

---

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

---

УДК 004.43+621.74

**Абдулов А. Р., Лапченко А. В.**

### **РОЗРОБКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИТИХ ВИРОБІВ**

Початковий етап розробки програмних продуктів обов'язково починається з етапу проектування. В якості сучасного інструменту проектування на даний момент часу широко використовується мова UML. UML (англ. Unified Modeling Language) — уніфікована мова моделювання, використовується у парадигмі об'єктно-орієнтованого програмування [1–3]. Є невід'ємною частиною уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, що використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, яка називається UML-моделлю. UML був створений для визначення, візуалізації, проектування й документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація.

UML може бути застосовано на всіх етапах життєвого циклу аналізу бізнес-систем і розробки прикладних програм. Різні види діаграм, які підтримуються UML, і найбагатший набір можливостей представлення певних аспектів системи робить UML універсальним засобом опису як програмних, так і ділових систем.

Діаграми дають можливість представити систему (як ділову, так і програмну) у такому вигляді, щоб її можна було легко перевести в програмний код. Основною причиною використання мови UML є спілкування розробників між собою. Крім того, UML спеціально створювалася для оптимізації процесу розробки програмних систем, що дозволяє збільшити ефективність їх реалізації у кілька разів і помітно поліпшити якість кінцевого продукту.

UML прекрасно зарекомендувала себе в багатьох успішних програмних проектах. Засоби автоматичної генерації кодів дозволяють перетворювати моделі мовою UML у вихідний код об'єктно-орієнтованих мов програмування, що ще більш прискорює процес розробки.

Практично усі CASE-засоби (програми автоматизації процесу аналізу і проектування) мають підтримку UML. Моделі розроблені в UML, дозволяють значно спростити процес кодування і направити зусилля програмістів безпосередньо на реалізацію системи. Діаграми підвищують супроводжуваність проекту і полегшують розробку документації.

Для графічного документування процесу розробки рекомендується застосування SADT-технології (акронім від англ. Structured Analysis and Design Technique) [3].

Метою цієї роботи є розробка структурно-функціональної моделі процесу проектування технології виготовлення литих виробів. Для цього необхідно документування основного процесу: автоматизації процесу розробки технології виготовлення виливків. На рис. 1 представлений процес розробки технології у вигляді структурно-функціональної діаграми нульового рівня, а в табл. 1 – опис цієї діаграми. На рис. 2 представлена деталізуюча SADT-діаграма першого рівня.

Зазначимо основні активності для процесу розробки технологічного процесу виготовлення виливків:

- аналіз технологічності конструкції;
- вибір положення виливка у формі;

- визначення величини припусків на механічну обробку;
- розрахунок ливниково-живильної системи;
- призначення фінішних операцій.

Наведемо активності першого рівня для процесу розробки технологічного процесу виготовлення виливків.

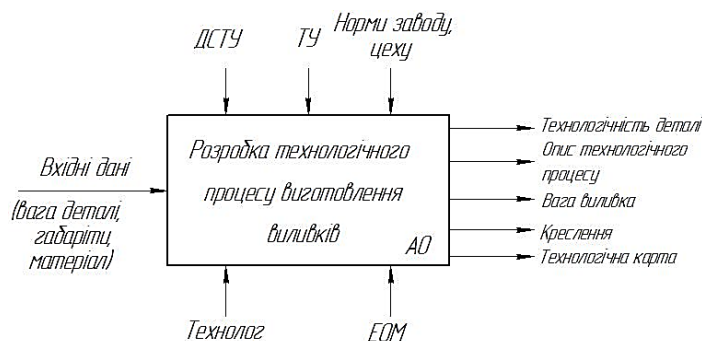


Рис. 1. Структурно-функціональна діаграма 0-рівня бізнес-процесу проектування технології виготовлення литих виробів

Таблиця 1

Опис структурно-функціональної діаграми процесу розробки технології виготовлення виливків

	Найменування активності	Вхідні дані	Управління	Виконавець	Вихідні дані
A0	Розробка технологічного процесу виготовлення виливків	- маса деталі - габарити - матеріал - серійність виробництва	- ДСТУ - технічні вказівки ТВ - заводські норми, цехові норми	- технолог - ЕОМ	- технологічність деталі; - опис процесу; - маса відливки; - креслення - технологічна карта

A1 (аналіз технологічності конструкції).

Метою даної активності є визначення технологічності виробу, яке буде виконуватися литтям. Технологічною вважається така конструкція виливка, яка дозволяє отримувати її заданої якості при мінімальних трудових, матеріальних і енергетичних витратах і мінімальній вартості. Технологічність конструкції литий деталі оцінюється за цілим рядом параметрів (за вимогами, які пред'являються до конструкції деталі).

A2 (вибір положення виливка у формі).

Метою даної активності є вибір найбільш раціонального положення виливка у формі під час її заливки і затвердіння. Вибором правильного положення виливка у формі керують такі чинники технологічного процесу, як умови живлення виливки, конфігурація модельного комплексу, наявність і кількість стрижнів, розміри ливарної форми, спосіб і обладнання для виготовлення форм і інше. Як, правило, для конкретного виливка можливо кілька варіантів положення її в формі.

Кожен з цих варіантів має свої переваги і недоліки, і тому технолог на підставі аналізу можливих варіантів вибирає оптимальне положення виливка у формі при заливці

A3 (розрахунок припусків на механічну обробку).

Метою даної активності є визначення норм точності виливка і величини припусків на механічну обробку виливка. Норми точності встановлюються на виливок в цілому, або на його окремі поверхні і розміри. Точність виливка характеризується класом розмірної точності, ступенем викривлення, ступенем точності поверхні і класом точності маси. Обов'язковими для застосування є два показники: клас точності розмірів і клас точності маси виливка.

A4 (розрахунок ливниково-живильної системи).

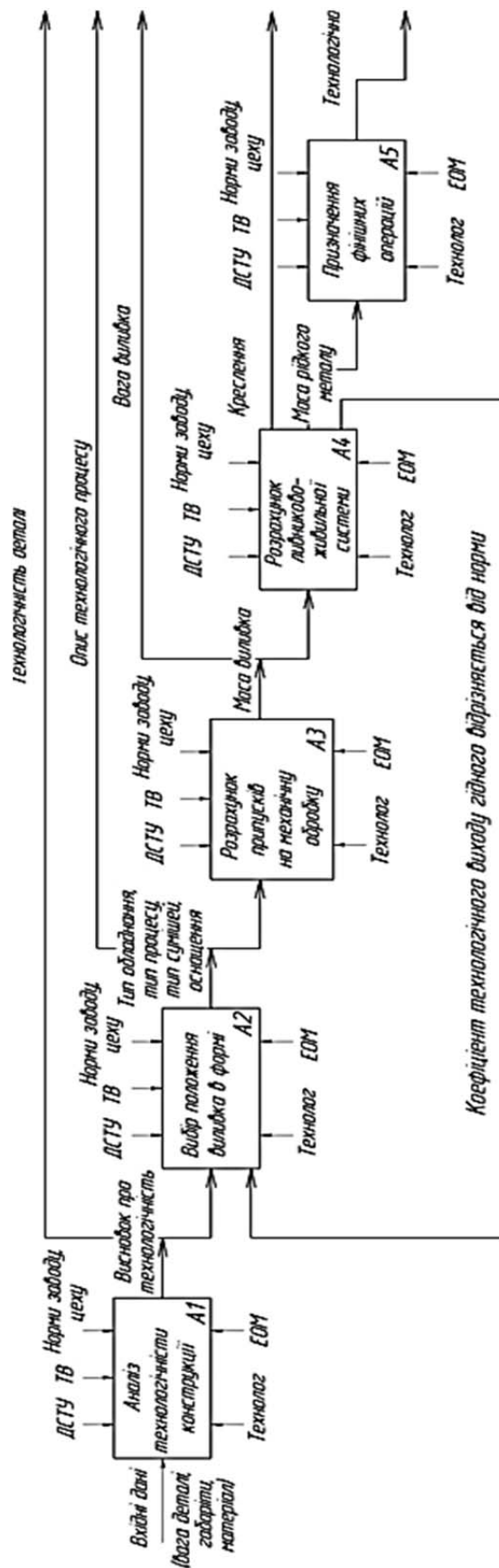


Рис. 2. Деталізуюча структурно-функціональна діаграма першого рівня бізнес-процесу проєктування технології виготовлення литих виробів

Метою даної активності є розрахунок елементів ливниково-живильної системи. Першим етапом є розрахунок надливів. Більшість металів та їх сплавів при нагріванні розширюються в об'ємі і лінійних розмірах, а при охолодженні – зменшуються, таким чином, зазнають усадку. Для компенсації усадки в рідкому стані і частково при твердінні на виливках передбачають спеціальні технологічні надливи. Надливом називається спеціальний, не передбачений кресленням литої деталі, технологічний прилив до поверхні виливка, який твердіє пізніше стінок виливка. Подача розплаву в форму здійснюється за допомогою ливникової системи. Вірне підведення металу в форму має винятково велике значення для отримання якісного виливка, так як будь-яка бездоганно виготовлена форма може бути зіпсована підведенням до неї розплавленого металу. Розмірами, пристроєм і розташуванням елементів ливникової системи зумовлюються такі важливі фактори технологічного процесу, як швидкість заповнення форми, напрямок потоку рідкого металу в порожнині форми, розігрів місцевих ділянок ливарної форми і виливка, спрямованість процесу затвердіння металу в формі і ін.

A5 (призначення фінішних операцій).

Метою даної активності є вибір і призначення операцій, які виконуються над литим виробом після його твердіння, охолодження і вибивання з форми. Призначення тих чи інших операцій здійснюється з урахуванням цілого ряду вимог, що пред'являються до литого виробу, серед них виділяють такі: якість поверхні, галузь застосування, наявність відповідного обладнання і т. д.

Вимоги, що висувуються до програмної системи, можна проілюструвати за допомогою діаграм прецедентів, які застосовуються для моделювання виду системи з точки варіантів використання.

Діаграма прецедентів (діаграма варіантів використання) це UML – діаграма, що відображає відносини між акторами і прецедентами і є складовою частиною моделі прецедентів, що дозволяє описати систему на концептуальному рівні.

Діаграма прецедентів [2–4] дозволяє чітко розмежувати систему і її оточення, визначити, які дійові особи і як саме взаємодіють з системою, який функціонал очікується від системи, визначити і описати в словнику предметної області загальні поняття, які необхідні для детального опису функціоналу системи. Діаграма прецедентів «Розробка технологічного процесу виготовлення виливка» наведена на рис. 3.

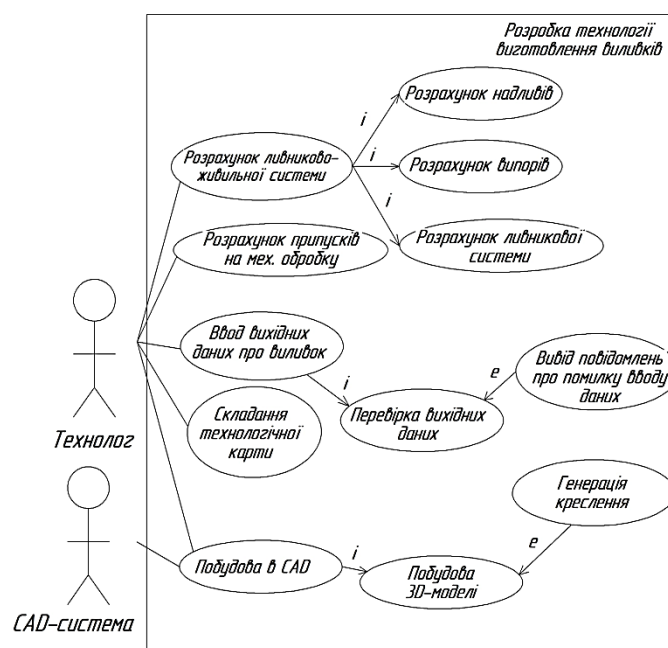


Рис. 3. Діаграма прецедентів для розробки технологічного процесу виготовлення виливка

Детальний опис діаграми прецедентів наведено в табл. 2, 3.

Таблиця 2

## Опис прецеденту «Розрахунок ливниково-живильної системи»

Опис прецеденту
Прецедент: розрахунок ливниково-живильної системи
Основний виконавець: технолог
Вхідні дані: маса виливка, маса рідкого метала на форму, матеріал, серійність
Основний успішний сценарій: отримання геометричних розмірів елементів ливниково-живильної системи та їх маси
Частота використання: при кожному виклику
Вихідні дані: дані розрахунку

Таблиця 3

## Опис прецеденту «Побудова в CAD»

Опис прецеденту
Прецедент: побудова в CAD
Основний виконавець: технолог, SolidWorks
Вхідні дані: параметри моделі, введені дані
Основний успішний сценарій: побудова 3D-моделі
Частота використання: при кожному виклику
Вихідні дані: сформована 3D-модель

Діаграма класів [4] є центральною ланкою методології об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування. Діаграма класів служить для представлення статичної структури моделі системи, відображає різні взаємозв'язки між окремими сутностями предметної області, такими як об'єкти і підсистеми.

Діаграма класів – це набір статичних, декларативних елементів моделі. Діаграма класів можуть застосовуватися і при прямому проектуванні, тобто в процесі розробки нової системи, і при зворотному проектуванні – описі існуючих і використовуваних систем. Інформація з діаграми класів безпосередньо відображається в вихідний код програми – в більшості існуючих інструментів UML-моделювання можлива кодогенерація для певної мови програмування (зазвичай Java або C++). Таким чином, діаграма класів – кінцевий результат проектування і відправна точка процесу розробки.

Клас на діаграмі зображується у вигляді прямокутника, розділеного горизонтальними лініями на три частини. У першій частині вказується назва класу. Як правило, ім'я класу складається з одного або двох слів. Друга частина містить перелік атрибутів класу, які характеризують той чи інший об'єкт класу в моделі предметної області. Третя частина містить перелік операцій, що відображають його поведінку в моделі предметної області.

Логічна структура програмного продукту є діаграму класів, що відображає різні класи, з яких складається система, і їх взаємодію між собою. Діаграма класів є «статичними» діаграмами, тому що вони відображають класи разом з їх методами і атрибутами, так само, як і статичні взаємодії між ними: які класи «знають» про яких класах або які класи «є частиною» інших класів, але не відображають обмін повідомленнями між класами.

На рис. 4 представлена діаграма класів програмно-методичного комплексу для автоматизації процесу розробки технології виготовлення виливків.

Діаграми послідовностей показують обмін повідомленнями між різними об'єктами в специфічній, обмеженою за часом, ситуації. Діаграми послідовностей спеціально виділяють порядок і часи відсилання повідомлень об'єктам.

У діаграмах послідовностей представляються вертикальними переривчастими лініями з ім'ям об'єкта нагорі. Тимчасова вісь також спрямована зверху вниз. Таким чином, повідомлення, що посилаються від одного об'єкта до іншого, відображаються стрілками з зазначенням операції і параметрів.

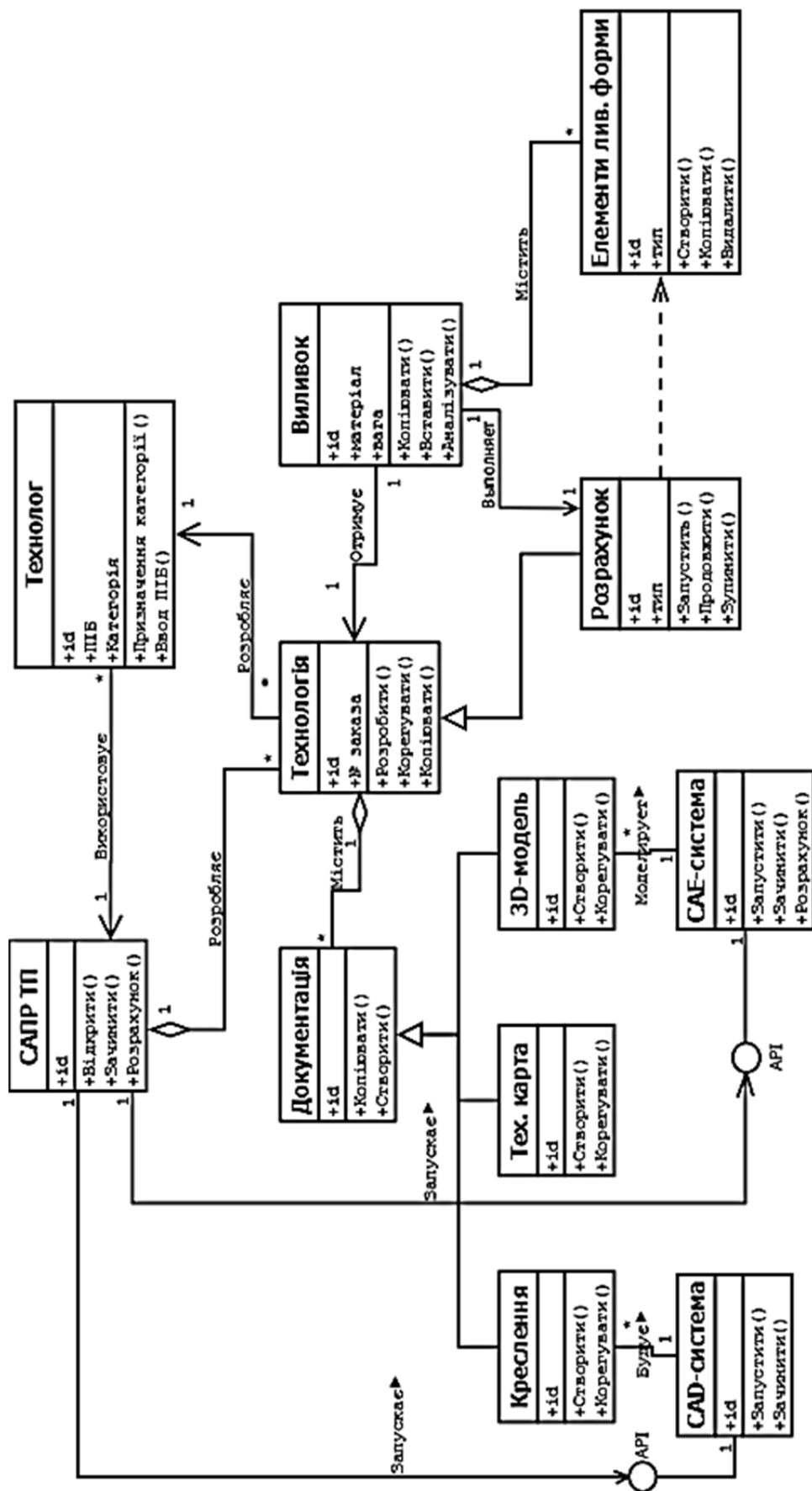


Рис. 4. Діаграма класів процесу розробки технології виготовлення виливків

Діаграма послідовностей відноситься до діаграм взаємодії UML [2–3], що описує поведінкові аспекти системи, але розглядає взаємодію об'єктів в часі.

Діаграми послідовностей можна використовувати для уточнення діаграм прецедентів, більш детального опису логіки сценаріїв використання. Діаграми послідовностей зазвичай містять об'єкти, які взаємодіють в рамках сценарію, повідомлення, якими вони обмінюються, і які повертаються результати, пов'язані з повідомленнями. Втім, часто повертаються результати позначають лише в тому випадку, якщо це не очевидно з контексту.

Об'єкти позначаються прямокутниками з підкресленими іменами (щоб відрізнити їх від класів), повідомлення (виклики методів) – лініями зі стрілками, які повертаються результати – пунктирними лініями зі стрілками. Прямокутники на вертикальних лініях під кожним з об'єктів показують «час життя» об'єктів. На рис. 5 представлена діаграма послідовності ПМК для автоматизації процесу розробки технології виготовлення виливків.

У проектуванні структур баз даних найбільш широко застосовується метод семантичного моделювання. Семантичне моделювання являє собою моделювання структури даних, що спирається на зміст цих даних. Як інструмент семантичного моделювання використовуються різні варіанти діаграм «сутність-зв'язок» (ER – Entity-Relationship) [2].

Діаграми «сутність-зв'язок» призначені для розробки моделей даних і забезпечують стандартний спосіб визначення даних і відносин між ними.

Фактично за допомогою діаграм «сутність-зв'язок» здійснюється деталізація сховищ даних проектованої системи, а також документуються сутності системи і способи їх взаємодії, включаючи ідентифікацію об'єктів, важливих для предметної області (сутностей), властивостей цих об'єктів (атрибутів) і їх відносин з іншими (зв'язків). Будь-який об'єкт системи може бути представлений тільки однією сутністю, яка повинна бути унікальною ідентифікована. При цьому ім'я сутності повинно відображати тип або клас об'єкта, а не його конкретний екземпляр. Ставлення в найзагальнішому вигляді є зв'язок між двома або більше сутностями. Іменування відносини здійснюється за допомогою граматичного обороту дієслова (має, визначає і т. д.).

При розробці ER-моделей ми повинні отримати наступну інформацію про предметну область:

- список сутностей предметної області.
- список атрибутів сутностей.
- опис взаємозв'язків між сутностями.

Зв'язки діляться на наступні типи:

Зв'язок типу один – до – одному означає, що один екземпляр першої суті (лівою) пов'язаний з одним екземпляром другої суті (правою). Зв'язок один – до – одного найчастіше свідчить про те, що насправді ми маємо всього одну сутність, неправильно розділену на дві.

Зв'язок типу один – до – багатьох означає, що один екземпляр першої суті (лівою) пов'язаний з декількома екземплярами другої суті (правою). Це найбільш часто використовуваний тип зв'язку. Ліва сутність (з боку «один») називається батьківської, права (з боку «багато») – дочірньої.

Зв'язок типу багато – до – багатьох означає, що кожен екземпляр першої суті може бути пов'язаний з декількома екземплярами другої суті, і кожен примірник другої сутності може бути пов'язаний з декількома екземплярами першої сутності. Тип зв'язку багато – до – багатьох є тимчасовим типом зв'язку, допустимим на ранніх етапах розробки моделі. Надалі цей тип зв'язку повинен бути замінений двома зв'язками типу один – до – багатьох шляхом створення проміжної сутності [2].

В процесі розробки програмно-методичного комплексу розробки технології виготовлення литих виробів були виділені наступні сутності: «Технолог», «Технологія», «Елементи ливарної форми», «Документація». Для кожної з них визначимо набір атрибутів. Діаграма сутність-зв'язок представлена на рис. 6.

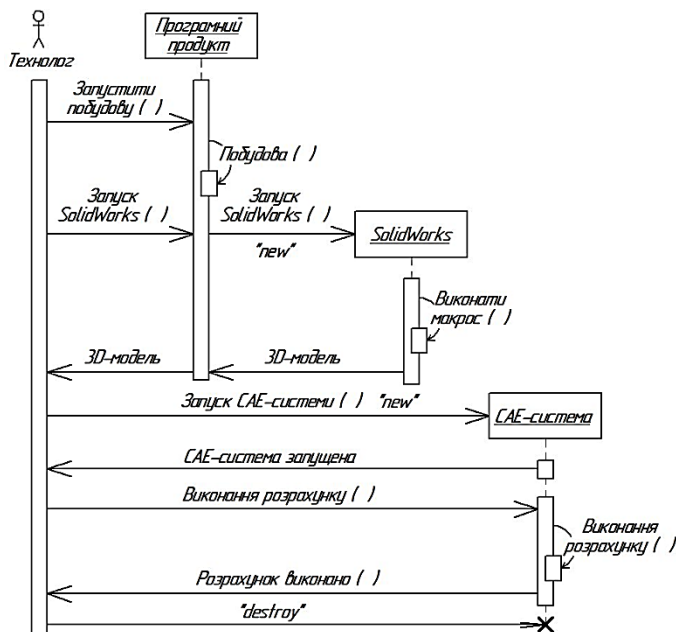


Рис. 5. Діаграма послідовності ПМК для автоматизації процесу розробки технології виготовлення виливків

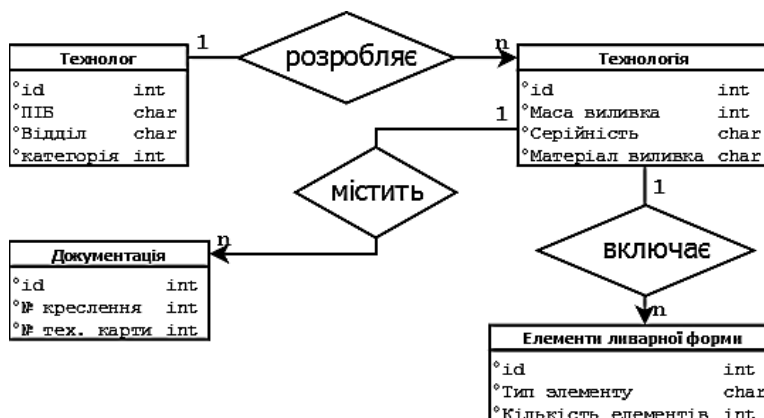


Рис. 6. ER-діаграма ПМК проектування технології виготовлення литих виробів

### ВИСНОВКИ

Розглянутий підхід до проектування САПР у ливарному виробництві може бути застосований на будь-яких етапах отримання якісних виливків, починаючи з підготовчих операцій і закінчуючи призначенням фінішних операцій та оптимізації технологічного процесу. Розробка САПР допоможе автоматизувати різні етапи проектування, наприклад, стандартні розрахунки, виготовлення проектної документації, моделювання ливарних процесів тощо.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования / К. Ларман. – М. : Вильямс, 2002. – 624 с.
2. Буч Г. Язык UML : Руководство пользователя / Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон ; пер. с англ. – М. : ДМК, 2000. – 432 с.
3. Рамбо Д. UML : Специальный справочник / Д. Рамбо, А. Якобсон, Г. Буч. – СПб. : Питер, 2002. – 656 с.
4. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влассидес. – СПб. : Питер, 2001. – 368 с.