

А. В. Трубін, М. В. Приходько, Л. М. Дейнеко

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Розглянуто процес впровадження цифровізації розроблення виробів на прикладі створення конструкторської документації на підприємстві «КБ «Південне» у контексті концепції «Industry 4.0» (Індустрія 4.0) з використанням чотирьох принципів: «Сумісність», «Прозорість», «Безперервний супровід» і «Децентралізація». Розглянуто принципи цифрової трансформації, переваги інтеграції системи автоматизованого проектування (Computer-Aided Design (CAD)), системи автоматизації інженерних розрахунків (Computer-Aided Engineering (CAE)), системи автоматизованого виробництва (Computer-Aided Manufacturing (CAM)), системи управління проектними даними (Product Data Management (PDM)), системи управління життєвим циклом продукту (Product Lifecycle Management), удосконалення єдиного інформаційного простору підприємства та застосування проектного підходу до розроблення виробів. Це дозволило значно підвищити ефективність проектних процесів. У першу чергу відзначено скорочення часу на погодження проектної документації, оскільки всі дані централізовано зберігають і обробляють у єдиному цифровому середовищі. Автоматизоване генерування потоку робіт забезпечує високий рівень узгодженості та зменшує ризик виникнення помилок за ручної підготовки документів. Крім того, параметричне та каркасне моделювання дозволяє оперативно вносити зміни в конструктивні елементи виробу, що автоматично відбивається у всіх пов'язаних документах. Особливу увагу приділено встановленню чітких вимог до шаблонів, каркасів, інтерфейсів, таблиць параметрів, ескізів, 3D-моделей деталей і складаних одиниць, креслеників і специфікацій, що гарантує однакові правила роботи для всіх учасників проекту та дозволяє фахівцям швидко орієнтуватися в структурі виробу, зрозуміти логіку побудови моделі, вносити зміни та приймати технічні рішення. Підкреслено, що цифровізація та застосування єдиного інформаційного простору створюють основу для подальшого розвитку інноваційних рішень і забезпечують стійкість підприємства в умовах цифрової економіки.

Ключові слова: Industry 4.0, CAD / CAE / CAM / PDM, Project Management Body of Knowledge (PMBOK), цифровізація, єдиний інформаційний простір, проектний підхід.

The article examines the process of implementing digitalization for product making using the example of design documentation development at Yuzhnoye SDO in conformity with the Industry 4.0 concept. This concept applies four principles: compatibility, transparency, continuous support, and decentralization. The article also examines the principles of digital transformation, the advantages of integrating Computer-Aided Design (CAD), Computer-Aided Engineering (CAE), Computer-Aided Manufacturing (CAM), Product Data Management (PDM), and Product Lifecycle Management (PLM), the improvement of the enterprise's unified information space, and the application of the project-based approach to product development. This approach has significantly increased the efficiency of design processes. Foremost, reducing the number of hours for approving design documentation is noted, as all data is centrally stored and processed in a single digital environment. The automated generation of workflow provides a high level of consistency and reduces the risk of errors during manual preparation of documents. In addition, the parametric and skeletal modeling allows for prompt changes in the structural elements of the product, which are automatically reflected in all related documents. The article specifically focuses on the formulation of distinct requirements for templates, wireframes, interfaces, parameter tables, sketches, 3D models of parts and assembly units, drawings, and bills of materials. These requirements ensure the same rules of work among all project participants, enabling professionals to navigate the product structure promptly, understand the logic of model construction, make changes, and make technical decisions. The article emphasizes that digitalization and the utilization of a single information space produce a basis for further devising innovative solutions and ensuring the enterprise's sustainability under digital economy conditions.

Keywords: Industry 4.0, CAD / CAE / CAM / PDM, Project Management Body of Knowledge (PMBOK), digital, single information space, project-based approach.

Вступ

Сучасний розвиток промислових підприємств неможливий без інтеграції цифрових технологій у виробничі процеси. Загальною тенденцією є концепція «Industry 4.0», яка передбачає використання кіберфізичних систем, цифрових двійників і автоматизованих процесів проектування. В Україні створено національний рух «Industry 4.0 в Україні» [1]. Основним драйвером у цьому русі є Асоціація підприємств промислової автоматизації України (АППАУ), з якою КБ «Південне» тісно взаємодіє.

Перехід підприємства до цифрової економіки з метою адаптації до світу, де взаємодіють кіберфізичні системи, уже не лише питання підвищення ефективності. У більшості випадків це стає необхідністю.

Цифрова трансформація підприємства – це не просто сукупність проєктів з автоматизації бізнес-процесів і технологій. Завдяки високому рівню автоматизації, наявності та доступності цифрових технологій і систем змінам підлягають усі сфери діяльності підприємства, усі види його процесів, а також організаційна структура.

Основні принципи побудови «Industry 4.0» (рис. 1) – сумісність, прозорість, безперервний супровід і децентралізація управлінських рішень – забезпечують прозорість процесів, гнучкість у внесенні змін і підвищення якості проектування [2].

Сумісність	Прозорість	Безперервний супровід	Децентралізація
Здатність машин, обладнання, сенсорів і людей взаємодіяти та спілкуватись один з одним (IoT)	У віртуальному світі створюється цифрова копія реальних об'єктів, систем, функцій, яка повторює все, що відбувається з її фізичним клоном	Продаж не товару, а функціонала (продаємо не двигуни, а льотні години, не сервери та ПЗ, а сервіс з його використання	Децентралізація управлінських рішень, делегування деяких з них кіберфізичним системам

Рис. 1. Основні принципи «Industry 4.0»

Таким чином, принципи «Industry 4.0» можна розглядати не лише як вимоги чи характеристики, а як стратегічні орієнтири розвитку підприємства.

Ці принципи можуть стати основою для розроблення цифрової стратегії та дорожньої карти трансформації, забезпечуючи узгодженість технічних рішень, організаційних процесів і бізнес-моделей.

Однак перехід до концепції «Industry 4.0» супроводжується рядом викликів і відкритих питань. Серед них – необхідність розроблення ефективної цифрової стратегії, інтеграція нових технологій у вже існуючі виробничі процеси підприємства, забезпечення сумісності різних інформаційних систем, стандартизація обміну даними, підготовка кваліфікованих кадрів і адаптація організаційної структури до нових умов.

Поставлення завдання

Наразі на підприємстві налагоджується перехід у цифрове середовище «Industry 4.0», що дає змогу підприємству бути конкурентоспроможним на світовому ринку. Найбільшою сферою, схильною до цифровізації на підприємстві, є процес розроблення конструкторської документації.

Замість традиційного ручного підходу «Industry 4.0» пропонує безперервний цифровий ланцюг розроблення: від алгоритмів (1D) і креслеників (2D) до тривимірних моделей (3D) і електронних документів, інтегрованих із системами CAE та CAM, під управлінням PDM / PLM-систем [3].

Головними складовими для досягнення цієї мети є наявність єдиного інформаційного середовища та застосування проєктного підходу до розроблення, що дозволяє забезпечити узгодженість даних, колективну роботу фахівців різних підрозділів і контроль за всіма етапами створення документації.

Для реалізації цього завдання необхідно:

- створити єдине інформаційне середовище проектування та супроводу виробу;
- забезпечити колективну роботу фахівців різних підрозділів у межах єдиного інформаційного простору;
- підвищити узгодженість і прозорість даних на всіх етапах життєвого циклу продукції;
- сформулювати основу для подальшої інтеграції виробничих і управлінських процесів підприємства в концепцію «Industry 4.0».

Основна частина

Багато підприємств досі виконують розроблення в ієрархічній структурі, де кожний суб'єкт виконує ряд робіт, передаючи

результати один одному, що викликає затримки в часі та розрізненість даних.

При цьому за стандартних методів розроблення залучають велику кількість нормативних документів, які часто є розрізненими, неактуальними та які жорстко регламентують порядок виконання робіт.

На початковій стадії особливо важливо сформувати концепцію реалізації, яка стане основою для подальших технічних і організаційних рішень.

На початку робіт необхідно:

- визначити та документально підтвердити заявлені цілі проєкту, призначити відповідальних за кожну мету, визначити склад документів (моделей), що підтверджують виконання мети;

- підготувати програмно-апаратні засоби до роботи;

- визначити організаційні заходи, що містять тимчасовий розпорядок робіт і розподіл прав і обов'язків;

- здійснити інтеграцію з вхідними та вихідними процесами (як отримати дані з існуючих систем, куди і як передати отримані результати);

- визначити процедуру завершення проєкту, проаналізувати його та підготувати підприємство до наступного проєкту.

Для переходу від таких стандартних методів розроблення до прогресивних підходів доцільно застосовувати проєктні методики на основі Project Management Body of Knowledge (PMBOK), адаптуючи їх до реальних умов роботи підприємства та враховуючи можливі ризики [4].

Відповідно до структури PMBOK реалізацію проєкту поділяють на три ключові етапи, а саме: ініціація, виконання та закриття [5].

На етапі «Ініціація» виконують роботи для визначення нового проєкту або фази існуючого проєкту шляхом уточнення основних положень. Це роботи для встановлення змісту проєкту, уточнення цілей і визначення напрямку дій для досягнення цілей проєкту, таких як: розроблення статуту проєкту, ідентифікація зацікавлених сторін, розроблення плану керування проєктом, збір вимог, визначення операцій [5].

На етапі «Виконання» виконують роботи згідно з планом керування проєктом з метою дотримання вимог проєкту. Під час виконання роботи відстежують, аналізують і ви-

являють сфери для внесення змін до плану. Виконують такі роботи, як керування роботами проєкту, знаннями проєкту, керування якістю, придбання ресурсів, керування командою проєкту, керування комунікаціями, керування залученням зацікавлених сторін [5].

На етапі «Закриття» виконують роботи для формального завершення або закриття проєкту, такі як: збір даних від зовнішніх зацікавлених сторін, збір даних від команди проєкту, проведення ретроспективної сесії, створення звітів про закриття проєкту, створення фінального звіту замовнику проєкту, документування нових знань [5].

Кожен із цих етапів містить набір процесів, які можуть бути адаптовані під конкретний проєкт залежно від його цілей, масштабу й особливостей.

Організація робіт у проєкті передбачає формування, налаштування та постійне вдосконалення єдиного стандартизованого інформаційного простору підприємства (ЄІП), у якому централізовано виконують, зберігають і контролюють усі дані проєкту, що забезпечує узгодженість, прозорість і ефективність процесів.

Велика кількість питань, що виникають під час розроблення проєктів, пов'язана з таким:

- організація взаємодії підрозділів КБ «Південне» та суміжників;

- розроблення вимог до конкретних компонентів виробу, контроль цих вимог;

- проблеми відповідності 3D-моделей виробу та їхніх креслеників;

- контроль і погодження документів і даних в електронному вигляді;

- завдання підвищення якості програмних продуктів власного розроблення;

- проблеми проведення синхронних змін у всіх даних і документах проєкту.

На підприємстві використовують ЄІП, що дозволяє забезпечити проєктний підхід розроблення. Такий підхід руйнує перепони між підрозділами та надає можливість фахівцям працювати разом.

Окрім цього, постійне вдосконалення ІТ-фахівцями підприємства ЄІП забезпечує ефективну колективну роботу та зберігання всіх даних проєкту, що надає кожному учасникові достовірну інформацію з урахуванням однакових критеріїв.

Для зберігання даних проєкту та керування ними застосовують сховища Autodesk Vault Professional та автоматизовані системи АСЕД і АСУ. Використання CAD / CAE / CAM-систем забезпечує створення єдиної цифрової 3D-моделі виробу, що дозволяє автоматично генерувати кресленики та специфікації, оптимізувати геометрію деталей, проводити розрахункові роботи та готувати виріб до виробництва. Це забезпечує безперервність і узгодженість у роботі між підрозділами: не потрібно дублювати дані чи створювати нові, усі працюють з єдиним джерелом.

Ураховуючи зазначене, формування ефективного середовища розроблення проєкту передбачає встановлення чітких вимог до організації цифрового простору та процедур роботи з документами. Основні вимоги:

- визначення середовища для розроблення та зберігання документів;
- визначення автоматизованої системи для розроблення документів;
- встановлення шаблонів для уніфікованого оформлення електронних документів;
- забезпечення сервісів і комунікацій для обміну даними;
- визначення керівних документів з процедурами роботи з електронними документами;
- підготовка інструментів для формування аналітичних даних щодо виконання проєкту;
- убезпечення середовища розроблення та контроль доступу до нього;
- підтримка технології ANY CAD для інтеграції різних CAD-систем;
- уніфікація форматів графічних і текстових документів суміжників відповідно до стандартів ДП «КБ «Південне» або умов контракту;
- інтеграція систем, які застосовують у проєкті, у тому числі Autodesk Vault, АСЕД, AutoCAD, Inventor, MS Outlook, а також підготовка ПЗ власного розроблення для взаємодії програмного забезпечення;
- перевірка працездатності базового програмного забезпечення, шаблонів, надбудов, корпоративного порталу й інших інструментів.

Усі ці заходи формують основу для ефективної реалізації проєкту, однак не менш важливим є правильне визначення вимог без-

посередньо на етапі виконання робіт. Саме на цій стадії встановлені правила, стандарти та технічні умови починають безпосередньо впливати на якість результатів, узгодженість дій команди та дотримання термінів.

Важливу роль відіграє визначення вимог на етапі виконання проєкту.

По-перше, це стосується вимог до шаблонів, які використовують під час розроблення будь-яких документів підприємства. Основна вимога до шаблонів полягає у встановленні єдиних правил виконання документів (рис. 2).

Рис. 2. Властивості шаблону

Структура та склад реквізитів електронних документів, випущених з використанням шаблонів, забезпечують підтримку однакової електронної структури документів і їхній обіг у рамках програмних засобів (відбиття, внесення змін, печатка, облік і зберігання в базах даних, а також передача в інші автоматизовані системи) з дотриманням при цьому нормативних вимог до оформлення документів.

Завдяки реквізітам документа, виконаного з використанням шаблонів, виникає можливість формування дерева проєкту, звітів про застосовність стандартних і інших виробів, матеріалів, нормативних документів, застосовність запозичених виробів тощо.

По-друге, важливу роль на шляху до цифровізації підприємства відіграють встановлені вимоги до каркасів, інтерфейсів і таблиць параметрів, які є базовими елементами структури виробу.

Каркаси (рис. 3, 4) забезпечують узгодженість геометричної побудови моделі на всіх етапах проєктування, спрощують процес

внесення змін і дозволяють оперативно оновлювати модель за модифікації окремих елементів.

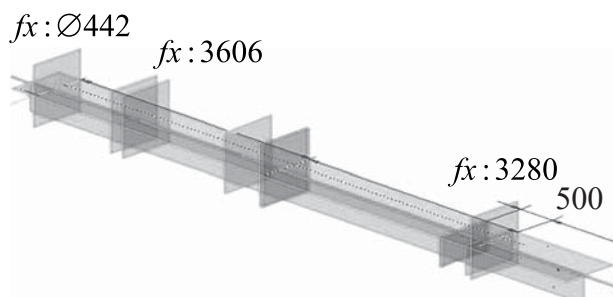


Рис. 3. Структура каркаса нульового рівня

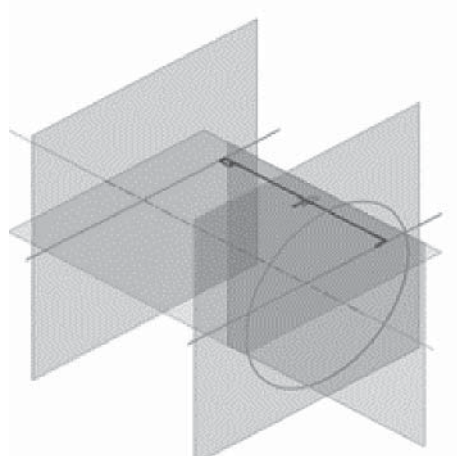


Рис. 4. Структура каркаса першого рівня

Інтерфейси визначають правила взаємодії між окремими компонентами системи та модулями виробу, забезпечуючи їхню сумісність, повторне використання та масштабованість. Таблиці параметрів дозволяють уніфікувати та централізовано керувати ключовими характеристиками виробу, що значно підвищує точність проєктування й ефективність подальших змін (рис. 5).

Назва параметра	Позначення	Вимірність	Одиниця	Мінім. знач.	Макс. знач.	Діапазон	Значення в таблиці	Ключ	Імпорт параметра
Довжина_П	mm	3280 mm	3280,000000	3280,000000	3280,000000				
Довжина_ПЧ	mm	3606 mm	3606,000000	3606,000000	3606,000000				
Дов_ПР	mm	442 mm	442,000000	442,000000	442,000000				
Довжина_ПЧ_ПЧ	mm	1208 mm	1208,000000	1208,000000	1208,000000				
Довжина_ПЧ_ПЧ	mm	200 mm	200,000000	200,000000	200,000000				
Довжина_ПЧ_ПЧ	mm	1,0 mm	1,000000	1,000000	1,000000				
Довжина_ПЧ_ПЧ	mm	600 mm	600,000000	600,000000	600,000000				
Довжина_ПЧ_ПЧ	mm	2780 mm	2780,000000	2780,000000	2780,000000				
Довжина_ПЧ_ПЧ	mm	442 mm	442,000000	442,000000	442,000000				
Довжина_ПЧ_ПЧ	mm	6006 mm	6006,000000	6006,000000	6006,000000				

Рис. 5. Таблиця основних параметрів

Крім того, значну роль у забезпеченні якості цифрового розроблення відіграють вимоги до ескізів, 3D-моделей деталей і складаних одиниць (рис. 6), а також до креслеників і специфікацій. Визначення та дотримання цих вимог забезпечує єдині правила роботи для всіх учасників проєкту.

Це дозволяє кожному фахівцю легко орієнтуватися в структурі виробу, швидко зрозуміти логіку побудови моделі, внесені зміни та прийняті технічні рішення.

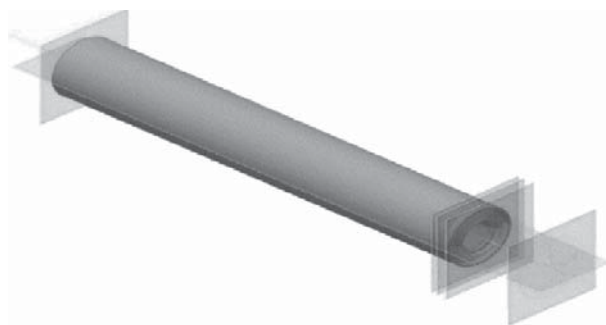


Рис. 6. 3D-модель виробу

Для забезпечення ефективності проєктів застосовують системи моніторингу й аналітики, у тому числі Power BI (рис. 7) та внутрішні інструменти АСЕД, що дозволяє керувати строками проєкту, станом документів, якістю, комунікаціями, ризиками та рівнем кваліфікації персоналу.

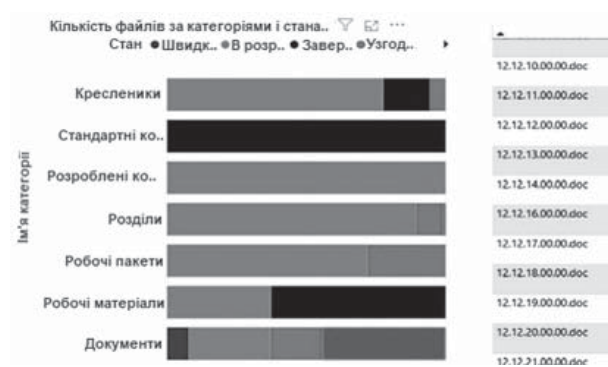


Рис. 7. Моніторинг стану проєкту

Ключова вигода цієї групи процесів полягає в тому, що виконання проєкту вимірюють і аналізують регулярно, і це дозволяє зацікавленим сторонам зрозуміти поточний стан проєкту.

Таким чином, встановлення чітких вимог до середовища розроблення, у тому числі

до стандартів шаблонів, каркасів, таблиць параметрів, ескізів, 3D-моделей, складання, специфікацій, креслеників і текстових документів, забезпечує не тільки узгодженість і якість розроблення, а й інтеграцію всіх процесів у цифровий простір «Industry 4.0», що підвищує ефективність керування проектами та контроль за їх виконанням.

Для ефективного виконання проєкту всі залучені фахівці проходять спеціальний етап навчання, під час якого вони здобувають базові знання та набувають практичних навичок, які необхідні для роботи в рамках проєкту.

Навчальна програма охоплює ознайомлення з корпоративними стандартами оформлення документації, правилами роботи із шаблонами, каркасами, параметричними таблицями, а також з методами створення ескізів, 3D-моделей, складаних одиниць, креслеників і специфікацій. Особливу увагу приділяють роботі в єдиному інформаційному просторі (ЄІП) підприємства й інтеграції систем CAD / CAE / CAM / PDM (рис. 8).



Рис. 8. Підготовка фахівців до виконання проєкту

Після завершення навчання фахівці отримують сертифікати, які підтверджують рівень їхньої підготовки та надають право доступу до системи керування даними проєкту. Цей підхід підтверджує, що кожен учасник володіє необхідними компетенціями та розуміє правила роботи. Крім того, навчання сприяє формуванню колективної культури роботи, уніфікації процедур і зменшенню ймовірності помилок під час внесення змін у проєктні дані (рис. 9).

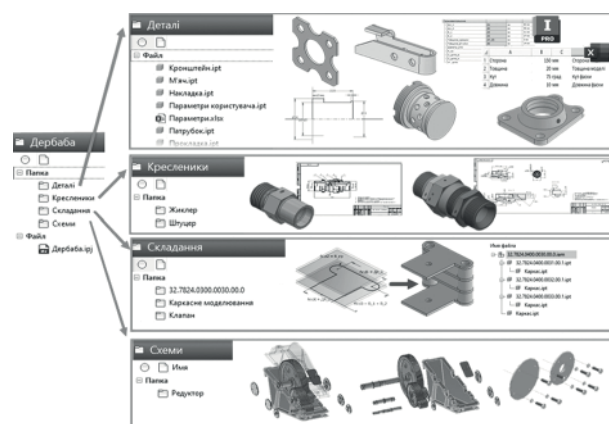


Рис. 9. Фрагмент навчального процесу

Комплексна підготовка персоналу та розмежування доступу до цифрових систем створюють передумови для ефективної колективної роботи, забезпечують прозорість і контроль за всіма процесами проєкту, а також підвищують швидкість і якість виконання завдань у цифровому середовищі «Industry 4.0».

Тримавши орієнтир на принципи «Industry 4.0» та використання проєктного підходу з інтегрованим ЄІП, підприємство забезпечує узгодженість даних, колективну роботу та контроль за всіма етапами розроблення. Відбувається обіг документів, а дані залишаються в єдиному середовищі, що дозволяє автоматично генерувати звіти на основі актуальної інформації.

Аналіз результатів і обговорення

Впровадження єдиного інформаційного простору та інтеграція CAD / CAE / CAM-систем у КБ «Південне» дозволили досягти значного підвищення ефективності проєктних процесів. У першу чергу відзначено скорочення часу на узгодження та погодження проєктної документації, оскільки всі дані централізовано зберігають і обробляють у єдиному цифровому середовищі.

Автоматизоване генерування креслеників і специфікацій із 3D-моделей забезпечує високий рівень узгодженості та зменшує ризик виникнення помилок за ручної підготовки документів. Крім того, параметричне та каркасне моделювання дозволяє оперативно вносити зміни в конструктивні елементи виробу, що автоматично відбивається у всіх пов'язаних документах.

Це сприяє підвищенню точності та цілісності проєктних рішень.

Аналітичні інструменти, інтегровані з ЄІП, у тому числі з Power BI та внутрішніми модулями АСЕД, забезпечують комплексний моніторинг стану проєкту. Такий підхід дозволяє не лише виявляти критичні точки проєкту, а й оперативно коригувати планові та ресурсні показники, що підвищує прогнозованість результатів проєкту.

Важливу роль у підтримці ефективності проєктів відіграє ІТ-відділ підприємства. Фахівці забезпечують технічну та методологічну підтримку виконання проєктних робіт, налаштування та супровід програмного забезпечення, роботу комп'ютерних мереж, технічне обслуговування робочих станцій і оргтехніки.

Протягом усього проєкту вони гарантують:

- функціонування електронної бази конструкторських документів (АСЕД), довідників підприємства – матеріалів, стандартних і інших виробів, нормативних документів, що забезпечують стандартизацію випуску КД;
- інтеграцію баз даних, адміністрування та вирішення питань розробників під час електронної перевірки документів і запису в архів;
- аудит використання активних сховищ за всіма проєктами підприємства;
- розроблення сучасних технологій проєктування, конструювання й обчислень;
- розроблення та впровадження методик роботи із застосуванням ІТ, а також набуття практичних навичок роботи.

Єдине цифрове стандартизоване середовище забезпечує доступ до актуальної інформації всім учасникам проєкту, що сприяє прозорості прийняття рішень і підвищенню відповідальності за результати. Зменшення дублювання даних і усунення розрізненості інформації позитивно впливають на ефективність роботи та зменшують ризики технічних і організаційних помилок.

Аналіз показує, що впровадження ЄІП і цифрових інструментів не є одномоментним процесом: для досягнення максимальної ефективності необхідно постійно вдосконалювати процедури, підтримувати актуальність шаблонів, а також готувати персонал до роботи з новими технологіями. Відзначено, що великий потенціал для оптиміза-

ції залишається у сфері інтеграції різних CAD / CAE / CAM / PDM / PLM-систем.

Таким чином, результати впровадження цифрового середовища свідчать про досягнення ключових цілей концепції «Industry 4.0»:

- підвищення прозорості процесів;
- оптимізація ресурсів;
- контроль якості;
- інтеграція проєктних і виробничих процесів.

Вони підкреслюють необхідність постійного моніторингу й адаптації середовища до змін у проєктних вимогах і технологіях, що забезпечує стійкість і гнучкість підприємства в умовах цифрової економіки.

Висновки

Показано, що заміна традиційного ручного підходу безперервним цифровим ланцюгом розроблення конструкторської документації, інтегрованим із системами CAD / CAE / CAM / PDM, дозволяє забезпечити узгодженість даних на всіх етапах життєвого циклу виробу. Основними складовими для реалізації цього підходу є створення єдиного інформаційного середовища проєктування та застосування проєктного підходу з урахуванням методології РМВОК. Цей підхід забезпечує структуроване планування, контроль за виконанням завдань, координацію між підрозділами та прозорість процесів.

Розглянуто організаційні та технічні аспекти створення ЄІП підприємства, у тому числі підготовку програмно-апаратних засобів, інтеграцію існуючих систем, визначення правил роботи з документацією, безпеку та контроль доступу й уніфікацію форматів графічних і текстових документів.

Установлення чітких вимог на всіх етапах виконання проєкту, зокрема до шаблонів, каркасів, інтерфейсів, таблиць параметрів, ескізів, 3D-моделей деталей і складаних одиниць, креслеників і специфікацій, забезпечує однакові правила роботи для всіх учасників. Це дозволяє фахівцям швидко орієнтуватися в структурі виробу, зрозуміти логіку побудови моделі, внесені зміни та прийняті технічні рішення.

Підсумовуючи, можна відзначити, що цифровізація та використання ЄІП

підвищують ефективність розроблення та синхронізацію даних. Це створює фундамент для подальшого вдосконалення процесів, оптимізації ресурсів і розвитку інноваційних рішень у майбутніх проєктах підприємства.

Список використаної літератури

1. Юрчак О. В., Степанець О. В., Некрашевич О. В. Виробничі КПЕ: актуальний стан та перспективи розвитку в Україні. Асоціація підприємств промислової автоматизації України, 2019. 44 с. URL: <https://tk185.appau.org.ua/whritepapers/aCampus-whitepaper-ISO22400+++pdf>
2. Madison A. Thompson, Understanding the Basic of Industry 4.0. 2023. 266 p.
3. Дегтярьов М. О., Юрчак О. В., Парамонов О. Г., Потапович Л. П., Трубін А. В., Дейнеко Л. М., Зєвако В. С. Створення сучасної методики навчання з виконання проєктів. : Зб. матеріалів конф. «Сучасні проблеми механіки у конструкціях спеціального призначення». 2025. 452 с.
4. McFarlane B. Autodesk Inventor Exercises: for Autodesk Inventor and Other Feature-Based Modeling Software. Routledge. 2017. 434 p.
5. Project Management Institute: Посібн. до Зводу знань з управління проєктами (PMBoK Guide). 6-те вид. Ньютаун Сквер, Пенсильванія, США: Project Management Institute, 2017. 726 с.

Стаття надійшла 29.09.2025