється підприємством;

Тшт - штучний час;

Тподг - підготовче час обробки;

Тзакл - заключний час обробки;

КОІД - кількість одночасно оброблюваних деталей на одній технологічній операції.

ВСТУП

Прийняті в будь-якій діяльності рішення спираються на вхідну інформацію та чим швидше й важливе рішення потрібно прийняти, тим більш важлива наявність швидкого і надійного джерела інформації.

На виробничому підприємстві приймаються рішення трьох рівнів:

1. Рішення стратегічного характеру: про розробку нових виробів;
2. Рішення тактичного характеру: про запуск виробів у виробництво;
3. Рішення оперативного характеру: про призначення кожної технологічної операції на виконання на певному робочому центрі (або декількох робочих центрах одночасно) в певний момент часу.

Метою цієї випускної роботи є розробка інформаційної системи, що надає інформацію для прийняття рішення на етапі виробничого планування. При цьому розглядається 2 стадії виробничого планування: збільшене і оперативне (детальне).

Основне завдання планування виробництва полягає в наданні інформації про те, коли буде завершено виготовлення виробу (для надання термінів замовнику) і коли починати кожну технологічну операцію з технологічного процесу виготовлення виробів і входять до них складальних одиниць та деталей (для видачі завдань виробничому персоналу).

Основні складності при створенні плану виробництва полягають в великому масиві вхідних необроблених даних, в тому числі даних про склад виробів, технологічних процесах виготовлення виробів, про ступінь завантаження виробничого обладнання тощо. З цієї причини ручна процедура створення плану виробництва на приладобудвних підприємствах, вироблена продукція яких має складовою характер і обробляється на великий збір робочих центрів, є трудомісткою і тому неоперативною. Очевидно збільшення ризику догляду замовника після багатоденного очікування надання термінів виготовлення виробу. Також,

очевидна, неприйнятність простою виробничого обладнання та персоналу в очікуванні чергового перерахунку співробітниками планово-виробничого відділу оперативного плану виконання виробничих операцій на черговий день або тиждень.

Існуючі інформаційні системи управління виробництвом, які мають в своєму складі модулі, призначені для формування виробничого плану, мають свої недоліки у вигляді високої вартості, тривалості розрахунку або обмеженості функціонала. Крім того, програмні продукти такого роду вимагають постійного вдосконалення для обліку виявлених особливостей приладобудівних підприємств, що значно збільшує витрати на підтримку сторонніх програмних продуктів і фактично робить фінансово недоступними дослідні експерименти в цій предметній області.

Тому було прийнято рішення, використовуючи передові технології розробки програмного забезпечення, розробити власну інформаційну систему, здатну здійснювати виробниче планування.

У даній роботі поставлені наступні завдання:

- Проаналізувати існуючі підходи до автоматизації процесу виробничого планування;
- Розробити архітектуру інформаційної системи і схему бази даних, призначеної для зберігання вхідної інформації і результатів виконання процесу виробничого планування;
- Розробити алгоритми автоматизації планування виробництва(на рівні укрупненого і оперативного планування);
- Розробити засоби візуалізації результатів планування, що надають інформацію для прийняття рішень про запуск виробів у виробництво і видачу виробничих завдань;
- Провести апробацію ІС на виробі і проаналізувати результати.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

Необхідність процесу планування виробництва призвела до розробки різних підходів, які закладаються в основу інформаційних систем даного призначення.

1.1 Класифікація підходів до процесу планування виробництва

Аналіз підходів дозволив виділити їх в групи за такими ознаками:

1. За способом управління матеріальним потоками: на базі «витягаючої» і «виштовхуючої» системи управління виробництвом;
2. За кількістю стадій планування: формування плану в одну стадію та кілька стадій (за допомогою укрупненого планування);
3. За способом розміщення деталей і операцій на графіку: пряме і зворотне планування;
4. За ступенем обліку обмежуючих факторів: при обмежених ресурсах і необмежених ресурсах.

Управління матеріальними потоками в рамках виробництва може здійснюватися різними способами, у тому числі, виділяють два принципово відрізняються один від одного підходу:

- системи, рух матеріального потоку в яких заснована на принципі «виштовхування» матеріальних ресурсів попереднім виробничим ланкою на подальше на всьому шляху їх просування в ланцюзі постачань, коли для кожної ділянки централізовано складаються індивідуальні плани виробництва і для цього резервуються певні матеріали і між операційні заділи;
- системи, рух матеріального потоку в яких заснована на принципі «витягування» матеріальних ресурсів наступним в технологічному ланцюжку виробничою ланкою з попередньою на всьому шляху їх просування в ланцюзі постачань.

Дані види систем знаходять широке застосування на різних підприємствах і в різних типах економіки (ринкової, централізовано керованої, перехідній). Відзначимо, що обидві системи націлені на задоволення потреби наступної ланки за рахунок відповідної (за обсягом, термінами, якістю тощо) поставки від попередньої ланки.

Різниця стосується способів управління рухом потоків і в першу чергу ступеня централізації планування поставок по міжланцюговим передачам - централізоване і децентралізоване планування.

Ще одна принципово важлива ознака, яка відрізняє ці дві системи, полягає в тому, що в своїй основі вони мають різні підходи до встановлення ритму, який визначає рух всього матеріального потоку. Причина в тому, що «виштовхуюча» і «витягаюча» системи орієнтуються на різний характер споживчого попиту. «Виштовхуюча» система орієнтована переважно на відносно постійний попит протягом досить тривалого проміжку часу. Тому в основі всіх планових розрахунків вона може використовувати постійні значення ритму виготовлення продукції. Системи «витягаючого» типу в якості планового періоду для визначення середніх оборотних заділів розглядають періоди від одного до трьох місяців. Оперативне управління в цих системах провадиться на набагато меншому горизонті планування.

«Виштовхуюча» система - це така організація руху матеріальних потоків через виробничу систему, при якій матеріальні ресурси подаються з попередньої операції на наступну відповідно до заздалегідь сформованим жорстким графіком поставок. Матеріальні ресурси «виштовхуються» з однієї ланки виробничої системи на інше. Кожній операції загальним розкладом встановлюється час, до якого вона повинна бути завершена. Отриманий продукт «проштовхується» далі і стає запасом незавершеного виробництва на вході наступної операції. Тобто для такого способу організації руху матеріальних потоків неважливо, чи продовжиться обробка даного продукту на наступній стадії і в якому стані нині перебуває

використовується для цієї обробки робоче місце: зайнято воно виконанням зовсім інший завдання або очікує надходження продукту для обробки. В результаті нерідко трапляються затримки в роботі технологічного обладнання та зростання запасів незавершеного виробництва. Структура «виштовкуючої» системи приведена на рис. 1.1.

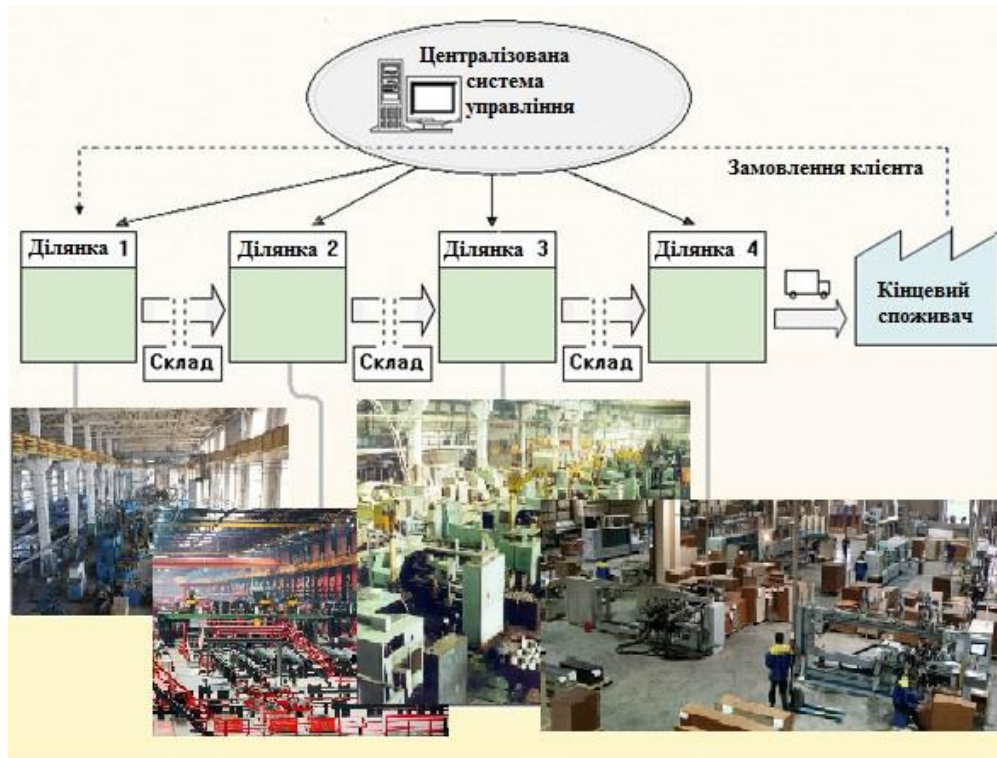


Рис. 1.1. Структура «виштовкуючої» системи планування виробництва «Витягаюча» система з централізованим плануванням передбачає, що кожен підрозділ отримує конкретні завдання на плановий період і звітує про їх виконання перед центральними плановими органами підприємства. [4]

«Виштовкуючи» система орієнтована, в основному, на відносно постійний попит протягом досить тривалого проміжку часу.

Зважаючи на великі обсяги обчислень можливість використання виштовкуючих систем управління виробництвом з'явилася завдяки комп'ютеризації, початку масового використання обчислювальної техніки.

Недоліком «виштовкуючих» систем є те, що при виникненні змін, наприклад, попиту або поставок, плани повинні оперативно перераховуватися, що різко збільшує трудомісткість планової роботи. [12]

У вітчизняній практиці цей вид планування був єдиним; в умовах ринкової економіки він використовується на заготівельних підприємствах і підприємствах, що виробляють стандартизовану продукцію широкого призначення. [5]

«Витягаюча» система з децентралізованим плануванням передбачає тільки збільшене централізоване планування на середньострокових періодах (від місяця до трьох) і виділення на його основі ресурсів (оборотних заділів) всіх стадіях і процесів виробництва продукції. У реальному часі центральний плановий орган контролює лише процес випуску готової продукції відповідно до попиту, формуючи графік складання кінцевих виробів.

Системи «витягаючого» виду в якості планових періодів для визначення величин середніх оборотних заділів розглядають періоди від місяця до трьох, оперативне ж управління в цих системах проводиться на значно менших планових періодах - аж до декількох годин.

Перевагою даного підходу є те, що він дає можливість випуску широкої гами різноманітних виробів, в т.ч. на основі модулів, й тим самим задовольняє різноманітний попит [5].

Недоліком даного підходу є те, що на кожному етапі виробництва необхідно мати запас деталей, які можуть знадобитися. Отже, при великій кількості різноманітних деталей в складі виробів подібний підхід виявиться непридатний.

Оптимізація процесів планування - це основа ефективної діяльності підприємства, спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження собівартості виробленої продукції, раціональне використання ресурсів, і як результат, - підвищення рентабельності. Через те, що виробниче планування вимагає урахування безлічі факторів, оптимізація планування виробництва є найбільш трудомісткою ланкою виробничого менеджменту. Тому сучасне виробництво неможливо представити без інформаційної підтримки процесів планування.

Тип виробництва, його серійність, тривалість виробничого циклу, ступінь технологічної складності виробництва продукції, стабільність виробничих завдань, галузева специфіка - все це безпосередньо впливає на методи та структуру процесів виробничого планування. Тому основним завданням програмного забезпечення такого виду є не тільки й не стільки поставка готового рішення щодо формування виробничих планів, а надання потужного та гнучкого інструмента, що акумулює у собі широкий набір можливостей для побудови ефективної системи планування, яка відповідає б потребам конкретного підприємства.

У переважній більшості випадків чинником, що накладає різного роду обмеження при складанні виробничих планів, є специфіка технологічних процесів. Розглянемо кілька таких специфічних обмежень:

- специфічні умови переналагоджень устаткування;
- розгалужений ланцюг умов призначення переналагодження;
- наявність у складі продукції або напівфабрикатів побічних продуктів, які використовуються як інгредієнти при виготовленні іншої продукції підприємства;
- існування декількох залежних виробничих завдань, які необхідно планувати як єдиний технологічний процес. Це накладає обмеження при виборі альтернативних ресурсів;
- залежність параметрів виробничих завдань і умов (правил) завантаження виробничих потужностей. Наприклад, може існувати правило, що забороняє запускати виробничу лінію на незначні завдання;
- обмеження на тимчасові зазори між технологічними переділами (особливо актуально для технологічних процесів, у маршрутах яких мають місце термічні або гальванічні операції);
- ряд обмежень, пов'язаних із внутрішньоцеховою логістикою. Крім технологічних обмежень, виробничий процес може містити специфічні особливості щодо постачання сировини і матеріалів від постачальників та

суміжників, наприклад, по видах сировини з коротким строком придатності (характерно для харчової галузі).

Подібних обмежень дуже багато. їхній характер обумовлюється галузевою специфікою, а іноді й специфікою конкретного підприємства, унікальністю його технологічних процесів, компонованням цехів. Ігнорування обмежень або відоме спрощення завдання приводить до одержання нездійсненого плану в реальних виробничих умовах.

Таким чином, розв'язувані завдання, які обумовлені вимогами до удосконалених систем планування:

- 1) оцінювання реальної кон'юнктури ринку та конкурентних позицій підприємства;
- 2) формування всього комплексу наскрізних, взаємозалежних виробничих планів, які визначають номенклатуру, обсяг і строки виробництва продукції, що включає в себе наступні етапи: стратегічне планування, об'ємно-календарне планування, оперативне планування;
- 3) визначення потреби ресурсів, необхідних для реалізації виробничої програми;
- 4) аналіз сформованих версій плану будь-якого рівня з можливістю вибору оптимального варіанта;
- 5) забезпечення тісного взаємозв'язку процесів планування із процесами оперативного обліку виробництва, можливість перепланування на будь-якому етапі;
- 6) виявлення вузьких місць у виробничому ланцюзі;
- 7) забезпечення прозорості процесів планування.

На вітчизняних підприємствах, як було розглянуто вище, у більшості випадків розробкою оперативних планів виробництва займаються планово-диспетчерські відділи (служби) підприємства. Маючи багаторічний досвід роботи в даному напрямку, ці фахівці застосовують певні правила і методи, що дозволяють одержувати прийнятні виробничі плани та календарні розклади. Найчастіше ці правила не мають під собою точного наукового обґрунтування або якої-небудь строгої математичної моделі,

тобто є експертними знаннями конкретного менеджера. На деяких підприємствах виробничий розклад взагалі попередньо не складається, а на початок зміни у цех надходить лише укрупнене завдання на зміну, що містить перелік позицій та їхню кількість. Формування виробничих завдань на робочі місця та ухвалення рішення щодо їхнього запуску здійснюється диспетчером цеху впродовж виробничої зміни.

Крім розглянутих підходів до планування та управління виробництвом є такі відомі підходи, які можуть підійти далеко не всім виробничим підприємствам:

Система Lean Production - має на меті забезпечити, швидку реакцію на зміни попиту, висока якість продукції, короткий виробничий цикл, низький рівень запасів, малі виробничі витрати.

Досягнення цих цілей ґрунтується на інтегрованому використанні в системі Lean Production сучасних виробничих та інформаційних технологій, високоякісних матеріалів і комплектуючих, високопродуктивного гнучкого обладнання, висококваліфікованого персоналу, комплексних систем підготовки і обслуговування виробництва. [4]

Система Postponement - орієнтована на виготовлення виробу в найкоротші терміни і адаптованого під потреби замовника за рахунок складання виробу з заздалегідь виготовлених модулів.

Існують відмінності в підходах до самого процесу виробничого планування: деякі системи планування формують детальний графік виробництва в один захід (монолітно), не створюючи проміжних планів, інші системи припускають формування укрупненого (агрегатного) плану виробництва, і спираючись на побудований укрупнений план будують детальний (ієрархічний підхід до процесу планування виробництва).

Закріплені плани надають границю, в межах яких приймаються рішення на рівні детального планування. В ієрархічному процесі планування виробництва може бути більше двох стадій, і кожен рівень

ієрархії може мати свої характеристики, такі як горизонт планування, рівень деталізації вхідної інформації тощо [17].

В деяких випадках, для побудови агрегатного плану використовується підхід до об'єднання кінцевих виробів в групи, який може бути заснований на загальному наборі вхідних деталей, або на типі виробу. [18]

Закріплені плани можуть будуватися на більш тривалій період, але при цьому дозволяють з меншою точністю, ніж детальний план, отримати інформацію про терміни виготовлення виробів і ступеня завантаження виробничого обладнання.

Крім можливості виробляти планування на тривалій період підхід з використанням закріпленого і детального планування дозволяє застосовувати принцип стабілізації плану [19].

Стабільність короткострокових (до 6 місяців) виробничих планів важлива з огляду на те, що без неї кількісні та часові зміни в замовленнях можуть зробити плани матеріальних потреб виробництва абсолютно марними. Для зведення до мінімуму подібних проблем, багато компаній встановлюють певний часовий інтервал (він називається тимчасовим бар'єром), протягом якого можна вносити зміни в плани. Наприклад, підприємство може визначити тимчасові бар'єри в 4, 8 і 12 тижнів, при цьому ближній бар'єр є найбільш обмежуючим, а дальній - найменш обмежуючим. Після 12-го тижня вирішуються будь-які зміни; з 8-ої по 12-ий тиждень може допускатися заміна одного кінцевого продукту на інший за умови, що всі компоненти є в наявності і не страждає план виробництва; з 4-ої по 8-й тиждень план фіксований, але невеликі зміни допустимі; протягом перших 4-х тижнів план «заморожений» (зміни не допускаються) [10].

«Заморожування» плану має й негативну сторону: може бути проведена непотрібна або неякісна продукція. Крім того, заморожування фізично неможливо при дефіциті якого-небудь ресурсу [6].

Є напрацювання в частині використання математичних моделей для розрахунку агрегатного плану, в тому числі. використання транспортної матриці, запропонованої Е.Х. Боуманом для балансування вимог попиту з можливостями виробництва при мінімізації витрат. Однак, на практиці замість математичних моделей в більшості організацій укрупнення планування здійснюється в основному на основі власного досвіду, а також методу проб і помилок. [10]

З точки зору класифікації систем планування у напрямку планування в часі розрізняють системи з прямим плануванням і зворотним плануванням [15].

Системи з прямим плануванням (Forward Scheduling) є більш поширеними. При подібному підході, приймаючи чергове замовлення, система планує кожну операцію, що підлягає виконанню в майбутньому.

Перевагою такої системи є те, що система визначає найбільш ранній термін виконання замовлення. Недолік же полягає в тому, що в разі якщо немає необхідності виготовляти виріб якомога раніше, виріб буде займати місце на складі у вигляді незавершеного виробництва до моменту здачі замовнику.

Система, в якій використовується зворотне планування (Backward Scheduling), бере за вихідну точку певну дату в майбутньому (наприклад, планова дата відвантаження замовнику) і планує необхідні операції в зворотній послідовності [15].

Перевагою даного підходу є те, що в результаті планування стає відома дата, коли слід почати виготовлення виробу, щоб встигнути в термін. Крім того, скорочується тривалість «пролежування» виробів і деталей, знижуючи обсяги незавершеного виробництва. Недоліком може бути те, що при подібному підході підвищується ризик зриву термінів при непередбачених змінах умов (поломка обладнання, невиходи співробітників тощо).

На практиці у виробничому плануванні часто використовують комбінацію цих підходів: частина замовлень заповнює виробничі потужності, як тільки вони звільняються, частина замовлень планується безпосередньо до дати очікуваної відвантаження продукції замовнику [25].

Системи планування виробництва можуть відрізнятися один від одного за способом обліку завантаження виробничої потужності, а також персоналу. Крім того, в якості обмежуючого чинника можуть бути прийняті до уваги наявні запаси матеріалів і виготовлених напівфабрикатів.

За даним принципом системи планування можуть бути класифіковані на системи, засновані на обмеженому завантаженні (Finite Loading), і системи, засновані на необмеженому завантаженні (Infinite Loading) [15].

У разі необмеженого завантаження підставою для призначення роботи певного робочого центру є лише потреба, яка виникає з часом. Наявність ресурсів, необхідних для виконання робіт, в розрахунок не береться [15].

Перевагою даного підходу є можливість побачити, чи не перевантажені чи в планованому періоді ключові ресурси (виробниче обладнання). Недоліком же є те, що з великою часткою ймовірності формується при подібному підході план буде нездійсненним, і для отримання здійсненого плану будуть потрібні коригування в вихідних даних (що в умовах інертності виробництва, тривалості закупівель обладнання, високу вартість обладнання, а також при адекватних вимогах до швидкості побудови календарного плану практично не здійснимо).

У разі обмеженого завантаження система планування точно визначає, яким завданням буде зайнятий кожен ресурс в кожен момент часу. У разі, коли виконання будь-якого завдання затримується через відсутність тієї чи іншої деталі, відповідне замовлення ставиться в чергу і чекає появи цієї деталі.

Перевагою підходу з обмеженою завантаженням є те, що система планування в такому випадку формує здійснений план, на підставі якого можуть бути прийняті конкретні виробничі управлінські рішення. Недоліком є більш висока трудомісткість розрахунків, що може бути компенсовано наявністю сучасних обчислювальних машин.

Таким чином, в цій частині були проаналізовані існуючі підходи до автоматизації процесу виробничого планування, показано їх різноманітність, наведені переваги та недоліки розглянутих підходів.

1.2 Інформаційні системи планування виробництва

Розроблені на сьогоднішній день існують великі інформаційні системи (ERP-системи), що мають в своєму складі модуль виробничого планування.

Системи управління ресурсами підприємства (ERP) - це комп'ютерні системи, що автоматизують і зв'язуючи планування, виробництво, продажі та маркетинг компанії. ERP-системи призначені для комплексної автоматизації (в першу чергу великих) підприємств. У своєму сучасному вигляді ERP-системи з'явилися на ринку в 90-х роках ХХ століття [23].

Оскільки інформаційні системи охоплюють не тільки планування виробництвом, це означає, що для впровадження модуля планування виробництва підприємству буде потрібно вкласти інвестиції в весь контур програмних модулів, пропонованих ERP-системою.

Рішення про впровадження всієї ERP-системи може виявитися корисним для підприємства при відсутності вже наявної корпоративної інформаційної системи і при наявності у впроваджуваної ERP-системі відповідних їй алгоритмів планування. Однак, в такому випадку існує високий ризик того, що наявні в цій системі алгоритми не зможуть врахувати особливостей підприємства, і потенційні витрати на доопрацювання масивної системи виявляться значними. Статистика

показує, що більше третини компаній, що купують відому корпоративну систему SAP - це середні фірми з річним оборотом менше 200 млн. Дол. [8]

Додатковий недолік ERP-систем для процесу планування виробництва полягає в тому, що вони адаптовані під транзакційні методи обробки інформації (об'єднання декількох рутинних операцій в єдину дію) і мають архітектуру, організовану спеціально для відстеження діяльності всього підприємства, в той час як для процесу планування потрібно велика гнучкість і наявність системи підтримки прийняття рішення (наприклад, шляхом вибору з наявних варіантів). [22]

Існують системи, підхід яких більшою мірою відповідає призначенню APS-систем, які є окремими програмними інструментами, що спеціалізуються виключно на виробничому плануванні і складанні розкладів [3].

Як приклад APS-системи може бути приведений розроблений відносно недавно програмний продукт frePPLe, інтегрується з вільно поширюваними ERP-системами. В алгоритмі цього програмного продукту, як і в багатьох подібних системах використовується евристичний підхід, проте побудова графіка проводиться без формування головного плану виробництва, що підходить для невеликих підприємств (переважно складальних), але призведе до неприйнятно великої тривалості розрахунків на виробках машинобудівного виробництва з великою кількістю рівнів вкладеності [24].

Типовий приклад ситуації, при якій підкреслюється ефективність застосування APS-систем – додаткове термінове замовлення на підприємстві, де вже сформована і виконується виробнича програма. При всій привабливості виконання нового замовлення може спричинити за собою серйозні наслідки: несвоєчасне виконання раніше прийнятих замовлень, збій в виробничих циклах і, в кінцевому підсумку, фінансові втрати для підприємства. В цьому випадку необхідно прийняти рішення, чи погоджуватися на виконання замовлення від покупця. [1]

Ведучими розробниками APS-систем є компанії SAP AG, «Oracle», «Manhattan Associates», «i2 Technologies», IBS, «RedPrairie», «Infor» і «JDA Software». У Росії застосування систем класу APS реалізується тільки великими компаніями. Вибір тієї чи іншої інформаційної системи, як правило, обумовлений виставляються вимогами з боку бізнесу до інформаційної підтримки процесів в ланцюгах поставок [9].

Інформаційні системи, що реалізують методологію просунутого планування (AP & S) і інтегровані з великими ERP-системами (SAP, Oracle) дозволяються вирішувати велике коло планових завдань, і часто створювалися самими розробниками самих ERP-систем (SAP Production Planning and Detailed Scheduling (PP / DS), Oracle Production & Distribution Planning), однак такі системи дорогі і складні у використанні [6].

Крім APS-систем, існують MES-системи, що містять крім планових даних також дані про фактичне виконання розкладу. У таких умовах стає доступна функція оперативного перепланування.

Крім того, MES-системи зазвичай оперують не одним або двома критеріями побудови розкладу, а найчастіше декількома десятками, що дає можливість диспетчеру цеху будувати розклад з урахуванням різних виробничих ситуацій [14].

При побудові оперативного виробничого плану в MES-системах використовуються методи обчислюваних пріоритетів, завдяки чому деталі, які очікують початку своєї обробки на конкретному верстаті, можуть змінювати свою чергу, що досягається в MES корекцією поточного розкладу зі зміненими значеннями пріоритетів [13].

Рівень MES-системи керування виробництвом можна реалізувати способом, що представляє собою систему організації виробництва, при якій предмети праці, які потрапляють на наступну технологічну операцію з попередньої за мірою необхідності, як це показано на рис. 1.2. Така система носить назву «витягуюча» система [2].

Дана система заснована на «витаганні» предмету праці наступної операції з попередньої в той момент коли, наступна операція готова до роботи. Тобто коли в ході однієї операції закінчується обробка одиниці продукції, надсилається сигнал-вимога на попередню.

Планування в технологічному ланцюгу ведеться в напрямку, ходу технологічного процесу, відштовхуючись від запланованого до кінця періоду обсягу випуску кінцевих виробів.

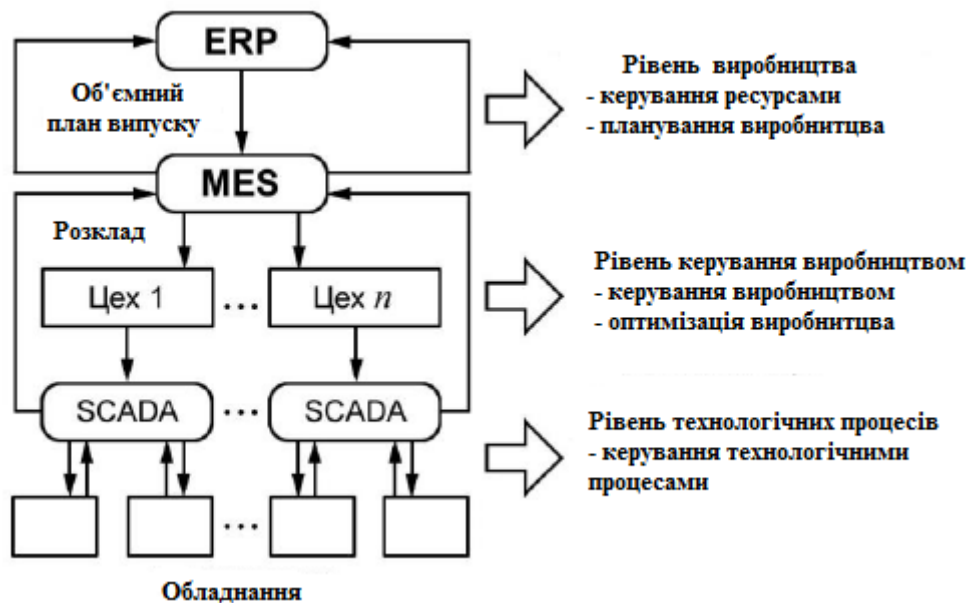


Рис. 1.2. Рівні керування виробництвом

Так для механоскладального виробництва при використанні «витагаючої» системи керування виконується розрахунок та створення на його основі оборотних заділів на всіх дільницях технологічного процесу. Значення цих заділів визначається середньою потребою в виробах на короткий термін – від місяця до трьох. Процесом виготовлення керує центральний орган, який формує графік складання кінцевих виробів та відправляє його на головну дільницю складання. Головна дільниця складання, згідно представленого графіку, відбирає необхідні для складання напівфабрикати (деталі, вузли, тощо) з попередніх дільниць та складів [3].

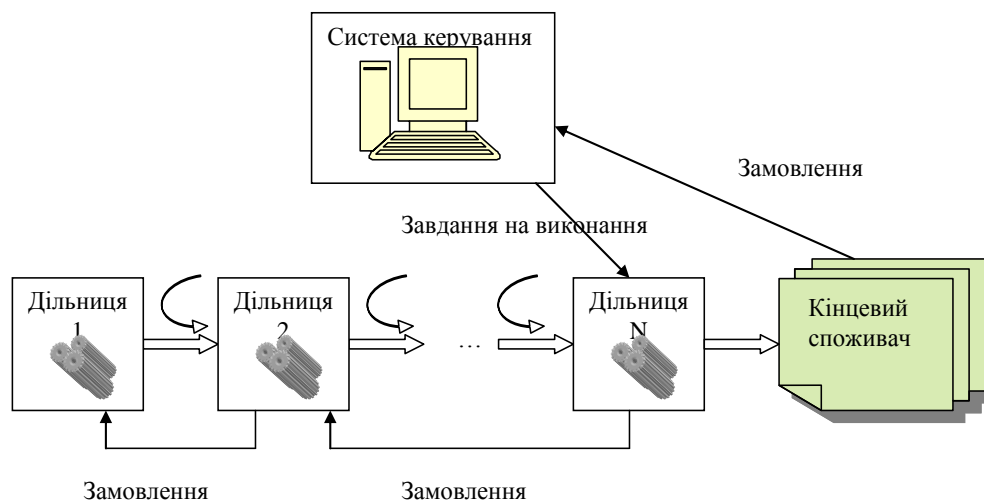


Рис. 2. Структура «витягаючої» системи керування виробництвом

Керування виробництвом за допомогою «витягаючої» системи дозволяє керувати не тільки виробництвом в цілому, а й конструкторською та технологічною підготовкою виробництва, матеріальними об'єктами та ресурсами задіяними в оперативному плануванні. Тобто створюється єдиний інформаційний простір, який підтримується існуючими інформаційними технологіями, що забезпечують: реінжиніринг процесів виробництва та технологічної підготовки виробництва, опис та візуальне представлення структури виробу, керування процесами виробництва та його технічної підготовки.

Таким чином, в даному розділі проаналізовано існуючі підходи до автоматизації процесу виробничого планування, мають свої переваги і недоліки. Подібний аналіз дозволяє зробити вибір тих підходів, які в більшій мірі можуть врахувати особливості кожного конкретного автоматизованого машинобудівного підприємства.

Висновки по розділу

На основі вивченої інформації можна зробити висновок, що розроблені на даний момент інформаційні системи є або надмірно масивними (за кількістю охоплених функціональних областей і виконуваних функцій) для впровадження і дорогими, зважаючи на широке охоплення функціональності крім виробничого планування, або не в

повній мірі реалізують підходи планування, які б привели до задоволення потреб машинобудівних підприємств в плануванні: зокрема побудова основного плану і складання оперативно-календарного розкладу з опорою на основний план. Це дозволяє зробити висновок про важливість розробки інструменту планування, який функціонує окремо від масивних ERP-систем і при цьому дозволяє реалізовувати різні підходи до планування виробництва, що враховують особливості конкретних машинобудівних підприємств.

2. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

2.1 Вибір підходу і постановка задачі

Серед розглянутих підходів до планування виробництва був обраний найбільш поширений підхід MRP, який в більшій мірі відповідає особливостям дискретного серійного приладобудівного виробництва та дозволяє централізовано планувати запуск-випуск виробів з врахуванням часу на виготовлення деталей та складальних одиниць, які входять до їх складу.

Однак, для усунення негативних сторін обраного підходу, передбачається в розроблюваних алгоритмах планування доповнити його урахуванням існуючих потужностей. Таким чином, задіяний підхід обмежених ресурсів, який дозволить будувати реальний виробничий план, який спирається на реальну інформацію про виробничі потужності, що значно заощадить час планування за рахунок відсутності необхідності перебудовувати свідомо нереалістичний графік.

З метою прискорення процесу планування виробництва прийнято рішення використовувати підхід планування в дві стадії: укрупнення планування (побудова основного плану виробництва, містить очікувані дати початку і закінчення виготовлення ДСЕ) і деталізоване планування (побудова детального графіка завантаження виробничого обладнання технологічними операціями, що базується на даних, представлених результатом розрахунку основного плану).

Також прийнято рішення про додавання універсальності в підході до розташування плану на графіку шляхом надання можливості вибору напрямки планування: прямого або зворотного.

Після того, як визначені використовувані підходи до автоматизації, можна приступати до постановки задачі у вигляді вимог до функціонування інформаційної системи.

Особливістю розробляється інформаційної системи є те, що вихідні дані для планування надходять безпосередньо в базу даних. У зв'язку з цим користувачеві важливо надати інформацію про те, що якісь дані завантажені в базу і чи всі необхідні для планування відомості в ній є. Тому до програми ставиться вимога щодо відображення інформації по найбільш важливим для виконання процесу плануванні вихідних даних: виготовляється виробам, обладнання та персоналу. При цьому програма повинна попереджати (за допомогою кольорової індикації) про те, що виріб не має складу, а також про те, що група замінних робочих центрів порожня. Ця базова інформація дозволить користувачеві переконатися в тому, що вихідні дані завантажені коректно і є можливість приступити до процесу запуску виробів у виробництво.

Наступною вимогою до програми є можливість формування виробничих замовлень і запусків у виробництво. При цьому виробничі замовлення повинні містити в собі запуснені вироби (а точніше, конкретні склади виробів), а виробничі запуски - набори виробничих замовлень. У кожному виробничому запуску користувач повинен мати можливість налаштувати тип планування: «Як швидше» або «Ближче до терміну» - дана вимога забезпечить реалізацію варіативності в підході до розташування плану на календарному графіку.

На підставі створених запусків у виробництво програма повинна виробляти виробниче планування. Повинна бути можливість настройки горизонту планування (в днях) для укрупненого і детального планування, після досягнення якого програма повинна припинити розрахунок плану і надати результат.

Детальне планування має здійснюватися на підставі укрупненого. При плануванні повинна враховуватися завантаження устаткування, і в разі нестачі вільних потужностей програма повинна переносити виконання технологічної операції на більш дальній період. По можливості програма повинна інформувати (в лог-файлі) про виниклі проблеми на етапі

розрахунку виробничого плану (наприклад, про вузькі місця або про відсутність частини даних).

Оскільки кількість інформації, яка видається в результаті планування виробництва може бути великим і складним для сприйняття, важливо наявність засобів візуалізації результатів планування у вигляді двох основних інструментів: табличного представлення і діаграми Гантта (найбільш підходящий засіб для перегляду графіків виконання робіт).

Одним з основних результатів планування виробництва є завдання для видачі робітникам (змінно-добове завдання). Тому до інформаційної системи ставиться вимога щодо надання можливості виводити список технологічних операцій по співробітнику або по робочому центру (а також по всіх робочих центрах та співробітникам) для виконання в заданий день. Завдяки даному функціоналом, за допомогою інформаційної системи користувач зможе видати в роботу завдання виробничого персоналу на черговий день.

Таким чином, було відібрано підходи, які використовуються при автоматизації планування виробництва і поставлено завдання по розробці інформаційної системи виробничого планування.

2.2. Вибір засобів розробки

Виходячи з вимог до інформаційної системи, вона повинна забезпечувати швидкий розрахунок, доступ до бази даних, власне базу даних з можливістю зберігання великого масиву даних і надання швидкого доступу, а також візуальний інтерфейс користувача.

Для розробки бази даних можуть бути використані будь-які промислові СУБД, такі як Oracle і MS SQL Server, що забезпечують надійне та швидке функціонування додатки, цілісність бази даних, паралельне виконання транзакцій і розмежування доступу до бази.

Виходячи з особистих переваг, для реалізації клієнтської частини проекту була вибрана мова програмування C #, платформа .NET

Framework і Windows Foundation Presentation (WPF), а в якості інтегрованого середовища розробки - MS Visual Studio 2015. Технологія WPF дозволяє відокремити візуальне уявлення (інтерфейс) від логіки роботи інформаційної системи, закладеної в програмному коді.

Додатковим мотивом до даного вибору була наявність працюючої на платформі .NET Framework технології Entity Framework, що дозволяє виконувати запити до бази даних, використовуючи синтаксис мови програмування замість конструкцій SQL, використовуючи при цьому об'єктну модель. Entity Framework в режимі реального часу перетворює запити з використанням LINQ в відповідні запити SQL [20].

Перевагою використання LINQ замість SQL також є те, що LINQ дозволяє створювати запити, адаптовані під правила мови програмування C #, в якому змінна не може бути використана без її попереднього оголошення. [16]

Для зберігання вхідної інформації та інформації з результатами планування виробництва була обрана система управління базами даних MS SQL Server 2014 року, забезпечує високу продуктивність і функціональність, зручне середовище управління БД і інтеграцію з середовищем розробки MS Visual Studio. Додатковим мотивом до даного вибору була наявність даної СУБД у найближчих потенційних користувачів розробляється інформаційної системи.

Таким чином, в даному параграфі наведено обґрунтування вибору використаних для розробки інформаційної системи інструментів: СУБД, мова програмування, технологія взаємодії з БД, технологія відображення візуального інтерфейсу.

2.3 Структура бази даних інформаційної системи

Для функціонування інформаційної системи, що зберігає як вихідні дані для планування, так і дані з результатами планування, розроблена база даних, схема якої представлена в Додатку 1.

База даних інформаційної системи працює під управлінням СУБД MS SQL Server 2014 і може розташовуватися на окремому сервері. Рядок підключення до бази даних визначається в файлі конфігурації додатка (App.config) і може бути змінена вручну при зміні адреси сервера, на якому розташовується СУБД, без перекомпіляції програми.

Розроблена база даних містить 3 основних набори взаємопов'язаних таблиць (рис. 2.1):

1. Таблиці, що зберігають інформацію з вихідними даними для виробничого планування. Передбачається, що дані таблиці будуть заповнюватися вручну або в автоматизованому режимі з сторонньої інформаційної системи;

2. Таблиці, що зберігають інформацію про виробничі замовлення і запусках. Дані таблиці заповнюються самою інформаційною системою перед процедурою виробничого планування.

3. Таблиці, що зберігають інформацію про результати укрупненого і детального планування виробництва.

Для уточнення призначення розроблених таблиць, нижче наведено опис основних таблиць БД:

- item - містить інформацію про всіх номенклатурних позиціях, які використовуються (матеріали, покупні напівфабрикати) або вироблених на підприємстві (деталі, складальні одиниці, кінцеві вироби). Кожна номенклатурна позиція має одиницю вимірювання (Base Unit Measure), що є базовою для подальших розрахунків (на неї орієнтується інформаційна система при перерахунку одиниць вимірювання). Також для зручності роботи з програмою для кожної номенклатурної позиції передбачена можливість вказати одиницю виміру для звітів (Reports Unit Measure) - в цій одиниці виміру буде відображатися інформація в інтерфейсі користувача;

- unit_measure - містить інформацію про одиниці виміру (код за ОКЕІ і найменування одиниці виміру), які використовуються для зберігання інформації про кількість;

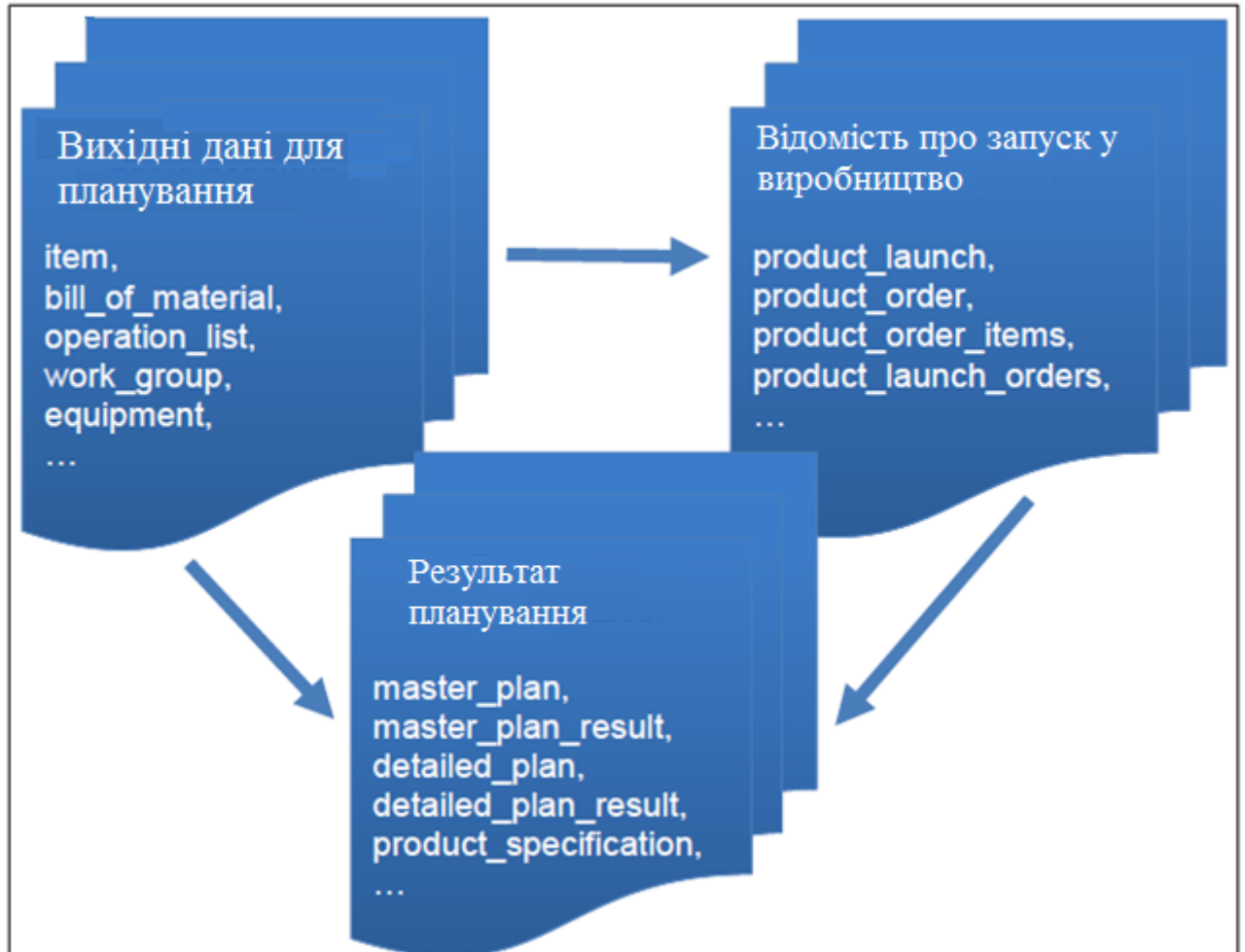


Рис. 2.1 - Узагальнена схема структури бази даних інформаційної системи

- unit_measure_convert - містить правила перерахунку одиниць вимірювання. Якщо номенклатурна позиція, для якої діє правило перерахунку, не зазначена (поле ItemID має в якості значення порожній рядок);

- item_BOM - містить зіставлення ДСЕ і її складу, а також дату затвердження даного складу. На цю таблицю посилається таблиця bill_of_material, що містить розшифровку складу ДСЕ, а саме кількість матеріалів / деталей, які використовуються при виготовленні ДСЕ;

- operation - містить інформацію про масив технологічних операцій (код і найменування операції);
- operation_list - зберігає список технологічних операцій, об'єднаних за кодом списку OperationListID. У списку технологічних операцій міститься інформація про нормативну тривалість технологічних операцій, а також про групи робочих центрів, на яких кожна операція може бути виконана. Порядок технологічних операцій визначається окремою таблицею operation_list_order для дотримання 1-єї нормальної форми на випадок, якщо після однієї технологічної операції згідно з технологічним процесом передбачається розгалуження маршруту;
- BOM_operation_list - зіставляє склад ДСЕ і список технологічних операцій, які необхідно виконати для отримання ДСЕ з даними складом. В поле UpdateDate записується дата прив'язки, на яку в момент планування виробничого запуску інформаційна система орієнтується при пошуку останнього актуального списку операцій;
- equipment - містить масив наявного на підприємстві виробничого обладнання (робочих центрів). Робочі центри об'єднані в групи (work_group). Оскільки один робочий центр може знаходитися в декількох групах (об'єднаних за різними принципами), що має на увазі зв'язок «багато-до-багатьох», передбачена таблиця work_group_content, що зв'язує таблиці equipment і work_group, і визначає пріоритет конкретної одиниці обладнання в робочій групі (поле Priority) ;
- staff - містить інформацію про співробітників. Ключовим полем є ІПН працівника, що є унікальним для кожної людини (і яка є в переважній більшості працюючих співробітників). Навіть якщо співробітник працює в декількох підрозділах, він повинен бути присутнім в цій таблиці в однині, інакше інформаційна система буде вважати, що це 2 різні людини, здатних одночасно виконувати кілька робіт, таким чином збільшуючи вільний доступ до фонду часу роботи;

- `staff_department` - таблиця зіставлення співробітника і підрозділу, в якому він працює. У цій таблиці вказується дата найму і звільнення, а також код графіка роботи (посилання на таблицю `work_schedule`);

- `staff_profession` - зіставляє кожного співробітника підприємства з виконуваними їм (або потенційно можливими) професійними обов'язками. Відповідність має тип «один-до-багатьох», передбачаючи можливість кожному співробітнику виконувати обов'язки різного характеру.

Суміщення професій на основі багатофункціональної спеціалізації дозволяє ущільнити робочий день і в разі необхідності довантажити основних робочих, передавши їм деякі роботи допоміжного характеру. [7]

Завдяки цьому підходу може бути забезпечена докладніша завантаженість і зайнятість робочих, що є одним з найважливіших критеріїв ефективності оперативно-календарного планування. [2]

- `work_schedule_interval` - зберігає інформацію про відстань роботи співробітників по кожному з занесених в ІС графіком. Наприклад, за допомогою інтервалів враховується час перерв на обід. Завдяки наявності ознаки `TimeIntervalNum` є можливість вказати інтервали роботи окремо для будніх і вихідних днів;

- `work_schedule_offset` - дозволяє задати відхилення від графіка роботи, наприклад, скорочений робочий день, вихідний або святковий день, робота у вихідні дні. Оскільки дане відхилення може стосуватися декількох співробітників (і навіть все підприємство), в окремій таблиці `staff_work_schedule_offset` є можливість встановити перелік співробітників, на яких поширюється дане відхилення від робочого графіка;

- `product_order` - зберігає інформацію про виробничі замовлення, які планується запустити у виробництво. У кожному виробничому замовленні може мати декілька запускаються номенклатурних позицій (виробів). Даний зв'язок фіксується таблицею `product_order_items`;

- `product_launch` - містить відомості про виробничі запуски (використовуваних при запуску планування), які представляють собою набір замовлень (через таблицю `product_launch_orders`);
- `master_plan` - зберігає перелік збережених основних (укрупнених) виробничих планів. Інформація з результатами планування по кожному основному плану міститься в таблиці `master_plan_result`, в якій зазначено поле `ProdSpecID` (надає за допомогою пов'язаної таблиці `product_specification` відомості про деталі, операції технологічного процесу, запуск і виробничому замовленні), а також поля з датами запуску-випуску кожної партії ДСЕ;
- `product_specification` - зберігає відомості про виробничу специфікації (склад виробу, сформованому на дату запуску) кожної партії виробу по кожному замовленню. Дані партії на етапі укрупненого планування розподіляються за часом, тобто визначається очікувана дата початку виготовлення даної партії і очікувана дата випуску даної партії;
- `detailed_plan` - зберігає список створених оперативних (детальних) планів виробництва, які пов'язані з основним планом за допомогою таблиці `master_plan_detailed`;
- `detailed_plan_result` - містить результати оперативного (детального) планування, в якій партії ДСЕ розподілені по часу і призначені на конкретні одиниці обладнання і співробітників. При цьому, якщо одна і та ж партія розбивається на окремі частини (зважаючи на наявність розривів в графіку роботи або зайнятості обладнання), передбачається присвоєння кожної частини технологічної операції свого унікального (в рамках кожного детального плану) номера `DetailedOperationID`. Зв'язок з конкретною партією ДСЕ, запланованої на етапі побудови основного плану задається за допомогою поля `Prod-SpecID`.

З метою оптимізації роботи інформаційної системи розроблена процедура БД під назвою `NormalizeUnitMeasureConversionRules`, яка скорочує кількість правил перерахунку одиниць вимірювання, якщо вони

багаторазово повторюються для різних номенклатурних позицій (див. Додаток 2).

Дана процедура заміняє повторюється правило на одне, із зазначенням номенклатури з порожнім кодом (значення за замовчуванням в полі ItemID таблиці unit_measure_convert). У процедурі використана конструкція «SELECT TOP 1 WITH TIES », що дозволяє відібрати першу (найбільш часто повторювану) рядок з комбінацією одиниць виміру для кожного правила перерахунку.

Оскільки передбачається, що база даних буде заповнюватися вихідним набором даних для планування з сторонньої програми (наприклад, PDM- системи) або вручну, написана інструкція з порядком заповнення та очищення бази даних (див. Додаток 3), яка входить до складу керівництва користувача.

Слід зазначити, що таблиці, заповнення яких передбачається з сторонніх інформаційних систем, мають в якості ключового поля стічний тип. Це зумовлено тим, що в деяких інформаційних системах в якості ключового (неповторюваного) поля для кожного об'єкта використовується рядок. У тих же інформаційних системах, в яких якості ключового поля використовується число, при перенесенні даних необхідно передбачити переклад значення в рядковий тип. Зворотний же переклад типу даних може виявитися проблематичним, що і передбачено при розробці БД.

Також слід зазначити, що важливий порядок заповнення і очищення БД зважаючи на наявність налаштованих обмежень цілісності, які захищають від потенційних помилок в роботі інформаційної системи, але які при тому не дозволяють повністю перевантажити дані в БД при непослідовному заповненні таблиць.

2.4 Узагальнена структура інформаційної системи планування виробництва

Компоненти розробляється інформаційної системи, крім бази даних включають в себе модуль розрахунку виробничого плану, а також призначений для користувача інтерфейс, в якому користувач має можливість зробити перевірку заповнення БД, налаштування параметрів планування і відобразити діаграми і табличні звіти.

Дана архітектура в узагальненому вигляді представлена на рис. 2.2.

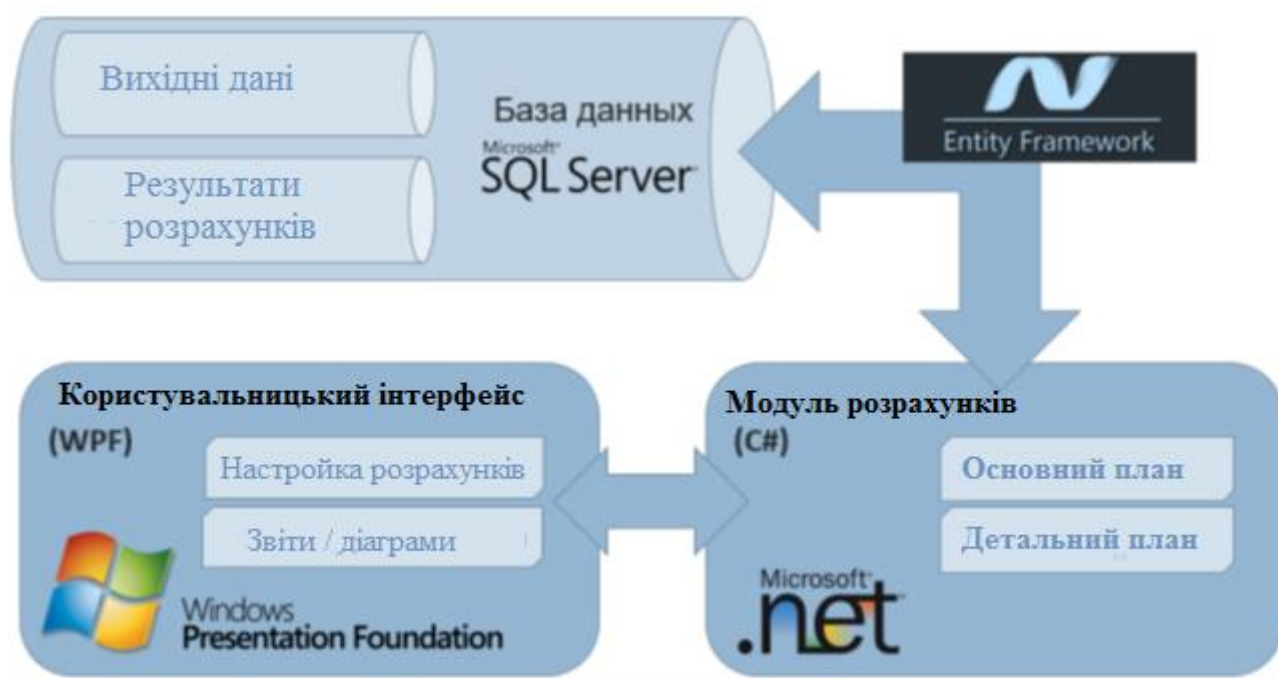


Рис. 2.2 - Загальна архітектура інформаційної системи

Клієнтська частина інформаційної системи представлена основним вікном, що містить закладки, на кожній з яких відображається вміст окремого елемента управління, а також передбачена окрема форма для відображення складу виробу разом зі списком технологічних операцій (дане технічне рішення дозволяє відкривати одночасно кілька форм для декількох складів виробів).

Загальна структура компонентів клієнтської частини інформаційної системи наочно представлена в додатку 4. Нижче наведено опис компонентів клієнтської частини інформаційної системи:

- MainWindow.xaml.cs - основне вікно програми, містить елемент управління TabControl, що включає в себе закладки «Довідкова інформація», «Основний план», «Детальний план» і «Вихідна інформація»;

- ProductInformation.Control.xaml.cs - містить набір списків (ListView) для відображення списку вироблених на підприємстві номенклатурних позицій (виробів, деталей і складальних одиниць), а також структуру виробів і технологічних процесів для обраної користувачем номенклатурної позиції (див. рис. 2.3). При подвійному натисканні на обрану структуру виробу відображається форма з деревом виробу (BillOfMaterialWindow);

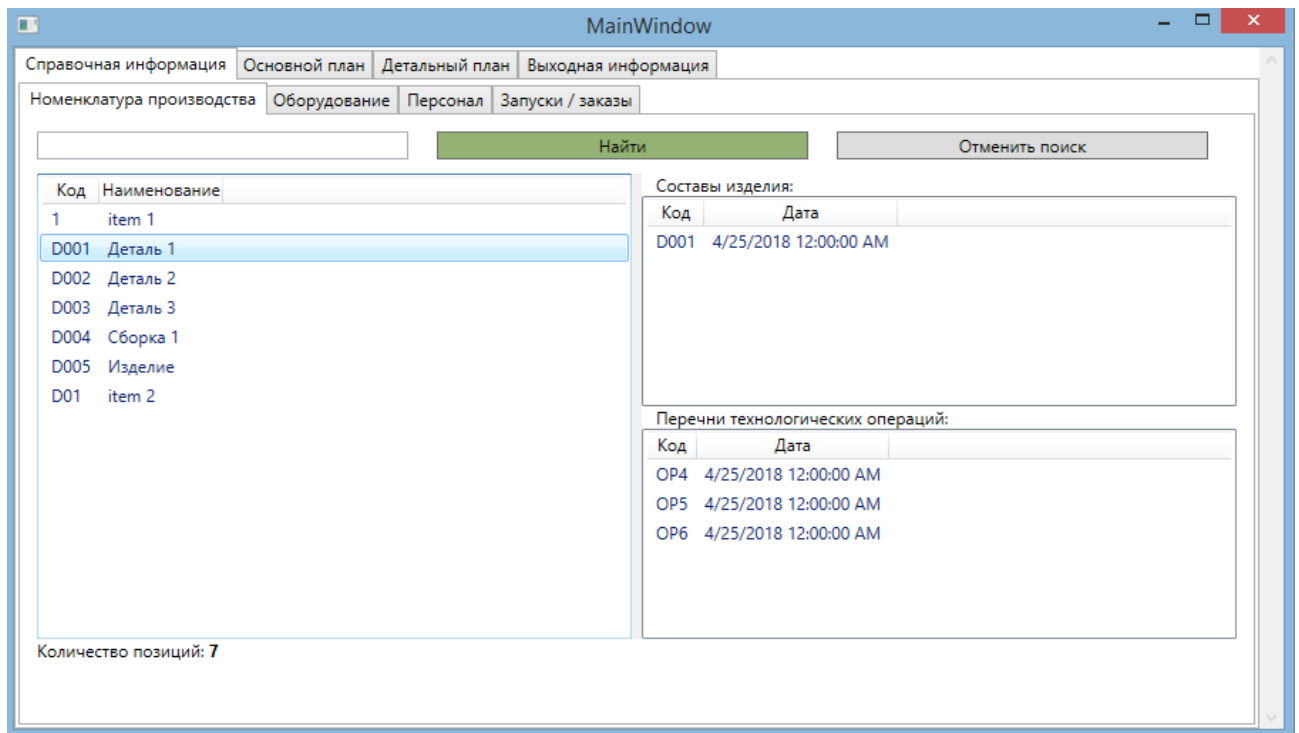


Рис. 2.3 - Интерфейс элемента управления зі списком складу виробів й технологічних процесів

- BillOfMaterialWindow.xaml.cs - реалізований у вигляді окремого вікна призначений для користувача інтерфейс, який дозволяє отримати як структуру виробу, так і список технологічних операцій. Крім того, є можливість провести розузловання дерева виробу і відобразити кількість матеріалів, необхідних не на 1 одиницю ДСЕ, а на необхідну кількість (див. Рис. 2.4);

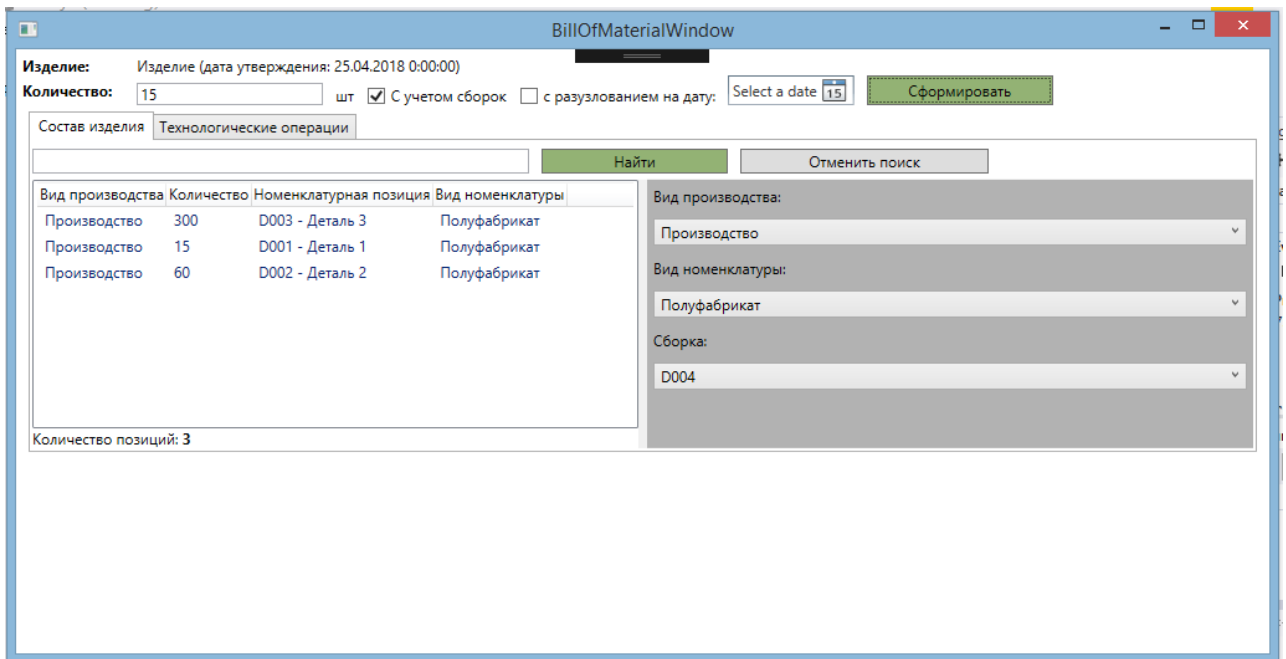


Рис2.4 - Интерфейс форми зі складом виробів

- WorkCenters.Control.xaml.cs - призначений для користувача елемент управління, відображає список робочих центрів і груп робочих центрів, склад обраної користувачем групи (див. рис. 2.5), а також відображає індикацію для тих груп, які є порожніми;

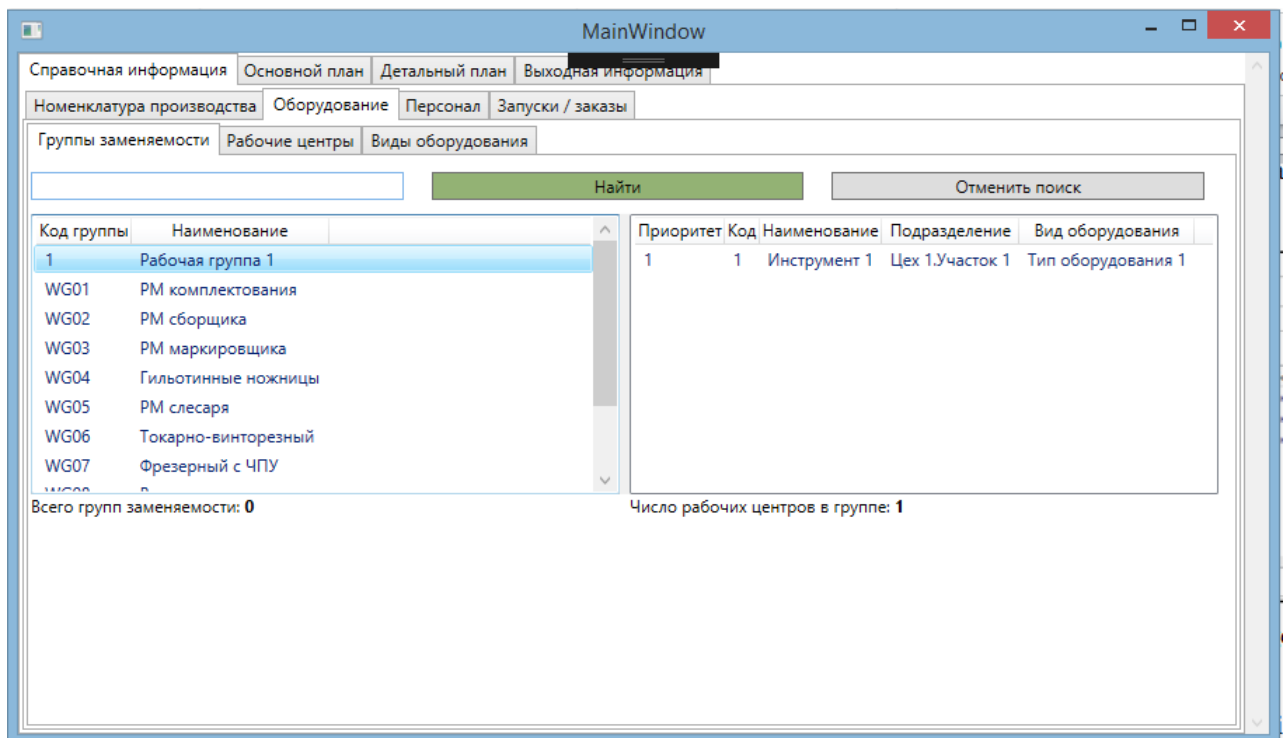


Рис 2.5 - Интерфейс элемента управления зі списком груп робітників центрів і складом групи

- Staff.Control.xaml.cs - призначений для користувача елемент управління, що відображає список співробітників підприємства, а також співробітників в відібраному підрозділі (див. Рис. 2.6);

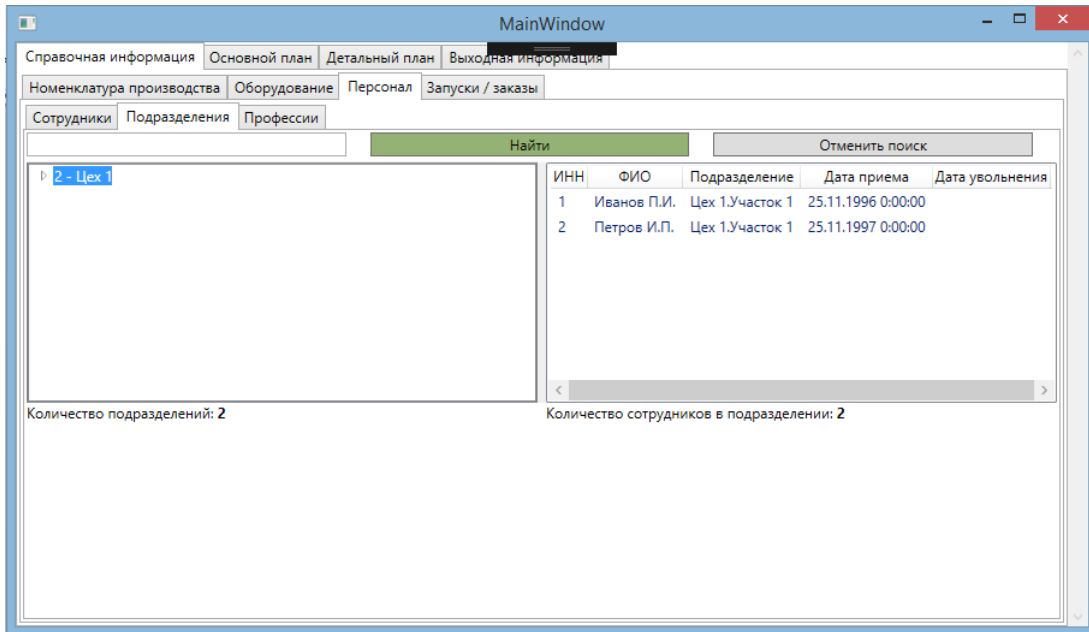


Рис 2.6 - Интерфейс элемента управления з інформацією про персонал підприємства

- ProductLaunches.Control.xaml.cs - призначений для користувача елемент управління, що відображає інформацію про створених запусках, а також про склад запусків (що входять в запуск замовленнях і виробках) (див. Рис. 2.7);

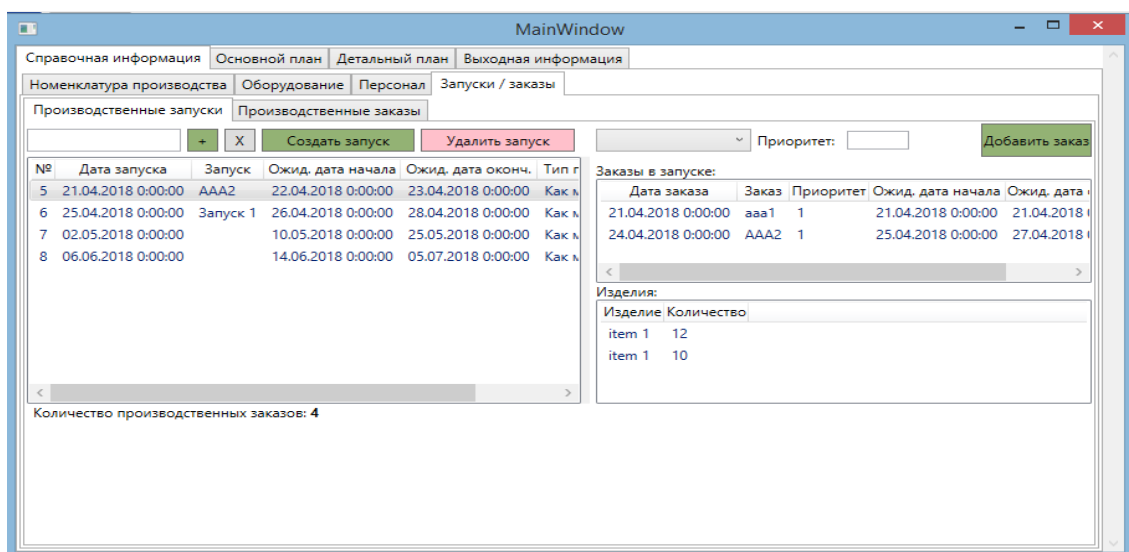


Рис. 2.7 - Интерфейс элемента управления з інформацією про виробничих запусках

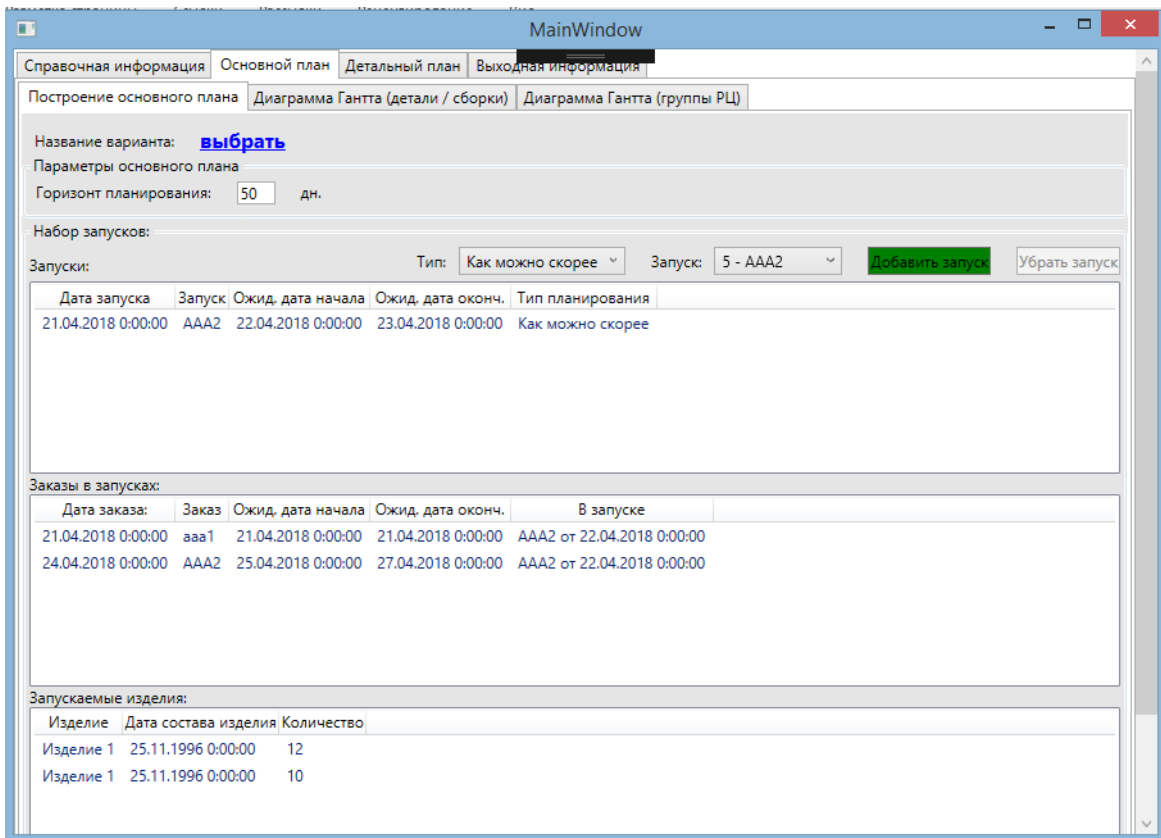


Рис 2.7 - Интерфейс элемента управління з інформацією про виробничих запусках

- MasterPlan.Control.xaml.cs - призначений для користувача елемент управління, відображає закладки з настройками планування (в тому числі з вибором раніше збереженого варіанту, зазначенням горизонту планування і складу запусків для планування в поточному варіанті) (див. рис. 2.8). Також на окремих закладках відображається діаграма Гантта з виробами;

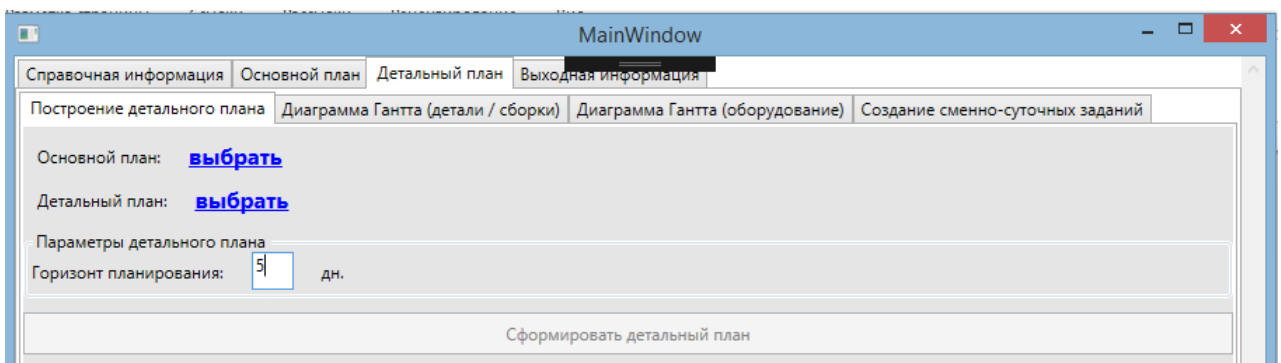


Рис. 2.9 - Интерфейс элемента управления з настройками розрахунку детального плану виробництва

- DailyTasksListCreationControl.xaml.cs - призначений для користувача елемент управління, що знаходиться на одній із закладок всередині DetailPlan.Control.xaml.cs. Дозволяє вивести список технологічних операцій, запланованих інформаційною системою на певний день (див. Рис. 2.10). Є можливість відбору по співробітниках і робочим центрам;

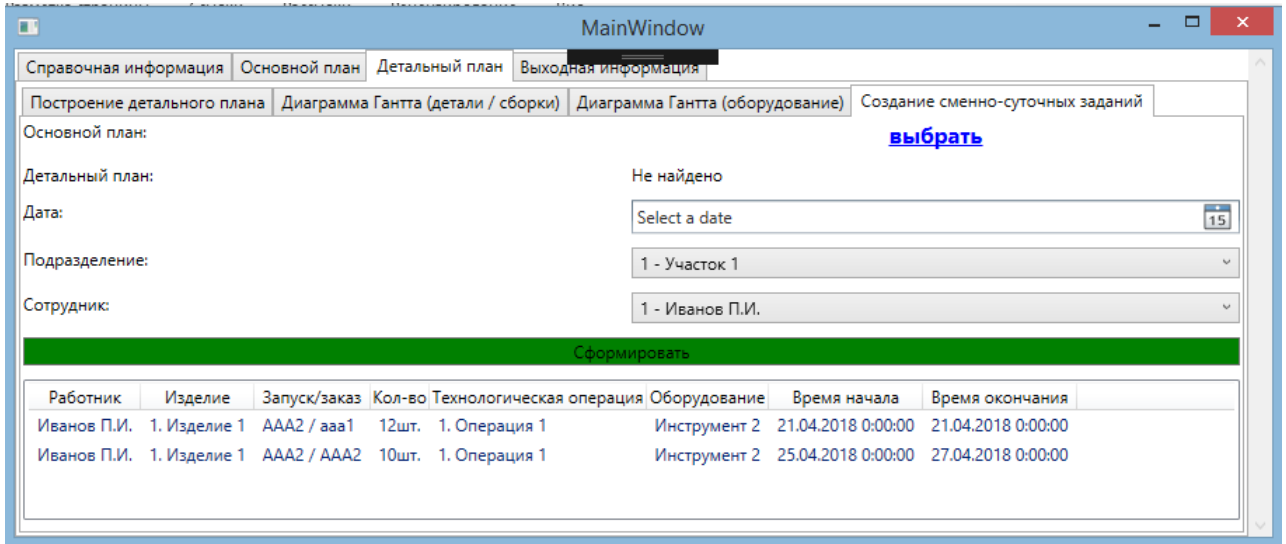


Рис. 2.10 - Интерфейс для створення змінно-добових завдань по результатам оперативного виробничого планування

- Reports.Control.xaml.cs - призначений для користувача елемент управління, що дозволяє сформувати табличні звіти по плановій трудомісткості виготовлення деталей, а також за кількісними потребам з деталях і матеріалах на початку кожного інтервалу часу, що визначається настройками періодичності (див. рис. 2.11);

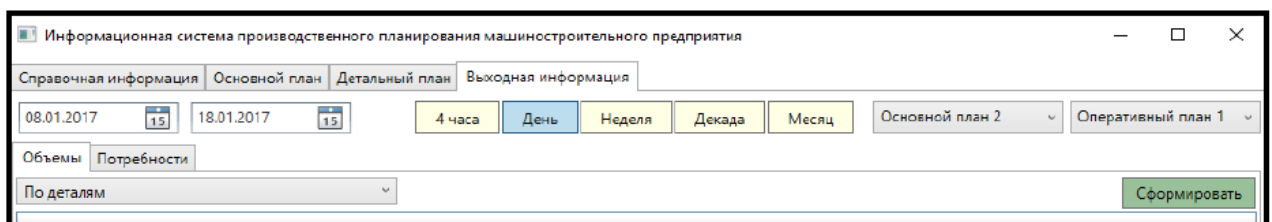


Рис. 2.11 - Интерфейс для перегляду вихідної інформації в табличному вигляді

- GanttDiagram.xaml.cs - призначений для користувача елемент управління, що відображає великий масив інформації в зручному для сприйняття вигляді - у вигляді діаграми Гантта. Даний елемент управління

багаторазово використовується в інформаційній системі для візуалізації результатів виробничого планування, як укрупненого, так і оперативного.

Висновки по розділу

Таким чином, для розроблення інформаційної системи планування механоскладального виробництва в рамках цієї роботи був використаний підхід до автоматизації виробництва, що передбачає двостадійне планування з використанням підходу MRP доповненого обмежуючим фактором (виробничої потужності) і з варіативністю в способі розміщення деталей на графіку.

В якості мови програмування був обраний C #, що дозволяє використовувати можливості Entity Framework для звернення до БД. В якості СУБД використана MS SQL Server 2014.

В розділі розроблено структуру БД і архітектуру програми. Передбачається, що вихідні дані для планування заносяться в БД засобами СУБД або, перевантаженням даних зі сторонніх програмних продуктів.

3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ПРОЦЕСІВ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

3.1 Об'єкти системи та взаємозв'язок між ними

Розроблена інформаційна система оперує такими основними об'єктами, використовуваними при побудові плану виробництва:

- об'єкт `OperationList` - містить заданий список технологічних операцій, необхідних для виготовлення виробу (`OperationListRow`). В класі `OperationListRow` міститься інформація про операції технологічного процесу (`Operation`), а також додаткову інформацію про нормативну тривалість виконання технологічної операції і групі робочих центрів;

- об'єкт, який зберігає відомості про конкретну одиниці виробничого обладнання (`Equipment`) та містить тип обладнання (клас `EquipmentType`) та підрозділі, в якому встановлено обладнання (клас `Department`, що містить, крім інформації про підрозділ, також і інформацію про підпорядкованих підрозділах);

- об'єкт (`WorkGroup`), який містить список працівників (`Equipment`);

- об'єкт (`Item`), що характеризує номенклатурну позицію, має унікальний код і найменування. У даного об'єкта є властивість «Вид номенклатури» (матеріал, напівфабрикат, готова продукція) (клас `ItemType`);

- невеликий клас (`UnitMeasure`), який зберігає відомості про одиниці виміру (код за ОКЕІ і найменування). За допомогою статичного (єдиного для всієї інформаційної системи) списку об'єктів `UnitMeasureConvertRule` (правил конвертації одиниць вимірювання) реалізується переклад кількості з одних одиниць вимірювання в інші;

- Об'єкт `AmountValue` - використовується для зберігання кількості, як оболонка для базового типу `double`. Дана особливість пов'язана з тим, що для однієї і тієї ж номенклатурної позиції можуть використовуватися різні одиниці вимірювання в різних джерелах даних (наприклад, у складі

вироби і в виробничому запуску). Для забезпечення правильних розрахунків (в т.ч. підсумовування кількості по одній номенклатурної позиції) потрібно зберігати крім числового значення також і одиницю виміру, що і дозволяє даний клас;

- інформацію про склад виробу (BillOfMaterial) даного класу реалізує завантаження даних з БД, в тому числі і з рекурсією, якщо потрібне отримання всього разузлого дерева виробу. Даний клас містить список об'єктів класу BillOfMaterial, надаючи таким чином можливість зберігання дерева виробу;

- інформація про виробниче замовлення (ProductOrder) (посилання на склади виробів і кількість виробів);

- інформація про запуск у виробництво (ProductLaunch) і містить метод для завантаження з БД додаткових відомостей про вхідні виробничі замовлення;

- укрупнений план виробництва (MasterPlan): зберігає параметри розрахунку і дані з результатами розрахунку;

- оперативний план виробництва (DetailedPlan): зберігає параметри розрахунку і дані з результатами розрахунку;

- процедура розрахунку укрупненого плану виробництва (MasterPlanner). Використовує параметри з об'єкта MasterPlan;

- процедура розрахунку оперативного плана-графіка виробництва (DetailedPlanner). Використовує параметри з об'єкта DetailedPlan і звертається до пов'язаного з ним об'єкту MasterPlan в процесі розрахунку для отримання орієнтирів за результатами укрупненого планування.

Взаємозв'язок перелічених об'єктів інформаційної системи показана на рис. 3.1.



Рис. 3.1 - Взаємозв'язок об'єктів інформаційної системи

З метою зменшення кількості повторюваних об'єктів, що завантажуються з бази даних в оперативну пам'ять, реалізовані класи `EquipmentFactory` і `DepartmentFactory`, які мають принцип роботи, схожий з шаблоном проектування «Фабрика». Наприклад, при необхідності додати нові об'єкти з типом `EquipmentType`, викликається відповідний статичний метод класу `EquipmentFactory`, який перевіряє наявність об'єкта з даними ключовим полем в базі, і якщо він присутній, то повертається посилання на наявний об'єкт. Якщо ж об'єкт з таким ключовим полем які раніше не завантажувався з БД, створюється новий об'єкт і повертається посилання на нього.

Класи `UnitMeasure`, `Item`, `ItemType`, `EquipmentType`, `Equipment`, `WorkGroup`, `Department`, `Operation`, `ProductOrder`, `ProductLaunch` реалізують інтерфейс `IEquatable`, завдяки чому об'єкти, що реалізують дані класи,

можуть бути перевірені на ідентичність по ключових полях спрощеним способом за допомогою функції Equals.

Всі класи, що відносяться до процедури виробничого планування, а також самі процедури планування, виділені в окремому бібліотеку Planning.Core.dll для зручності використання при подальших розробках вдосконалених алгоритмів планування та засобів інтеграції зі сторонніми інформаційними системами.

Для інформування про помилки та попередження, що виникають в процесі планування, в інформаційній системі використовується статичний об'єкт розробленого для даних цілей класу Log. Даний клас має процедуру Error, яка викликає відповідні обробники в залежності від вхідних параметрів (ознака критичності IsCritical завершує роботу програми після видачі повідомлення, ознака ToFile викликає процедури запису надійшла в файл).

3.2 Отримання вихідних даних

Для забезпечення розробляється інформаційної системи можливістю звернення до бази даних, в проект засобами середовища Visual Studio додана модель EDM ADO.NET (модель під назвою «ProdModelEDM.edmx»). На рис. 3.2 продемонстрована частина автоматично сформованої візуальної моделі. Модель створена за принципом Database First, який підходить для створення моделі при наявності готової бази даних.

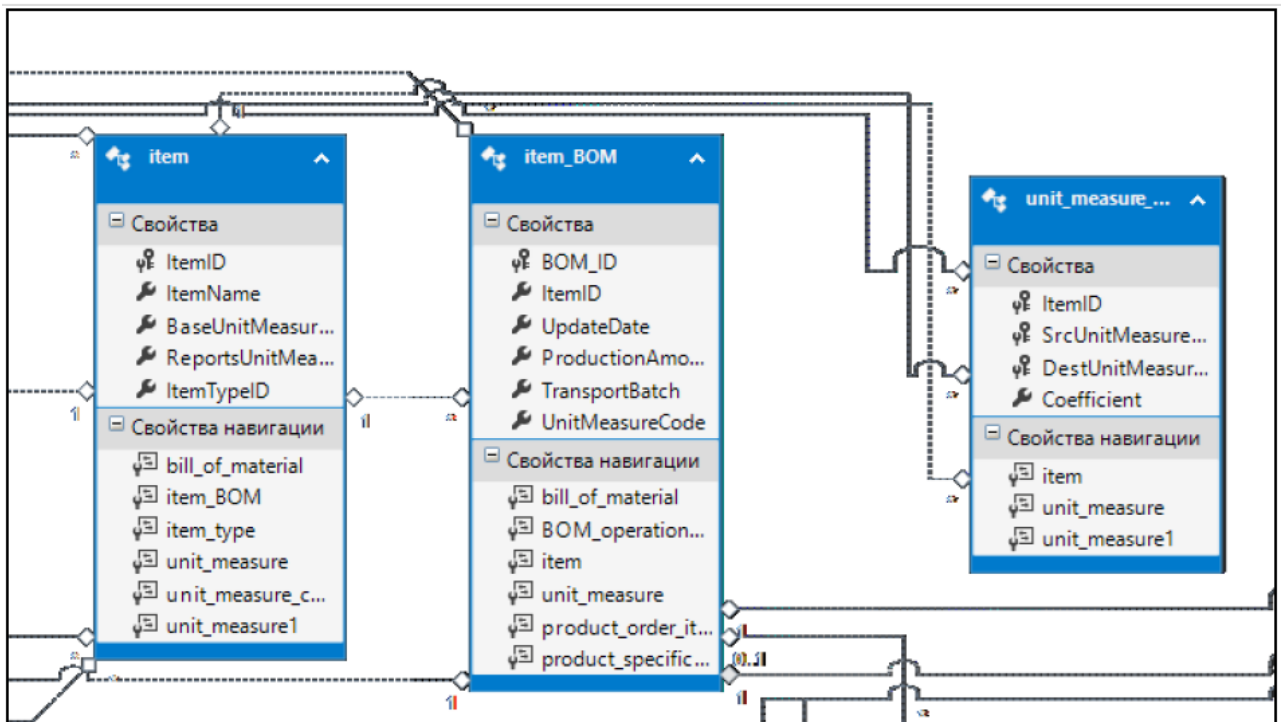


Рис. 3.2 - Візуальне представлення моделі EDM ADO.NET

В автоматичному режимі середовищем розробки створена рядок підключення і клас контексту бази даних ProdPlanningDBEntities (Рис. 3.3).

```
public partial class ProdPlanningDBEntities : DbContext
{
    public ProdPlanningDBEntities()
        : base("name=ProdPlanningDBEntities")
    {
    }
}
```

Рис. 3.3 - Вихідний код ініціалізації класу контексту бази даних

Підключення до бази даних не утримується в постійному режимі, тому при кожному зверненні до бази даних ініціалізується об'єкт контексту бази даних. При цьому використовується конструкція using, що викликає методи звільнення об'єкта підключення безпосередньо після закінчення роботи з базою даних (див. рис. 3.4).

```
using (var db = new ProdPlanningDBEntities())
{
```

Рис. 3.4 - Конструкція using для створення об'єкта підключення до БД

Незважаючи на високу швидкість підключення до бази даних MS SQL Server, у випадку з використанням рекурсії при отриманні складу виробу реалізована можливість передавати посилання на об'єкт

підключення в якості параметра до рекурсивної функції. Дане технічне рішення дозволило на великих виробах збільшити швидкість виконання розв'язування в 2 рази.

3.3 Алгоритми планування виробництва

Обраний підхід до планування виробництва передбачає 2 стадії процесу - формування укрупненого плану і формування деталізованого плану. В даному розділі наведені алгоритми формування даних планів, розроблені на базі вивчених підходів до автоматизації процесу планування.

В алгоритмі укрупненого планування можна виділити наступні основні етапи:

1. По кожному складу виробу, що знаходиться в кожному виробничому замовленні кожного запуску, що входить в обраний варіант основного плану: визначення для кожної позиції складу виробу з видом відтворення «Виробництво» сумарної кількості, необхідного на виріб.

Дроблення підрахованої кількості на партії (за розміром передавальної партії, що задається у властивостях складу виробу). У разі, якщо розмір наступної партії виявиться менше розміру передавальної партії, наступна партія повинна бути приєднана (підсумувати) до поточної партії.

На кожній створеній партії ДСЕ отримати актуальний склад даної ДСЕ і повторити пункт 1. Кожну партію послідовно пронумерувати (порядковим номером) і записати в унікальний код партії в поле ProdSpecID;

2. У відсортованому за порядковим номером списку партій виробу: по кожній партії зі своїм значенням ProdSpecID, що не має батьківського ProdSpecID (для зворотного планування) або при відсутності рядків (в списку партій), в яких дана партія зі значенням ProdSpecID є батьківської (для прямого планування) - викликати функцію, яка повертає актуальний

на момент запуску список технологічних операцій (а також повторює пункт 2);

3. Згідно з порядком проходження партій на кожному рівні ієрархії: для кожної операції з технологічного процесу збільшувати час завантаження групи зміни в даний день на величину трудомісткості даної технологічної операції. У разі якщо група зміни завантажена на 95-100%, переносити продовження даної операції (початок наступної операції) на наступний день.

Частина коду алгоритму укрупненого планування, що одержує склади виробів в запускаються виробничі замовлення і розбиває партії ДСЕ на передавальні партії, представлена в Додатку 5.

Для прискорення процедури розрахунку, застосовано технічне рішення, не завантажувати склад ДСЕ повторно, якщо для однієї з попередніх партій даної ДСЕ завантаження була проведена раніше. Для цього розроблена статична функція `BillOfMaterial.GetLastBOM`. Скорочення тривалості відбувається за рахунок скорочення кількості підключень до бази даних.

Розглянемо алгоритм детального планування.

1. Згідно з порядком проходження партій на кожному рівні ієрархії: для кожної чергової технологічної операції (у якій батьківська детальна операція повністю виконана) визначити пріоритет на все невиконані операції, виходячи з напруженості, а також (за однакової кількості напруженості) з порядкового номера `ProdSpecID`;

2. Призначити технологічну операцію для виконання на конкретному виробничому обладнанні з групи зміни і зафіксувати час початку і закінчення. У разі, якщо одиниця устаткування зайнята (маються заплановані операції, що потрапляють в інтервал часу (встановлений на етапі укрупненого планування), запланувати технологічну операцію на наступний за пріоритетністю робочий центр в групі зміни;

3. У разі, якщо всі робочі центри з групи зміни зайняті, перенести частину операції на найближчий інтервал часу, на якому виявиться вільний хоча б один робочий центр з групи зміни;

4. Повторювати пункт 1 до досягнення кінцевого рівня ієрархії всіх запускаються у виробництво виробів.

Таким чином, сформульовані алгоритми, закладені в інформаційну систему, яка розробляється.

3.4 Алгоритм генерації змінно-добових завдань виробництва

Змінно-добові завдання представляють собою видаються кожному зміні виробничому персоналу списки технологічних операцій із зазначенням точного часу початку і закінчення виконання операції, обладнання, співробітника, а також номери виробничого замовлення і обсягу оброблюваної партії деталей.

Змінно-добове завдання є важливим інструментом планово-розподільчої роботи, завдяки йому план конкретизується на кожен день і зміну для кожного робітника. [21]

Таким чином, змінно-добове завдання може бути представлено у вигляді таблиці з наступними полями:

- Номер замовлення;
- Технологічна операція;
- ДСЕ;
- Розмір партії ДСЕ;
- Робочий центр;
- Співробітник;
- Планове час початку;
- Планове час закінчення.

Для формування змінно-добового завдання необхідна можливість вибору варіанту детального планування, результати якого будуть використовуватися для заповнення змінно-добового завдання.

При створенні змінно-добового завдання повинна бути передбачена можливість відбору підрозділу, вибору дати, відбору співробітника і робочого центру. Також повинна бути передбачена можливість угруповання списку технологічних операцій по робочому центру або співробітнику, для того щоб конкретному співробітнику програма відображала тільки ті технологічні операції, які заплановані на нього.

Послідовно обходячи заплановані на заданий день технологічні операції, інформаційна система повинна визначати перелік доступних на даний інтервал часу період співробітників, що мають компетенції для роботи з виробничим обладнанням даного виду (дане відповідність зберігається в БД в таблиці `staff_equipment_type`).

Формування змінно-добових завдань проходить наступні етапи:

1. Вибір користувачем детального плану;
2. Вибір користувачем дати планування. З'являться ті операції, які заплановані на обраний день;
3. Вибір користувачем співробітника. Відобразяться всі операції, які були заплановані на обраного співробітника. Поле може бути порожнім (відбір за всіма можливими співробітникам);
4. Вибір користувачем робочого центру. Відобразяться всі операції, які були заплановані на обраний робочий центр. Поле може бути порожнім (відбір за всіма можливими робочим центрам).

Таким чином, в даному розділі представлено опис закладених в розроблену інформаційну систему об'єктів і алгоритмів виробничого планування.

3.5. Алгоритм оперативного планування виробництва

Організація оперативно-диспетчерського управління виробництвом ґрунтується на деталізації по виконавцях раніше розрахованого календарного плану випуску продукції в межах заданого планового інтервалу. Реалізація цієї функції здійснюється задачею оперативного

планування, результатом якої є просторове та часове впорядкування комплексу запланованих робіт. Просторове упорядкування виражається у визначенні кожному виконавцю поопераційного плану робіт, а часове – встановлення черговості надходження або терміну виконання робіт.

У механоскладальному виробництві оперативний плановий інтервал, як правило, не перевищує зміни (добу), а виконавцем є технологічне обладнання.

Об'єктами процесу планування в даній задачі є роботи – технологічні операції складання, партії деталей та складальних одиниць, для яких необхідно встановити порядок проходження через обладнання при фіксованих технологічних маршрутах складання [26].

Формалізація задачі оперативного планування механоскладальних робіт має вигляд.

Задається номенклатура перелік продукції, яка виробляється на m групах ($k = 1, m$) обладнання та складається з n найменувань ($j = 1, n$).

Виготовлення партії виробів кожного найменування заздалегідь визначене послідовністю проходження деталей згідно маршрутної технології $G_j = (L_{ij} \mid i = 1, M_j)$, де L_{ij} – технологічна операція, яка виконується i -ою за порядком виготовлення j -ої деталі; M_j – кількість операцій, які виконуються над j -ою складальною одиницею.

Технологічні операції $L_{ij} = (Q_{ij}, T_{ij})$ мають наступні характеристики [26]: $Q_{ij} = k$ – номер групи обладнання, налагодженого на виконання операції L_{ij} ; T_{ij} – нормативна тривалість виконання операції L_{ij} .

Необхідно скласти оперативний план виготовлення $P = (T_{ij}^i \mid i = 1, M_j, j = 1, n)$, який визначає моменти початку виконання операцій L_{ij} (моменти запуску партії деталей на одиницях обладнання) і задовольняє системі обмежень [26]:

– умова виконання технологічної послідовності:

$$T_{ij}^H \geq T_{i-1,j}^K; \quad (3.1)$$

- умова виконання технологічних маршрутів;
- умова виконання операцій без перерв:

$$T_{ij}^K = T_{ij}^H + T_{ij}; \quad (3.2)$$

– умова виконання в кожний момент часу тільки однієї операції на одиниці обладнання:

$$(T_{i1j1}^H \leq T_{i2j2}^H) \Rightarrow (T_{i1j1}^K \leq T_{i2j2}^K), \quad (3.3)$$

де T_{ij}^K – момент закінчення виконання операції L_{ij} .

Пошук найкращого оперативного плану виконується за критерієм ефективності, вибір якого індивідуально залежить від економічних, організаційних та технічних особливостей роботи конкретного виробничого підрозділу.

Процес побудови критерію ефективності складається з визначення показника оцінювання та вибору форми виразу оцінки в залежності від економічних умов організації виробництва. Найчастіше показником оцінювання в критерії визначають час виробничого циклу, фондівіддачу обладнання, обсяг незавершеного виробництва, а формою оцінювання – сумарне, максимальне чи мінімальне значення показника або його середнього значення за плановий час.

Найбільш поширеними типами критеріїв є:

1) мінімізація виробничого циклу – часу випуску заданого обсягу продукції як сумарної тривалості складання всіх виробів:

$$\min(\max_{j,i}\{T_{i,j}^K\}); \quad (3.4)$$

$$\min(\max_k\{T_k^p + T_k^n\}); \quad (3.5)$$

$$\min(\max_j\{\sum_i(T_{ij}^{оч} + T_{ij}^n)\}); \quad (3.6)$$

де T_k^p – сумарний час виконання операцій на k -ій одиниці обладнання;

T_k^{Π} – сумарний час простоїв k -ої одиниці обладнання,
 $T_{ij}^{\text{оч}}$ – очікування j -ої деталі перед складанням на i -й операції;

2) оптимізація використання обладнання (фондовіддачі):

– максимізація завантаження обладнання, а саме:

$$\text{мінімального} - \max(\min_k \{K_k^3\}) \quad (3.7)$$

$$\text{загального} - \max(\sum_k K_k^3) \quad (3.8)$$

де $K_k^3 = T_k^{\text{P}} / (T_k^{\text{P}} + T_k^{\Pi})$ – коефіцієнт завантаження k -ої одиниці обладнання;

– мінімізація часу простою обладнання, а саме:

$$\text{максимального} - \min(\max_k \{T_k^{\Pi}\}) \quad (3.9)$$

максимального міжопераційного простою обладнання –

$$\min(\max_{i,j} \{T_{ij}^{\Pi}\}) \quad (3.10)$$

$$\text{загального} - \min(\sum_k T_k^{\Pi}) \quad (3.11)$$

де T_{ij}^{Π} – простій k -ої одиниці обладнання ($k = Q_{ij}$) перед виконанням операції L_{ij} ;

$$T_k^{\Pi} = \sum_{(i,j) | Q_{ij}=k} T_{ij} - \text{сумарний простій } k\text{-ої одиниці обладнання};$$

– мінімізація середнього міжопераційного простою обладнання, а саме:

$$\text{максимального} - \min(\max_k \{T_k^{\Pi} / N_k\}); \quad (3.12)$$

$$\text{загального} - \min(\sum_k \frac{T_k^{\Pi}}{N_k}) \quad (3.13)$$

де N_k – кількість операцій, що виконується на k -й одиниці обладнання, або кількість одиниць простою у випадку, якщо обладнання виконує однакову кількість операцій;

3) мінімізація незавершеного виробництва:

– мінімізація очікування деталей перед складанням, а саме:

максимального міжопераційного очікування - $\min(\max_{i,j}\{T_{ij}^{оч}\})$ (3.12)

загального очікування - $\min(\sum_{i,j} T_{ij}^{оч})$ (3.13)

– мінімізація середнього очікування деталей перед складанням, а саме:

максимального –

$$\min(\max_j \left\{ \frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{M_j} \right\}) \quad (3.14)$$

$$\min(\max_j \left\{ \frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{N_j} \right\}) \quad (3.15)$$

загального –

$$\min\left(\frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{M_j}\right) \quad (3.16)$$

$$\min\left(\frac{\sum_i T_{ij}^{оч}}{N_j}\right) \quad (3.17)$$

де N_j – кількість одиниць часу очікування j -ої деталі перед складанням (може застосовуватися у випадку, якщо M_j однакове для всіх деталей).

Кожен з наведених типів критеріїв орієнтований на задоволення тільки власного показника ефективності виробництва. Проте, перший є дещо більш загальним та багатofункціональним по відношенню до другого та третього, оскільки може їх оптимізувати за різних технологічних умов організації виробництва. Так, якщо всі деталі обробляються за однаковим технологічним маршрутом, то використання першого критерію означає також оптимізацію використання обладнання, тобто мінімізацію простою [26].

Часто в реальних виробничих умовах необхідно вирішувати задачу оперативного планування, враховуючи одночасно декілька критеріїв.

Важливими показниками якості сформованого розкладу, з точки зору його реалізації при оперативно-диспетчерському управлінні, виступають

простої обладнання, час очікування деталей перед складанням та локальні резерви часу.

Локальний резерв операції L_{ij} розраховується як мінімальне значення між простим обладнання $k = Q_{ij} = Q_{gh}$ після виконання операції L_{ij} та часом очікування j -ої деталі перед обробкою на операції $L_{i+1,j}$:

$$T_{ij}^{pp} = \min \{ T_k^{pp}, T_{i+1,j}^{oc} \};$$

$$T_{i+1,j}^{oc} = T_{i+1,j}^H - T_{ij}^K;$$

$$T_k^{pp} = T_{gh}^H - T_{ij}^K,$$

де $T_{i+1,j}^{oc}$ – час очікування j -ої деталі перед складанням на операції $L_{i+1,j}$, T_k^{pp} – час простою k -го обладнання після виконання операції L_{ij} , L_{gh} – наступна після L_{ij} операція, що виконується на цьому обладнанні.

Резерв створюється як за рахунок неможливості повного завантаження обладнання навіть за умови оптимального розв'язання задачі оптимального планування, так і за рахунок цілеспрямованого введення його у розклад роботи.

Основне призначення локального резерву полягає у використанні його в оперативно-диспетчерському управлінні з метою компенсування зовнішніх впливів на час виконання операцій. Також резерви можуть бути використані для включення у розклад роботи додаткових робіт, що не порушують основну структуру розкладу, але підвищують завантаження обладнання [26].

Для складних задач (різні технологічні маршрути складання, кількість обладнання перевищує три тощо) з точки зору практичних цілей отримання результату за короткий термін найчастіше використовують алгоритми складання розкладів на базі вирішальних правил в режимі імітації роботи виробничої системи. У цьому режимі виконуються паралельна (одночасна) побудова діаграм Ганта для усіх одиниць технологічного обладнання, які беруть участь у процесі планування.

Діаграма Ганта – це часовий графік виконання операцій технологічних маршрутів складання на визначених одиницях обладнання. Графічно подається у вигляді діаграми, де проти кожної одиниці обладнання у визначені моменти часу призначено операції складання.

Алгоритм побудови розкладів за даним методом наступний [26]:

0. Нехай у деякий момент часу $T = \min(T_{ij}^k)$ складальник $l = Q_{ij}$ закінчив виконання операції i поточної складальної одиниці j . Цей момент визначається як мінімальний серед усіх встановлених на поточний момент термінів завершення виконання операцій в графіку робіт.

1. Складальна одиниця j заноситься у список робіт наступного за технологічним маршрутом обладнання $l' = Q_{i+1,j}$.

Список робіт – це підготовлені (у стані очікування) до виконання на обладнання операції обробки/складання деталей.

Якщо є декілька варіантів технологічного маршруту, деталь одночасно заноситься у відповідну кількість списків. Якщо виконана операція була останньою за технологічним маршрутом $i = M_j$, то складальна виключається з розгляду. Цей пункт повторно виконується для всього обладнання, які на момент T завершили виконання операцій.

2. Якщо список робіт порожній l порожній, то він буде переведений у стан простою. В іншому випадку за допомогою вирішального правила переваги зі списку вибирається одна складальна одиниця j' та записується як поточна в розклад робіт даного обладнання із зазначення часу завершення операції

$$T_{i'j'}^k = T_{i'j'}^n + T_{i'j'}$$

Обрана таким чином складальна одиниця виключається з усіх списків, де вона знаходилась. Цей пункт повторно виконується для всіх видах обладнання, які на момент T завершили виконання операцій.

3. Якщо у випадку виконання п. 1 з'явилась можливість завантажити верстат, який знаходиться у стані простою, то відповідна деталь

записується в розклад робіт цього обладнання, для якого формується нове значення часу завершення операції за правилом п. 2.

4. Обирається наступне обладнання з мінімальним поточним значенням T та виконується перехід до п. 0. Планування ведеться до повного виконання усіх операцій над деталями або до тих пір, поки не буде побудований розклад на потрібний інтервал планування (зміну/добу).

Таким чином, декомпозиція задачі планування дозволить суттєво зменшити розмірність, складність та прискорить розв'язання задачі. Проте існує залежність якості рішення від точності оцінок часу обробки збільшених партій деталей, що застосовуються на першому етапі. Тому при використанні такого підходу в аналітико-імітаційних методах необхідно розробляти декілька варіантів виконання першого етапу з метою проведення якісного аналізу отриманих результатів задачі.

Висновки по розділу

В даному розділі магістерської дисертації розроблено алгоритми автоматизації планування виробництва на базі обраної методології виробничого планування, яка передбачає формування виробничого плану в дві стадії: укрупнення планування (з формуванням основного плану) і детальне планування (з формуванням оперативного плану-графіка виконання операцій).

4. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

Крім розрахунку виробничого плану основний із завдань розробляється інформаційної системи є відображення (візуалізація) результуючої інформації.

До результуючої інформації відноситься інформація:

- про початок і закінчення виготовлення деталей;
- про початок і закінчення виконання технологічних операцій на обладнанні.

Найбільш наочним способом відображення даної інформації є діаграма Гантта, що є одним з типів стовпчастих діаграм і призначена для відображення графіка робіт.

Для відображення допоміжної числової інформації (за обсягами планових робіт і завантаженні устаткування) розроблені таблиці, що надають звітні відомості.

4.1 Реалізація діаграми Гантта, як призначеного для користувача елемента управління (User Control)

Для використання діаграми Ганта на виробництві одним з основних моментів є віха. Віха - це важлива для конкретного виробничого процесу мітка, яка з'єднує дві і більше завдання. З їх допомогою можна наочно продемонструвати всю важливість синхронізації виробничих процесів, а також показати правильні послідовності у виконанні певного комплексу робіт. Водночас віхи, як й інші межі, що знаходяться на діаграмі, не є датами календаря.

Саме це відсутність жорсткої прив'язки до календаря, тобто прихильності справ до абсолютних дат і часу, і не дозволяє називати діаграму Ганта чітким графіком робіт. Багато хто називає цю неможливість основним недоліком діаграми. Разом з цим, вона не здатна демонструвати

пріоритетність того чи іншого бізнес-процесу або проекту, а також нічого не говорить про їх ресурсоємності і трудових витратах.

Діаграма Гантта складається з смуг, розташованих уздовж горизонтальної осі часу. Вісь часу групується на інтервали з певною періодичністю.

За вертикальної осі розташовуються елементи, які можуть бути представлені як виробами (в разі відображення термінів початку і закінчення виготовлення виробів), так і одиницями обладнання (в разі відображення часу початку і закінчення виконання технологічних операцій).

З урахуванням цілей візуалізації результатів укрупненого і оперативного планування виробництва до даного призначеного для користувача елементу управління ставляться такі функціональні вимоги:

1. Наявність відбору по періоду: повинна бути передбачена можливість вказівки задати початок та задати закінчення інтервалу часу для відображення. Таке рішення дозволить відображати як укрупнений план (користувач має можливість вказувати необхідний діапазон дат), так і оперативний план (для якого буде достатньою мінімально можливим періоду в один день), що привносить універсальність в даний елемент управління.

Математична модель укрупненого планування має такий вигляд.

$$F_l \rightarrow \min, l \in \{\overline{1, f}\}; \quad (4.1)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{p_i} e_{ijk} (a_{ij} * t_{Oe_{ijk}} + t_{ПЕРe_{ijk}} + t_{OCe_{ijk}} + t_{OCTe_{ijk}}) \leq \Phi_{Ck},$$

$$k = \overline{1, n}; \quad (4.2)$$

$$\sum_{m=1}^{Z_l} t_{TP_{lm}e_{ijk}} \leq \Phi_{Tl}, \quad l = \overline{1, r}; \quad (4.3)$$

$$\tau_{Oe_{ijk}}^H \geq \tau_{Oe_{ij-1s}}^{KH}, \quad k, s \in N\{1, n\}; \quad (4.4)$$

$$\tau_{Oe_{i1k}}^H \geq \tau_{Oe_{dp_d s}}^{KH} \quad I_{e_i \in M^E \nabla e_d \in e_i}; \quad k, s \in N\{1, n\}; \quad (4.5)$$

$$\tau_{T_l^e}^H \geq \tau_{T_l^e}^{KH}, \quad l \in R; i, m \in M; k, q \in N\{1, n\}; \quad (4.6)$$

$$T_{\text{ПЕР}} = \{t_{\text{ПЕР}e_{ijk}}\}; \quad (4.7)$$

$$T_{\text{ТР}} = \{t_{\text{ТР}sk} \mid s, k \in N\}; \quad (4.8)$$

$$T_0 = \{t_{0e_{ijk}}\}; \quad (4.9)$$

$$N = \{1, n \mid n \geq 1\}; M = \{1, m \mid m \geq 1\}; R = \{1, r \mid r \geq 1\}; \quad (4.9)$$

де $t_{\text{ПЕР}e_{ijk}}$ – втрата часу, пов'язані з наявністю операцій переналадок в гнучких виробничих моделей під час вступу нових партій операцій деталей; $t_{0e_{ijk}}$ - втрати часу, пов'язані з очікуванням партій деталей, що знаходяться в необхідний момент на обробці на попередній операції; $t_{\text{ОСТ}e_{ijk}}$ - втрати часу, пов'язані з очікуванням партій деталей, що знаходяться в процесі транспортування; $t_{\text{ОС}e_{ijk}}^{\Sigma}$ - сумарний час простою k -го гнучких виробничих моделей при обробці одиниці планування e_{ijk} . Вираз (4.1) відображає функціонал однокритеріального завдання оптимізації, вирази (4.2 – 4.3) - обмеження по фонду часу гнучких виробничих моделей і технічного завдання, (4.4) - умова передування, що відображає логіку виконання операцій, (4.5) - умова передування для виконання одиниці планування, що представляють собою складальні вузли - перша операція на складальному вузлі $e_i \in M^E$ повинна початися пізніше будь-якої одиниці планування e_d , яка входить в цей складальний вузол, тобто якщо $e_d \in e_i$, (4,6) - умова передування для технічного завдання, що забезпечує виконання тільки однієї заявки в часі;

2. Можливість встановлення періодичності: користувач повинен мати можливість варіювати угруповання інтервалів по осі часу із запропонованих варіантів: по 4 години, по днях, по тижнях, по декадах, по місяцях. Передбачається, що даний набір видів періодичності охопить всі потреби в отриманні наочного уявлення про виробничому плані на великих і невеликих проміжках часу;

3. Побудова графіка по кнопці «Побудувати графік». Оскільки процес завантаження даних для відображення може зайняти тривалий час, дане рішення дозволить користувачу зробити налаштування відразу декількох параметрів діаграми до відображення графіка;

4. Можливість прокрутки графіка по горизонталі і вертикалі: необхідна з огляду на те, що весь набір елементів або інтервалів часу може не поміститися в видиму область форми;

5. Фіксація області підписів на осях часу і елементів при прокручуванні: дозволить користувачеві завжди бачити, на перетині яких значень по осі часу і осі елементів знаходиться потрібний елемент без необхідності зворотного прокручування в початок графіка;

6. Відображення детальної інформації при наведенні на смужку графіка. Дана можливість підвищить інформативність і оперативність отримання відомостей, тому що дозволить користувачеві на самій діаграмі побачити текстову і числову інформацію щодо необхідної операції або деталі.

Як джерело даних розроблений для користувача інтерфейс використовує властивість `data`, що представляє собою список елементів з типом `ItemPlanDataMember`, які мають структуру, представлену на рис. 4.1.

```
public class ItemPlanDataMember
{
    public DiagramItem Item { get; set; }
    public DateTime StartTime { get; set; }
    public DateTime EndTime { get; set; }
    public string Tooltip { get; set; } // текст всплывающей подсказки
    при наведении на полосу на графике
    public string Comment { get; set; } // пример: "Операция: 1. От-
резка. Заказ 202"
}
```

Рис. 4.1 - Структура елемента, що відображається на діаграмі Гантта

Перерахування видів періодичності відображення (рис. 4.2) закладено в програму у вигляді перерахування `DiagramPeriodicity`.

```
public enum DiagramPeriodicity { FOUR_HOUR, DAY, WEEK, DECADE, MONTH };
```

Рис 4.2 - Перерахування видів періодичності відображення діаграми

На форму для користувача елемента управління додані кнопки типу `ToggleButton`, установка яких повідомляє про зміну періодичності. Автоматичне зняття виділення з решти кнопок при натисканні на одну з кнопок реалізовано безпосередньо в коді призначеного для користувача інтерфейсу шляхом використання механізму тригерів (рис. 4.3): стан `IsChecked` закладається тільки при конкретному встановленому значенні змінної `Periodicity`, що має тип `DiagramPeriodicity`.

```
<ToggleButton x:Name="PeriodicityBtn_Day" Content="День"
Padding="15,0" Height="25" Margin="1" Click="PeriodicityBtn_Day_Click">
  <ToggleButton.Resources>
    <Style TargetType="{x:Type ToggleButton}">
      <Style.Triggers>
        <DataTrigger Binding="{Binding Path=Periodicity, Mode=OneWay}"
Value="DAY">
          <Setter Property="IsChecked" Value="True" />
        </DataTrigger>
      </Style.Triggers>
    </Style>
  </ToggleButton.Resources>
```

Рис. 4.3 - Вихідний код реалізації тригерів станів кнопок перемикання періодичності (класу `ToggleButton`)

Для розрахунку моментів початку і закінчення кожного інтервалу часу згідно заданої періодичності використовуються розроблені функції `FloorTime`, `CeilTime` і `GetNextDT`, в якості параметрів приймають дату і періодичність, і на виході виводять відповідно:

- початок інтервалу, на який потрапляє зазначена дата;
- кінець інтервалу, на який потрапляє зазначена дата;
- початок наступного інтервалу.

Програмний код даних функцій представлений в Додатку 6.

До події натискання на кнопку «Побудувати графік» прив'язаний виклик методу `Draw`, який складається з трьох основних частин:

1. Малювання верхньої області з заголовками інтервалів;

2. Малювання області зліва з заголовками елементів;

3. Малювання смужок.

На форму доданий елемент управління `diagramCanvas` (має тип `Canvas`), який використаний нами для малювання елементів діаграми Гантта. Можливість прокрутки додана шляхом обертання цього елемента в елемент типу `ScrollView`.

Для малювання верхньої області з заголовками інтервалів шляхом описаних вище функцій підраховано кількість інтервалів, що потрапляють в відібраний період часу (змінна `IntervalsCount`), і для кожного інтервалу часу на елемент `diagramCanvas` додаються відповідні візуальні елементи управління. Дана функціональність реалізована в кодї, зображеному на рис. 4.4.

```

// создание надписей по оси OX (заголовки интервалов):
DateTime vIntervalStartTime = ViewHorizontStartDate;
double lineTopY = 0; // позиция по оси OY для следующей линии (ис-
ходя из реальной высоты строки с названиями интервалов)

for (int i = 0; i < IntervalsCount; i++)
{
    var vIntervalName = GetDateTimeIntervalName (
        vIntervalStartTime, Model.Periodicity);

    var TextShape = new TextBlock()
    {
        Text = vIntervalName,
        TextAlignment = TextAlignment.Center,
        FontSize = 14,
        Foreground = new SolidColorBrush(Colors.Black),
        Opacity = 1,
        Width = TimeIntervalWidth,
        TextWrapping = TextWrapping.Wrap
    };

    diagramCanvas.Children.Add(TextShape);
    Canvas.SetLeft(TextShape, LeftLabelsWidth
        + i * TimeIntervalWidth);

    Canvas.SetTop(TextShape, 0);
    Canvas.SetZIndex(TextShape, 10);

    TopFixedShapes.Add(TextShape);

    TextShape.Measure(new Size(0, 0));
    TextShape.Arrange(new Rect());
    lineTopY = Math.Max(lineTopY, TextShape.ActualHeight);

    var VerticalLine = new Line()
    {
        StrokeThickness = 0.5,
        StrokeDashOffset = 5,
        StrokeDashArray = new DoubleCollection() { 20 },
        Opacity = 1,
        X1 = 0,
        X2 = 0,
        Y1 = 0,
        Y2 = OrderedItems.Count() * lineHeight + 2000,
        Stroke = new SolidColorBrush(Colors.DarkGray)
    };
    diagramCanvas.Children.Add(VerticalLine);
    Canvas.SetLeft(VerticalLine,
        LeftLabelsWidth + i * TimeIntervalWidth);
    Canvas.SetTop(VerticalLine, 0);
    Canvas.SetZIndex(VerticalLine, 10);

    vIntervalStartTime = GetNextDT(vIntervalStartTime,
        Model.Periodicity);
}

```

Рис. 4.4 - Вихідний код створення заголовків інтервалів часу на діаграмі Гантта

Для малювання області зліва з заголовками елементів формується масив відсортованих за порядковим номером або по найменуванню елементів.

Малювання смужок на діаграмі Ганта реалізовано для кожного елемента зі списку `OrderedItems` кодом, представленим на рис. 4.5.

```
foreach (var d in SelectedData.Where(v => v.Item.ItemID.Equals(Ordered-
Items.ElementAt(i).ItemID))
.OrderBy(v => v.StartTime))
{
    double lineLeftX = (ViewHorizontStartDate > d.StartTime ?
0 : (TimeIntervalWidth * CountDateTimeIntervals(ViewHorizontStartDate,
d.StartTime, Model.Periodicity, false)));
    double lineWidth = TimeIntervalWidth * CountDateTimeInte-
rvals((ViewHorizontStartDate > d.StartTime ? ViewHorizontStartDate : d.Start-
Time), d.EndTime, Model.Periodicity, false);

    double dLeft = LeftLabelsWidth + lineLeftX;
    // ширина полоски не менее 1 пп
    double dWidth = Math.Max(1, Math.Min(lineWidth, can-
vasWidth - dLeft)); // обрезка справа, чтобы полоски не выходили за границы
Canvas

    var shape = new Rectangle()
    {
        Fill = Brushes.DarkGreen,
        Width = dWidth,
        Height = lineHeight - linePaddingY * 2
    };

    enableDrag(shape);
    diagramCanvas.Children.Add(shape);
    Canvas.SetLeft(shape, dLeft);
    Canvas.SetTop(shape, lineTopY + linePaddingY);
    Canvas.SetZIndex(shape, 4);

    Tooltip tooltip = new System.Windows.Controls.Tooltip();
    tooltip.Content = d.Item.ItemName
        + (String.IsNullOrEmpty(d.Comment) ? "" : Sys-
tem.Environment.NewLine + d.Comment)
        + System.Environment.NewLine + "Время начала: " +
d.StartTime.ToShortDateString() + " " + d.StartTime.ToShortTimeString()
        + System.Environment.NewLine + "Время окончания: " +
d.EndTime.ToShortDateString() + " " + d.EndTime.ToShortTimeString();
    shape.Tooltip = tooltip;
}
```

Рис. 4.5 - Вихідний код відображення смуж на діаграмі Ганта

За допомогою елемента `ToolTip` реалізована підказка з деталізованою інформацією щодо необхідної смужці графіка.

Фіксація лівої і верхньої області з заголовками періодів і елементів реалізована за допомогою додавання фіксуються елементів в списки `LeftFixedShapes` і `TopFixedShapes` і подальшого коригування положення елементів в цих списках при виникненні події прокрутки в елементі `ScrollViewer` (рис. 4.6).

```
private void DiagramScrollViewer ScrollChanged(object sender,
ScrollChangedEventArgs args)
{
    var vScrollViewer = sender as ScrollViewer;

    if (vScrollViewer != null)
    {
        var HorizScrollPosition = vScrollViewer.HorizontalOffset;
        foreach (var shape in LeftFixedShapes)
        {
            Canvas.SetLeft(shape, HorizScrollPosition);
        }
        var VertScrollPosition = vScrollViewer.VerticalOffset;
        foreach (var shape in TopFixedShapes)
        {
            Canvas.SetTop(shape, VertScrollPosition);
        }
    }
}
}
```

Рис. 4.6 - Вихідний код обробника події прокрутки в області діаграми

Підсумковий зовнішній вигляд призначеного для користувача елемента управління «Діаграма Гантта» представлено на рисунку 4.7.

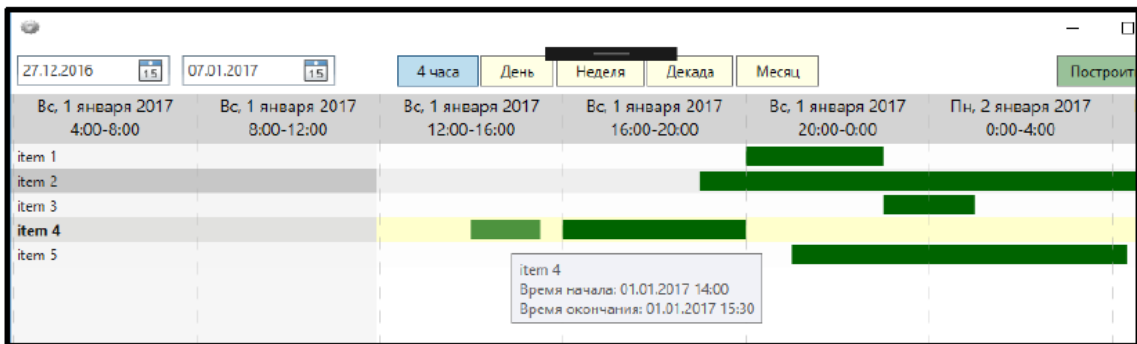


Рис. 4.7 - Зовнішній вигляд призначеного для користувача елемента управління «Діаграма Гантта»

Таким чином, в інформаційну систему доданий багаторазово використовуваний для користувача елемент управління, призначений для відображення діаграми Гантта.

4.2 Реалізація звітності за даними планування виробництва

Для відображення кількісних відомостей про результати формування виробничого плану розроблені у вигляді таблиць такі звіти:

1. Обсяги по деталях: відображає планову трудомісткість (в норма-годинах) виготовлення кожної деталі в відібраному інтервалі часу. Містить дві колонки: деталь і кількість норма-годин;

2. Обсяги за технологічними операціями: відображає дані про планову трудомісткості за операціями. Звіт отримує дані безпосередньо зі збережених результатів планування;

3. Обсяги за професіями: відображає дані про планову трудомісткості за професіями: результат виходить шляхом зв'язування даних по трудомісткості технологічних операцій з таблицею співставлення професій і операцій (profession_operation);

4. Потреба в деталях / матеріалах: відображає кількість матеріалів або деталей, які необхідно поставити до початку інтервалу часу (виходячи із заданої періодичності).

Кожен зі звітів використовує в якості вхідної інформації відбір по плановому періоду і варіанту планування, а також використовують як параметр періодичність.

Висновки за розділом

В розробленій інформаційній системі планування виробництва користувачеві надані кошти наочного подання інформації про результати побудови виробничого плану, а саме діаграма Гантта і табличні звіти з кількісними показниками.

Елементи виведення інформації по можливості уніфікувались: так, для відображення графіка укрупненого і детального планування використовується один і той же користувальницький елемент управління. Розроблені інтерфейси у вигляді діаграм і табличних уявлень в сукупності є найважливішим інструментом для отримання користувачем даних для прийняття рішень по предметної області.

5. АПРОБАЦІЯ І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЛАНУВАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

5.1 Апробація інформаційної системи

Для перевірки працездатності інформаційної системи і коректності вироблених обчислень використовувався невеликий виріб, що складається з двох деталей і однієї складальної одиниці, в яку входить одна деталь. Технологічний процес виготовлення кожної деталі і складання складається з 1-3 технологічних операцій.

Структура виробу представлена на рис. 5.1.

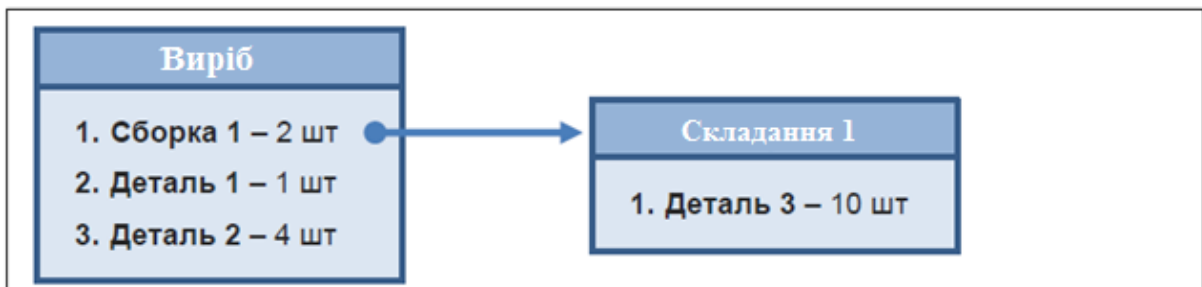


Рис. 5.1 - Структура виробу для апробації інформаційної системи
виробничого планування

Технологічні процеси виготовлення деталей, складання та виробу представлені в таблицях 5.1-5.5.

Таблиця 5.1

Технологічний процес виготовлення Виріб 1

№	Название операции	Группа РЦ	Тшт, с	Тподг, с	Тзакл, с	КОИД
1	Комплектовочная	РМ комплектования	60	60	0	5
2	Сборочная	РМ сборщика	300	120	60	1
3	Маркировка	РМ маркировщика	60	60	60	1

Таблица 5.2

Технологічний процес виготовлення Складання 1

№	Название операции	Группа РЦ	Тшт, с	Тподг, с	Тзакл, с	КОИД
1	Комплектовочная	РМ комплектования	30	60	0	10
2	Сборочная	РМ сборщика	180	60	20	1

Таблица 5.3

Технологічний процес виготовлення Деталі 1

№	Название операции	Группа РЦ	Тшт, с	Тподг, с	Тзакл, с	КОИД
1	Отрезка	Гильотинные ножницы	20	250	60	1
2	Токарная	Токарно-винторезный	120	250	120	1
3	Слесарная	РМ слесаря	100	60	30	1

Таблица 5.4

Технологічний процес виготовлення Деталі 2

№	Название операции	Группа РЦ	Тшт, с	Тподг, с	Тзакл, с	КОИД
1	Отрезка	Гильотинные ножницы	20	250	60	1
2	Фрезерная с ЧПУ	Фрезерный с ЧПУ	200	600	60	1
3	Гальваническая	Ванна покрытия	900	600	600	50

Таблица 5.5

Технологічний процес виготовлення Деталі 3

№	Название операции	Группа РЦ	Тшт, с	Тподг, с	Тзакл, с	КОИД
1	Сушка	Сушильный шкаф	900	600	120	100
2	Слесарная	РМ слесаря 2	120	250	120	1

У складі робочих груп додані робочі центри, які не перетинаються з іншими групами зміни. Кількість робочих центрів в кожній групі представлено в таблиці 5.6.

Для співробітників вказано розклад роботи в робочі дні з 8:00 до 12:30 і з 13:00 до 16:30. Кількість працівників відповідає числу робочих центрів. До кожного співробітника прив'язаний свій вид обладнання, завдяки чому інформаційна система визначає час доступності обладнання даного виду.

Таблиця 5.6

Кількість робочих центрів в групах змінюваності

Група РЦ	Кількість РЦ в групі
Ванна покриття	2
Гильотинные ножницы	2
РМ комплектования	5
РМ маркировщика	3
РМ сборщика	4
РМ слесаря	3
РМ слесаря 2	6
Сушильный шкаф	2
Токарно-винторезный	3
Фрезерный с ЧПУ	1

В інформаційну систему занесено 2 виробничих замовлення на кількість виробів в кількості відповідно 100 і 200 шт. Обидва замовлення додані в єдиний виробничий запуск з типом планування «Ближче до терміну». Створено варіант основного (укрупненого) плану, що містить створений виробничий запуск зображений на рис. 5.2.

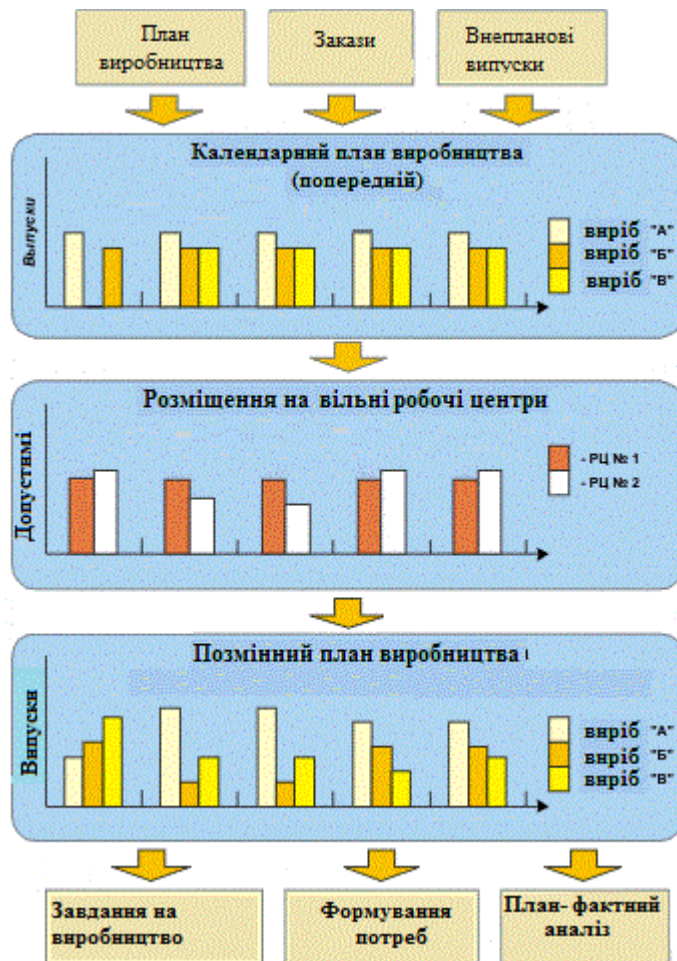


Рис. 5.2 Основний (укрупнений) план

Після виконання укрупненого планування створено детальний план, який спирається на результати розрахунку основного плану:

- Планування з урахуванням доступності потужностей. У разі недостатності потужностей у періодах здійснюється перенос планованих операцій в підперіоди з доступними вільними потужностями.
- Формування детального плану-графіка виробництва і операцій.
- Врахування часу транспортування між складами і підрозділами.
- Уточнення виробничого плану до окремих номенклатурних позицій з розрахунком точних строків виробництва.
- Формування графіка завантаження виробничих потужностей і потреби виробництва в сировині і комплектуючих.
- Формування графіка фінальної збірки з уточненням термінів виробництва.

- Розрахунок завантаження робочих центрів в ході визначення графіка потреб у матеріалах.
- Формування плану-графіка потреб виробництва.
- Формування завдань на виробництво, змінно-добових завдань.
- Контроль і аналіз відхилень від виконання завдань.

Занесення в базу вихідних даних для планування дозволило перевірити працездатність інформаційної системи на невеликому пробному виробі і, спираючись на критерії швидкості проведення розрахунків і реалістичності одержуваного план-графіка, зробити висновок про те, що інформаційна система готова до використання для побудови виробничого плану по готових виробам, що випускаються приладобудівними підприємствами.

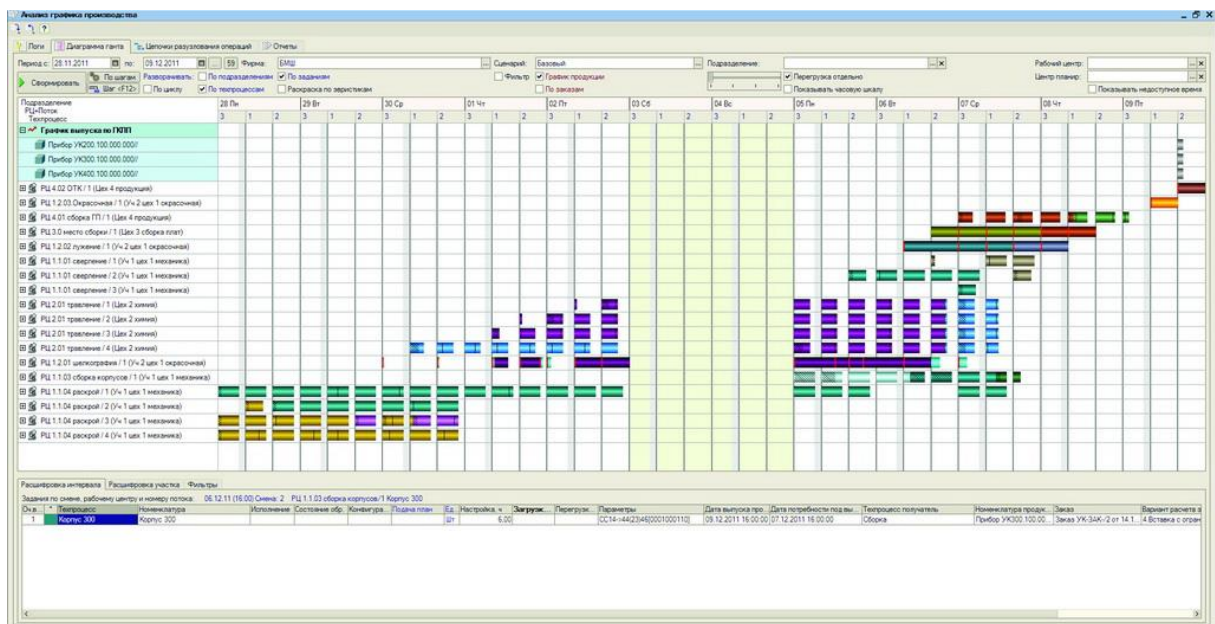


Рис. 5.3 Результат у вигляді діаграми Ганта

5.2 Аналіз результатів роботи інформаційної системи

В результаті проведеної роботи була розроблена інформаційна система виробничого планування, яка на підставі вихідних даних про склад виробу, технологічні процеси виготовлення виробу, деталей та складальних одиниць, які входять до його, а також наявних виробничих

потужностей дозволяє будувати план-графік виготовлення виробу і наочно представляти його у вигляді діаграм і табличного представлення.

При створенні системи підвищена увага була звернена на два аспекти:

1. Взаємозв'язок вихідних даних, щоб не було порушень цілісності бази даних при первинному занесенні вихідних даних в БД.

Оскільки передбачається, що вихідні дані для планування виробництва будуть завантажуватися зі спеціалізованих інформаційних систем (CAD / PDM), є підвищений ризик, що дані будуть занесені некоректно, і правильно побудована структура БД цей ризик значно знижує;

2. Методологія планування, заснована на результатах праць наукових діячів в даній предметній області і передбачає поділ процесу планування виробництва на дві частини: укрупнення планування і деталізоване планування.

Використана методологія планування дозволяє значно скоротити витрати обчислювальних потужностей на розрахунок оперативного виробничого плану, оскільки побудова оперативного виробничого плану проводиться на обмежений (найближчий) проміжок часу, а не на весь період виготовлення виробу.

Вибудована структура БД, представлена пов'язаними таблицями, дозволяє без подальших проблем, викликаних порушенням цілісності, заповнювати базу вихідними даними, які потім використовуються алгоритмами планування.

В інформаційній системі реалізований користувальницький інтерфейс, що забезпечує наступну функціональність:

1. Перегляд наявності вихідних даних за складом виробу, технологічних процесів, обладнання та персоналу;
2. Створення і перегляд виробничих замовлень і запусків;

3. Створення та перегляд укрупненого і детального плану виробництва.

Розроблений для користувача інтерфейс дає можливість бачити проблеми з відсутністю необхідних для планування даних до запуску процедури планування. Передбачена система запису в лог-файл надає детальну інформацію про виявлені проблеми на етапі планування без переривання роботи програми і перезапуску тривалих процедур.

Великим доробком на майбутнє є використання власного коду виробничого планування, що надає нам як розробнику можливість вводити удосконалення в алгоритм роботи інформаційної системи при виявленні недоліків і нових особливостей функціонування виробництва без необхідності звертатися до розробників сторонніх програмних продуктів. При цьому в наших руках з'являється інструмент для проведення подальших досліджень і експериментів в предметній області з мінімальними вкладеннями фінансових ресурсів.

Висновки за розділом

В даному розділі проведено апробацію інформаційної системи шляхом занесення даних по невеликому пробному виробу і запуску процедури планування, а також проведено аналіз результатів з розглядом отриманих переваг від використання розробленої інформаційної системи.

6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПЛАНУВАННЯ МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА»

6.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах процеси планування виробництва було написано програму по оптимізації виробництва, а також проведено в програмі C#. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту який має на меті визначення змоги нашого продукту вийти на ринок і конкурувати з продуктами які вже зайняли на ньому своє місце.

У таблиці 6.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 6.1. Опис ідеї стартап проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Розробка комп'ютерної програми для планування виробництва	Підприємства по виготовленню різних типів виробів	1. Покращення якості продукту 2. Збільшення попиту на продукт 3. Прискорення виробництва виробів
	Процес виготовлення виробів	1. Підвищення довговічності і надійності виробів 2. Оптимізація робочих центрів 3. Виготовлення виробів в заданий термін
	Приладо - машинобудування	1. Підвищення довговічності і надійності виробів 2. Оптимізація робочих центрів 3. Виготовлення виробів в заданий термін

Отже, пропонується нові процеси планування виробництва, по оптимізації виробництва виробів, яка реалізована шляхом розробки комп'ютерної програми, що прискорює процес виробництва приладів та запобігає прострочення виготовлення деталей в термін.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 6.2).

Таблиця 6.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	<i>(потенційні) товари/концепції конкурентів</i>				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент Toyota	Конкурент RedPrairie	Конкурент JDA Software			
1.	Торгівельна марка	немає	є	є	є	+		
2.	Показники скорочення часу	Висока	Середня	Низька	Середня			+
3.	Показники оптимізованого використання робочих центрів	Висока	Висока	Середня	Низька			+
4.	Патенти на продукти	є	є	є	є		+	
5.	Економічність	Середн я ціна	Висока ціна	Середня ціна	Низька ціна		+	

Після порівняння характеристик проекту з конкурентами був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик і властивостей ідеї потенційного товару, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. Товар є захищеним від копіювання за рахунок патенту на винахід.

6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (методики розрахунків), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1	Оптимізація роботи робочих центрів	Технологія планування виробництва	Наявні	не доступні
2	Швидка змінна пріоритетів виготовлення	Технологія планування виробництва	Наявні	не доступні
3	Легка адаптивність до зміни виробів	Технологія планування виробництва	Наявні	не доступні

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що наш проект можна реалізувати тому що всі необхідні технології реалізації даних ідей наявні, але не має можливості їх реалізувати через те що необхідна велика сума коштів. Тому необхідно залучати інвесторів для реалізації даного проекту.

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 6.4).

Таблиця 6.1. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	7
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	2 000 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Конкуренція як вітчизняних, так і зарубіжних фірм
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	33%

За попереднім оцінюванням ринок має зростаючу динаміку і хороший попит на запропонований нами продукт, тому робим висновок, що ринок є привабливим для входження, хоча на ньому вже існують вітчизняні і іноземні фірми, які працюють багато років і роблять продукцію хорошої якості, але за рахунок нової технології і переваг, які вона надає продукт є конкурентоспроможними.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 6.5).

Таблиця 6.2. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1	Гнучке виробництво товарів	Заводи, фірми з великою кількістю робочих центрів і з великою кількістю замовлень	Підприємства з великим асортиментом можливостей виготовлення будь-яких виробів	Скорочення часу, задіяння всіх робочих центрів, швидкий перехід до виготовлення іншого виробу.

Отже потенційною групою клієнтів продукту мають стати заводи, фірми з великою кількістю робочих центрів і з великою кількістю

замовлень, які побачать економічну вигоду у виготовленні виробів за новою методикою.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також працювати з такими програмами повинні висококваліфіковані фахівці. Також, повинно своєчасне технічне обслуговування даного продукту (таблиця 5.6).

Таблиця 6.3. Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Конкуренція	Широкий асортимент продукції конкурентів	Доведення на практиці, що технологія буде економічно вигіднішою, ніж у конкурентів
2	Старіння	Поява модернізованої продукції	Моніторинг трендів, постійна модернізація згідно з вимогами ринку
3	Відсутність попиту на продукцію	Не бажання споживачів переходити на нову технологію	Реклама. Приведення аргументованих доказів, що зміна технології приведе до збільшення попиту на продукт.
4.	Обслуговування	Ймовірність збоїв при роботі програми	Своєчасна підтримка в мережі інтернет
5.	Технічний	Мало спеціалістів в даній області	Впровадження постійної підтримки кваліфікованих техніків

В таблиці 6.6 ми визначили фактори загроз які перешкоджають ринковому впровадженню нашого проекту, а також можливу реакцію на фактор щоб звести до мінімуму його вплив.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 6.7).

Таблиця 6.4. Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Науково-технічні	Зміниться технологія виготовлення товару	Впровадить технологію і змінить вартість товару
2	Можливість створення сайту з реалізації товару	Можливість придбати продук на віддаленій відстані	Зробити акцент на якості продукції
3	Попит	Потреба вчасне вдосконалення продукту	Модернізація продукту, розробка нових ідей
4.	Політико правові	Може вплинути на	Зміна напрямків імпорту

		купівлю/продаж товару.	
5	Економічні	Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва.	Підвищення/пониження ціни на продукт; зменшення податкового тиску

В таблиці 6.7 ми визначили фактори можливостей які сприяють ринковому впровадженню нашого продукту, а вигоди які компанія може отримати відповідно від реакції на той чи інший фактор.

Таблиця 6.5. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Монополія	В галузі домінує одна фірма	Виготовлення вдосконаленого товару
2. Національний	Конкуренція фірм на міжнародному рівні	Реклама продукції. Створення сайту на різних мовах
3. Міжгалузєва	Виробники виготовляють продукти, які задовольняють різні потреби	Виготовлення товару відмінного в якості, ціні.
4. Товарно-видова	Різноманітні товари для задоволення конкретної потреби	Розробка нових технологій
5. Цінова	Використання ціни як засіб кращих умов збуту	Підвищення якості продукту, за такою ж ціною, що і у конкурентів
6. Марочна	Вказує, яке підприємство відповідальне за готовий продукт	Створення власної марки

В даній таблиці ми проаналізували ринок збуту нашого продукту і визначили загальні риси конкуренції на ньому.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 6.6. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	Toyota, RedPrairie, JDA Software	<i>Великий асортимент товарів у конкурентів.</i>	<i>Значення розміру поставок, Диференціація витрат</i>	<i>Розмір закупівель, торговельні знаки</i>	<i>Ціна, марки конкурентів.</i>
Висновки :	Інтенсивність конкуренції прийнятна. Більшість фірм	Присутні можливості входу в ринок за рахунок	Не диктують	Диктують. Вимоги до ціни і якості продукту	Велика кількість товарів-замінників

	отримують цілком помірний прибуток.	нової технології та інвестицій.			
--	-------------------------------------	---------------------------------	--	--	--

Отже, відповідно до наведеного вище аналізу головними силами, які діють на конкуренцію в галузі є постачальники і споживачі. Також все більшого значення набуває інтенсивність конкуренції між існуючими конкурентами.

Таким чином в межах структурного підходу до аналізу конкуренції тип конкуренції – монополістична конкуренція.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Поки проект не впроваджено в життя, це важко зробити точно, можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 6.7. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1	Надійність	Більша надійність продукту, ніж у конкурентів
2	Швидка зміна виробництва	За рахунок великої БД звеликою кількістю технологійних операцій
3	Якість	Вище перелічені фактори покращують якість продукту, а це один із головних критеріїв у клієнтів
4	Ціновий	Опрацювання відгуків клієнтів, вдосконалення відповідно до їх пропозицій та за можливості зниження ціни на продукт.
5	Новизна	Нова технологія дозволяє продукту стати конкурентоспроможними на ринку

В таблиці 6.10 на основі аналізу проведеного в таблиці 5.9 визначили та обґрунтували фактори конкурентоспроможності нашого проекту.

Таблиця 6.8. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Нульові напруження»

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Бали 1-20</i>	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з КСК</i>						
			<i>-3</i>	<i>-2</i>	<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>+1</i>	<i>+2</i>	<i>+3</i>
1	Надійність	14						+	

2	Швидка зміна виробництва	16						+	
3	Якість	15						+	
4	Ціна	12					+		
5	Новизна	16						+	

Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін показав, що надійність, довговічність і час роботи, за таку ж саму ціну на продукт, дає перевагу над іншими продуктами і тому проект може стати конкурентоспроможним на ринку.

Таблиця 6.9. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - більший оптимізована програма, ніж у конкурентів; - краща продуктивність; - краща якість продукту; - ціна така ж як і у конкурентів; - наявність патентів дозволяє споживачу бути впевненим у якості продукту. 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - продукт який ще не зарекомендував себе на ринку; - так як на ринку багато постачальників, у клієнтів багатий вибір продукту, компанії необхідно проводити рекламу свого продукту і збільшувати кількість його постачальників. - за рахунок високої ціни клієнти обирають більш дешевий продукт, що призводить до втрати потенційного заробітку.
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - потреба у збільшення надійності і довговічності інструменту, тим самим витіснити застарілий продукт із ринку; - забрати собі клієнтів у вже існуючих фірм за рахунок створення нової мережі постачання; - отримання нових замовлень на продукт; - збільшення продаж; - отримання державних замовлень на отримання послуг; - розширення ринку за рахунок іноземних замовників. 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - широкий асортимент продукції конкурентів; - поява якісніших технологій у конкурентів; - не бажання споживачів переходити на нову; - зменшення продажів через несвоєчасне виконання замовлень; - втрата клієнтів через недостатню технічну підтримку.

В таблиці 6.12 проводимо перелік сильних та слабких сторін проект. А також ринкових загроз та ринкових можливостей який складаємо на основі факторів загроз і можливостей який ми склали раніше. Ринкові

загрози та можливості на відміну від факторів ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 6.10. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Висока	8 місяців
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	1,5 рік

Проводимо аналіз розроблених нами альтернатив ринкового впровадження і з зазначених альтернатив обираємо ту яка має найбільшу ймовірність отримання ресурсів, а також є найшвидшою в реалізації. Отже обираємо стратегію нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу наявними ринковими можливостями.

6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 6.11. Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Державні підприємства	Готові	Середній попит	Висока	Середня
2	Приватні підприємства	Готові	Високий попит	Висока	Складна
3	НДІ	Готові	Середній попит	Низька	Просто
Які цільові групи обрано: Державні та приватні підприємства. Використовується стратегія диференційованого маркетингу.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи, для яких будемо пропонувати свою програму для оптимізації робочих центрів та визначили стратегію охоплення ринку: стратегію диференційованого маркетингу, тому що працюємо із конкретним сегментом, розробляючи для нього програму ринкового впливу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 6.12. Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Передбачає надання товару важливого з точки зору споживача властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів	Найкращі задіяні робочі центри, велика БД, виготовлення виробу в термін. Ціна така, як і у конкурентів	Стратегія диференціації

За базову стратегію розвитку було взято стратегію диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від конкурентів.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 6.13. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>№ n/n</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
1	Проект не є «першопрохідцем»	Компанія буде забирати існуючих у конкурентів	Не буде копіювати основні характеристики програми конкурента	Стратегія заняття конкурентної ніші

За базову стратегію конкурентної поведінки була прийнята стратегія зайняття конкурентної ніші, коли компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів малого розміру. Головне завдання компанії при цьому – це постійна турбота про підтримку і розвиток своєї конкурентної переваги, формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 6.14. Визначення стратегії позиціонування

<i>№ n/n</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні і позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувану комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1	Висока оптимізація і вчасне виготовлення виробів	Стратегія диференціації	Краща якість ніж у конкурентів за такою ж ціною	Надійність Стабільність Точність

Компанія за стратегію розвитку обрала диференціацію, і за цільові групи було обрано державні та приватні підприємства, хоча у них вже є постачальники, але за рахунок нової технології компанія буде забирати

клієнтів у конкурентів, і проводити підтримку та реалізовувати розвиток своєї конкурентної переваги.

6.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 6.15. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1	Потреба програмному забезпеченні для оптимізації робочих центрів, і виконання виготовлення виробів в термін	Задіяння всіх робочих центрів, виконання всіх поставлених задач в термін, швидке переналагодження системи виробництва	Постійна технічна підтримка та оновлення. Вдосконалення алгоритму розрахунків та його вдосконалення. Вдосконалення програми шляхом додавання нових можливостей і методів розрахунків.

За рахунок ключових переваг товару і стратегії диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей за такою ж ціною як і у конкурентів буде розроблено маркетингову програму стартап-проекту.

Таблиця 6.16. Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Програма для розрахунку напруження в різьбальному інструменті Можна виділити наступні вигоди використання: - забезпечення оптимізації робочих центрів; - виконання виготовлення виробів в термін; - швидке переналагодження виробів деталі; - підвищена якості продукції.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічні	Нм	Вр
	2. Призначення	Нм	Тх
	3. Надійність	М	Тл

	4. Технологічні	М	Тх
	5. Транспортабельності	М	Тх
	6. Безпеки	М	Тх
	Якість: Відповідає нормам ГОСТ 2.307-2011 «Виготовлення і складання виробів»		
Пакування: Картонна коробка із торгівельною маркою, назвою продукту і технічними характеристиками			
Марка: назва організації-розробника			
III. Товар із підкріпленням	Розповсюдження реклами		
	Акція, яка передбачає придбати кілька товарів за зниженою ціною		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Захист інтелектуальної власності, патент на винахід.			

В таблиці 6.19 ми створюємо три - рівневу модель нашого товару, що включає задум товару та його вигоди, основі характеристики готового товару, спосіб його пакування та захисту від копіювання та плагіату.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 6.20).

Таблиця 6.17. Визначення меж встановлення ціни

№ n/n	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	1500000 грн	1000000	Середній	1000000 - 2500000 грн

В таблиці проаналізовано ринкові ціни на товари аналоги та замінники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буде встановлена верхня та нижня межа на нашу програму.

Таблиця 6.18. Формування системи збуту

№ n/n	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Звична купівля з деяким змінами, або модифікована закупівля. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну	Доставка товару покупцю, його встановлення та налаштування.	Канал нульового рівня	Власна система збуту. Виробник безпосередньо продає товар клієнту і використовує три способи прямого

	ціни на товар (послугу), або зміну кількості постачання).			продажу : - Торгівля через магазини - Посилкова торгівля - Торгівля в роздріб
--	---	--	--	--

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів було обрано власну систему збуту, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту через торгівлю в магазинах, посылками чи в роздріб. Також заглибину каналу збуту було обрано канал нульового рівня, тому що компанія хоче мати тісні контакти із споживачами на обмеженому цільовому каналі.

Таблиця 6.19. Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
1	Перегляд інформаційний ресурсів із потрібним якісним товаром за доступною ціною.	Інтернет ресурси, виставки, рекламні статті.	Послідовність у реалізації обраної позиції. Доступність та об'єктивність інформації про фірму та товар. Послідовність при прийнятті рішень.	Інформаційне завдання про новий товар, та формування знань про марку та виробника.	Висока якість і швидке виготовлення виробів.

Висока якість і швидке виготовлення виробів є головною концепцією товару, за рахунок яких він є конкурентоспроможним на ринку.

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів було обрано власну систему збуту, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту.

Ціноутворення відбувається на основі аналізу товарів – аналогів і відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту з залученням експертів.

За ринкову поведінку буде прийнята стратегія зайняття конкурентної ніші, коли компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів малого розміру. Головне завдання компанії при цьому – це постійна турбота про підтримку і розвиток своєї конкурентної переваги, формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.

Висновки до розділу

Ринкова комерціалізація проекту опирається на наявний попит, динаміку ринку та рентабельність роботи на ринку. Клієнти на даному ринку зазвичай займаються звичною купівлею з деякими змінами, яка передбачає придбання дещо змінених товарів, або зміну ціни на товар, саме на це і розрахований даний стартап, так як за рахунок розробленої програми відбудеться покращення характеристик інструменту, він матиме кращі властивості при роботі порівняно із товарами конкурентів.

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів і розробивши власну систему збуту є хороші перспективи впровадження даного продукту на ринок. Бар'єром входження на ринок є велика кількість товарів-аналогів, але порівняно із ними дана програма оптимізує робочі центри, має велику БД, виготовлення виробів в заданий термін і швидке переналагодження системи за рахунок чого він може стати конкурентоспроможним на ринку.

Впровадження на ринок розроблена на основі стратегії зайняття конкурентної ніші, коли компанія в якості цільового ринку вибирає один або декілька ринкових сегментів малого розміру.

Отже, подальша імплементація продукту є доцільною за рахунок сильних сторін продукту і наявного попиту на ринку.

ВИСНОВОК

Основним результатом цієї роботи є розроблена інформаційна система планування виробництва підприємства. Всі завдання, поставлені в цій випускній роботі, виконані в повному обсязі.

Зроблено порівняльний аналіз існуючих підходів до автоматизації процесу виробничого планування. Обґрунтовано вибір використаних в розробленій інформаційній системі підходів.

Розроблено архітектуру інформаційної системи, в яку входить база даних на СУБД MS SQL Server і клієнтська частина на базі системи WPF. Обидва компоненти пов'язані з використанням технології Entity Framework. Розроблено схему бази даних, в якій здійснюється зберігання вихідної і результуючої інформації.

Розроблено алгоритми автоматизації планування виробництва на базі обраної методології виробничого планування, яка передбачає формування виробничого плану в дві стадії: укрупнення планування (з формуванням основного плану) і детальне планування (з формуванням оперативного плану-графіка виконання операцій).

Розроблено засоби візуалізації результатів планування, що дозволяють наочно відобразити терміни завершення виготовлення всього виробу і входять до нього деталей і зборок, а також оцінити планову завантаження виробничого обладнання. Для цих цілей був розроблений власний компонент відображення у вигляді діаграми Гантта.

Проведена перевірка роботи інформаційної системи на даних по невеликому пробному виробу. Результати апробації дозволяють зробити висновок, що розроблена інформаційна система дозволяє у відносно короткий термін отримати виробничий план і видати завдання виробничого персоналу для виготовлення виробу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бураков, П.В. Корпоративные информационные системы [Текст]. Учебное пособие / П.В. Бураков. – СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – 96 с.
2. Горелик, О.М. Производственный менеджмент: принятие и реализация управленческих решений [Текст]: учебное пособие / О.М. Горелик. – М.: КНО-РУС, 2007. – 272 с.
3. Иванов, О.В. Информационная поддержка контура «Логистика и SCM» в системе SAP R/3 [Текст] // Логистика и управление цепями поставок. – №5. – 2005. – С.21-36.
4. Козловский, В.А. Производственный менеджмент [Текст]: учебник / под ред. В.А. Козловского. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 574 с.
5. Левенцов, В.А. Планирование на предприятии машиностроения [Текст]: учеб. пособие / под общей ред. проф. В.В. Кобзева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 136 с.
6. Мауэргауз, Ю.Е. «Продвинутое» планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок [Текст] / Ю.Е. Мауэргауз. – М.: Экономика, 2012. – 574 с.
7. Петров, В.А. Организация, планирование приборостроительного производства и управление предприятием [Текст]: Учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов / В.А. Петров [и др.]. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 424 с.
8. Рахманова, И.О. Информационная поддержка бизнес-процессов [Текст]: учеб. пособие / под общей ред. проф. В.В. Кобзева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 153 с.
9. Сергеев, В.И. Управление цепями поставок [Текст]: учебник для бакалавров и магистров / В.И. Сергеев. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 479 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс.

10. Стивенсон, В.Д. Управление производством [Текст] / В.Д. Стивенсон; пер. с англ. – М.: Лаборатория базовых знаний, БИНОМ, 1998. – 928 с.
11. Трусова, Л.И. Организация производства и менеджмент в машиностроении [Текст]: учебное пособие / Л.И. Трусова [и др.]. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 63 с.
12. Фролов, Е.Б. Современные концепции управления в производственной логистике [Текст]. Часть I / Е.Б. Фролов // Станочный парк. – № 4 (70). – 2010. – С.4-7.
13. Фролов, Е.Б. Современные концепции управления в производственной логистике [Текст]. Часть II / Е.Б. Фролов // Станочный парк. – № 4 (70). – 2010. – С.10-12.
14. Фролов, Е.Б. MES-системы, как они есть, или эволюция систем планирования производства [Текст] / Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин // Metalloobrabatывающее оборудование. – № 10 (55). – 2008. – С.31–37.
15. Чейз, Р.Б. Производственный и операционный менеджмент [Текст] / Р.Б. Чейз [и др.]; 8-е изд.; пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 704 с.
16. Albahari, J. C# in a Nutshell, Fifth Edition [Текст] / Joseph Albahari, Ben Albahari. – Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc, 2012. – 1042 p.
17. Нах, А.С. Production and inventory management [Текст] / Arnolddo C. Нах, Dan Candea. – New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1984. – 513 p.
18. Monk, Ellen F. Concepts in enterprise resource planning [Текст] / Monk, Ellen F., Wagner, Brej J. – Boston: Thomson Course Technology, 2013.
19. Philip, G. Moscoso. An empirical study on reducing planning instability in hierarchical planning systems [Текст] / Philip G. Moscoso, Jan C. Fransoo, Dieter Fischer // Production Planning & Control. – № 4 (21). – 2010. – С.413-426.
20. Troelsen, A. C# 6.0 and the .NET 4.6 Framework, Seventh edition [Текст] / Andrew Troelsen, Philip Japikse. – Apress, 2015. – 1625 с.

21. Как цепочку превратить в канат с помощью ИТ [Электронный ре-сурс] // Управление производством. – Режим доступа: http://www.ur-pro.ru/library/information_systems/production/cepochky_v_kanat.html. – Дата до-ступа: 14.12.2016.
22. Comparing MRP, Excel planning spreadsheets and APS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://frepple.com/blog/comparing-mrp-excel-planning-spreadsheets-aps/>. – Дата доступа: 20.11.2016.
23. ERP дрейфует к моделированию социума [Электронный ресурс] // Независимый портал ERP-ONLINE.RU. – Режим доступа: http://www.erp-online.ru/phparticles/show_news_one.php?n_id=310. – Дата доступа: 12.11.2016.
24. FrePPLe 2.2 [Электронный ресурс]. Technical guide. – Режим доступа: <https://frepple.com/docs/2.2/technical-guide/index.html>. – Дата доступа: 15.11.2016.
25. Production planning, forward or backward scheduling? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://manufacturing-software-blog.mrpeasy.com/blog/2016/06/21/backward-scheduling/>. – Дата доступа: 09.11.2016.
26. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник [Текст] / Л.С. Ямпольський, П.П. Мельничук, Б.Б. Самотокін, М.М. Поліщук, М.М. Ткач, К.Б. Остапченко, О.І. Лісовиченко.- Житомир: ЖДТУ, 2005.- 680 с.: 362 іл.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету приладобудівного
факультету

_____ Г.С. Тимчик

« ____ » _____ 2018 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

магістранта Волошина Костянтина Петровича

на тему:

**«Інформаційна система планування механоскладального
виробництва»**

Комісії у складі:

Голова – Заступник декана приладобудівного факультету з навчально-методичної роботи _____, к.т.н. доцент Філіппова М.В.;

Члени комісії - к.т.н. доцент Вислоух С.П.;

- к.т.н. старший викладач Осадчий О.А.;

цим актом засвідчує те, що результати дисертаційного дослідження Волошина Костянтина Петровича на тему: «Інформаційна система планування механоскладального виробництва» - а саме розроблене програмне забезпечення та алгоритми планування виробництва використовуються при проведенні комп'ютерних практикумів з дисциплін «Технології інформаційної підтримки виробів в приладобудуванні» та «Інформаційні та інтелектуальні системи» на кафедрі виробництва приладів КПІ ім. Ігоря Сікорського при підготовці здобувачів вищої освіти.

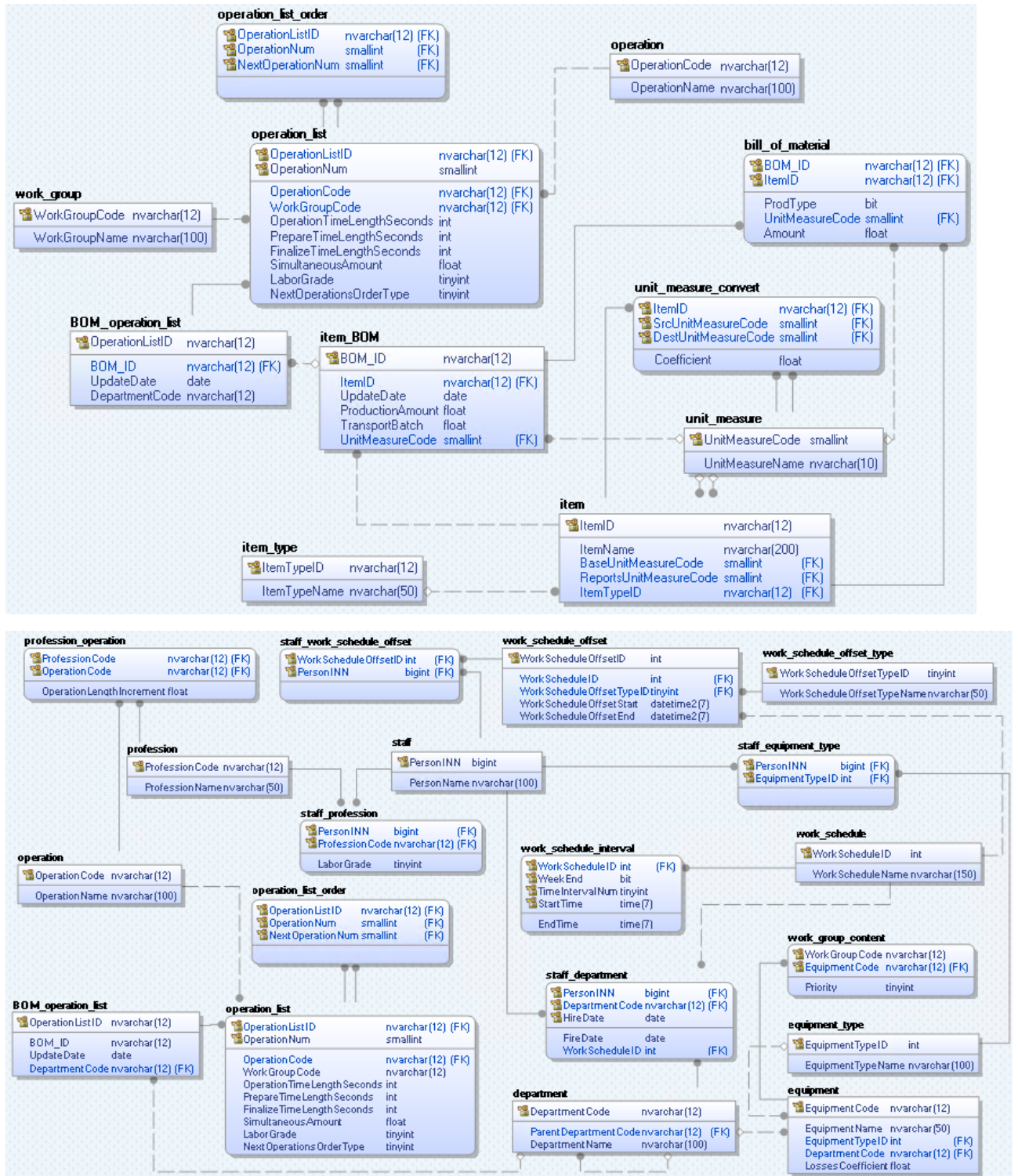
Голова комісії _____ М.В. Філіппова

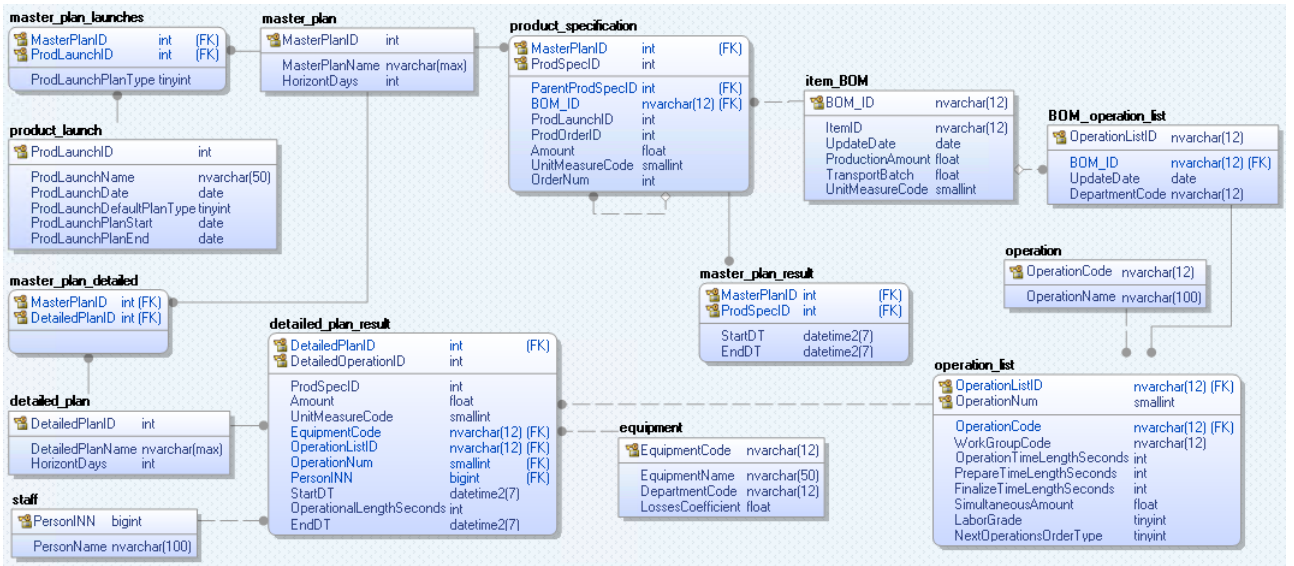
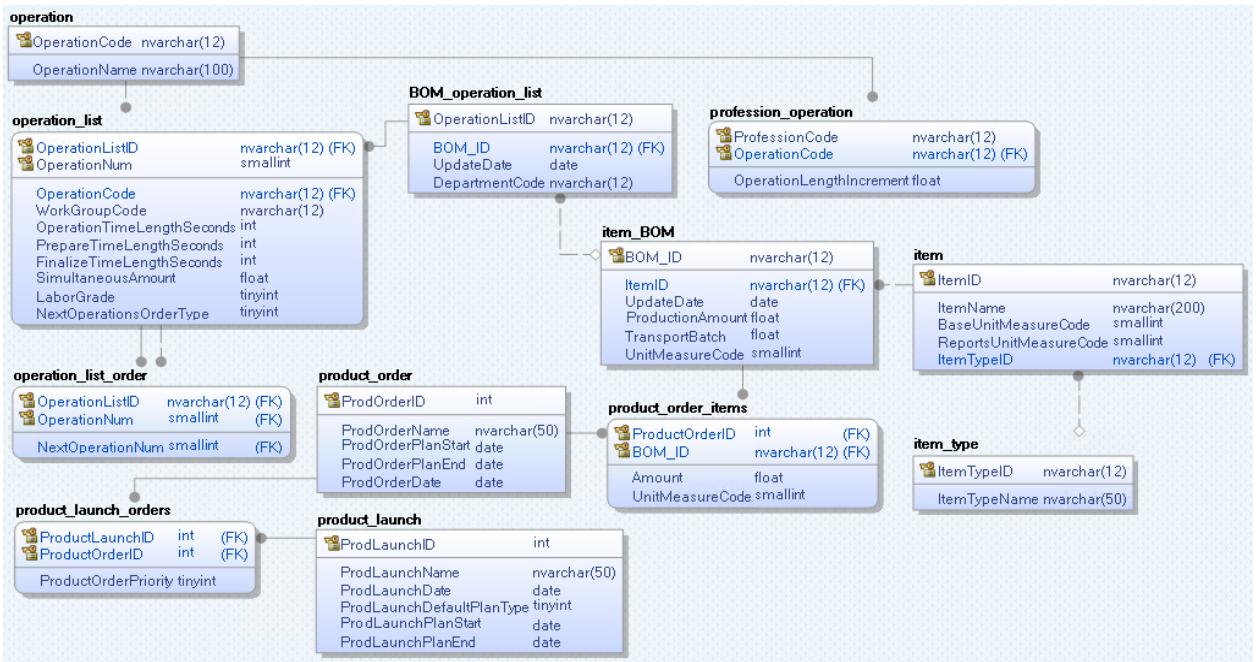
Члени комісії _____ С.П. Вислоух

_____ О.А. Осадчий

« ____ » _____ 2018р.

Додаток 1. СХЕМА БАЗИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ





Додаток 2. ВИХІДНИЙ КОД ПРОЦЕДУРИ БД ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ ПРАВИЛ ПЕРЕРАХУНКУ ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ НОМЕНКЛАТУРИ

```
namespace InfSys
{
    /// <summary>
    /// Interaction logic for ProductInformation.xaml
    /// </summary>
    public partial class ProductInformation : UserControl
    {
        public ProductInformation()
        {
            InitializeComponent();
            but_search.Click += But_search_Click;
            but_cancelSearch.Click += But_cancelSearch_Click;
            lv_codeName.SelectionChanged += Lv_codeName_SelectionChanged;
        }

        private void Lv_codeName_SelectionChanged(object sender,
            SelectionChangedEventArgs e)
        {
            CodeName cn = (CodeName)lv_codeName.SelectedItem;
            using (var context = new ProdModelEDMEntities1())
            {
                var boms = from bom in context.bill_of_material
                    where bom.ItemID == cn.Code
                    select bom;
                lv_boms.Items.Clear();
                foreach(var bom in boms)
                {
                    lv_boms.Items.Add(new CodeDate
                    {
                        Code = bom.item.ItemID,
                        Date = bom.item_BOM.UpdateDate
                    });
                }

                var oper_lists = from ol in context.operation_list
                    where ol.BOM_operation_list.item_BOM.ItemID ==
cn.Code
                    select ol;
                lv_operations.Items.Clear();
                foreach(var oper_list in oper_lists)
```

```

    {
        lv_operations.Items.Add(new CodeDate
        {
            Code = oper_list.OperationCode,
            Date = oper_list.BOM_operation_list.UpdateDate
        });
    }
}

```

CancellationTokenSource tokenSource;

```

private void But_cancelSearch_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    tokenSource.Cancel();
}

```

```

private void But_search_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    tokenSource = new CancellationTokenSource();
    try
    {
        using (var context = new ProdModelEDMEntities1())
        {
            tokenSource.Token.ThrowIfCancellationRequested();
            var items = from i in context.item
                where i.ItemName.Contains(tb_search.Text)
                select i;

            lv_codeName.Items.Clear();
            foreach (var i in items)
                lv_codeName.Items.Add(new CodeName { Code = i.ItemID,
Name = i.ItemName });

            txt_itemCount.Text = items.Count().ToString();
        }
    }
    catch (OperationCanceledException ex)
    {
        lv_codeName.Items.Clear();
    }
}

```

```

void ListView_MouseDoubleClick(object sender, MouseButtonEventArgs
e)
{
    CodeName cn = (CodeName)lv_codeName.SelectedItem;
    var window = new BillOfMaterialWindow(cn);
    if(window.IsValid)
        window.ShowDialog();
}
}
public class CodeName
{
    public string Code { get; set; }
    public string Name { get; set; }
}
public class CodeDate
{
    public string Code { get; set; }
    public DateTime Date { get; set; }
}
public class CodeNameCount
{
    public string Code { get; set; }
    public string Name { get; set; }
    public int Count { get; set; }
}
}

```

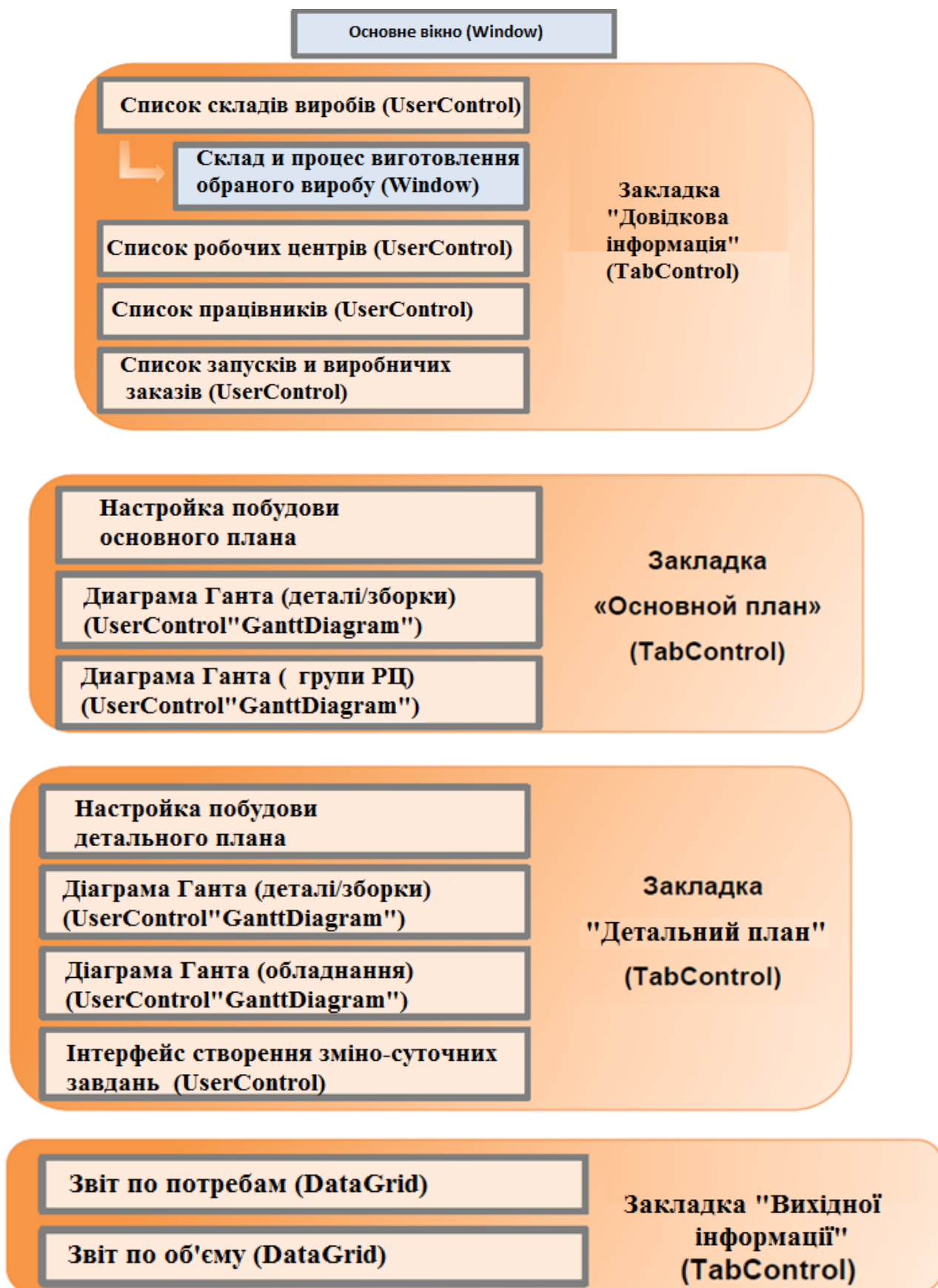

ДОДАТОК 3. ПОРЯДОК ЗАПОВНЕННЯ БД

Для коректного заповнення бази даних з дотриманням обмежень цілісності слід проводити заповнення таблиць в наступному порядку:

1. unit_measure
2. item_type
3. item
4. item_BOM
5. bill_of_material
6. department
7. BOM_operation_list
8. operation
9. work_group
10. operation_list
11. equipment_type
12. equipment
13. work_group_content
14. unit_measure_convert
15. profession
16. profession_operation
17. staff
18. work_schedule
19. staff_department
20. staff_profession
21. staff_equipment_type
22. work_schedule_interval
23. work_schedule_offset_type
24. work_schedule_offset
25. staff_work_schedule_offset

При необхідності, очищення таблиць БД слід проводити в зворотному порядку.

Додаток 4. ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ ІС



Додаток 5. ВИХІДНИЙ КОД РЕАЛІЗАЦІЇ ЧАСТИНИ ЕТАПУ УКРУПНЕННЯ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Data;
using System.Windows.Documents;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
using System.Windows.Media.Imaging;
using System.Windows.Shapes;

namespace InfSys
{
    /// <summary>
    /// Interaction logic for BillOfMaterialWindow.xaml
    /// </summary>
    public partial class BillOfMaterialWindow : Window
    {
        public bool IsValid { get; private set; }
        const string AMOUNT = "amount";
        DateTime StartPeriod;
        FormReader formReader;
        bool assembly;
        bool dateEnabled;
        string itemID;
        public BillOfMaterialWindow(CodeName cn)
        {
            IsValid = true;
            InitializeComponent();
            itemID = cn.Code;
            txt_itemName.Text = cn.Name;
            using (var context = new ProdModelEDMEntities1())
            {
                var item_bom = (from ib in context.item_BOM
                               where ib.ItemID == cn.Code
```

```

        select ib).FirstOrDefault();
    if(item_bom == null)
    {
        MessageBox.Show("Нет данных по материалам в базе данных.",
"Ошибка!", MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
        Close();
        IsValid = false;
        return;
    }
    txt_updateDate.Text = item_bom.UpdateDate.ToString();
}
formReader = new FormReader();
formReader.AddIntegerField(AMOUNT, tb_amount);
but_createList.Click += But_createList_Click;
but_search.Click += But_search_Click;
}

private void But_search_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    if (!CheckoutForm())
        return;
    lv_output.Items.Clear();
    if (BOI.Bills == null || BOI.Bills.Count == 0)
        return;
    var billsToShow = bills.Select(b => b);

    if(combo_assembly.SelectedItem != null)
    {
        string assemblyID =
((ComboBoxItem)combo_assembly.SelectedItem).Content.ToString();
        if (assemblyID != "none")
            billsToShow = BOI.Bills.Where(b => b.Bills != null && b.ItemID
== assemblyID);
    }

    if(combo_nomenclatura.SelectedItem != null)
    {
        string nomType =
((ComboBoxItem)combo_nomenclatura.SelectedItem).Content.ToString();
        billsToShow = billsToShow.Where(b => b.NomenclatureType ==
nomType);
    }

    if(combo_prod.SelectedItem != null)

```

```

    {
        string prodType =
((ComboBoxItem)combo_prod.SelectedItem).Content.ToString();
        billsToShow = billsToShow.Where(b => b.ProdTp == prodType);
    }
    foreach (var bil in billsToShow)
        lv_output.Items.Add(bil);
    txt_posCount.Text = billsToShow.Count().ToString();
}

List<BillOfItem> bills;
BillOfItem BOI;
private void But_createList_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    if (!CheckoutForm())
        return;
    lv_output.Items.Clear();
    lv_operations.Items.Clear();
    List<string> assemblies = new List<string>();
    combo_assembly.Items.Clear();
    using (var context = new ProdModelEDMEntities1())
    {
        var itemBOMs = from ib in context.item_BOM
                       where ib.ItemID == itemID
                       select ib;

        if (dateEnabled)
            itemBOMs = itemBOMs.Where(ib => ib.UpdateDate >=
StartPeriod).Select(ib => ib);

        var itemBOM = itemBOMs.FirstOrDefault();
        if (itemBOM == null)
        {
            MessageBox.Show("Nothing to do", "Operation failed",
MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Information);
            return;
        }
        BOI = GetItemBill(itemBOM.ItemID,
formReader.GetIntegerValue(AMOUNT), true, true);
        bills = new List<BillOfItem>();
        foreach(BillOfItem b in BOI.Bills)
            bills.AddRange(GetDeepestBills(b));
        if (assembly)
        {

```

```

        foreach (BillOfItem b in BOI.Bills.Where(b => b.Bills != null))
            combo_assembly.Items.Add(new ComboBoxItem { Content =
b.ItemID });
        if (combo_assembly.Items.Count > 0)
            combo_assembly.Items.Add(new ComboBoxItem { Content =
"none" });
    }
}
foreach (BillOfItem boi in bills)
    lv_output.Items.Add(boi);
combo_prod.Items.Clear();
foreach (string type in bills.Select(b => b.ProdTp).Distinct())
    combo_prod.Items.Add(new ComboBoxItem { Content = type });
combo_nomenclatura.Items.Clear();
foreach (string nomType in bills.Select(b =>
b.NomenclatureType).Distinct())
    combo_nomenclatura.Items.Add(new ComboBoxItem { Content =
nomType });
foreach (ComboBox cb in new ComboBox[] { combo_assembly,
combo_nomenclatura, combo_prod })
    if (cb.Items.Count > 0)
        cb.SelectedIndex = 0;
foreach (BillOfItem boi in bills)
    foreach (ItemOperation item_op in boi.Operations)
        lv_operations.Items.Add(item_op);
txt_posCount.Text = bills.Count.ToString();
}
List<BillOfItem> GetDeepestBills(BillOfItem b)
{
    List<BillOfItem> bills = new List<BillOfItem>();
    if (b.Bills == null)
        bills.Add(b);
    else
    {
        foreach(BillOfItem bill in b.Bills)
            bills.AddRange(GetDeepestBills(bill));
    }
    return bills;
}
BillOfItem GetItemBill(string id, int amount, bool recursive, bool
prodType)
{
    BillOfItem boi = new BillOfItem { ItemID = id };
    using (var context = new ProdModelEDMEntities1())

```

```

{
    var itemBom = (from ib in context.item_BOM
                  where ib.ItemID == id
                  select ib).First();

    boi.Amount = amount;
    boi.Nomenclature = id + " - " + itemBom.item.ItemName;
    boi.NomenclatureType = itemBom.item.item_type.ItemTypeName;
    boi.ProdType = prodType;
    boi.ProdTp = prodType ? "Производство" : "Другое";

    boi.Operations = new List<ItemOperation>();
    foreach(var bom_op_list in itemBom.BOM_operation_list)
    {
        foreach(var op_list in bom_op_list.operation_list)
        {
            boi.Operations.Add(new ItemOperation
            {
                OperationName = op_list.operation.OperationName,
                WorkGroupName = op_list.work_group.WorkGroupName,
                Amount = boi.Amount,
                ItemName = boi.Nomenclature
            });
        }
    }

    if (recursive)
    {
        var bills = from b in context.bill_of_material
                   where b.BOM_ID == itemBom.BOM_ID
                   select b;
        if (bills.Count() > 0)
        {
            boi.Bills = new List<BillOfItem>();

            foreach (var bill in bills)
            {
                string itemID = bill.ItemID;
                boi.Bills.Add(GetItemBill(itemID, boi.Amount *
(int)bill.Amount, assembly, bill.ProdType));
            }
        }
    }
}

```



```

        return boi;
    }

    bool CheckoutForm()
    {
        if(cb_dateEnabled.IsChecked == true &&
!DateTime.TryParse(dp_date.Text, out StartPeriod) ||
!formReader.Validate())
        {
            MessageBox.Show("Недостаточно данных для формирования", "",
MessageBoxButton.OK, MessageBoxImage.Error);
            return false;
        }
        assembly = cb_assembly.IsChecked == true;
        dateEnabled = cb_dateEnabled.IsChecked == true;
        return true;
    }
}
public class BillOfItem
{
    public string ItemID { get; set; }
    public int Amount { get; set; }
    public string Nomenclature { get; set; }
    public string NomenclatureType { get; set; }
    public bool ProdType { get; set; }
    public string ProdTp { get; set; }
    public List<BillOfItem> Bills { get; set; }
    public List<ItemOperation> Operations { get; set; }
}
public class ItemOperation
{
    public string ItemName { get; set; }
    public int Amount { get; set; }
    public string OperationName { get; set; }
    public string WorkGroupName { get; set; }
}
}

```

СПИСОК

наукових праць Волошина Костянтина Петровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

№ п/п	Назва	Видавництво, журнал (назва, номер, рік) чи номер авторського свідоцтва	К-сть друк. сторінок	Прізвища співавторів
1	2	3	4	5
1.	Обобщенная система управления приборостроительным производством	10-я международная научно-техническая конференция «Приборостроение-2017», м. Мінськo Беларусь	1	Філіппова М.В.
2.	Виробнича система складання виробів	Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць XVI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 12-13 квітня 2018 р. – Кременчук, КрНУ, 2018. – с. 85-87	2	Філіппова М.В.
3.	Методологія IDEF в технологічній підготовці механоскладального виробництва	Матеріали X науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», 16-17 травня 2017 р., м. Київ, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сік орського, с. 53	1	
4.	Алгоритм классификации изделий на основе их конструктивно-технологических свойств	Новые направления развития приборостроения : материалы 10-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 26-28 апреля 2017 г. : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. - С. 249-250	2	Соколенко М.В.
5.	Трубчатий цвях	Патент № 106496 Україна, F16B 15/06 (2006.01). заявник і власник патенту Подолян Олександр Олександрович (ua); Волошин Костянтин Петрович (ua) u201511074 від 12.11.2015 р. . Оубл. 25.04.2016, бюл. № 8	2	Подолян О.О.
6.	Шипоголовчатий цвях	Патент № 106497 Україна, F16B 15/06 (2006.01). заявник і власник патенту Подолян Олександр Олександрович (ua); Волошин Костянтин Петрович (ua) u201511076 від 12.11.2015 р. . Оубл. 25.04.2016, бюл. № 8	2	Подолян О.О.

7.	Щілильний цвях	Патент № 106498 Україна, F16B 15/00 (2006.01). заявник і власник патенту Подолян Олександр Олександрович (ua); Волошин Костянтин Петрович (ua) u201511077 від 12.11.2015 р. . Оpubл. 25.04.2016, бюл. № 8	2	Подолян О.О.
8.	Шипчатий цвях	Патент № 106499 Україна, F16B 15/06 (2006.01). заявник і власник патенту Подолян Олександр Олександрович (ua); Волошин Костянтин Петрович (ua) u201511079 від 12.11.2015 р. . Оpubл. 25.04.2016, бюл. № 8	2	Подолян О.О
9.	Посилений цвях	Патент № 106500 Україна, F16B 15/00 (2006.01). заявник і власник патенту Подолян Олександр Олександрович (ua); Волошин Костянтин Петрович (ua) u201511080 від 12.11.2015 р. . Оpubл. 25.04.2016, бюл. № 8	2	Подолян О.О
10.	Шуруп	Патент № 106542 Україна, F16B 25/04 (2006.01). заявник і власник патенту Подолян Олександр Олександрович (ua); Волошин Костянтин Петрович (ua) u201511402 від 19.11.2015 р. . Оpubл. 25.04.2016, бюл. № 8	2	Подолян О.О
11.	MES–система керування виробництвом	Матеріали XI науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2018 р., м. Київ, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сік орського, с. 199-201	3	Філіппова М.В.
12.	Система складання виробів за груповою технологією	Патент № u 2017 11733, Україна). заявник і власник патенту Філіппова Марина Вячеславівна(ua); Волошин Костянтин Петрович (ua); Заєць Сергій Сергійович (ua); Волошко Оксана Вячеславівна (ua); дата одержання 30.11.2017	2	Заєць С.С. Філіппова М.В. Волошко О.В.

Декан ПБФ _____ Тимчик Г.С.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Автор _____ Волошин К.П.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

