

**Мехович Сергій Анатолійович.** Доктор економічних наук, професор.

Тел.+38(050) 4026212. E-mail: sm261245@gmail.com

**Потапов Федір Вікторович.** Інженер-конструктор. PhD аспірант.

Тел. +38(068)3073843 . E-mail: potapovf333@gmail.com

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
кафедра економіки бізнесу і міжнародних економічних відносин

## ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

**Анотація.** Конструкторська діяльність – це творчий процес, який майже цілком залежить від професійних здібностей інженера –конструктора, але його здатність реалізувати свої можливості у найкоротші терміни в значній мірі обумовлюється використанням досягнутих успіхів у проектуванні частин вузлів і цілих виробів. Сучасну конструкторську діяльність на машинобудівному підприємстві можна умовно звести до двох напрямів: конструювання принципово нової інноваційної техніки і удосконалення виробів, які вже освоєні і поставляються на ринок. І в першому і у другому випадку для скорочення всього виробничого циклу може бути застосовано блочно-модульне проектування, яке передбачає створення виробів на основі модулів і блоків. Сучасне машинобудування характеризується постійним ускладненням і частою заміною конструкцій машин, тому при проектуванні і подальшому виробництві більшої кількості машин необхідно, перш за все, розбивати їх конструкцію на самостійні складальні одиниці, тобто агрегати, щоб всі вони виконували певні функції в машині. Такий підхід дозволить організувати спеціалізоване виробництво вузлів як самостійних виробів, виконання основних функцій яких можна перевірити незалежно від усієї машини в цілому на будь якому етапі. Розробка оптимальних компоновочних схем дозволяє створювати в залежності від типу виробництва умови найбільш економічного використання агрегатів і визначати послідовність їх експлуатації в тій чи іншій компоновці. Сучасні машинобудівні компанії впроваджують велику кількість різних автоматизованих ІТ-систем, які разом створюють віртуальне підприємство та охоплюють усі етапи життєвого циклу продукту (CALS — Computer Aided Acquisition and Life-Cycle Support — автоматизація безперервних поставок і життєвого циклу продукту). Прискорення темпів інноваційних процесів є вирішальною умовою підвищення ефективності фінансово-господарської діяльності підприємства та якості продукції. Автоматизація процесів проектування особливо ефективна при переході від автоматизації окремих інженерних розрахунків до комплексної автоматизації, створюючи для цього системи автоматизованого проектування (САПР). САПР є комплексом, необхідним для обробки даних в умовах проектно-технологічної підготовки виробництва. Комплекс САПР включає системи як структурні елементи - спеціалізовані частини, орієнтовані на вирішення завдань на конкретному етапі проектування: проектування, інженерні розрахунки (САПР-К), технологічна підготовка виробництва (САПР-Т). Системи САПР-К і САПР-Т - це частини САПР, які вирізняються специфікою, що забезпечує виконання різноманітних проектних завдань і отримання відповідних проектних рішень і конструкторської документації.

**Ключові слова:** конструювання, ефективність, машинобудування, САПР, автоматизація, проектування.

**Serhii A.Mekhovich** Doctor of economic sciences, professor.

Tel. +38(050) 4026212. E-mail: sm261245@gmail.com

**Fyodor V. Potapov.** Design engineer. PhD student.

## APPROACHES TO IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTING INNOVATIVE TECHNIQUES

**Abstract.** Design activity is a creative process that almost entirely depends on the professional abilities of the engineer-designer, but his ability to realize his capabilities in the shortest possible time is largely determined by the use of the achieved successes in the design of parts of assemblies and whole products. Modern design activity at a machine-building enterprise can be conventionally reduced to two directions: the design of fundamentally new innovative equipment and the improvement of products that have already been mastered and are delivered to the market. In both the first and second cases, block-modular design can be used to shorten the entire production cycle, which involves the creation of products based on modules and blocks. Modern mechanical engineering is characterized by constant complication and frequent replacement of machine designs, therefore, when designing and further manufacturing a large number of machines, it is necessary, first of all, to divide their design into independent assembly units, that is, aggregates, so that they all perform certain functions in the machine. This approach will make it possible to organize the specialized production of nodes as independent products, the performance of the main functions of which can be checked independently of the entire machine as a whole at any stage. The development of optimal layout schemes makes it possible to create, depending on the type of production, conditions for the most economical use of aggregates and to determine the sequence of their operation in one or another layout. Modern machine-building companies implement a large number of different automated IT systems, which together create a virtual enterprise and cover all stages of the product life cycle (CALS - Computer Aided Acquisition and Life-Cycle Support - automation of continuous supplies and product life cycle). Accelerating the pace of innovation processes is a crucial condition for increasing the efficiency of the enterprise's financial and economic activities and the quality of products. Automation of design processes is especially effective when moving from the automation of individual engineering calculations to complex automation, creating automated design systems (CAD) for this purpose. CAD is a complex necessary for data processing in the conditions of design and technological preparation of production. The CAD complex includes systems as structural elements - specialized parts aimed at solving tasks at a specific stage of design: design, engineering calculations (CAD-K), technological preparation of production (CAD-T). CAD-K and CAD-T systems are parts of CAD, which are characterized by specific features that ensure the implementation of various design tasks and the receipt of appropriate design solutions and design documentation. The entire complex of aspects that make up the CAD complex must be formed individually for each specific machine-building enterprise with taking into account the main parameters. The application of such approaches as a whole helps to increase the efficiency of the design of innovative technology.

**Keywords:** design, efficiency, mechanical engineering, CAD, automation, design.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями.** Ринкова конкуренція, тотальна цифровізація і трансформація виробничих процесів вимагають постійного їх удосконалення разом із системою адаптації підприємств до оточуючого

середовища. Найбільш важливою складовою цієї системи є конструкторська діяльність. Вона охоплює увесь цикл підготовки і виводу на ринок інноваційних виробів та від якості цієї діяльності залежить конкуретоспроможність і взагалі сам факт існування підприємства у ринковому середовищі. Конструкторська діяльність – це творчий процес, який майже цілком залежить від професійних здібностей інженера –конструктора, але його здатність реалізувати свої можливості у найкоротші терміни в значній мірі обумовлюється використанням досягнутих успіхів у проектуванні частин вузлів і цілих виробів. Практика довела, що ефективним методом конструювання інноваційної техніки є агрегатно-модульний принцип. Це такий метод, коли весь виріб розділяється на окремі блоки, які легко збираються і розбираються. Першою умовою розвитку цього методу було поділ продукції на конструктивно завершені одиниці. Подальший аналіз конструкції машини виявив, що багато вузлів і деталей, які відрізняються за конструкцією, виконують однакові функції в різних машинах. Узагальнення окремих конструктивних рішень шляхом розробки уніфікованих вузлів і деталей значно розширить можливості цього методу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких покладений початок вирішенню даної проблеми і на які спирається автор.** Серед публікацій щодо конструкторської діяльності бракує питань щодо організації конструкторської діяльності в сучасних умовах, а головною проходить тема автоматизації процесів конструювання. Окремі питання викладено у працях таких авторів, як Адашевська І. Ю., Бикова В.І., Гонсьор, О. Й., Журиле А. Г., Каратанов О. В., Краєвська Є. А., Лапковський С. В., Солдатова М. О., Стенін О. А., Чермних І. А. та інших. Щодо обґрунтування ефективності конструкторської діяльності, наукові публікації, в основному, зводяться до можливостей і переваг САПР. У той же час у сучасному виробництві існують проблеми, які обумовлені всіма попередніми етапами формування ринкових відносин і проявленням діджіталізації у непідготовленій для цього економіці.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.** Сучасну конструкторську діяльність на машинобудівному підприємстві можна умовно звести до двох напрямів: конструювання принципово нової інноваційної техніки і удосконалення виробів, які вже освоєні і поставляються на ринок. Слід зазначити брак публікацій щодо удосконалення конструювання інноваційної техніки на підприємствах і в організаціях в мовах діджиталізації виробничих процесів, ряд проблем ще залишаються розробленими в недостатній мірі. До них, зокрема, слід віднести розробки щодо нових методів і підходів, які враховують ризики, що виникають, інфляційні процеси та зміну технологій, системна цифровізація конструкторських підрозділів із іншими структурами підприємств. Недостатня також наукова вивченість проблеми вибору економічно обгрунтованого комплексу задач САПР з урахуванням сучасних тенденцій розвитку технології та структури підприємства.

**Формулювання мети статті (постановка завдання).** *Мета* статті полягає у дослідженні сучасних підходів до використання агрегатно-модульного принципу у конструкторській діяльності на машинобудівних підприємствах та визначенні напрямів його подальшого удосконалення в умовах діджиталізації. І в першому і у другому випадку для скорочення всього виробничого циклу може бути застосовано блочно-модульне проектування, яке передбачає створення виробів на основі модулів і блоків.

**Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Модуль - складова частина виробу, що складається переважно з уніфікованих або стандартних елементів різного функціонального призначення. На основі уніфікації отримало розвиток агрегаткування - спосіб конструювання машин, апаратів та інших виробів з уніфікованих і типових деталей і вузлів (модулів).

Агрегація - структурно-змінний синтез машин, у якому вирішення нової задачі забезпечується зміною інноваційної технології, а саме: просторового

розташування окремих модулів, їх кількості та номенклатури, а також способів з'єднання. Найкраще це досягається агрегатно-модульним способом, тобто проектуванням і компонуванням різних виробів із типових вузлів, кожен з яких призначений для виконання певних функцій. Цей метод дозволяє створювати вироби зі зміненими функціями на основі базової моделі.

Уніфікація та агрегація нерозривно пов'язані з раціональним поділом обладнання на модулі, що дозволяє швидко створювати нові та модифіковані проекти з перевірених, надійних, уніфікованих модулів з додаванням необхідних нових, у тому числі, немодульних компонентів. За таким принципом організації технологічного процесу конструкторська діяльність становиться диференційованою за відповідними модулями.

Використання агрегації обумовлено тим, що конструкції більшості виробів (апаратів, машин, комплексів, технологічних процесів) можна розділити на ряд автономних одиниць. Ці автономні функціональні одиниці ідентифікуються на основі структурного аналізу їх компонентів для використання в інших продуктах. Після розділення продуктів отримані одиниці уніфікуються, стандартизуються та для них складаються структурно єдині (типорозмірні) серії. При цьому агрегати, що випускаються незалежно один від одного, взаємозамінні за всіма експлуатаційними показниками і приєднувальними розмірами. Тому вони повинні мати оптимальну конструкцію, оптимальні якісні показники, складатися з мінімально можливої кількості деталей і просто і надійно складатися за допомогою різних видів з'єднань. Агрегація дозволяє зібрати нову машину зі складальних одиниць і компонентів, які вже розроблені й освоєні на виробництві, а не створювати її як оригінальну, єдину в своєму роді машину. Це дозволяє значно підвищити ефективність роботи підприємств без додаткових витрат, без збільшення виробничих площ.

Велике значення має раціональний розподіл устаткування і створення переліку агрегатів і монтажних бригад, які повністю відповідають вимогам виробництва. Поділ конструкції пристрою має бути таким, щоб можна було

створити максимальну кількість макетів пристрою з мінімальної кількості розмірів одиниць. Результатом цієї роботи мають стати параметричні стандарти та ТУ на проектування складальних вузлів.

Розробка оптимальних компоновочних схем дозволяє створювати в залежності від типу виробництва найбільш економічно використовувати агрегати і визначати послідовність їх експлуатації в тій чи іншій компоновці. Розробка показників якості агрегатного обладнання проводиться паралельно або перед дослідно-конструкторськими роботами зі створення агрегатного обладнання. Це один з найважливіших етапів роботи.

Показники якості та їх конкретні значення визначаються в залежності від проекту, призначення пристрою та ін. На етапі розробки виготовляються макети, випробовуються окремі елементи, готуються технологічні креслення, випробовуються дослідні зразки вузлів. У машинобудуванні, зокрема, в автомобільній, енергетичній, аерокосмічній і агропромисловій галузях, широко поширений принцип модульності. В основі агрегування лежить, загалом, стандартизація, а для її реалізації необхідна розробка параметричних стандартів і нормативів показників якості різних видів складальних вузлів і вузлів машин.

Сучасне машинобудування характеризується постійним ускладненням і частою заміною конструкцій машин, тому при проектуванні і подальшому виробництві більшої кількості машин необхідно, перш за все, розбивати їх конструкцію на самостійні складальні одиниці, тобто агрегати, щоб всі вони виконували певні функції в машині. Такий підхід дозволить організувати спеціалізоване виробництво вузлів як самостійних виробів, виконання основних функцій яких можна перевірити незалежно від усієї машини в цілому на будь-якому етапі.

Першою передумовою розвитку методу агрегування є поділ продукції на окремі одиниці, що характеризуються структурною завершеністю. Як показала практика, в машинах одні й ті ж функції виконують багато різних деталей, вузлів і агрегатів, а значить, розробка їх уніфікованих моделей значно



розширює можливості методу агрегування. Впровадження агрегування дозволяє перейти від проектування і виробництва дорогих, оригінальних приладів, машин і пристроїв до їх створення на основі типових уніфікованих вузлів.

Так в енергетичній галузі створена значна база якісних уніфікованих вузлів і деталей, на які розроблена робоча конструкторська і технологічна документація, а також освоєно виробництво. Це значно скоротило час на розробку нового обладнання та його виробництво, а також дало можливість переналагоджувати обладнання в процесі експлуатації. Всі дослідження були виведені на рівень корпоративних стандартів і на їх основі розроблені типові робочі креслення, які були використані для реалізації модульних конструкцій верстатів.

Практика, що склалася на підприємствах машинобудування, коли зміни функціональних напрямків здійснюються залученими різними функціональними фахівцями, призводить до локальних позитивних результатів, але єдиного логічного обґрунтування, основних ідей зміни немає. Тому такі рішення зазвичай не приносять очікуваного ефекту в масштабі всього підприємства.

Масова практика також неефективна. Безперечно, удосконалення окремих робіт чи операцій є важливим завданням, яке має бути постійно під контролем керівників підприємства. Однак проведення суттєвих змін по всьому підприємству «знизу вгору» означає підпорядкування цілей підприємства цілям підрозділів, закладеним у локальних рішеннях, що призводить до втрати цілеспрямованості всього підприємства в цілому.

Прикладом є майже кожна реалізація відомих корпоративних ІТ-систем. Сучасні машинобудівні компанії впроваджують велику кількість різних автоматизованих ІТ-систем, які разом створюють віртуальне підприємство та охоплюють усі етапи життєвого циклу продукту (CALS — Computer Aided Acquisition and Life-Cycle Support — автоматизація безперервних поставок і

життєвого циклу продукту). Прискорення темпів інноваційних процесів є вирішальною умовою підвищення ефективності фінансово-господарської діяльності підприємства та якості продукції. Високі темпи розвитку інноваційних процесів повинні забезпечуватися розробкою, виробництвом і масовим використанням високоефективних машин, апаратів, пристроїв і технологічних процесів. Об'єктивною перешкодою для підвищення якості продукції, що випускається, скорочення термінів її розробки є невідповідність складності проєктованих об'єктів застарілим методам і засобам їх проєктування.

Застосування в процесі проєктування математичних методів, програм і ЕОМ дозволяє підвищити технічний рівень і якість проєктованих об'єктів, скоротити терміни їх розробки і впровадження у виробництво. Автоматизація процесів

проєктування особливо ефективна при переході від автоматизації окремих інженерних розрахунків до комплексної автоматизації, створюючи для цього системи автоматизованого проєктування (САПР). Кожна впроваджена автоматизована інформаційна система здатна впливати на результати фінансово-господарської діяльності підприємства. Однак САД може мати найбільший вплив. Від техніко-економічних особливостей САПР значною мірою залежить ефективність функціонування інших автоматизованих ІТ-систем та ефективність роботи підприємства в цілому. При виборі конкретної системи складно чітко зрозуміти, яке рішення буде найбільш придатним для організації і навіщо взагалі потрібне впровадження САПР. Щоб відповісти на ці питання, насамперед необхідно визначити фактори, за допомогою яких досягається економічна ефективність.

У машинобудівній компанії САПР складається з двох систем: САД-К і САД-Т. Система САД-К працює для підготовки конструкцій до виробництва та забезпечує розробку та проєктування конструкцій виробів. Система САПР-Т функціонує як частина технологічної підготовки виробництва і забезпечує розробку технологічних процесів, технологічної апаратури, програм керування



верстатами з ЧПК тощо. При цьому структура конструкторської, технологічної та експлуатаційної документації, концептуального апарату та мови представлення даних САПР повинні бути уніфіковані. Для досягнення належного рівня взаємодії промислової автоматизації необхідно створити єдиний інформаційний простір. Єдиний інформаційний простір забезпечується шляхом уніфікації як форми, так і змісту інформації про конкретні товари на різних етапах їх життєвого циклу.

Сучасне виробництво складної продукції машинобудування може бути забезпечене використанням на підприємстві технологій CALS. Термін «технологія CALS», в основному, означає нову комп'ютерну систему для електронного опису процесів розробки, проектування, налаштування, виробництва, модернізації, продажу, експлуатації, обслуговування та утилізації технічних пристроїв. Проте, як показав аналіз, проблема створення економічно ефективних структур САПР науково не вирішена. У сучасних умовах ринкової економіки ця проблема потребує розробки нових методів і підходів, що враховують ризики, що виникають, інфляційні процеси та зміну технологій.

Слід звернути увагу на недостатню наукову вивченість проблеми вибору економічно вигідної структури комплексу задач САПР з урахуванням сучасних тенденцій розвитку технології CALS . CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) - концепція і ідеологія інформаційної підтримки життєвого циклу продукції на всіх його стадіях, заснована на використанні єдиного інформаційного простору (інтегрованого інформаційного середовища), що забезпечує одноманітні способи взаємодії всіх учасників цього циклу: замовників продукції (включаючи державні установи і відомства), постачальників (виробників) продукції, експлуатаційного і ремонтного персоналу, реалізована у формі міжнародних стандартів, що регламентують правила вказаної взаємодії переважно за допомогою електронного обміну даними. Стратегія CALS об'єднує в собі: застосування сучасних інформаційних технологій, реінжиніринг бізнес-процесів, застосування методів «паралельної»

розробки, стандартизацію в галузі спільного використання даних і електронного обміну даними.

Головна мета, яка переслідується підприємством при впровадженні CALS - це мінімізація витрат протягом усього життєвого циклу виробу, підвищення його якості та конкурентоспроможності, а також підвищення ефективності та конкурентоспроможності самих промислових підприємств. Досягається цей результат за рахунок суттєвого скорочення термінів освоєння виробництва нових виробів, поліпшення якості цих виробів та технічної документації, що надається в електронному вигляді, забезпечення високого рівня сервісу та логістичної підтримки на поствиробничих стадіях життєвого циклу виробу або продукту.

CALS-технології є потужним знаряддям, яке застосовується на високотехнологічних підприємствах підвищення ефективності робіт, виконуваних під час життєвого циклу продукту. Підвищення ефективності досягається завдяки інтегрованості та спадкоємності інформації, а також завдяки тому, що характеристики багатьох деталей виробів, що створювалися раніше, описи систем, процесів, верстатів і обладнання, задіяних при його виготовленні, зберігаються в уніфікованому електронному вигляді і доступні будь-якому користувачеві незалежно від його місцезнаходження.[1-5 ]

CALS-технології базуються на наборі інтегрованих інформаційних моделей виробу та його виробничого та експлуатаційного середовища. Більше того, завдяки застосуванню комп'ютерних мереж та стандартних форматів даних, CALS-технології дозволяють спільно використовувати інформацію та коректно її інтерпретувати. CALS-технології базуються на можливості спільного використання та обміну інформацією під час процесів, що виконуються під час життєвого циклу продукту.

На базі CALS-технологій створюються віртуальні виробництва, в яких процес створення специфікацій з інформацією для верстатів з ЧПУ, достатньої для виготовлення виробу, може бути розподілений у часі та просторі між

багатьма незалежними користувачами та проектними студіями. Головними досягненнями CALS-технологій є легкість поширення передових проектних рішень та можливість багаторазового відтворення частин проекту у нових розробках. Технології, стандарти та програмно-технічні засоби CALS дозволяють швидко та дешево обмінюватися електронними даними та безпаперовими електронними документами, а це дає наступні переваги:

- можливість паралельного виконання складних проектів кількома робочими групами, що значно скорочує час разработок;
- планування та управління багатьма підприємствами, що беруть участь у життєвому циклі продукції, розширення та вдосконалення коопераційних зв'язків;
- суттєве зменшення кількості помилок та переробок, що призводить до скорочення термінів реалізації проектів та суттєвого підвищення якості продукції;
- поширення засобів та технологій інформаційної підтримки на післяпродажні стадії життєвого циклу – інтегрована логістична підтримка виробів.

Ці переваги призводять до того, що впровадження CALS-технологій сприяє суттєвій економії робочого часу та інших виробничих ресурсів, необхідних розробки того чи іншого виробу.

Основними складовими CALS-технологій є:

- CAD (Computer Aided Design) – інструментальний комплекс технічних та програмних засобів автоматизованого проектування виробів;
- CAM (Computer Aided Manufacturing) – системи автоматизації технологічної підготовки виробництва;
- CAE (Computer Aided Engineering) – системи інженерного аналізу;
- Concurrent Engineering – засоби реалізації технології паралельного тотального проектування у режимі групового використання даних;
- EDM (Enterprise Data Management) – система управління проектними та інженерними даними;

- системи візуалізації всього процесу розробки документації;
- засоби обміну даними;
- засоби розробки прикладного програмного забезпечення;
- методики аналізу процесів проектно-технологічної, виробничої та управлінської діяльності.

Для повноцінної роботи технологій CALS потрібна широка програмна підтримка. Всі програмні продукти, що застосовуються для функціонування CALS, можна розділити на великі групи:

- програми, необхідні для створення та перетворення інформації про вироби, виробниче середовище та виробничі процеси, застосування яких не залежить від реалізації CALS-технологій;
- програми, які безпосередньо пов'язані з CALS-технологіями та вимогами відповідних стандартів.

Слід зазначити, що функціональність управління даними про продукт більше відноситься до рішень PDM/PLM, але системи автоматизованого проектування є їх невід'ємною частиною.

САПР є комплексом, необхідним для обробки даних в умовах проектно-технологічної підготовки виробництва. Комплекс САПР включає системи як структурні елементи - спеціалізовані частини, орієнтовані на вирішення завдань на конкретному етапі проектування: проектування, інженерні розрахунки (САПР-К), технологічна підготовка виробництва (САПР-Т).

Системи САПР-К і САПР-Т – це частини САПР, які відрізняються специфікою, що забезпечує виконання різноманітних проектних завдань разом з отриманням відповідних проектних рішень і конструкторської документації. Весь комплекс аспектів, що складають комплекс САПР, необхідно формувати індивідуально для кожного конкретного машинобудівного підприємства з урахуванням основних параметрів.

Створення архітектури системи - це складне, комплексне завдання, що вимагає узгодженого вирішення ряду питань: вибору раціональної структури

мережі, що відповідає її призначенню і задовольняє передбачуваним вимогам (склад елементів мережі і зв'язків, їх розташування, з'єднання). методи визначаються); вибір типу зв'язків і каналів зв'язку між зв'язками мережі та оцінка їх пропускної здатності; надання користувачам можливості доступу до мережевих ресурсів, зокрема шляхом оптимального вирішення завдань маршрутизації; розподіл апаратних, інформаційних і програмних ресурсів через мережеві з'єднання; захист інформації, що циркулює в мережі, від несанкціонованого доступу тощо.

Усі ці проблеми вирішуються шляхом врахування вимог до мережі за основними показниками: тимчасові – для оцінки ефективності задоволення запитів користувачів; надійність – оцінка вірогідності своєчасного виконання цих запитів; економічні - що дозволяють оцінити капітальні вкладення у створення та впровадження мережі, а також поточні витрати під час експлуатації та використання; безпека – для оцінки безпеки від несанкціонованого доступу.

При придбанні комп'ютерної техніки на вибір конкретного типу комп'ютера і його виробника безпосередньо впливає характер завдань, які планується вирішити. В даний час функціональні можливості САПР, які інженерні компанії використовують для досягнення описаних вище ефектів, можна розділити на такі основні області: розробка концепції проекту в цифровому форматі; створення, оптимізація та затвердження проектів; проектування електричних та механічних частин.

САПР є комплексом, необхідним для обробки даних в умовах проектно-технологічної підготовки виробництва. До комплексу САПР як структурних елементів включає системи - спеціалізовані частини, орієнтовані на вирішення завдань на заданому етапі проектування: проектування, інженерних розрахунків (САПР-К), технологічної підготовки виробництва (САПР-Т).

Системи САД-К і САД-Т - це частини систем САПР, відібрані за певними характеристиками, які забезпечують виконання різноманітних завершених

проектних завдань з отриманням відповідних проектних рішень і конструкторської документації. Вся сукупність аспектів, що складають САПР комплекс необхідно створювати індивідуально для кожного конкретного машинобудівного підприємства з урахуванням основних параметрів.

Створення архітектури системи є складною, комплексною задачею, що вимагає узгодженого вирішення ряду питань:

- вибору раціональної структури мережі, що відповідає її призначенню і вимогам (склад елементів мережі і зв'язків, їх розташування, способи з'єднання);
- вибір типу зв'язків і каналів зв'язку між зв'язками мережі та оцінка їх пропускної здатності; надання користувачам можливості доступу до мережевих ресурсів, зокрема шляхом оптимального вирішення завдань маршрутизації;
- розподіл апаратних, інформаційних і програмних ресурсів через мережеві з'єднання; захист інформації, що циркулює в мережі, від несанкціонованого доступу тощо.

Усі ці проблеми вирішуються шляхом врахування вимог до мережі за основними показниками:

- тимчасові – для оцінки ефективності задоволення запитів користувачів; - надійність – оцінка вірогідності своєчасного виконання цих запитів;
- економічні – для оцінки капітальних вкладень на створення та впровадження мережі, а також поточних витрат під час експлуатації та використання; безпека – для оцінки безпеки від несанкціонованого доступу.

В даний час функціональні можливості САПР, які інженерні компанії використовують для досягнення описаних вище ефектів, можна розділити на такі основні області: розробка концепції проекту в цифровому форматі; створення, оптимізація та затвердження проектів; проектування електричних та механічних частин.

Розглянемо механізм здійснення візуалізації рішень про продукт, огляди, продажі та маркетинг. Слід зазначити, що функціональність управління даними



про продукт більше відноситься до рішень PDM/PLM, але системи автоматизованого проектування є їх невід'ємною частиною. САПР – це комплекс, необхідний для обробки даних в умовах проектування та технологічної підготовки виробництва. Комплекс САПР включає системи як структурні елементи - спеціалізовані частини, орієнтовані на вирішення завдань на конкретному етапі проектування: проектування, інженерні розрахунки (САПР-К), технологічна підготовка виробництва (САПР-Т).

Системи САПР-К і САПР-Т - це частини САПР, які вирізняються специфікою, що забезпечує виконання різноманітних проектних завдань і отримання відповідних проектних рішень і конструкторської документації. Весь комплекс аспектів, що складають комплекс САПР, необхідно формувати індивідуально для кожного конкретного машинобудівного підприємства з урахуванням основних параметрів. Створення архітектури системи - це складне, комплексне завдання, що вимагає узгодженого вирішення ряду питань:

- вибору раціональної структури мережі, що відповідає її призначенню і задовольняє передбачуваним вимогам (склад елементів мережі і зв'язків, їх розташування, з'єднання);

- вибір типу зв'язків і каналів зв'язку між зв'язками мережі та оцінка їх пропускної здатності;

- надання користувачам можливості доступу до мережевих ресурсів, зокрема шляхом оптимального вирішення завдань маршрутизації;

- розподіл апаратних, інформаційних і програмних ресурсів через мережеві з'єднання;

- захист інформації, що циркулює в мережі, від несанкціонованого доступу тощо.

Усі ці проблеми вирішуються шляхом врахування вимог до мережі за основними показниками:

- тимчасові – для оцінки ефективності задоволення запитів користувачів; - надійність – оцінка вірогідності своєчасного виконання цих запитів;

-економічні – для оцінки капітальних вкладень на створення та впровадження мережі, а також поточних витрат під час експлуатації та використання;

-безпека – для оцінки безпеки від несанкціонованого доступу.

При придбанні комп'ютерної техніки на вибір конкретного типу комп'ютера і його виробника безпосередньо впливає характер завдань, які планується вирішити. В даний час функціональні можливості САПР, які інженерні компанії використовують для досягнення описаних вище ефектів, можна розділити на такі основні області:

-розробка концепції проекту в цифровому форматі;

-створення, оптимізація та затвердження проектів;

- проектування електричних та механічних частин.

Управління даними про продукт здійснюється на основі

Візуалізації рішення про продукт, огляди, продажі та маркетинг.

Слід зазначити, що функціональність управління даними про продукт більше відноситься до рішень PDM/PLM, але системи автоматизованого проектування є їх невід'ємною частиною.

САПР є комплексом, необхідним для обробки даних в умовах проектно-технологічної підготовки виробництва. Комплекс САПР включає системи як структурні елементи - спеціалізовані частини, орієнтовані на вирішення завдань на конкретному етапі проектування: проектування, інженерні розрахунки (САПР-К), технологічна підготовка виробництва (САПР-Т).

Системи CAD-К і CAD-Т - це частини систем САПР, виділені за певними ознаками, які забезпечують виконання різноманітних завершених проектних завдань разом з отриманням відповідних проектних рішень і конструкторської документації. Вся сукупність аспектів, що складають Системний комплекс САПР необхідно створювати індивідуально для кожного конкретного машинобудівного підприємства з урахуванням основних параметрів.

Створення архітектури системи є складною, комплексною задачею, що вимагає узгодженого вирішення ряду питань:

-вибору раціональної структури мережі, що відповідає її призначенню і вимогам (склад елементів мережі і зв'язків, їх розташування, способи з'єднання);

-вибір типу зв'язків і каналів зв'язку між зв'язками мережі та оцінка їх пропускної здатності; надання користувачам можливості доступу до мережевих ресурсів, зокрема шляхом оптимального вирішення завдань маршрутизації;

-розподіл апаратних, інформаційних і програмних ресурсів через мережеві з'єднання; захист інформації, що циркулює в мережі, від несанкціонованого доступу тощо.

Усі ці проблеми вирішуються шляхом врахування вимог до мережі за основними показниками: тимчасові – для оцінки ефективності задоволення запитів користувачів; надійність – оцінка вірогідності своєчасного виконання цих запитів; економічні – для оцінки капітальних вкладень на створення та впровадження мережі, а також поточних витрат під час експлуатації та використання; безпека – для оцінки безпеки від несанкціонованого доступу.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** У проведеному дослідженні зроблено висновок, що використання підходу до створення цифрових прототипів дозволяє провідним компаніям цифрово тестувати повний спектр характеристик продуктивності продукту. Визначено та уточнено, що кращі в своєму класі компанії використовують САПР, щоб покладатися на послідовний процес паралельного проектування механічних, електричних і програмних компонентів продукту. Доведено, що фактично 85% кращих у своєму класі компаній працюють саме таким чином, тому вони на 35% перспективніші, ніж компанії із середніми результатами. Паралельне проектування різних деталей дає змогу економити час протягом усього процесу розробки. Компанії-лідери також мають інструменти, необхідні для підтримки цього процесу та забезпечення інформованості про стан розробок інших відділів (PDM/PLM системи). Крім того, вони застосовують інструменти, що підвищують ефективність роботи, наприклад, автоматичне перенесення 2D-

схеми розташування проводів у 3D CAD моделі. Подібні інструменти використовуються на 27% частіше, ніж компанії із середніми показниками, що дозволяє не тільки економити час та кошти за рахунок того, що оптимальну схему можна визначити вже на цифровій моделі, але також знижувати ймовірність помилок при перенесенні інформації зі схеми: зміни можуть мати величезні наслідки для проекту, особливо якщо в роботу залучені різні відділи. Обґрунтовано, що кращі у своєму класі компанії впроваджують систему автоматичних повідомлень про необхідні зміни на 51% частіше за компанії із середніми результатами та в 2,8 рази частіше за компанії з показниками нижчими за середні. Крім того, компанії-лідери постійно працюють над покращенням процесу обміну інформацією між відділами. Для координування роботи різних відділів такі компанії проводять регулярну оцінку проекту протягом усього періоду проектування, а також при складанні різних компонентів системи.

Таким чином, повідомляючи один одному нову інформацію, співробітники різних відділів стають більш поінформовані про проект у цілому, а це означає, що у них з'являється більше можливостей виявити та вирішити потенційні проблеми одразу при їх виникненні. Зрештою, різні відділи зможуть усвідомлювати, наскільки різні складові проекту можуть впливати на роботу один одного.

#### Список використаних джерел:

1. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко – Х. : ХДУХТ, 2017. URL : <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://vasylkiv-litsei.com.ua/media/library/book/1614070377.330367.pdf>
2. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
3. Тимченко А. А. Основы системного проектирования та системного аналізу складних об'єктів: Основы САПР та системного проектирования складних об'єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.
4. Наумчук О. М. Основы систем автоматизованого проектирования. – Рівне : НУВГП, 2008. – 136с.
5. 1.ДСТУ 3321\_2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2003-12-08]. Вид.офіц.Київ: Держстандарт України, 2005. 51 с.
6. 17.2. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. – [Чинний від 1994-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 93 с. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=61937](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61937)
3. Черепашков А.А.,

7. David E. Weisberg The Engineering Design Revolution. URL: <http://cadhistory.net/> (дата звернення 01.02.2021).
8. Еволюція 3D САПР проєктування. URL: <https://vc.ru/design/98856evolyuciya-3d-sapr-proektirovaniya> (дата звернення 01.02.2021).
9. Історія бренда AutoCAD. САПР-журнал. URL: <http://saprjournal.ru/wiki/istoriya-brenda-autocad/> (дата звернення 01.02.2021).
10. Ушаков Д. 30 років Pro/ENGINEER: спогади про минуле і розсуди про майбутнє параметричного моделювання в САПР. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=19547](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19547) (дата звернення 01.02.2021).
11. Системы автоматизированного проектирования. URL: <https://msd.com.ua/osnovy-proektirovaniya-ximicheskix-proizvodstv-i-oborudovaniya/sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya/> (дата звернення 01.02.2021).
12. Історія розвитку САПР. URL: <http://www.saprgrazia.com/history.php> (дата звернення 01.02.2021).
13. Вайсберг Д. История SolidWorks [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14741](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14741) (дата звернення 01.02.2021).
14. Hirschtick J. Celebrating 25 Years of SolidWorks: Founding Memories From 1993. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/celebrating-25-yearssolidworks-founding-memories-from-jon-hirschtick> (дата звернення 01.02.2021).
15. Стенін О. А., Лапковський С. В., Солдатова М. О. Використання CALS-технологій в сучасній промисловості // Адаптивні системи автоматичного управління : міжвідомчий науково-технічний збірник. 2011. № 18(38). С. 114–123. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/4934> (дата звернення 01.02.2021).
16. Гонсьор О.Й. Впровадження CALS-технологій в системи управління якістю на підприємствах агропромислового комплексу // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2013. № 753. с.135–139.
17. Каратанов А. В. Методы и модели оценки качества систем автоматизированного проектирования в едином информационном пространстве // Системы управления, навигации та зв'язку. 2013. 3(27). с.122-128.
18. Dassault Systèmes. URL: <https://www.3ds.com> (дата звернення 01.02.2021).
19. Фатхриев В.Р. Обзор возможностей автоматизированного проектирования в 3DEXPERIENCE. URL: [http://www.beepton.com/files/content/obzor\\_vozmozhnostei\\_avtomatizirovannogo\\_proektirovaniya\\_v\\_3dexperience.pdf](http://www.beepton.com/files/content/obzor_vozmozhnostei_avtomatizirovannogo_proektirovaniya_v_3dexperience.pdf) (дата звернення 01.02.2021).
20. SolidWorks. URL: <https://www.solidworks.com> (дата звернення 01.02.2021).
21. SolidWorks. URL: [https://www.softkey.ua/catalog/sapr/solidworks/#detail\\_text](https://www.softkey.ua/catalog/sapr/solidworks/#detail_text) (дата звернення 01.02.2021).
22. AUTODESK. URL: <https://www.autodesk.ru/> (дата звернення 01.02.2021).
23. PTC. URL: <https://www.ptc.com> (дата звернення 01.02.2021).
24. Siemens Digital Industries Software. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com> (дата звернення 01.02.2021).

#### Referensis:

1. Saienko S. Yu. Osnovy SAPR / S. Yu. Saienko, I. V. Nechyporenko – Kh. : KhDUKht, 2017. – 1 elektron. opt. dysk (CD-ROM); 12 sm. – Nazva z ekrana.  
URL : <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://vasylkivlitsei.com.ua/media/library - /book/ 1614070377.330367.pdf>
2. Ly K. Osnovy SAPR (CAD/CAM/CAE). – SPb.: Pyter, 2004. – 560 s.
3. Tymchenko A. A. Osnovy systemnoho proektuvannia ta systemnoho analizu skladnykh ob'ektiv: Osnovy SAPR ta systemnoho proektuvannia skladnykh ob'ektiv: Pidruchnyk / za red.. V.I.Bykova.-2-he vyd. – K.: Lybid, 2003. – 272 s.

4. Naumchuk O. M. Osnovy system avtomatyzovanoho proektuvannia. – Rivne : NUVHP, 2008. – 136s.
5. 1. DSTU 3321\_2003 Systema konstruktorskoï dokumentatsii. Terminy ta vyznachennia osnovnykh poniat. – [Chynnyi vid 2003-12-08]. Vyd. ofits. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2005. 51 s.
6. 17.2. DSTU 2226-93. Avtomatyzovani systemy. Terminy ta vyznachennia. – [Chynnyi vid 1994-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 1994. 93 s. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=61937](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61937)
7. David E. Weisberg The Engineering Design Revolution. URL: <http://cadhistory.net/> (data zvernennia 01.02.2021).
8. Evoliutsiia 3D SAPR proektuvannia. URL: <https://vc.ru/design/98856evolyuciya-3d-sapr-proektirovaniya> (data zvernennia 01.02.2021).
9. Istoriia brenda AutoCAD. SAPR-zhurnal. URL: <http://saprjournal.ru/wiki/istoriya-brenda-autocad/> (data zvernennia 01.02.2021).
10. Ushakov D. 30 rokiv Pro/ENGINEER: spohady pro mynule i rozsudy pro maibutne parametrychnoho modeliuvannia v SAPR. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=19547](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19547) (data zvernennia 01.02.2021).
11. Systems avtomatyzirovannoho proiektyrovannia. URL: <https://msd.com.ua/osnovy-proektirovaniya-ximicheskix-proizvodstv-i-oborudovaniya/sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya/> (data zvernennia 01.02.2021).
12. Istoriia rozvytku SAPR. URL: <http://www.saprgrazia.com/history.php> (data zvernennia 01.02.2021).
13. Vaisberh D. Ystoriia SolidWorks [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14741](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14741) (data zvernennia 01.02.2021).
14. Hirschtick J. Celebrating 25 Years of SolidWorks: Founding Memories From 1993. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/celebrating-25-yearssolidworks-founding-memories-from-jon-hirschtick> (data zvernennia 01.02.2021).
15. Stenin O. A., Lapkovskiy S. V., Soldatova M. O. Vykorystannia CALS-tekhnologii v suchasniï promyslovosti // Adaptivni systemy avtomatychnoho upravlinnia : mizhvidomchyï naukovotekhnichniy zbirnyk. 2011. № 18(38). S. 114–123. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/4934> (data zvernennia 01.02.2021).
16. Honsor O.I. Vprovadzhennia CALS-tekhnologii v systemy upravlinnia yakistiu na pidpriemstvakh ahropromyslovoho kompleksu // Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". 2013. № 753. s.135–139.
17. Karatanov A. V. Metody y modely otsenky kachestva system avtomatyzirovannoho proiektyrovannia v edynom ynformatsyonnom prostranstve // Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. 2013. 3(27). s.122-128.
18. Dassault Systèmes. URL: <https://www.3ds.com> (data zvernennia 01.02.2021).
19. Fatkhryev V.R. Obzor vozmozhnostei avtomatyzirovannoho proiektyrovannia v 3DEXPERIENCE. URL: [http://www.beepitron.com/files/content/obzor\\_vozmozhnostei\\_avtomatizirovannogo\\_proektirovaniya\\_v\\_3dexperience.pdf](http://www.beepitron.com/files/content/obzor_vozmozhnostei_avtomatizirovannogo_proektirovaniya_v_3dexperience.pdf) (data zvernennia 01.02.2021).
20. SolidWorks. URL: <https://www.solidworks.com> (data zvernennia 01.02.2021).
21. SolidWorks. URL: [https://www.softkey.ua/catalog/sapr/solidworks/#detail\\_text](https://www.softkey.ua/catalog/sapr/solidworks/#detail_text) (data zvernennia 01.02.2021).
22. AUTODESK. URL: <https://www.autodesk.ru/> (data zvernennia 01.02.2021).
23. PTC. URL: <https://www.ptc.com> (data zvernennia 01.02.2021).
24. Siemens Digital Industries Software. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com> (data zvernennia 01.02.2021).

*Надійшла до редакції 23.11 2023р.*