



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ EN ISO 16757-2:20__
(EN ISO 16757-2:2019, IDT; ISO 16757-2:2016, IDT)

**СТРУКТУРИ ДАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ КАТАЛОГІВ
ВИРОБІВ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА
ОБЛАДНАННЯ БУДІВЕЛЬ**

Частина 2. Геометричні параметри

(Проект, остаточна редакція)

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
20__

ПЕРЕДМОВА

1. РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет стандартизації «Металобудівництво» (ТК 301), Товариство з обмеженою відповідальністю «Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського»
2. ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») від ____ . ____ . 20__ р. № _____ з 20__ __ __
3. Національний стандарт відповідає EN ISO 16757-2:2019 Data structures for electronic product catalogues for building services — Part 2: Geometry (ISO 16757-2:2016) (Структури даних електронних каталогів виробів для інженерних систем та обладнання будівель. Частина 2. Геометричні параметри) і внесений з дозволу CEN-CENELEC, Rue de la Science 23, B-1040 Brussels, Belgium. Усі права щодо використання європейських стандартів у будь-якій формі й будь-яким способом залишаються за CEN
Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)
Переклад з англійської (en)
4. Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України
5. НА ЗАМІНУ ДСТУ EN ISO 16757-2:2020 (EN ISO 16757-2:2019, IDT, ISO 16757-2:2016, IDT)

**Право власності на цей національний стандарт належить державі.
Заборонено повністю або частково видавати, відтворювати
задля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи**

ДП «УкрНДНЦ», 20__

ЗМІСТ

Національний вступ.....	C. V
Передмова до ISO 16757-2:2016.....	VII
Вступ до ISO 16757-2:2016.....	IX
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання.....	2
3 Терміни та визначення понять.....	3
4 Структура та інформація каталогу.....	4
5 Геометрія.....	6
5.1 Форми.....	8
5.2 Умовні графічні позначки.....	9
5.3 Просторові дані.....	9
5.3.1 Загальний простір.....	10
5.3.2 Мінімальний робочий простір.....	10
5.3.3 Простір для забезпечення доступу.....	10
5.3.4 Простір для розміщення та транспортування.....	10
5.3.5 Монтажний простір.....	10
5.4 Поверхні.....	11
5.5 З'єднувачі.....	11
6 Методологія геометричного опису.....	12
6.1 Принцип геометричного представлення.....	12
6.2 Рівень деталізації.....	13
6.3 Поверхні.....	17
6.4 З'єднувачі.....	20
6.5 Генерування значень геометричних параметрів.....	23
7 Геометричні елементи.....	26
7.1 Примітиви форм CSG.....	29
7.2 Примітиви CSG з листового металу.....	30
7.3 Розширені примітиви CSG.....	31
7.4 Зіставлення геометрії ISO 16757 з параметризованою геометрією STEP та IFC.....	31

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

Додаток А (обов'язковий) Додаткові геометричні елементи..... 38

Бібліографія..... 125

Додаток НА (довідковий) Перелік національних стандартів України, ідентичних міжнародним нормативним документам, посилання на які є в цьому стандарті 128

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ EN ISO 16757-2:20XX (EN ISO 16757-2:2019, IDT; ISO 16757-2:2016, IDT) «Структури даних електронних каталогів виробів для інженерних систем та обладнання будівель. Частина 2. Геометричні параметри», прийнятий методом перекладу, – ідентичний щодо EN ISO 16757-2:2019 (версія en) «Data structures for electronic product catalogues for building services – Part 2: Geometry» (ISO 16757-2:2016).

Технічний комітет стандартизації, відповідальний за цей стандарт в Україні, – ТК 301 «Металобудівництво».

Текст ISO 16757-2:2016 прийнято CEN як EN ISO 16757-2:2019 без будь-яких змін.

Цей стандарт прийнято на заміну ДСТУ EN ISO 16757-2:2020 (EN ISO 16757-2:2019, IDT, ISO 16757-2:2016, IDT) (прийнятого методом «підтвердження»).

У цьому національному стандарті зазначено вимоги, які відповідають законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

– слова «цей міжнародний стандарт», «ця частина стандарту» та «цей документ» замінено на «цей стандарт»;

– структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» та «Бібліографічні дані» – оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

– у розділі 2 «Нормативні посилання», підрозділі 6.2 та «Бібліографії» наведено «Національне пояснення», виділене рамкою;

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

– зі «Вступу» до EN ISO 16757-2:2019 у цей «Національний вступ» внесено все, що безпосередньо стосується цього стандарту;

– рисунки наведено одразу після тексту, де вперше виконано посилання на них, або на черговій сторінці.

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

ПЕРЕДМОВА ДО ISO 16757-2:2016

ISO (Міжнародна організація зі стандартизації) є всесвітнім об'єднанням національних органів стандартизації (органів-членів ISO). Роботу з підготовки міжнародних стандартів зазвичай здійснюють із залученням технічних комітетів ISO. Кожен орган-член ISO, зацікавлений у темі, за якою створено технічний комітет, має право бути представлений у цьому комітеті. У роботі беруть участь також міжнародні організації, урядові та неурядові, які взаємодіють з ISO. ISO тісно співпрацює з Міжнародною електротехнічною комісією (IEC) з усіх питань електротехнічної стандартизації.

Процедури, використовувані для розроблення цього стандарту та призначені для його подальшого підтримання в актуальному стані, викладено в Директивах ISO/IEC, частина 1. Зокрема, треба зазначити різні критерії схвалення, необхідні для різних типів документів ISO. Цей стандарт розроблено відповідно до редакційних правил, викладених у Директивах ISO/IEC, частина 2 (див. www.iso.org/directives).

Потрібно звернути увагу на те, що деякі елементи цього стандарту можуть бути предметом патентних прав. ISO не несе відповідальності за виявлення таких патентних прав частково чи повною мірою. Подобиці щодо будь-яких патентних прав, виявлених під час розроблення стандарту, наведено у вступі та/або в списку отриманих патентних декларацій ISO (див. www.iso.org/patents).

Будь-яка торговельна назва, використана в цьому стандарті, є інформацією, наданою користувачам для зручності, і не означає схвалення.

Стосовно роз'яснень щодо добровільного застосування стандартів, значень специфічних термінів та формулювань ISO,

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

пов'язаних з оцінюванням відповідності, а також інформації про приєднання ISO до принципів Світової організації торгівлі (COT) у відношенні до технічних бар'єрів у торгівлі (ТБТ) див. такий URL: www.iso.org/iso/foreword.html.

Комітет, відповідальний за цей документ, – ISO/TC 59, «Будівлі та інженерні споруди», ПК 13 «Організація інформації щодо будівель та споруд».

Перелік всіх частин багато частинного стандарту ISO 16757 можна знайти на сайті ISO.

ВСТУП ДО ISO 16757-2:2016

Нині зростає потреба в електронній, машинозчитуваній, цифровій інформації про інженерні системи та обладнання будівель. Проєктувальники інженерних систем та обладнання будівель мають виконувати детальні розрахунки та моделювання для забезпечення енергоощадності та дотримання критеріїв гігієни та комфорту в системах опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та санітарно-технічного устаткування. Для виконання цих завдань проєктувальникам потрібно мати доступ до більш детальної та точної документації. Результати проєктування мають повністю описувати інженерні системи будівлі та не допускати внутрішні перетинання, щоб уникати колізій з іншими системами та компонентами, а також з конструкцією будівлі.

Ці вимоги можуть бути виконані тільки за допомогою сучасних застосунків для інженерних систем та обладнання будівель, таких як система комп'ютеризованого проєктування (CAD) та система комп'ютеризованого інжинірингу (CAE), розрахункові програми, інструменти BIM та програмне забезпечення для управління. Системам програмного забезпечення необхідні точні дані про компоненти використовуваного устаткування, оскільки кожен компонент впливає на експлуатаційні характеристики всієї будівлі.

Відтак, цей стандарт призначений для надання моделей і їх визначень під час обміну даними каталогів виробів.

Цей стандарт усуває необхідність працювати з різними форматами даних або використовувати різні, орієнтовані на конкретного виробника програмні системи для роботи з продукцією різних виробників. Цей стандарт сприятиме значному зниженню витрат як для виробників, так і для користувачів. Інтеграція цих даних в

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

будівельне інформаційне моделювання (BIM) дозволяє здійснювати обмін даними між IT-системами. Окрім переваг під час планування, існує й низка переваг для інших програмних систем, таких як управління об'єктом нерухомості та управління життєвим циклом.

У цьому стандарті вперше запропоновано інтерфейс, який забезпечує уніфікацію управління технічними, експлуатаційними й операційними даними, так само як геометричною інформацією, зображеннями, відео та текстом.

Цілі цього стандарту полягають у забезпеченні

- автоматичної інтеграції даних каталогу всіх виробників в інженерні застосунки, такі як CAD, CAE, а також у вимірювальні та обчислювальні системи,

- уніфікованого вибору виробів, незалежно від виробників,

- визначення розмірів виробів за алгоритмами виробників,

- можливості перерахунку та повторного моделювання всієї системи з даними всіх компонентів інженерних систем та обладнання будівлі настільки часто, наскільки це необхідно, та

- стандартизованого подання технічних даних для обміну даними та управління життєвим циклом.

Цей стандарт містить визначення та специфікації для моделювання та обміну геометричною інформацією про компоненти інженерних систем та обладнання будівель.

ISO 16757-1 містить загальну інформацію про стандарт і пояснення його елементів і структури. Цей стандарт (ISO 16757-2) визначає геометричні елементи, які використовують для представлення виробів у каталогах згідно з ISO 16757. ISO 16757-3 визначає скриптову мову, яку використовують в ISO 16757 (усі частини) із різними цілями. ISO 16757-4 містить описи IDM для

X

ISO 16757 (усі частини), зокрема, описи тих процесів, які забезпечує цей стандарт, а також правила відображення виробів і опису їх властивостей у форматі IFC та визначення властивостей семантично за допомогою IFD. ISO 16757-5 визначає формат обміну в XML, за допомогою якого можна здійснювати обмін електронними каталогами відповідно до визначень ISO 16757 (усі частини). Формат обміну буде визначено у вигляді схеми визначень XML (*XML Schema Definition*, або скорочено *XSD*). Змістовні частини ISO 16757 визначають стандартизовані властивості груп виробів і структуру моделі технічних даних. Крім того, у змістовних частинах ISO 16757 описано певні засоби для програмування функціональних інтерфейсів для компонування, розрахунку та моделювання виробів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

СТРУКТУРИ ДАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ КАТАЛОГІВ ВИРОБІВ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ БУДІВЕЛЬ.

ЧАСТИНА 2. ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ

DATA STRUCTURES FOR ELECTRONIC PRODUCT CATALOGUES FOR BUILDING SERVICES — PART 2. GEOMETRY

Чинний від 20XX-XX-XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

У цьому стандарті (частина 2 ISO 16757) описано процес моделювання геометрії виробів інженерних систем і обладнання будівель. Цей опис оптимізовано для обміну даними каталогів виробів і він містить:

- форми для представлення самого виробу,
- умовні графічні позначки для відображення функції виробу на схематичних діаграмах,
- простори, потрібні для належного функціонування виробу,
- поверхні для візуалізації, та
- з'єднувачі для відображення можливості з'єднання з іншими об'єктами.

Геометрія форм і простору виражена у вигляді Конструктивної блокової (твердотільної) геометрії (*Constructive Solid Geometry, CSG*), яка заснована на геометричних примітивах, з'єднаних у граничні представлення за допомогою булевих операцій. У цьому стандарті використані примітиви зі стандартів ISO 10303-42 та ISO 16739, а також додаткові примітиви для виробів інженерних систем і обладнання з особливою геометрією. Для умовних графічних позначок також використовують лінійні елементи.

Цей стандарт не описує ні внутрішню структуру або внутрішню функціональність виробу, ні відомості про його виробництво, оскільки таку інформацію, як правило, не публікують в каталозі виробів.

Вироби для інженерних систем та обладнання можуть мати мільйони варіантів їхніх розмірів. Щоб уникнути обміну мільйонами геометричних параметрів, застосовують параметричну модель, яка дозволяє виводити із загальної моделі геометричні параметри, які є характерними для конкретного виробу в залежності від умов його застосування. Це необхідно для того, щоб зменшити обсяг каталожних даних у разі обміну до прийняттого розміру. Параметрична модель дозволяє зменшити розмір файлів даних, що полегшує їх передачу під час обміну даними.

Використовувана геометрична модель не містить жодної інформації про креслення, наприклад, про види, стилі ліній або штрихування.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Наведені нижче нормативні документи, у повному складі чи їх частини, необхідні для застосування цього стандарту. У разі датованих посилань застосовують тільки наведені видання. У разі недатованих посилань потрібно користуватись останнім виданням наведених нормативних документів (разом зі змінами).

ISO 16757-1 Data structures for electronic product catalogues for building services — Part 1: Concepts, architecture and model

ISO 6707-1 Buildings and civil engineering works — Vocabulary — Part 1: General Terms

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

ISO 16757-1 Структури даних електронних каталогів виробів для інженерних систем та обладнання будівель. Частина 1. Концепції, архітектура та модель

ISO 6707-1 Будівлі та інженерні споруди. Словник. Частина 1. Загальні терміни

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті вжито терміни та визначення понять, зазначені в ISO 16757-1 та ISO 6707-1, а також наведені нижче.

ISO та IEC надають термінологічні бази даних для їх використання в стандартизації за такими адресами:

— Електропедія IEC: доступна за адресою <http://www.electropedia.org/>

— Онлайн бібліотека стандартів (OBP): доступна за адресою <http://www.iso.org/obp>

3.1 форма виробу (*product shape*)

геометричне представлення простору, який визначають зовнішні межі виробу.

3.2 поверхня виробу (*product surface*)

кольорова та текстурована зовнішня грань форми виробу, зовнішній вигляд якої залежить від освітлення та кута огляду.

3.3 з'єднувач (*port*)

елемент геометричної моделі виробу, який має певне розташування, орієнтацію та напрям (1) для з'єднання виробу з іншими з'єднувачами для подавання середовищ або (2) для кріплення виробу

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

до інших виробів, додаткових елементів, стін, стель, підлог тощо, або (3) для здійснення контролю.

3.4 твердотільна модель (*solid model*)

повне представлення номінальної форми виробу, у якому всі внутрішні точки пов'язані між собою і будь-яка точка може бути класифікована як внутрішня, зовнішня або та, що знаходиться на межі твердого тіла.

(Джерело: ISO 10303-42:2014, 6.4.1)

3.5 твердотільний параметричний примітив (*parametrizable primitive solid*)

модель певного твердотільного примітиву, наприклад, блоку, циліндра, сфери або конуса, розміри якого представлені параметрами за допомогою яких можна генерувати варіанти.

3.6 конструктивна блокова (твердотільна) геометрія; CSG (*constructive solid geometry; CSG*)

тип геометричного моделювання, в якому тверде тіло є результатом послідовності впорядкованих булевих операцій, які проводять над твердотільними моделями.

(Джерело: ISO 10303-42)

3.7 обрізання (*clipping*)

операція, яку застосовують відносно геометричної моделі для видалення її частин, які виходять за певну межу.

4 СТРУКТУРА ТА ІНФОРМАЦІЯ КАТАЛОГУ

Усі види даних про вироби в межах стандарту ISO 16757 можуть бути передані у файлі каталожних даних щодо виробів.

Структура каталогу, яка більш детально описана в ISO 16757-1, зображена на рисунку 1.

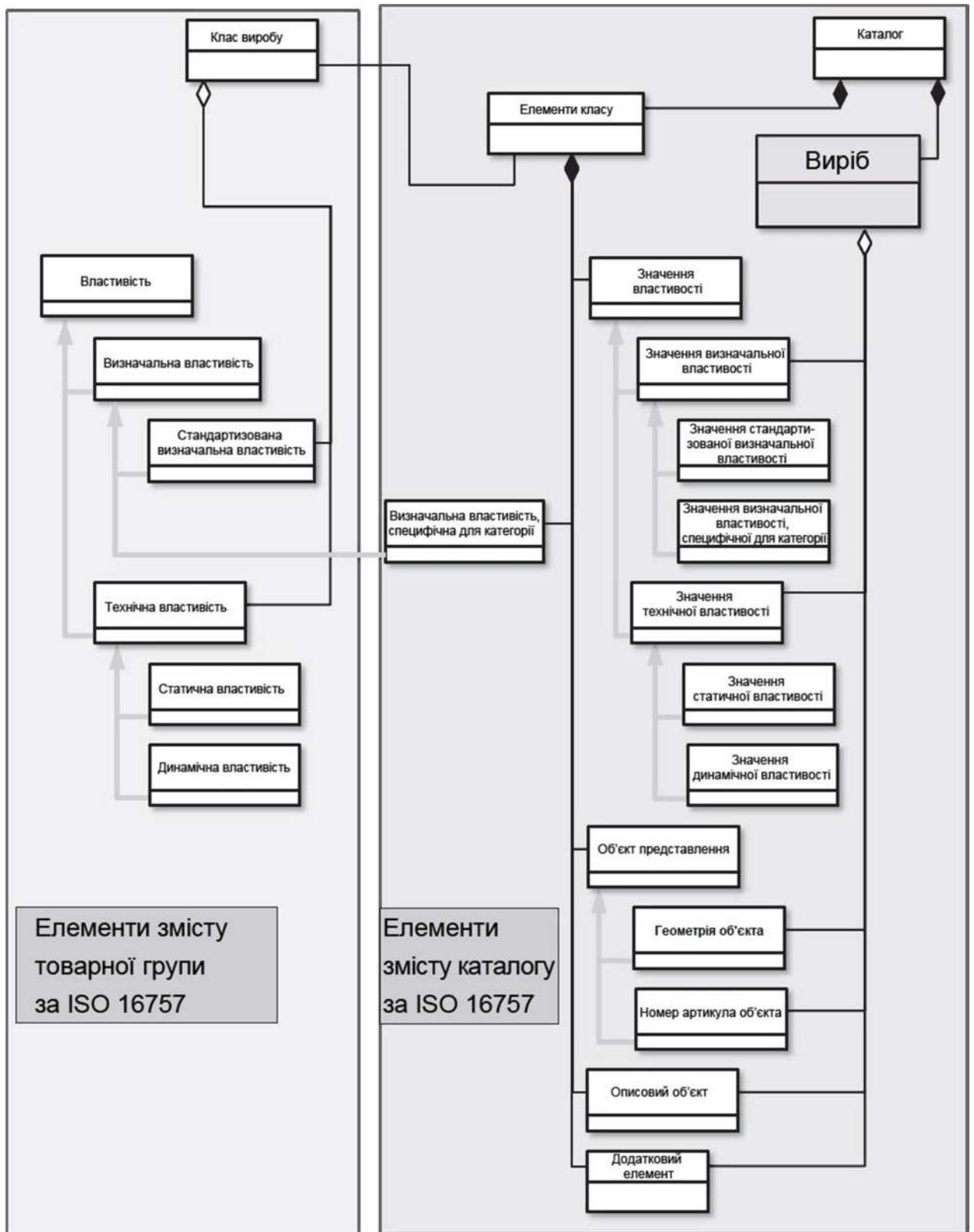


Рисунок 1 — Загальний вигляд елементів каталогу та видів властивостей

5 ГЕОМЕТРІЯ

Геометричні об'єкти – це об'єкти представлення в каталозі. Вони можуть представляти виріб, додатковий елемент або частину одного з них (див. рисунок 2).

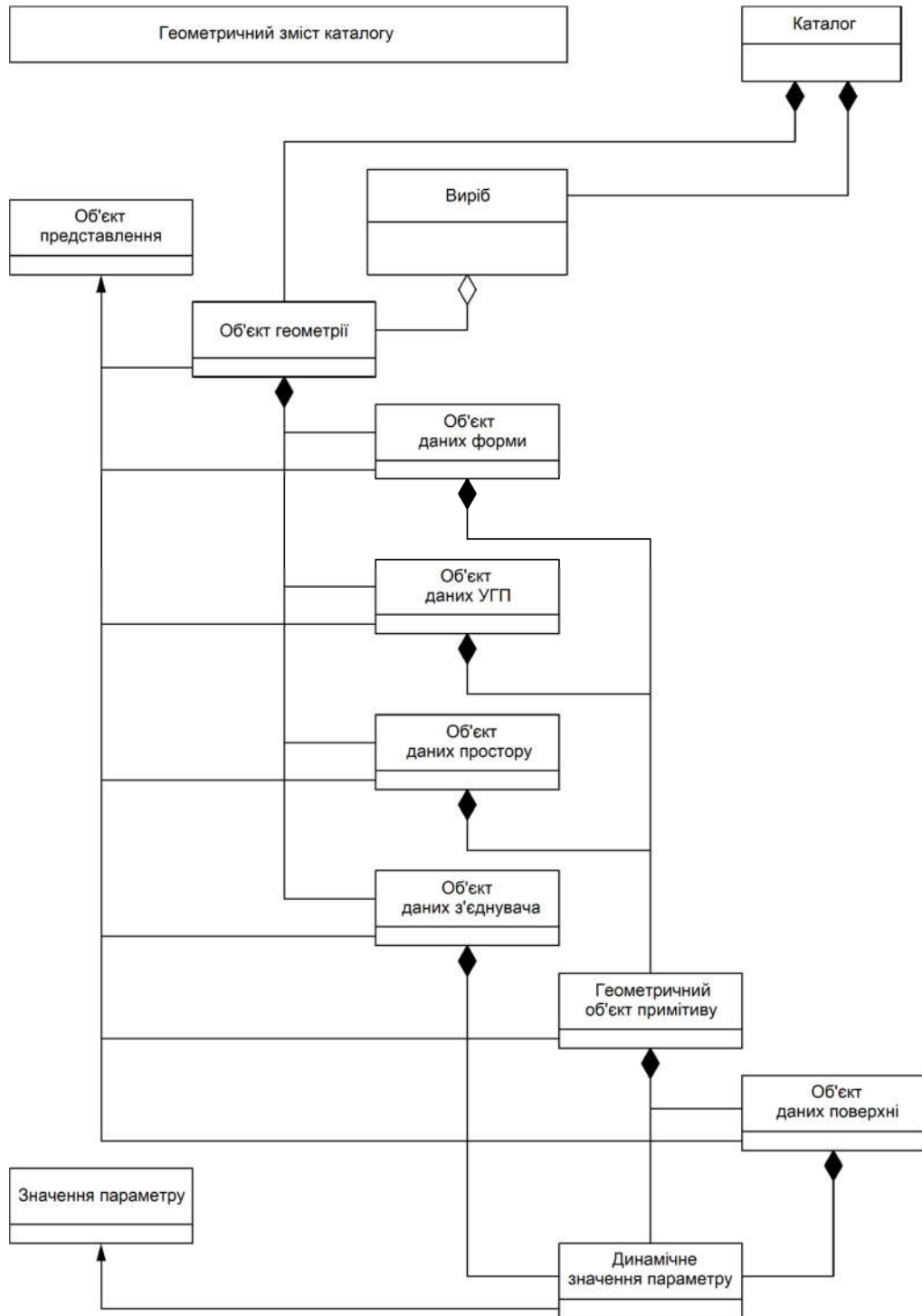


Рисунок 2 — Загальний вигляд геометричних елементів каталогу та виду об'єктів даних

Геометрія містить різні види геометричних даних:

- форми;
- умовні графічні позначки;
- простори;
- поверхні;
- з'єднувачі.

Форми, умовні графічні позначки та простори побудовані за допомогою дерев CSG. «Листям» (відгалуженнями) є геометричні примітиви (див. пункт 7). Для кожного примітиву існує ряд атрибутів, для яких мають бути задані конкретні значення з метою побудови відповідних форм. Внутрішні вузли – це оператори CSG, які також можуть мати атрибути, яким необхідно задати значення. У такий самий спосіб задають атрибути і для з'єднувачів, наприклад, опис конкретного з'єднувача відбувається шляхом заповнення певних значень атрибутів.

Для забезпечення можливості представляти безліч варіантів, кожне геометричне представлення є абстрактним, тобто атрибути не мають фіксованого значення для кожного виробу. Натомість, значення атрибутів описують формулами, які використовують геометричні властивості як свої параметри. Ці геометричні властивості визначає виробник, тобто вони є індивідуальними для кожного конкретного каталогу і тому можуть відрізнятися в різних каталогах.

Геометричні властивості задають конкретні значення для кожного виробу. Вони мають бути розраховані для кожного виробу на основі значень технічних властивостей цього конкретного варіанту виробу. Таким чином, це похідні властивості, і вони описані функцією, яка обчислює фактичне значення властивості для конкретного варіанту виробу (див. ISO 16757-1). Деякі геометричні властивості також можуть

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

бути динамічними, тобто вони залежать не тільки від властивостей виробу, але й від умов середовища у місці їх установлення.

Окремий виріб може складатися з одного або декількох компонентів (див. рисунок 3). Кожен компонент такого виробу має бути описаний як окремий геометричний об'єкт.



Рисунок 3 — Окремий виріб (нагрівач з теплообмінником та накопичувальним резервуаром для води) як сукупність компонентів

5.1 Форми

Форми забезпечують візуалізацію виробу у вигляді тривимірної геометричної моделі (див. рисунок 4). Крім того, вони необхідні для перевірки на відсутність перетинання з іншими формами та просторами в моделі будівлі або в моделі інженерної системи будівлі, яка розташована навколо виробу.



Рисунок 4 — Форма клапану

5.2 Умовні графічні позначки

Окрім форм, існують також умовні графічні позначки, які необхідні для більш точного розуміння моделі в представленнях та кресленнях. Так, тривимірне представлення форми клапана не може надати ту інформацію, яку надає умовна графічна позначка, наприклад, додаткові відомості щодо його типу, функції та способу приведення його в робочий стан.

Об'єкт умовної графічної позначки також містить інформацію про те, чи є він двовимірним або тривимірним.

Метод опису умовної графічної позначки аналогічний методу опису даних про форми.

5.3 Просторові дані

Одного лише опису форми виробу недостатньо для перевірки його правильного встановлення в інженерну систему будівлі. Для багатьох видів устаткування потрібен робочий простір перед пультом

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

або екраном управління, а також додатковий простір для його встановлення і/або збірки (див. рисунок 5).

Простори поділяють на такі види.

5.3.1 Загальний простір

Простір, необхідний для попередньої автоматичної перевірки на відсутність перетинання за допомогою систем CAD, та який містить усі інші види простору: мінімальний робочий простір, простір для забезпечення доступу, простір для розміщення та транспортування та монтажний простір виробу.

5.3.2 Мінімальний робочий простір

Простір, необхідний для повноцінного функціонування виробу, включно з простором для відкриття дверей, люків тощо.

5.3.3 Простір для забезпечення доступу

Простір, необхідний персоналу для технічного обслуговування й експлуатації виробу.

5.3.4 Простір для розміщення та транспортування

Простір, необхідний для найбільших окремих елементів виробу, на які його можна розібрати, щоб забезпечити його переміщення в або з будівлі до або з місця його встановлення.

5.3.5 Монтажний простір

Простір, необхідний для збірки та встановлення або демонтажу виробу на місці його експлуатації.

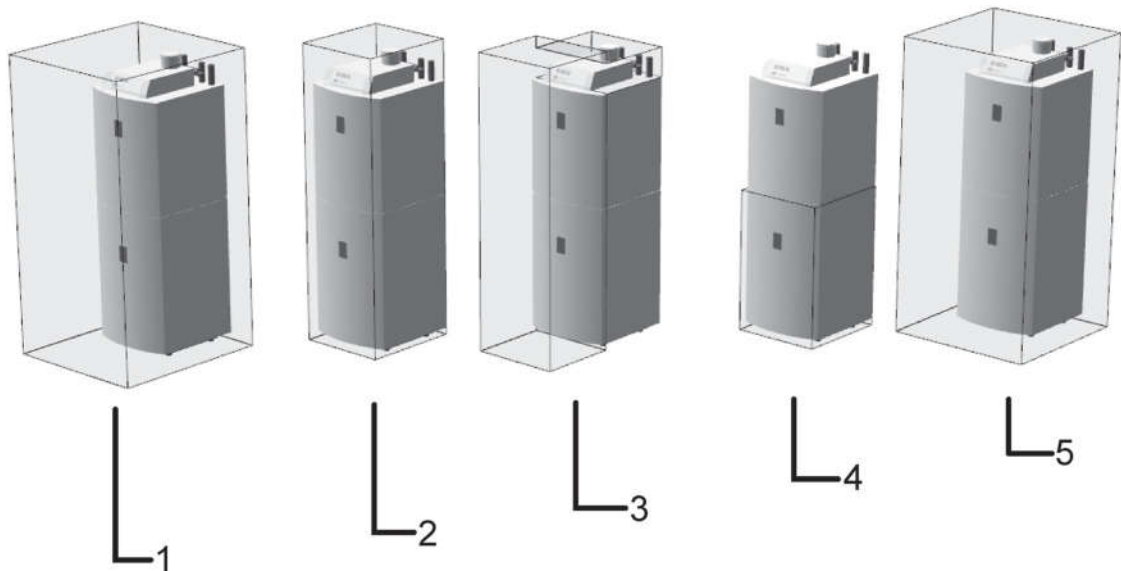


Рисунок 5 — Простори виробу

Загальний простір описують одним єдиним примітивом CSG, який являє собою об'єднання форми виробу та всіх інших вищезгаданих видів простору.

Решта видів простору можуть бути виконані з використанням одного або декількох геометричних примітивів. Вони конфігуруються так само, як і сама форма.

5.4 Поверхні

Поверхні описують колір і текстуру поверхні виробу. Кожна різна комбінація кольору та текстури лише раз вказана у файлі обмінних даних, а також на неї посилаються геометричні дані.

5.5 З'єднувачі

З'єднувачі мають надавати всі дані, які необхідні для ідентифікації з'єднувачів виробу в межах моделі інженерної системи будівлі і для визначення сумісності або несумісності пар з'єднувачів.

Наявність детального опису з'єднувачів дозволяє автоматизувати встановлення компонентів в інженерну систему будівлі (наприклад,

автоматичне вирівнювання) та проводити геометричні перевірки, щоб визначити доцільність їх встановлення в систему.

З'єднувачі виробу можна поділити на такі категорії

- з'єднувачі для подавання середовищ (подавання середовищ (наприклад, газу або рідини) до труб, повітропроводів, клапанів, фітингів тощо);
- кріпильні з'єднувачі (для кріплення виробу до додаткових елементів, стін, стель, підлог тощо);
- роз'єми для сигналів управління та контролю.

Якщо програмний застосунок аналізує інформацію про з'єднувач, він може автоматично розташувати виріб відносно інших компонентів системи або запропонувати альтернативні варіанти його розташування, наприклад, розмістити водонагрівач зверху, поруч або позаду бойлерної установки. Той самий принцип застосовують відносно вентиляторів і монтажних каркасів, насосів і опорних рам тощо.

Для цього необхідно перевіряти з'єднувачі на предмет функціональної та геометричної сумісності.

6 МЕТОДОЛОГІЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО ОПИСУ

6.1 Принцип геометричного представлення

Геометричне представлення виробів у каталогах складається з чотирьох основних частин.

а) Комбінації тривимірних твердотільних примітивів і порядку їх з'єднання за допомогою булевих операцій. Цей підхід може бути використаний для представлення форми виробу, його умовних графічних познач або просторів.

Положення та розміри примітивів можуть бути постійними або змінними, або ж визначатися математичними правилами, в яких застосовують і те, й інше. Одна комбінація тривимірних твердотільних примітивів може бути використана для геометричного представлення великої кількості варіантів виробів з однієї серії.

b) Визначення поверхонь виробу для опису їхнього зовнішнього вигляду шляхом визначення їх матеріалу.

c) Опису з'єднань виробу з інженерною системою будівлі або іншими виробами, включно з їхніми положеннями, напрямками та розмірами.

d) Функції (*get_geometry_values*) або ряду функцій, які дозволяють отримати значення властивостей виробу, необхідних для розрахунку його геометрії. У сукупності з тривимірними твердотільними примітивами, значеннями поверхні та системами координат ці значення властивостей формують геометричне представлення одного окремого, ідентифікованого виробу (див. 6.5).

6.2 Рівень деталізації

Нерідко в одному приміщенні знаходяться тисячі виробів для інженерних систем та обладнання будівель. Якщо всі вони будуть детально представлені в геометричній моделі будівлі, обсяг даних зросте фатально.

Наприклад, проєктувальники, які розміщують тисячі радіаторів і радіаторних клапанів у межах однієї моделі будівлі, не потребують детального представлення кожного такого виробу. На кресленнях з великим масштабом умовних графічних позначок або менш детальне представлення може бути більш інформативним, аніж детальне.

Детальне візуальне представлення виробу найчастіше потрібно лише в окремих випадках. Наприклад, під час обирання виробу проєктувальники зазвичай дуже зацікавлені в його детальній геометрії.

Рівні деталізації використовують в різних видах документації.

а) Схематичне креслення:

- 1) Горизонтальна схема (наприклад, для планів потоку повітря в системі кондиціонування):
 - i) Труби та канали зображують двома паралельними напрямленими лініями в 2D форматі;
 - ii) Пристрої представляють у вигляді двовимірних умовних графічних познач;
- 2) Вертикальна схема (наприклад, для планів постачання питної води, систем каналізації або опалення):
 - i) Труби та повітропроводи зображують однією направленою лінією в 2D форматі;
 - ii) Пристрої представляють у вигляді загальних двовимірних умовних графічних познач;
- 3) Ізометрична схема (наприклад, для планів трубопроводів):
 - i) Труби та повітропроводи зображують однією направленою лінією в 3D форматі;
 - ii) Пристрої представляють у вигляді загальних тривимірних умовних графічних познач.

б) Просторове представлення:

Просторове представлення багато в чому залежить від використання та користувача.

Приклад

- 1) Виробники виробів для інженерних систем будівлі прагнуть отримати майже фотореалістичне геометричне представлення, яке містить максимум інформації про виріб.

- 2) Проєктувальникам інженерних систем будівель необхідно мати геометричне представлення з мінімумом інформації про вид виробів, щоб визначити тільки їхні розміри, вибір, спосіб встановлення та експлуатування.
- 3) Архітектори прагнуть отримати
 - загальне представлення труб і пристроїв для організації простору приміщення, та
 - детальне представлення труб і пристроїв для отримання візуального опису видимих частин інженерних систем будівлі (таких як повітровипускні отвори, радіатори, видимі труби та повітропроводи, а також інші видимі технічні пристрої).
- 4) Власники, керівники та генеральні підрядники прагнуть отримати динамічне наочне представлення труб і пристроїв, яке буде менш детальним в загальному вигляді і більш детальним у масштабуванні, для перевірки їх функціональної сумісності.
- 5) Користувачі приймаючих або інтерпретуючих застосунків зацікавлені у високій продуктивності своєї програмної системи.

Щоб відповідати всім цим вимогам, ISO 16757 передбачає для кожного виробу інженерних систем та обладнання будівлі такі паралельні рівні геометричної деталізації під час проєктування інженерних систем будівлі.

Рівень 1:

Менш детальна геометрія умовних графічних познач для проєктування схем загального вигляду інженерних систем будівлі. Умовна графічна позначка вказує лише на основну функцію виробу. За допомогою умовної графічної позначки можна відрізнити, наприклад, протипожежний клапан від повітропроводу, радіатор від нагрівача, ванну від мийки або клапан від манометра. Така геометрія може містити чотири види умовних графічних познач, які використовують в двовимірних видах зверху, спереду або збоку, а також як 3D-модель.

Рівень 2:

Висока деталізація геометрії умовних графічних познач для проектування схем загального вигляду інженерних систем будівлі. Умовні графічні позначки на цьому рівні деталізації вказують на основну та додаткові функції виробу. Така геометрія може містити чотири види умовних графічних познач, які використовують в двовимірних видах зверху, спереду або збоку, а також як 3D-модель.

Рівень 3:

Менш детальна геометрія 3D форми, ступінь деталізації якої дозволяє класифікувати основні види виробів за групами. Вона дозволяє відрізнити, наприклад, протипожежний клапан від повітропроводу, радіатор від нагрівача, ванну від мийки або клапан від манометра.

Основна мета цього рівня – забезпечити максимальну продуктивність тривимірних систем CAD. Відтак, геометрична форма цього рівня має бути наскільки можливо простою.

Рівень 4:

Більш детальна геометрія 3D форми, ступінь деталізації якої дозволяє відрізнити вироби різних виробників. На цьому рівні можна зобразити основні геометричні особливості моделі форми. Основною метою цього рівня є можливість відрізнити різні вироби один від одного із забезпеченням прийнятної продуктивності тривимірних систем CAD.

Рівень 5:

Висока деталізація геометрії 3D форми, яка дозволяє представити всі основні геометричні властивості виробу. На цьому рівні деталізації створюють майже фотореалістичний вигляд виробу без зображення незначних елементів, таких як заклепки або шви плаского листового металу. Основною метою цього рівня є

презентація певних виробів кінцевим користувачам або створення детальних представлень з метою виокремлення конкретних варіантів виробів в моделях інженерних систем будівлі.

Визначення з'єднувачів на Рівнях 1 і 2 буде відрізнятися в залежності від конкретних вимог цих рівнів. Тривимірне просторове представлення з'єднувачів на Рівнях 3, 4 та 5 збігається.

На відміну від опису форм, тривимірний опис просторів не залежить від рівнів деталізації.

Рівні деталізації не слід плутати з рівнем опрацювання.[9]

Витяг з BIMFORUM, (Level of Development Specification, Version 2013):

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

BIMFORUM «Специфікація рівня опрацювання», ред. 2013 р.

«Рівень деталізації – це, по суті, кількість деталей, яку містить елемент моделі. Рівень опрацювання – це ступінь продуманості геометрії елемента та інформації, яку вона містить – ступінь надійності інформації, яку учасники проектної команди можуть використовувати під час роботи з моделлю. По суті, рівень деталізації можна вважати вхідним параметром елемента, а рівень опрацювання – достовірним вихідним параметром.»

6.3 Поверхні

Поверхня виробу складається з поверхонь його компонентів. Аналогічним чином, поверхня компонента складається з поверхонь його примітивів. Кожен примітив має принаймні одну або кілька поверхонь підобласті, які обмежені ребрами.

У більшості випадків усі поверхні підобласті примітиву мають однаковий колір і текстуру. Таким чином, основний колір або текстура поверхні всього примітиву залежить від визначення тільки однієї поверхні.

У деяких випадках підобласті примітиву можуть мати різні кольори та текстури. Це трапляється, коли в примітивах відсутні ці підобласті, але пізніше їх генерують за допомогою булевих операцій.

Далі описано метод розподілення поверхні:

У разі введення 3D-координат в область, якій потрібно надати колір, обирають певну підобласть поверхні примітиву для індивідуального вибору кольору або текстури. Приймаючий або інтерпретуючий застосунок порівнює цю точку з усіма частинами поверхні, що були утворені в результаті формування блоку (див. рисунок 6). Цю точку далі відображають (проєктують) на кожну область. Область поверхні, якій потрібно надати колір – це область з найменшою довжиною проєкції, де проєктована точка лежить в межах цієї області.

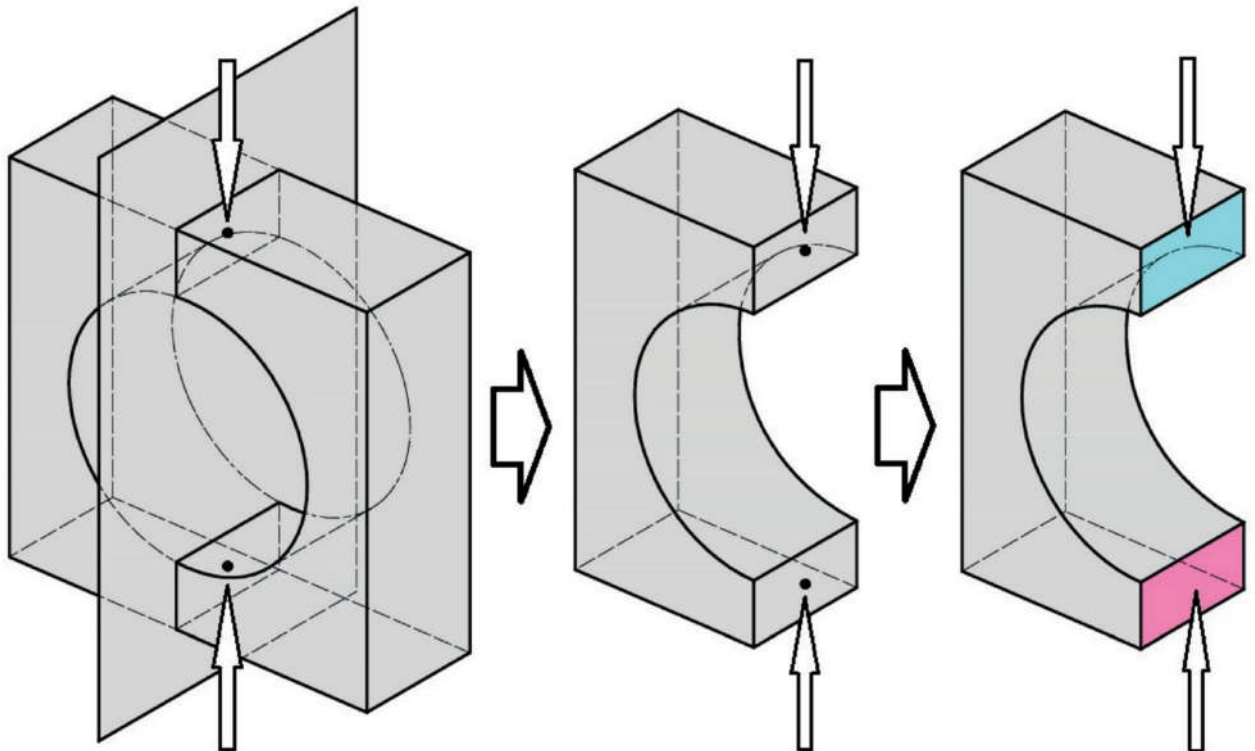


Рисунок 6 — Приклад визначення областей, яким потрібно надати колір або текстуру, шляхом введення точок 3D-координат всередину запланованих поверхонь

Початкова точка текстури має лежати в площині визначення, циліндрі визначення, конусі визначення, сфері визначення або тороїді визначення тієї області поверхні, якій потрібно надати колір (див. рисунок 7). Осі координат u та v охоплюють текстурне зображення, яке накладено на область поверхні з урахуванням коефіцієнтів масштабування, тобто або збільшується, або зменшується. Рисунок текстури можна повторювати в обох напрямках осей стільки разів, скільки це необхідно. Все текстурне зображення обрізається по зовнішнім лінійним елементам межі області.

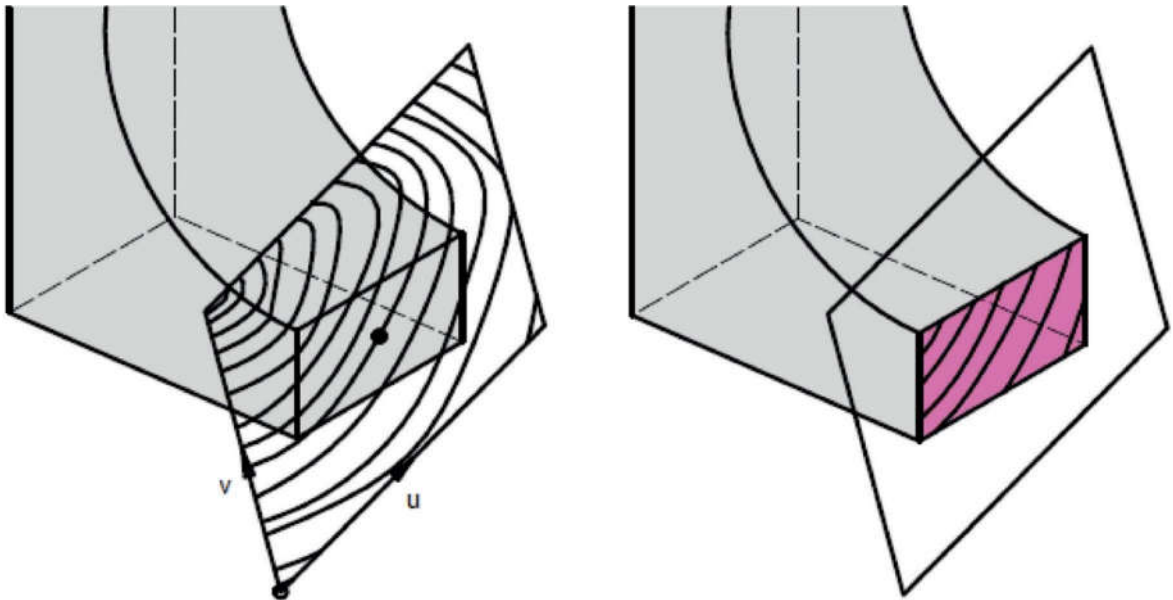


Рисунок 7 — Приклад визначення початкової точки текстури, її напрямку та масштабування

6.4 З'єднувачі

Опис з'єднувачів містить такі атрибути:

- ID з'єднувача

Це цифрове значення ідентифікує з'єднувач у виробі.

Приклад

1, 2, 3

- Функцію

Список літерно-цифрових кодів, які вказують на призначенність з'єднувача певного виробу.

Приклад

Для подавання тепла «HFL» (*heating flow*) і для його повернення «HRT» (*heating return*)

- Види середовищ

Список літерно-цифрових кодів, які визначають можливі види середовищ, що можуть проходити через певний з'єднувач.

Приклад

Для холодної питної води «PWC» (*cold potable water*) і для стічних вод «SEW» (*sewage*)

— Напрямок потоку середовищ

Літерно-цифрове значення, яке іноді залежить від середовища та визначає правильний спосіб встановлення виробу в інженерну систему будівлі. Ці значення поділяють на такі

- для середовища, що надходить, «IN»,
- для вивідного середовища «OUT»,
- для середовищ зі змінним напрямком «INOUT», та
- у випадках відсутності потоку будь-якого середовища «NO» (з'єднувачі для кріплення або контролю).

— Розташування

Розташування з'єднувача визначає система координат.

Приклад

$X = 123, Y = 456, Z = 789$

— Напрямок

Напрямок з'єднувача задається вектором x системи координат.

Приклад

$XXL = 0.86602540378, XYL = 0.5, XZL = 0$ (для напрямку з кутом 30° в площині $x-y$)

— Орієнтацію

Орієнтація з'єднувача задається вектором y системи координат. Він визначає кут повороту геометрії з'єднувача навколо осі напрямку.

Приклад

$YXL = -0.5, YYL = 0.86602540378, YZL = 0$ (для орієнтації з кутом 120° в площині $x-y$)

— Роз'єм

Літерно-цифровий код самого з'єднувача та список роз'ємів можливих з'єднувачів-лічильників, що визначають форму сполучення даного з'єднувача з іншими.

Приклад

«Ніпель» і «Муфта» або «Фланець» і «Фланець;» «Проміжний Фланець»

— Вимоги щодо сполучення з'єднувача

Літерно-цифровий код, який має бути однаковим на двох фітингових з'єднувачах і визначає вимоги щодо сполучення цього з'єднувача з іншими. Коди наведені в списках вимог щодо сполучення з'єднувача в словниках зовнішніх визначень.

Приклад

ISO 128

— Розміри

Літерно-цифрові значення визначають розміри самого з'єднувача, а список літерно-цифрових значень визначає його можливі розміри. Їх кількість та значення залежать від стандарту з'єднувача.

Приклад

«DN 32» або «12 × 60»

Функція з'єднувача визначає його призначенність або як засіб для подавання середовища, або як кріпильний з'єднувач. Вона також може визначати допустимі види середовищ. Напрямок потоку середовища, розташування, вимоги щодо сполучення та розміри з'єднувача дозволяють автоматизувати встановлення компонентів в інженерну систему будівлі (наприклад, автоматичне вирівнювання), а також проводити геометричні перевірки, щоб визначити доцільність їх встановлення в систему.

Зовнішню форму з'єднувача (наприклад, різьблення, шестигранники, фланці або рами) не визначає власне з'єднувач. Її визначає форма виробу та залежить від рівня деталізації.

Для з'єднувачів атрибути «Функція», «Види середовищ», «Роз'єм» та «Розміри» представлені у вигляді літерно-цифрових значень. На жаль, сьогодні не існує стандарту з повним переліком або вже готовими наборами значень для такого роду атрибутів. Наразі їх необхідно погоджувати з партнерами або ринками. Стандартизація цих наборів значень не є сферою застосування цієї частини ISO 16757-2.

6.5 Генерування значень геометричних параметрів

Параметризовані положення та розміри як з'єднувачів, так і примітивів форм мають бути визначені в базовій геометричній моделі. Атрибути, що містять параметри та постійні значення, визначають внутрішні залежності розмірів і положень.

Рисунок 8 ілюструє розмірні залежності на невеликому прикладі. Всі розміри залежать від параметрів *rad* (радіус) та *len* (довжина). Математичними формулами встановлено правило, згідно з яким круглий отвір ніколи не зтикається і не перетинає сусідній блок. Аналогічним чином досягають відповідності між довжиною циліндричного отвору та довжиною самого блоку.

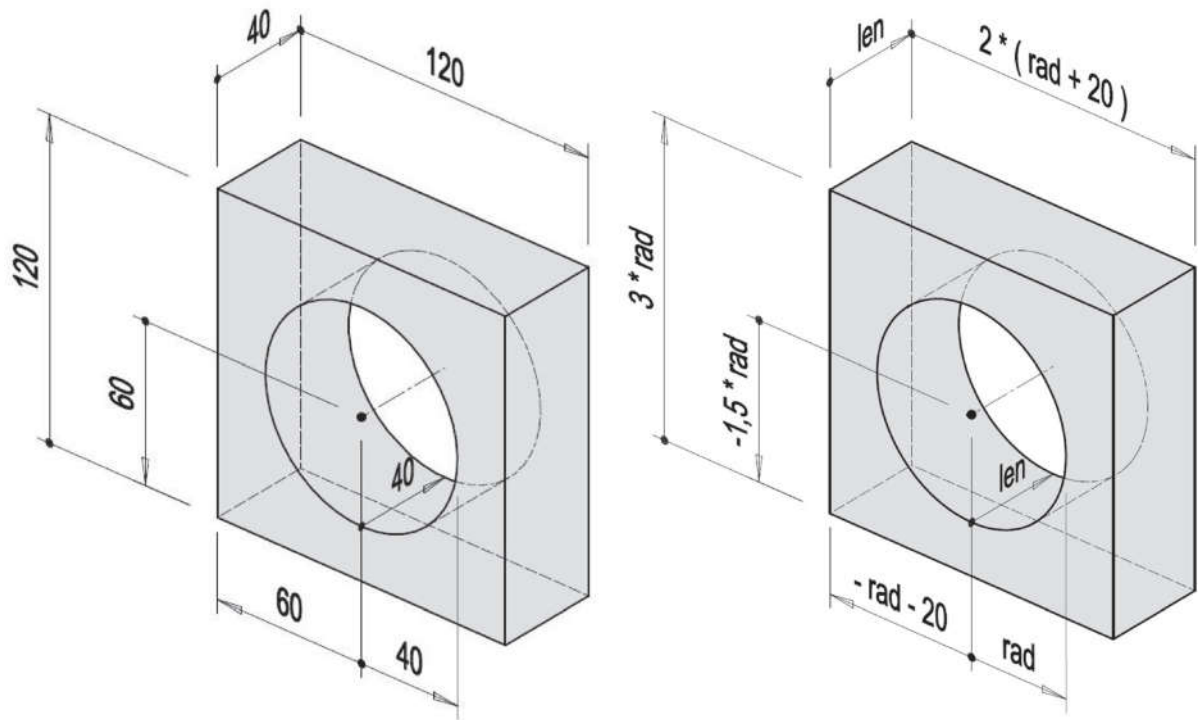


Рисунок 8 — Приклад параметризації геометричної моделі

Таким чином, змінюючи значення параметрів (*len* і *rad*, як показано в прикладі), можна побудувати відразу кілька схожих варіантів геометричної моделі (див. рисунок 9).

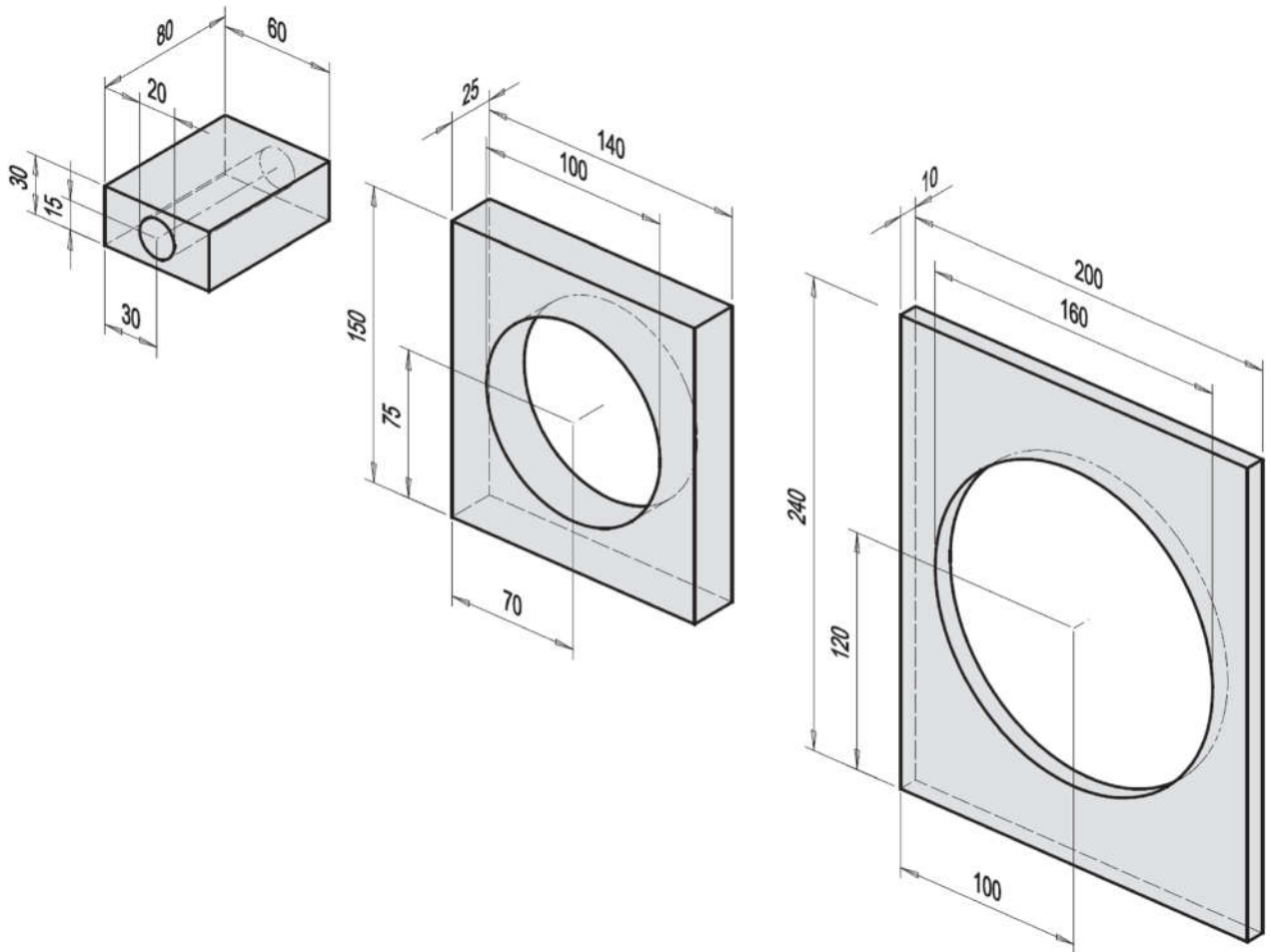


Рисунок 9 — Приклад варіантів геометричної моделі

Значення параметрів визначають наявними варіантами виробів. У каталогах виробів зазвичай наведено таблиці з основними значеннями розмірів для опису форми та положення з'єднувачів. Різні значення серед товарної серії можуть бути описані не тільки математичними правилами. Деякі розміри з товарної серії можуть бути постійними, інші будуть залежати від основних розмірів, а треті залежать від додаткових елементів або виробничого процесу.

Ці залежності описують у функції *get_geometry_values*, яка надає значення всіх параметрів, що використовують у геометричній моделі. Отримавши інформацію про обраний варіант виробу з каталогу, ця функція працює аналогічно функціям, які надають значення обчислювальних властивостей, наприклад, втрати тиску.

7 ГЕОМЕТРИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

Параметрична модель, яку використовує ISO 16757, дещо розширює модель ISO 10303-42, просто додаючи можливість параметризувати геометричний об'єкт для обміну даними. Деякі додаткові примітиви потрібні для дотримання спеціальних вимог щодо параметризації геометричних форм і примітивів в інженерних системах та обладнанні будівель.

Додаткові примітиви опосередковано містять в своєму визначенні опис їх поведінки у разі параметризації. Наприклад, перехід від прямокутника до круга виконують відповідно до певних правил, під час генерації варіантів. Незалежно від розмірів, це все ще буде переходом від прямокутника до круга, який можна згорнути з металевого листа.

Використовуючи це непряме визначення, набагато простіше параметризувати такий примітив за допомогою декількох вимірювань, аніж заново формулювати всі ці правила, наприклад, для граничного представлення з B-сплайновими поверхнями.

Геометричні елементи поділяють на:

— Лінійні елементи

№:	Ідентифікатор примітиву	Визначення STEP	Визначення IFC4
1	<i>Line</i>	ISO 10303-42:2014, 4.4.24	IFC4 8.9.3.30
2	<i>Circle</i>	ISO 10303-42:2014, 4.4.26	IFC4 8.9.3.17
3	<i>Circular arc (trimmed curve)</i>	ISO 10303-42:2014, 4.4.40	IFC4 8.9.3.52
4	<i>Spline (b_spline_curve)</i>	ISO 10303-42:2014, 4.4.34	IFC4 8.9.3.7

Лінійні елементи особливо необхідні для відображення форми умовних графічних познач. Значення та розташування лінійних елементів піддаються параметризації.

— Примітиви форм CSG

Звичайні примітиви CSG (Конструктивної блокової (твердотільної) геометрії), такі як блоки, циліндри та розгорнуті тіла, можуть бути об'єднані, щоб створити форму. Їх визначення ґрунтується на визначеннях положень, напрямків, кривих і граней, наведених в стандарті ISO 10303-42.

— Примітиви CSG з листового металу

Спеціальні примітиви з листового металу для інженерних систем та обладнання будівель, такі як переходи «прямокутник-круг», овальні канали, трійники й елементи Y-подібної форми, можуть бути використані аналогічно, як і звичайні примітиви CSG (див. рисунок 10).

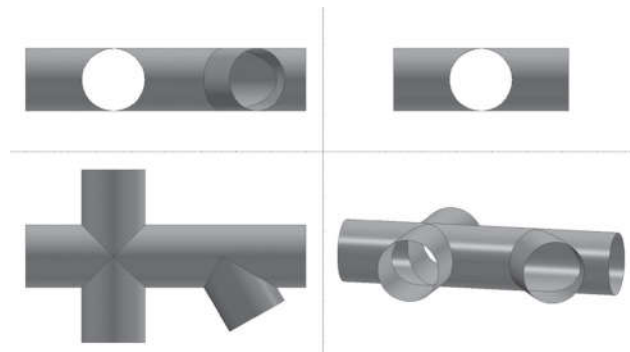


Рисунок 10 — Приклад примітивів з листового металу, які можна об'єднувати за допомогою булевих операцій

Як альтернативний варіант, за допомогою програмного застосунку можна відобразити примітиви з листового металу трьома способами.

- а) Не враховуючи товщину стінок і відображаючи примітив як звичайне тверде тіло (див. рисунок 11).

- b) Не враховуючи товщину стінок і відображаючи грані основи та торців примітиву прозорими (див. рисунок 12).
- c) Відображаючи товщину стінок як результат булевої різниці з внутрішнім меншим твердим тілом (див. рисунок 13).

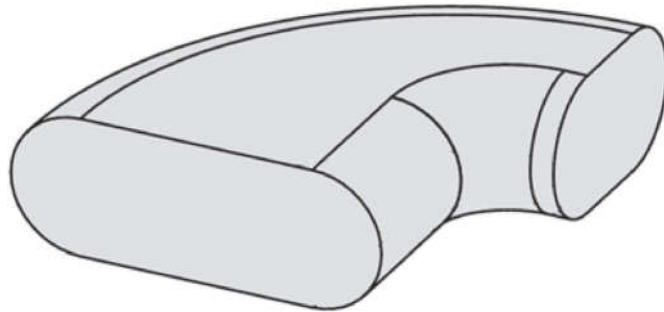


Рисунок 11 — Приклад товщини стінок примітивів CSG з листового металу, яку не відображено

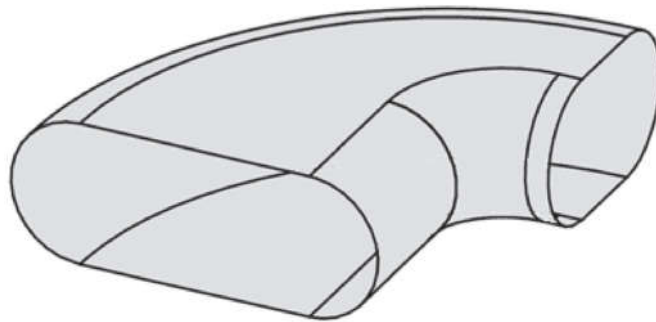


Рисунок 12 — Приклад товщини тонкої стінки примітивів CSG з листового металу, яку не відображено, але грані основи та торців представлені прозорими

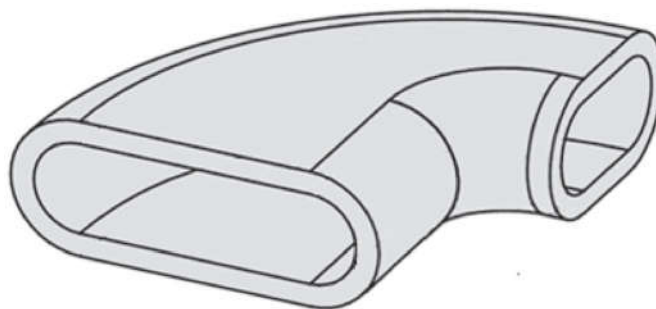


Рисунок 13 — Приклад товщини стінок примітивів CSG з листового металу в вигляді булевої різниці зі схожим меншим твердим тілом

Геометричні елементи всередині примітиву (заслінки в протипожежних клапанах, вимірювальне устаткування) можуть бути

представлені у вигляді незалежного дерева CSG, яке не об'єднується з іншими примітивами з листового металу (див. рисунок 14).

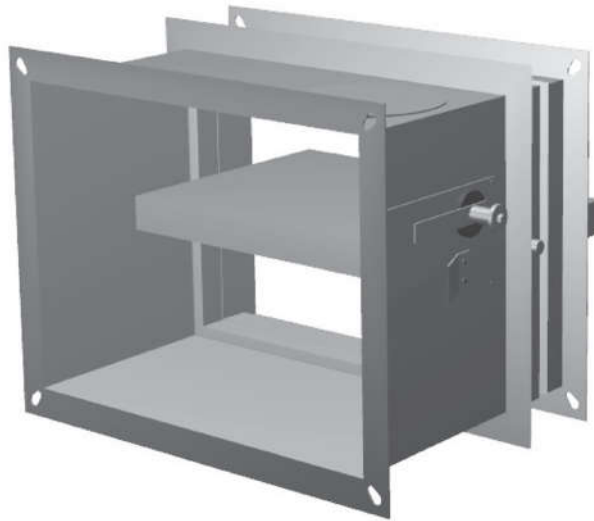


Рисунок 14 — Приклад моделі CSG: протипожежна заслінка для системи кондиціонування повітря, виконана з примітивів CSG з листового металу

7.1 Примітиви форм CSG

Геометрична модель використовує такі примітиви форм:

№:	Ідентифікатор примітиву	Визначення STEP	Визначення IFC4
1	<i>half_space_solid</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.21	IFC4 8.8.3.20
2	<i>block</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.8	IFC4 8.8.3.3
3	<i>right_angular_wedge</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.9	—
5	<i>sphere</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.14	IFC4 8.8.3.31
6	<i>right_circular_cone</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.15	IFC4 8.8.3.26
7	<i>right_circular_cylinder</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.16	IFC4 8.8.3.27

8	<i>excentric_cone</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.17	—
10	<i>extruded_face_solid</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.33	IFC4 8.8.3.12
11	<i>revolved_face_solid</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.34	IFC4 8.8.3.24
12	<i>faceted_b_rep</i>	ISO 10303-42:2014, 6.4.4	IFC4 8.8.3.15

Додатково були також визначені такі примітиви форм:

№:	Ідентифікатор примітиву	Визначення STEP	Визначення IFC4
1	<i>uniform_polyhedral_prism</i>	A.1	Рисунок A.1
2	<i>toroidal_bend_transition</i>	A.2	Рисунок A.2

7.2 Примітиви CSG з листового металу

Нижче наведені примітиви форм листового металу та їх ідентифікатори:

№:	Ідентифікатор примітиву	Визначення	Зображення
1	<i>rectangular_duct</i>	A.3	Рисунок A.3
2	<i>rectangular_duct_transition</i>	A.4	Рисунок A.4
3	<i>rectangular_duct_bend</i>	A.5	Рисунок A.5
5	<i>rectangular_duct_tee</i>	A.6	Рисунок A.6
6	<i>rectangular_duct_wye</i>	A.7	Рисунок A.7
7	<i>rectangle_oval_transition</i>	A.8	Рисунок A.8
8	<i>rectangle_round_transition</i>	A.9	Рисунок A.9
10	<i>trapezoidal_duct</i>	A.10	Рисунок A.10
11	<i>trapezoidal_duct_transition</i>	A.11	Рисунок A.11
12	<i>oval_duct</i>	A.12	Рисунок A.12

13	<i>oval_duct_transition</i>	A.13	Рисунок A.13
14	<i>oval_duct_bend</i>	A.14	Рисунок A.14
15	<i>oval_round_transition</i>	A.15	Рисунок A.15
16	<i>round_pipe</i>	A.16	Рисунок A.16
17	<i>round_pipe_transition</i>	A.17	Рисунок A.17
18	<i>round_pipe_radius_transition</i>	A.18	Рисунок A.18
19	<i>round_pipe_bend</i>	A.19	Рисунок A.19
20	<i>round_pipe_wye</i>	A.20	Рисунок A.20
21	<i>extruded_face_solid</i>	A.21	Рисунок A.21
22	<i>revolved_face_solid</i>	A.22	Рисунок A.22

7.3 Розширені примітиви CSG

Нижче наведені розширені примітиви та їх ідентифікатори:

№:	Ідентифікатор примітиву	Визначення STEP	Визначення IFC4
1	<i>Text</i>	ISO 10303-41	IFC4 8.11.2.88
2	<i>Repeat</i>	ISO 10303- 11:2004, 13.9	—
3	<i>Reference</i>	ISO 10303- 11:2004, 12.7	—

7.4 Зіставлення геометрії ISO 16757 з параметризованою геометрією STEP та IFC

Визначення примітивів в ISO 16757 максимально наближені до визначень в ISO 10303-42 (Геометрія STEP) та ISO 16739 (IFC).

ISO 16757 передбачає використання 36 параметризованих геометричних примітивів з формами, які найчастіше застосовують в

інженерних системах та обладнанні будівель без багатограничних граничних представлень.

Створення об'ємних твердих тіл за допомогою цих примітивів дозволяє представляти численні варіанти каталожних виробів, застосовуючи всього лише одну параметризовану геометричну модель.

Результатом вибору в каталозі виробів є визначений, створений варіант виробу, в якому всі примітиви мають статичні показники. У разі створення статичного варіанту усі його примітиви, які були визначені в цьому стандарті як доповнення до визначень STEP та IFC, можуть бути зіставлені з їх примітивами або граничними представленнями.

Тверді тіла згідно з ISO 10303-42 (STEP)

ISO 10303-42 (STEP) виділяє 11 видів об'ємних твердотільних примітивів:

- *block_volume*
- *wedge_volume*
- *spherical_volume,*
- *cylindrical_volume*
- *eccentric_conical_volume,*
- *toroidal_volume*
- *pyramid_volume*
- *b_spline_volume,*
- *ellipsoid_volume*
- *tetrahedron_volume*
- *hexahedron_volume*

Обмежуючи геометричне моделювання цими 10 примітивами, багато компонентів інженерних систем та обладнання будівель можна

змодельовати лише за допомогою B-сплайнових об'ємів або багатогранних граничних представлень.

У таблиці 1 наведено зіставлення об'ємних твердотільних примітивів ISO 16757 з визначеннями ISO 10303-42.

Таблиця 1 — Зіставлення об'ємних твердотільних примітивів ISO 16757 з визначеннями ISO 10303-42 (STEP)

ISO 16757	ISO 10303-42 (STEP)
<i>Section plan</i>	<i>Half_space_solid</i>
<i>Cuboid</i>	<i>Block_volume</i>
<i>Rectangular three-sided prism</i>	<i>Wedge_volume</i>
<i>Uniform polyhedral prism</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Cylinder</i>	<i>Cylindrical_volume</i>
<i>Truncated cone</i>	<i>Right_circular_cone</i> та <i>half_space_solid</i>
<i>Sphere</i>	<i>Spherical_volume</i>
<i>Toroidal bend</i>	<i>Toroidal_volume</i>
<i>Toroidal bend transition</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Solid of translation</i>	<i>Extruded_Area_Solid</i>
<i>Solid of revolution</i>	<i>Extruded_Area_Solid</i>
<i>Generally bounded solid</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Rectangular duct</i>	<i>Block_volume</i>
<i>Rectangular duct transition</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Rectangular duct bend</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Rectangular duct tee</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Rectangular duct Y-branch</i>	--- <i>B-spline volume</i>

Кінець таблиці 1

ISO 16757	ISO 10303-42 (STEP)
<i>Rectangular/oval transition</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Rectangular/round transition</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Trapezoidal duct</i>	<i>Extruded_Area_Solid</i>
<i>Trapezoidal duct transition</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Oval duct</i>	<i>Extruded_Area_Solid</i>
<i>Oval duct transition</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Oval duct bend</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Oval/round transition</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Round pipe</i>	<i>Swept_Disk_Solid</i> та <i>Parametrized_Profile_Def</i>
<i>Round pipe transition</i>	<i>Right_Circular_Cone</i> та <i>half_Space_Solid</i>
<i>Round pipe radius transition</i>	<i>Revolved_Area_Solid</i> та <i>Parametrized_Profile_Def</i>
<i>Round pipe bend</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Round pipe Y-branch</i>	--- <i>B-spline volume</i>
<i>Duct of translation</i>	<i>Extruded_Area_Solid</i> та <i>Parametrized_Profile_Def</i>
<i>Duct of revolution</i>	<i>Revolved_Area_Solid</i> та <i>Parametrized_Profile_Def</i>
<i>Generally bounded duct</i>	--- <i>B-spline volume</i>

Тверді тіла згідно з ISO 16739 (IFC)

ISO 16739 (IFC) виділяє 13 видів об'ємних примітивів:

- *IfcBlock*
- *IfcBoxedHalfSpace*
- *IfcExtrudedAreaSolid*
- *IfcHalfSpaceSolid*
- *IfcPolygonalBoundedHalfSpace*

- *IfcRectangularPyramid*
- *IfcRevolvedAreaSolid*
- *IfcRightCircularCone*
- *IfcRightCircularCylinder*
- *IfcSectionedSpine*
- *IfcSphere*
- *IfcSurfaceCurveSweptAreaSolid*
- *IfcSweptDiskSolid*

Обмежуючи геометричне моделювання цими 13 примітивами, багато компонентів інженерних систем та обладнання будівель можна змоделювати лише за допомогою B-сплайнових об'ємів або багатогранних граничних представлень.

У таблиці 2 наведено зіставлення об'ємних твердотільних примітивів ISO 16757 з визначеннями ISO 16739 (IFC 4):

Таблиця 2 — Зіставлення об'ємних твердотільних примітивів ISO 16757 з визначеннями ISO 16739 (IFC)

ISO 16757	ISO 16739 (IFC)
<i>Section plan</i>	<i>IfcHalfSpaceSolid</i>
<i>Cuboid</i>	<i>IfcBlock</i>
<i>Rectangular three-sided prism</i>	<i>IfcExtrudedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Uniform polyhedral prism</i>	— Багатогранник не входить до переліку визначень <i>IfcParametrizedProfileDef</i> для <i>IfcExtrudedAreaSolid</i>
<i>Cylinder</i>	<i>IfcRightCircularCylinder</i>
<i>Truncated cone</i>	<i>IfcRightCircularCone</i> та <i>IfcHalfSpaceSolid</i>

Продовження таблиці 2

ISO 16757	ISO 16739 (IFC)
<i>Sphere</i>	<i>IfcSphere</i>
<i>Toroidal bend</i>	<i>IfcRevolvedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Toroidal bend transition</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Solid of translation</i>	<i>IfcExtrudedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Solid of revolution</i>	<i>IfcExtrudedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Generally bounded solid</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Rectangular duct</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Rectangular duct transition</i>	<i>IfcBlock</i>
<i>Rectangular duct bend</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Rectangular duct tee</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Rectangular duct Y-branch</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Rectangular/oval transition</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Rectangular/round transition</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Trapezoidal duct</i>	<i>IfcRevolvedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Trapezoidal duct transition</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Oval duct</i>	<i>IfcExtrudedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Oval duct transition</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Oval duct bend</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Oval/round transition</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Round pipe</i>	<i>IfcSweptDiskSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Round pipe transition</i>	<i>IfcRightCircularCone</i> та <i>IfcHalfSpaceSolid</i>
<i>Round pipe radius transition</i>	<i>IfcRevolvedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Round pipe bend</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>

Кінець таблиці 2

ISO 16757	ISO 16739 (IFC)
<i>Round pipe Y-branch</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>
<i>Duct of translation</i>	<i>IfcExtrudedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Duct of revolution</i>	<i>IfcRevolvedAreaSolid</i> та <i>IfcParametrizedProfileDef</i>
<i>Generally bounded duct</i>	--- <i>Faceted boundary representation</i>

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ДОДАТКОВІ ГЕОМЕТРИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

А.1 Загальні положення

Цей додаток описує параметризовані геометричні елементи, які необхідні для представлення виробів інженерних систем та обладнання будівель, але які не зазначені у стандартах ISO 10303-42 (геометрія STEP) та/або ISO 16739 (IFC).

Визначення цих додаткових геометричних елементів наведені в ISO 10303-42 у специфікації EXPRESS і в ISO 16739 у специфікаціях EXPRESS (ISO 10303-11) і XSD (ISO 10303-28).

A.2 Однорідна багатогранна призма

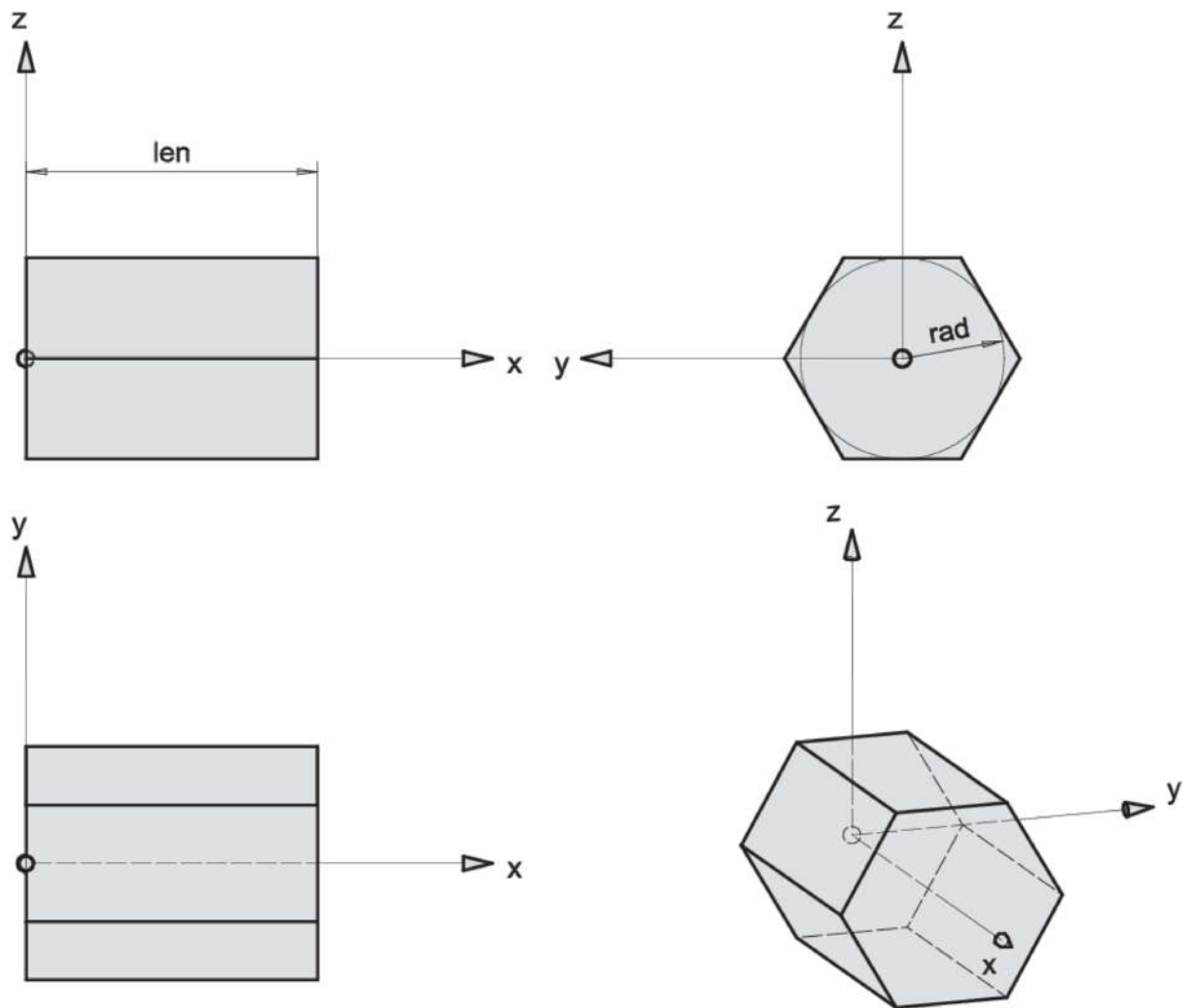


Рисунок А.1 — Однорідна багатогранна призма

Ідентифікатор примітиву: *uniform polyhedral prism*

Однорідна багатогранна призма – це тип звичайного примітиву призми CSG з однорідною багатогранною основою. Усі бічні грані – це прямокутники з однаковою довжиною та шириною.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY uniform_polyhedral_prism

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;

len: positive_length_measure;

rad: positive_length_measure;

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

num: integer;

WHERE

WR1: len > 0;

WR2: rad > 0;

WR3: num >= 3;

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей однорідної багатогранної призми.

Центр основи *uniform_polyhedral_prism* знаходиться в точці *position.location*, а нижня сторона (мінімальна Z) багатогранника паралельна площині x-y.

len: Довжину основи вимірюють уздовж осі x (*position.p(1)*).

rad: Радіус кола, що проходить по дотичній до всіх вершин грані основи (збігається з радіусом кола, що проходить по дотичній до всіх вершин грані торця).

num: Кількість ребер і відповідних вершин грані основи (співпадає з кількістю ребер і відповідних вершин грані торця).

Обов'язкові умови:

WR1: Довжина **len** має бути більше 0.

WR2: Радіус **rad** має бути більше 0.

WR3: Кількість ребер **num** має бути більше 2.

Специфікації IFC:

Однорідну багатогранну призму визначають відповідно до існуючого примітиву IFC: *IfcExtrudedAreaSolid*.

Грань основи визначають як параметризований двовимірний профіль.

Специфікація XSD 2D профілю:

```
<xs:element name="IfcUniformPolyhedralProfileDef" type="ifc:IfcRectangleProfileDef"
substitutionGroup="ifc:IfcParametrizedProfileDef" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcUniformPolyhedralProfileDef">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcParametrizedProfileDef">
      <xs:attribute name="rad" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="num" type="ifc:IfcInteger" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS 2D профілю (IFC):

ENTITY IfcUniformPolyhedralProfileDef

SUBTYPE OF IfcParametrizedProfileDef;

```
<xs:attribute name="rad" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
```

```
<xs:attribute name="num" type="ifc:IfcInteger" use="optional"/>
```

END_ENTITY;

А.3 Перехід «тороїд-згин»

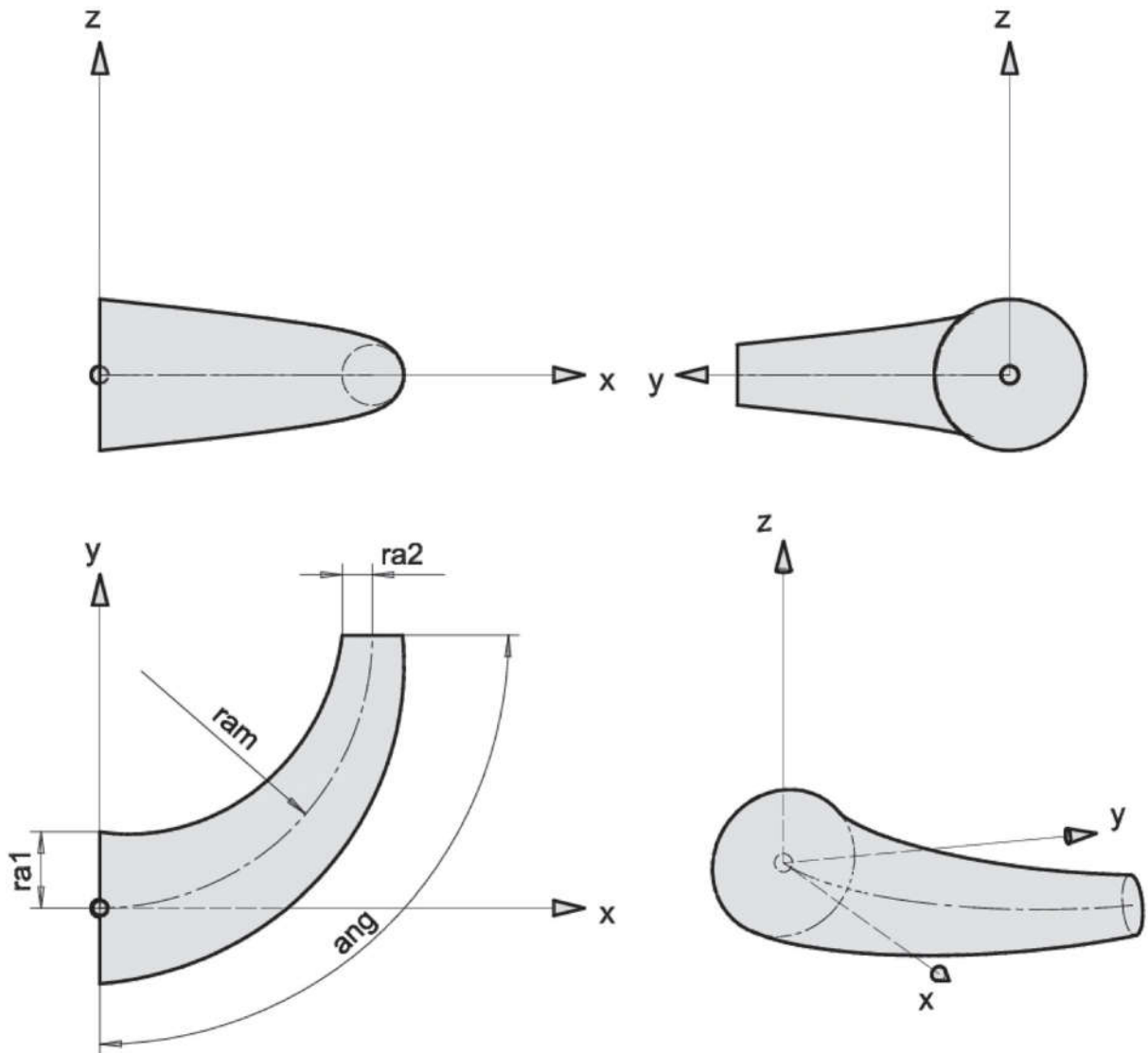


Рисунок А.2 — Перехід «тороїд-згин»

Ідентифікатор примітиву: *toroidal bend transition*

Перехід «тороїд-згин» – це тип примітиву CSG з круглою гранню основи і круглою гранню торця. Направлена лінія – це відрізок кола, що лежить в площині x-y, центральна точка якого лежить на додатньому напрямку осі y.

Поперечний перетин площини, яка перпендикулярна площині направленої лінії та її центральній точці, завжди є колом. Радіус цього кола є похідною від довжини направлюючої до площини основи.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY toroidal_bend_transition

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;

ram: positive_length_measure;

ra1: positive_length_measure;

ra2: positive_length_measure;

ang: positive_plane_angle_measure;

WHERE

WR1: ram >= MAX(ra1,ra2);

WR2: ra1 >= 0;

WR3: ra2 >= 0;

WR4: $-ra2 = 0 \implies ra1 > 0$;

NOT (ra2 = 0) OR (ra1 > 0);

WR5: $-ra1 = 0 \implies ra2 > 0$;

NOT (ra1 = 0) OR (ra2 > 0);

WR6: ang > 0;

WR7: ang <= 360°;

END_ENTITY;

(*)

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу «тороїд-згин».

position визначає систему координат **toroidal_bend_transition**. Центр кругової грані основи **toroidal_bend_transition** знаходиться в точці **position.location**, а центр направленої лінії - на осі у.

ram: Головний радіус (*major radius*) направленої лінії.

ra1: Радіус грані основи, яка паралельна площині у-z.

ra2: Радіус грані торця.

ang: Кут повороту між площинами двох кругових граней твердого тіла, величину якого визначають в тій ділянці, де знаходиться це тверде тіло.

Обов'язкові умови:

WR1: Радіус **ram** має бути більше або дорівнювати максимальному значенню **ra1** та **ra2**.

WR2: Радіус **ra1** має бути більше або дорівнювати 0.

WR3: Радіус **ra2** має бути більше або дорівнювати 0.

WR4: Радіус **ra1** має бути більше 0 за умови, якщо **ra2** дорівнює 0.

WR5: Радіус **ra2** має бути більше 0 за умови, якщо **ra1** дорівнює 0.

WR6: Кут **ang** має бути більше 0.

WR7: Кут **ang** має бути менше або дорівнювати 360°.

Необов'язкові умови:

IP1: *Toroidal_bend_transition* може прийняти форму згину тора за умови, якщо початковий і кінцевий радіуси дорівнюють один одному.

IP2: Згин тора з кутом повороту у 360 ° називається замкнутим тором.

Специфікації IFC:

Переходи «тороїд-згин» визначають відповідно до існуючих визначень IFC.

Перехід «тороїд-згин» ***IfcRevolvedAreaSolid*** визначають як:

Грань основи є ***IfcCircleProfileDef*** параметризованим двовимірним профілем:

Грань основи буде ***IfcDerivedProfileDef*** перетворена наступним ***IfcCartesianTransformationOperator2D***^a способом:

^a <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometryresource/lexical/ifccartesiantransformationoperator2d.htm>

A.4 Прямокутний канал

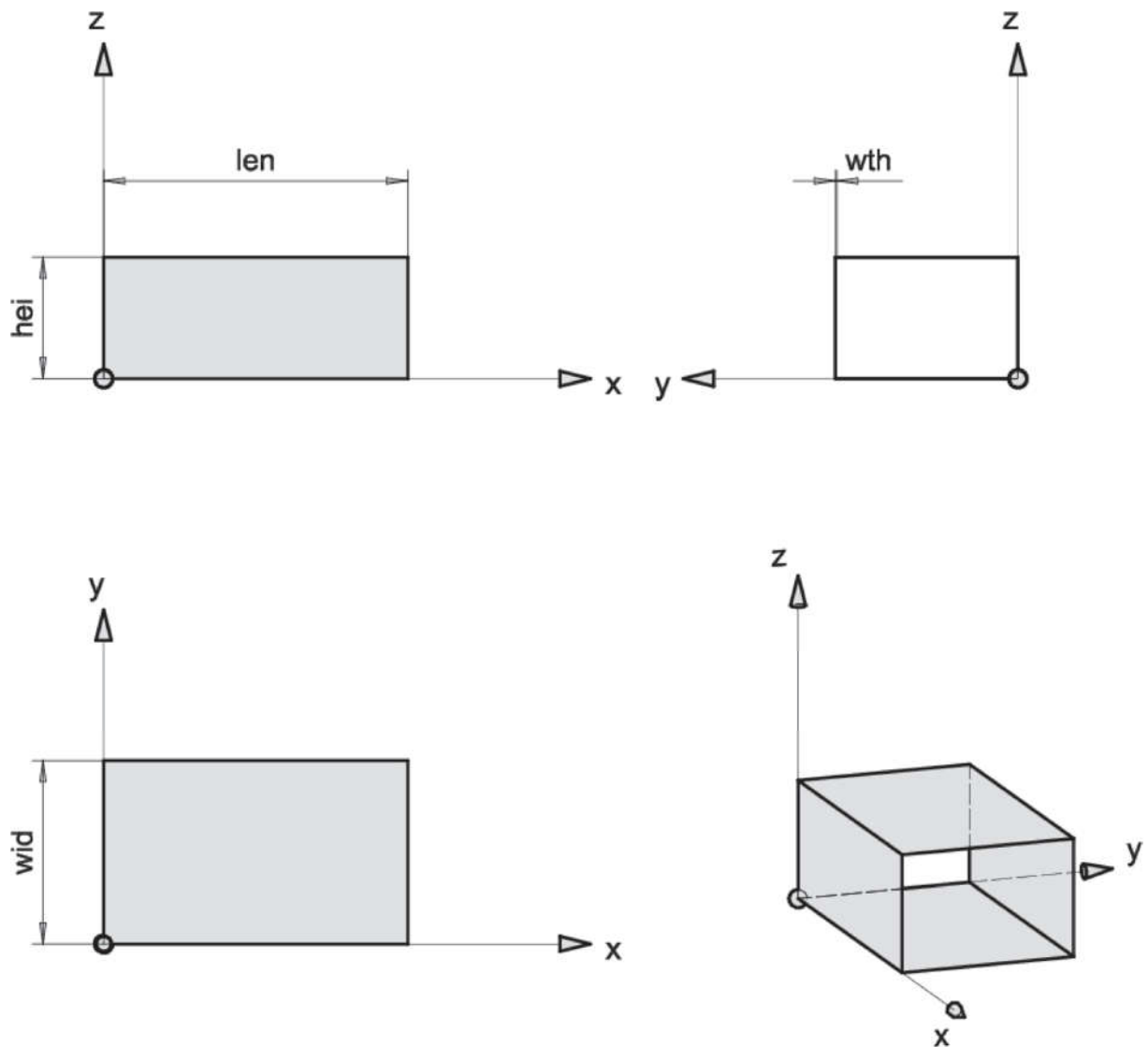


Рисунок А.3 — Прямокутний канал

Ідентифікатор примітиву: *rectangular duct*

Прямокутний канал – це тип звичайного примітиву призми CSG з прямокутною основою. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці блоку. Поверхня основи та торця є відкритою, а тому їх можна зобразити невидимими для представлення каналу, виготовленого з листового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY rectangular_duct

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;

wth: positive_length_measure;

len: positive_length_measure;

wid: positive_length_measure;

hei: positive_length_measure;

WHERE

WR1: wth > 0

WR2: len > 0

WR3: wid > 2*wth

WR4: hei > 2*wth

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей прямокутного каналу.

rectangular_duct має одну вершину у точці *position.location*, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений канал (*position.p(1)*).

len: Довжина прямокутного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).

wid: Ширина прямокутного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).

hei: Висота прямокутного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Ширина **wid** має бути більше ніж $2 * wth$
- WR4:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$

Специфікації IFC:

Прямокутний канал визначають відповідно до існуючих визначень IFC.

rectangular_duct визначають як: ***IfcExtrudedAreaSolid***

Грань основи є ***IfcRectangleHollowProfileDef***
параметризованим
двовимірним профілем:

A.5 Перехід прямокутного каналу

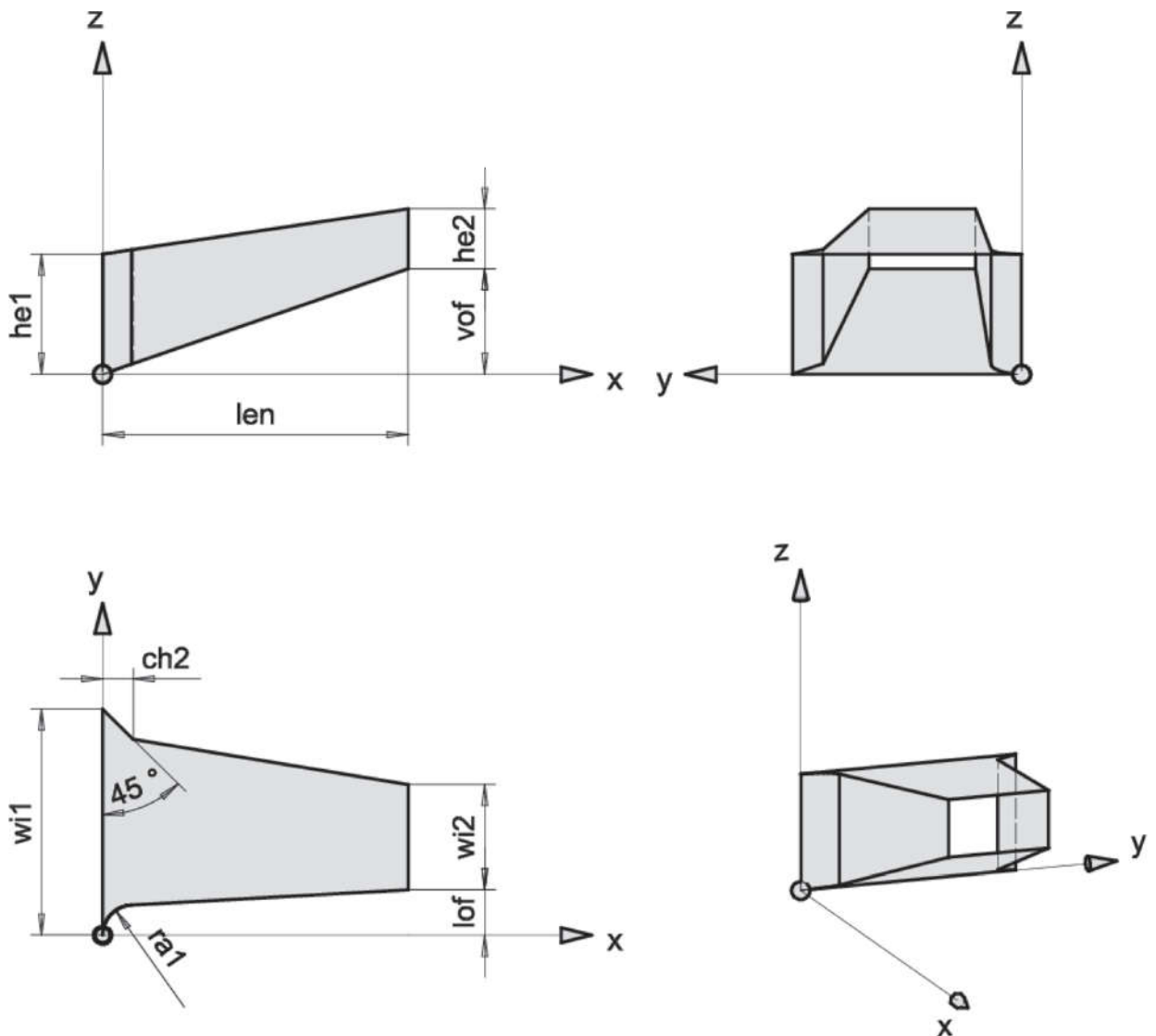


Рисунок А.4 — Перехід прямокутного каналу

Ідентифікатор примітиву: *rectangular duct transition*

Перехід прямокутного каналу – це тип звичайного примітиву CSG з прямокутною основою та торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхні основи та торця можуть бути зображені як невидимі для представлення переходу каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY rectangular_duct_transition

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
wth: positive_length_measure;
len: positive_length_measure;
wi1: positive_length_measure;
wi2: positive_length_measure;
he1: positive_length_measure;
he2: positive_length_measure;
lof: length_measure;
vof: length_measure;
ra1: positive_length_measure;
ra2: positive_length_measure;
ch1: positive_length_measure;
ch2: positive_length_measure;

WHERE

WR1: wth >= 0
WR2: len > 0
WR3: wi1 > 2*wth
WR4: wi2 > 2*wth
WR5: he1 > 2*wth
WR6: he2 > 2*wth
WR7: ra1 >= 0
WR8: ra2 >= 0
WR9: ch1 >= 0
WR10: ch2 >= 0
WR11: – ch1 > 0 ==> ra1 = 0
NOT (ch1 > 0) OR (ra1 = 0);
WR12: – ch2 > 0 ==> ra2 = 0
NOT (ch2 > 0) OR (ra2 = 0);
WR13: – ra1 > 0 ==> ch1 = 0

NOT (ra1 > 0) OR (ch1 = 0);
 WR14: – ra2 > 0 ==> ch2 = 0
 NOT (ra2 > 0) OR (ch2 = 0);
 END_ENTITY;
 (*

Визначення атрибутів:

- position:** Розташування й орієнтація системи осей переходу прямокутного каналу.
- rectangular_duct_transition* має одну вершину в точці **position.location**, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.
- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід каналу (*position.p(1)*).
- len:** Довжина переходу прямокутного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).
- wi1:** Ширина основи переходу прямокутного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- wi2:** Ширина торця переходу прямокутного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- he1:** Висота основи переходу прямокутного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- he2:** Висота торця переходу прямокутного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- lof:** Бічне зміщення торця переходу прямокутного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- vof:** Вертикальне зміщення торця переходу прямокутного

каналу вздовж осі z ($position.p(3)$).

ra1: Радіус заокруглення на меншій стороні основи по осі y .

ra2: Радіус заокруглення на більшій стороні основи по осі y .

ch1: Глибина фаски в 45° на меншій стороні основи по осі y .

ch2: Глибина фаски в 45° на більшій стороні основи по осі y .

Обов'язкові умови:

WR1: Товщина стінок **wth** має бути більше 0.

WR2: Довжина **len** має бути більше 0.

WR3: Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.

WR4: Ширина **wi2** має бути більше ніж $2 * wth$.

WR5: Висота **he1** має бути більше ніж $2 * wth$.

WR6: Висота **he2** має бути більше ніж $2 * wth$.

WR7: Радіус **ra1** має бути більше або дорівнювати 0.

WR8: Радіус **ra2** має бути більше або дорівнювати 0.

WR9: Глибина фаски **ch1** має бути більше або дорівнювати 0.

WR10: Глибина фаски **ch2** має бути більше або дорівнювати 0.

WR11: Радіус **ra1** дорівнює 0 за умови, якщо глибина фаски **ch1** більше 0.

WR12: Радіус **ra2** дорівнює 0 за умови, якщо глибина фаски **ch2** більше 0.

WR13: Глибина фаски **ch1** дорівнює 0 за умови, якщо радіус **ra1** більше 0.

WR14: Глибина фаски **ch2** дорівнює 0 за умови, якщо радіус **ra2** більше 0.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення вертикального та бічного зміщення можуть бути додатніми або від'ємними відносно осей y або z .
- IP2:** Вхідні радіуси або фаски можуть бути вказані для однієї або обох сторін. Значення вхідних фасок визначають глибину фасок в 45° . На одній стороні не можуть бути вказані значення як для вхідного радіусу, так і для фаски — вказується або радіус, або фаска.

Специфікації IFC:

Переходи каналів без радіусів і фасок визначають відповідно до існуючих визначень IFC.

rectangular_duct_transition ***IfcExtrudedAreaSolid***

визначають як:

Грань основи є ***IfcRectangleHollowProfileDef***

параметризованим

двовимірним профілем:

Містить перетворення ***IfcDerivedProfileDef***

початкової грані: ***IfcCartesianTransformationOperator2D***

Переходи каналів з радіусами та фасками визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element
name="IfcRectangularDuctTransition" type="ifc:IfcRectangularDuctTransition"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangularDuctTransition">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

```
<xs:attribute name="len" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="he1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="he2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="lof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="vof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ra1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ra2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ch1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ch2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
</xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcRectangularDuctTransition¹

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D²;

wth: IfcPositiveLengthMeasure;
len: IfcPositiveLengthMeasure;
wi1: IfcPositiveLengthMeasure;
wi2: IfcPositiveLengthMeasure;
he1: IfcPositiveLengthMeasure;
he2: IfcPositiveLengthMeasure;
lof: IfcLengthMeasure;
vof: IfcLengthMeasure;
ra1: IfcPositiveLengthMeasure;
ra2: IfcPositiveLengthMeasure;
ch1: IfcPositiveLengthMeasure;
ch2: IfcPositiveLengthMeasure;

END_ENTITY;

¹) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

²) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifccsgprimitive3d.htm>

A.6 Згин прямокутного каналу

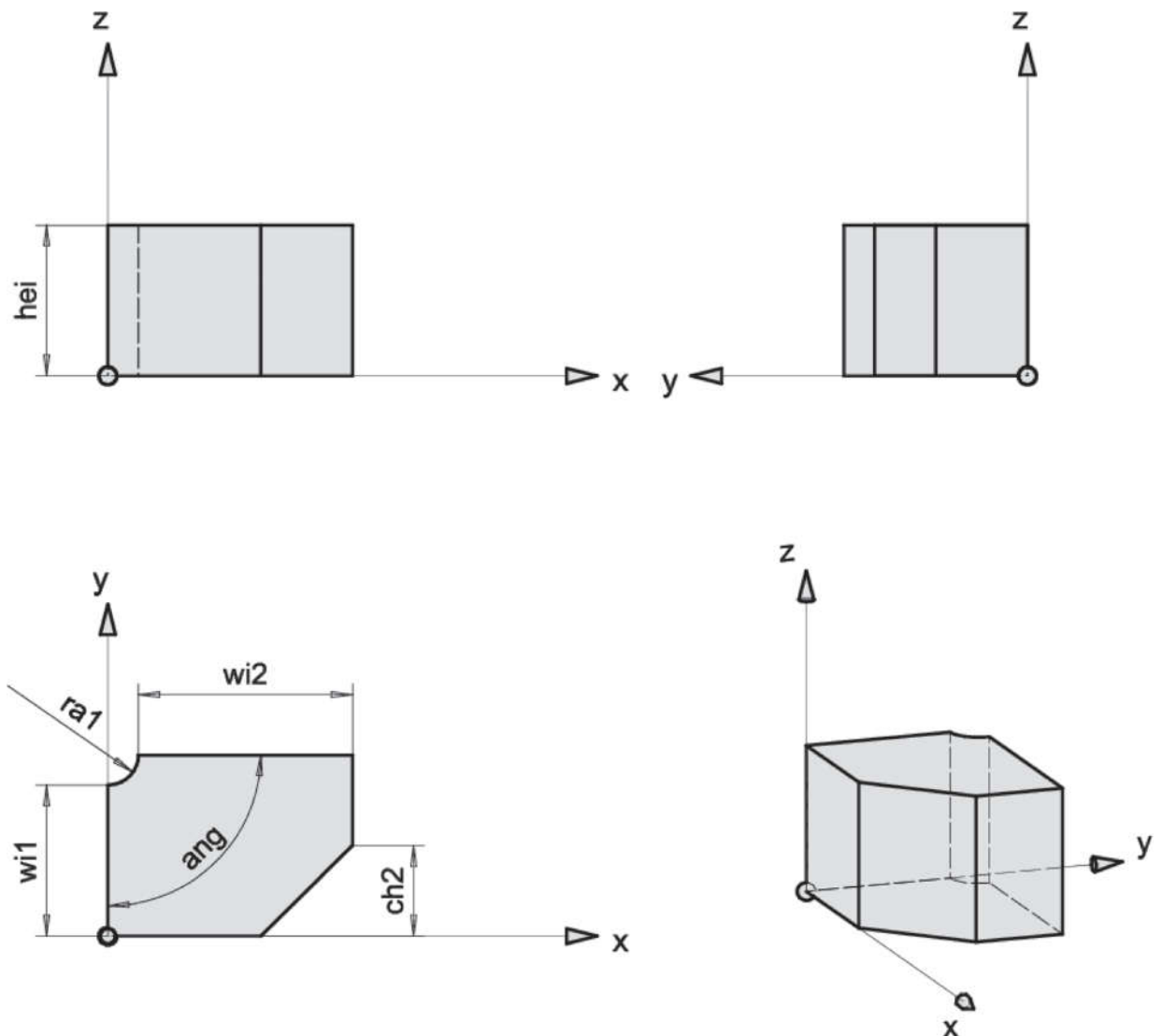


Рисунок A.5 — Згин прямокутного каналу

Ідентифікатор примітиву: *rectangular duct bend*

Згин прямокутного каналу – це тип звичайного примітиву CSG з прямокутною основою та торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотілого примітиву. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення згину каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

ENTITY rectangular_duct_bend

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
wth: positive_length_measure;
ang: positive_plane_angle_measure;
wi1: positive_length_measure;
wi2: positive_length_measure;
hei: positive_length_measure;
ra1: positive_length_measure;
ra2: positive_length_measure;
ch1: positive_length_measure;
ch2: positive_length_measure;

WHERE

WR1: wth \geq 0
WR2: ang $>$ 0
WR3: ang $<$ 360
WR4: wi1 $>$ 2*wth
WR5: wi2 $>$ 2*wth
WR6: hei $>$ 2*wth
WR7: ra1 \geq 0
WR8: ra2 \geq 0
WR9: ch1 \geq 0
WR10: ch2 \geq 0
WR11: – ch1 = 0 \implies ra1 $>$ 0
NOT (ch1 = 0) OR ra1 $>$ 0;
WR12: – ch2 = 0 \implies ra2 $>$ 0
NOT (ch2 = 0) OR ra2 $>$ 0;
WR13: – ra1 = 0 \implies ch1 $>$ 0
NOT (ra1 = 0) OR ch1 $>$ 0;
WR14: – ra2 = 0 \implies ch2 $>$ 0
NOT (ra2 = 0) OR ch2 $>$ 0;

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

- position:** Розташування та орієнтація системи осей для згину прямокутного каналу.
- rectangular_duct_bend*** має одну вершину у точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.
- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений згин каналу (*position.p(1)*).
- len:** Довжина згину прямокутного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).
- ang:** Розмір згину прямокутного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).
- wi1:** Розмір основи згину прямокутного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- wi2:** Розмір торця згину прямокутного каналу в площині x-y в напрямку TA.
- hei:** Розмір основи згину прямокутного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- ra1:** Радіус заокруглення на внутрішній стороні згину каналу.
- ra2:** Радіус заокруглення на зовнішній стороні згину каналу.
- ch1:** Глибина симетричної фаски на внутрішній стороні згину каналу.
- ch2:** Глибина симетричної фаски на зовнішній стороні згину каналу.

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Кут **ang** має бути більше 0.
- WR3:** Кут **ang** має бути менше або дорівнювати 360.
- WR4:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR5:** Ширина **wi2** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR6:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR7:** Радіус **ra1** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR8:** Радіус **ra2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR9:** Глибина фаски **ch1** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR10:** Глибина фаски **ch2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR11:** Радіус **ra1** дорівнює 0 за умови, якщо глибина фаски **ch1** більше 0.
- WR12:** Радіус **ra2** дорівнює 0 за умови, якщо глибина фаски **ch2** більше 0.
- WR13:** Глибина фаски **ch1** дорівнює 0 за умови, якщо радіус **ra1** більше 0.
- WR14:** Глибина фаски **ch2** дорівнює 0 за умови, якщо радіус **ra2** більше 0.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Всі основні форми стін згинів та колін описують шляхом введення додатніх значень (згин), від'ємних значень (фаска) або 0 (кут) для радіусів. Радіуси або фаски можуть бути вказані для однієї або обох сторін.
- IP2:** Фаски розташовані симетрично. Відтак, для загального

кута, який становить, наприклад, 90 °, кут фаски дорівнює 45 °. Поперечний перетин **wi2** * **hei** проходить на торці згину з радіусом **ra1** або **ra2** або на торці відповідних фасок **ch1** або **ch2**.

IP3: На одній стороні не можуть бути вказані значення як для радіусів, так і для фасок — вказують або радіус, або фаску. На рисунку A.5 вказано внутрішній радіус **ra1** та зовнішня фаска **ch2** (**ra2** та **ch1** не вказують).

IP4: З кутами розкриття від 180 ° до 360 ° фаски неможливі. У цьому разі будь-яке значення, задане для **ra2**, не враховують. **ra2** визначають як найменше можливе дотичне коло на зовнішніх стінках згину каналу.

Специфікації IFC:

Згин прямокутного каналу визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcRectangularDuctBend" type="ifc:IfcRectangularDuctBend"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangularDuctBend">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ang" type="ifc:IfcPlaneAngleMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ch1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ch2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

```
</xs:extension>  
</xs:complexContent>  
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcRectangularDuctBend³

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;

wth: IfcPositiveLengthMeasure;

ang: IfcPlaneAngleMeasure;

wi1: IfcPositiveLengthMeasure;

wi2: IfcPositiveLengthMeasure;

hei: IfcPositiveLengthMeasure;

ra1: IfcPositiveLengthMeasure;

ra2: IfcPositiveLengthMeasure;

ch1: IfcPositiveLengthMeasure;

ch2: IfcPositiveLengthMeasure;

END_ENTITY;

³) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

A.7 Трійник прямокутного каналу

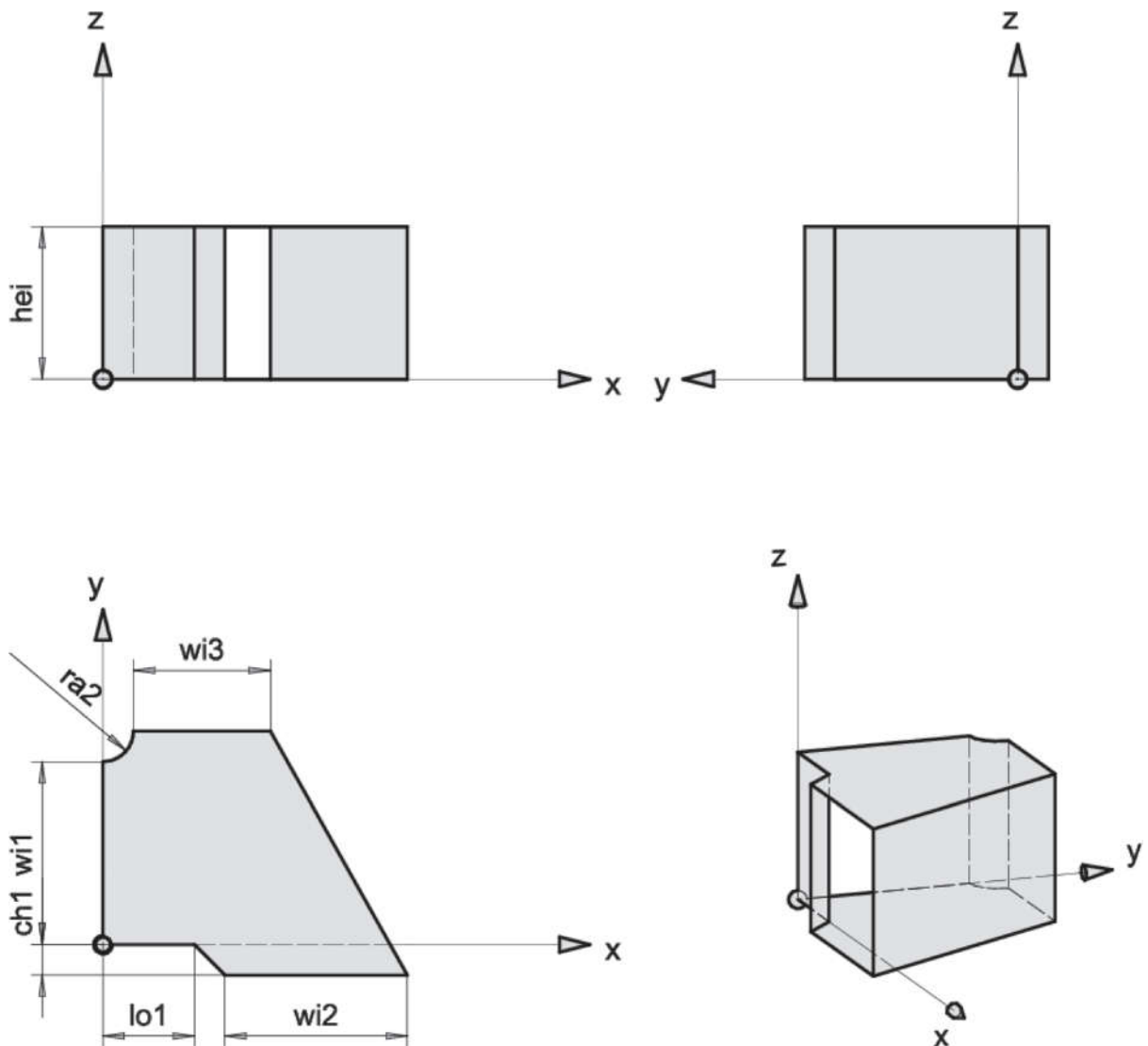


Рисунок А.6 — Трійник прямокутного каналу

Ідентифікатор примітиву: *rectangular duct tee*

Трійник прямокутного каналу – це тип звичайного примітиву CSG з однією прямокутною основою та двома прямокутними торцями. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхні основи і торців можуть бути зображені як невидимі для представлення трійника каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY rectangular_duct_tee

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
wth: positive_length_measure;
wi1: positive_length_measure;
wi2: positive_length_measure;
wi3: positive_length_measure;
hei: positive_length_measure;
ra1: positive_length_measure;
ra2: positive_length_measure;
ch1: positive_length_measure;
ch2: positive_length_measure;
lo1: positive_length_measure;
lo2: positive_length_measure;

WHERE

WR1: $wth > 0$
WR2: $wi1 > 2 * wth$
WR3: $wi2 > 2 * wth$
WR4: $wi3 > 2 * wth$
WR5: $hei > 2 * wth$
WR6: $ra1 \geq 0$
WR7: $ra2 \geq 0$
WR8: $ch1 \geq 0$
WR9: $ch2 \geq 0$
WR10: $\neg ch1 = 0 \implies ra1 > 0$
 $NOT (ch1 = 0) OR ra1 > 0;$
WR11: $\neg ch2 = 0 \implies ra2 > 0$
 $NOT (ch2 = 0) OR ra2 > 0;$
WR12: $\neg ra1 = 0 \implies ch1 > 0$
 $NOT (ra1 = 0) OR ch1 > 0;$
WR13: $\neg ra2 = 0 \implies ch2 > 0$

NOT (ra2 = 0) OR ch2 > 0;
 WR14: lo1 >= 0
 WR15: lo2 >= 0
 WR16: – lo2 = 0 ==> lo1 > 0
 NOT (lo2 = 0) OR lo1 > 0;
 WR17: – lo1 = 0 ==> lo2 > 0
 NOT (lo1 = 0) OR lo2 > 0;
 END_ENTITY;
 (*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей трійника прямокутного каналу.

rectangular_duct_tee має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений трійник каналу (*position.p(1)*).

wi1: Розмір основи трійника прямокутного каналу вздовж осі у (*position.p(2)*).

wi2: Розмір торця трійника прямокутного каналу вздовж осі х (*position.p(1)*) за нижнього положення по осі у.

wi3: Розмір торця трійника прямокутного каналу вздовж осі х (*position.p(1)*) за верхнього положення по осі у.

hei: Розмір основи трійника прямокутного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).

ra1: Радіус заокруглення за нижнього положення по осі у.

ra2: Радіус заокруглення за верхнього положення по осі у.

- ch1:** Глибина симетричної фаски за нижнього положення по осі у.
- ch2:** Глибина симетричної фаски за верхнього положення по осі у.
- lo1:** Бічне зміщення радіусу або фаски за нижнього положення осі по у вздовж осі х (*position.p(1)*).
- lo2:** Бічне зміщення радіусу або фаски за верхнього положення осі по у вздовж Х (*position.p(1)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR3:** Ширина **wi2** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR4:** Ширина **wi3** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR5:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR6:** Радіус **ra1** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR7:** Радіус **ra2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR8:** Глибина фаски **ch1** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR9:** Глибина фаски **ch2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR10:** Радіус **ra1** дорівнює 0 за умови, якщо глибина фаски **ch1** більше 0.
- WR11:** Радіус **ra2** дорівнює 0 за умови, якщо глибина фаски **ch2** більше 0.
- WR12:** Глибина фаски **ch1** дорівнює 0 за умови, якщо радіус **ra1** більше 0.

- WR13:** Глибина фаски **ch2** дорівнює 0 за умови, якщо радіус **ra2** більше 0.
- WR14:** Бічне зміщення **lo1** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR15:** Бічне зміщення **lo2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR16:** Бічне зміщення **lo1** дорівнює 0 за умови, якщо бічне зміщення **lo2** більше 0.
- WR17:** Бічне зміщення **lo2** дорівнює 0 за умови, якщо бічне зміщення **lo1** більше 0.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Радіуси та фаски можуть бути вказані для однієї чи обох сторін. Значення вхідних фасок визначають глибину фасок в 45°. На одній стороні не можуть бути вказані значення як для радіусів, так і для фасок — вказують або радіус, або фаску.
- IP2:** Прямих подовжень каналів не передбачено: або **lo1** = 0, або **lo2** = 0. Поперечні перетини **wi2** x **hei** та **wi3** x **hei** розташовані на торцях радіусів або 45° фасок.

Специфікації IFC:

Трійники каналів визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcRectangularDuctTee" type="ifc:IfcRectangularDuctTee"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangularDuctTee">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
```

```
<xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="wi3" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ra1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ra2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ch1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="ch2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="lo1" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
<xs:attribute name="lo2" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
</xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcRectangularDuctTee⁴

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;

wth: IfcPositiveLengthMeasure;

wi1: IfcPositiveLengthMeasure;

wi2: IfcPositiveLengthMeasure;

wi3: IfcPositiveLengthMeasure;

hei: IfcPositiveLengthMeasure;

ra1: IfcPositiveLengthMeasure;

ra2: IfcPositiveLengthMeasure;

ch1: IfcPositiveLengthMeasure;

ch2: IfcPositiveLengthMeasure;

lo1: IfcPositiveLengthMeasure;⁵

lo2: IfcPositiveLengthMeasure;

END_ENTITY;

⁴) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

⁵) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcmeasureresource/lexical/ifcpositivelengthmeasure.htm>

A.8 Y-подібний трійник прямокутного каналу

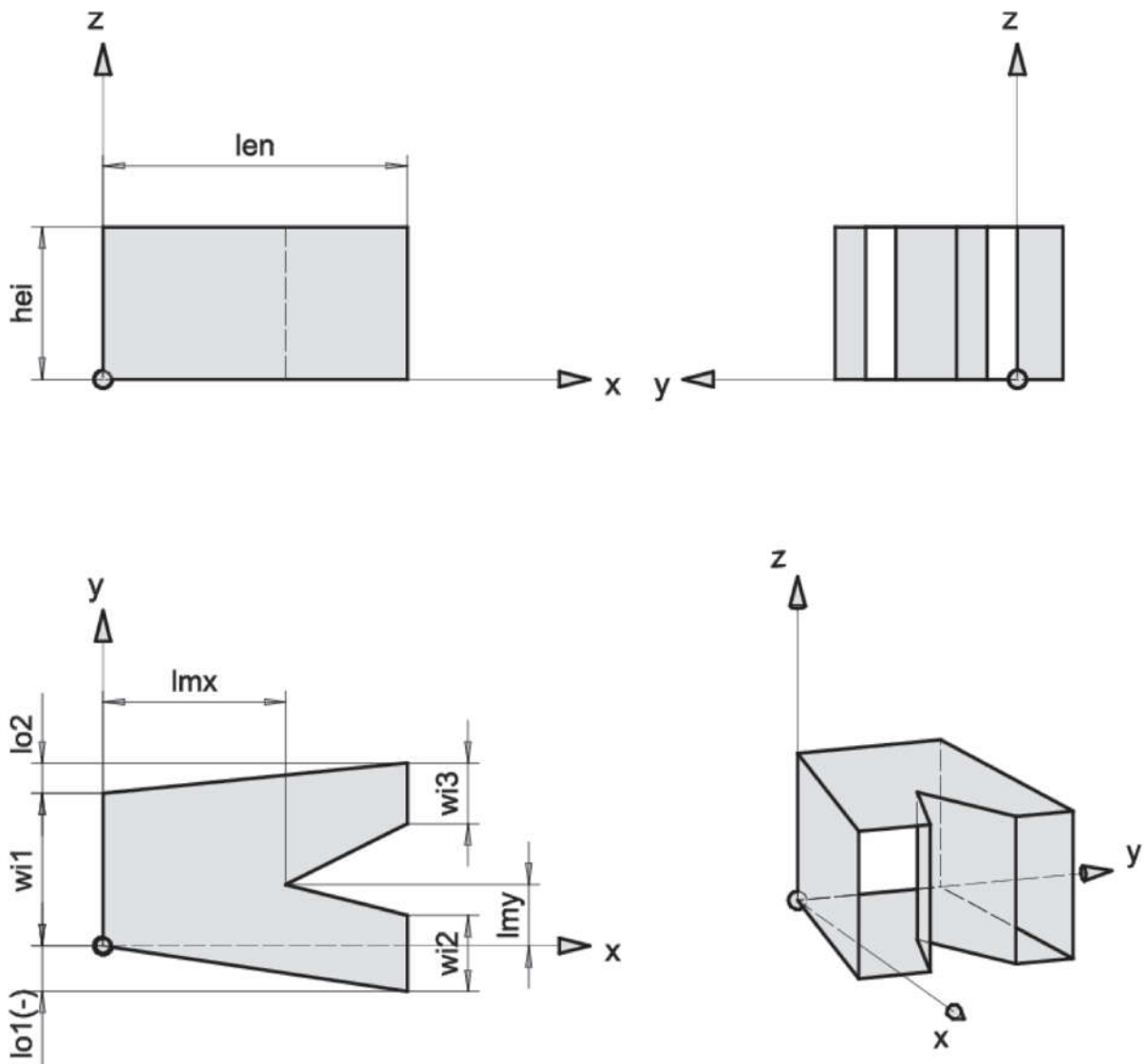


Рисунок А.7 — Y-подібний трійник прямокутного каналу

Ідентифікатор примітиву: *rectangular duct wye*

Y-подібний трійник прямокутного каналу – це тип звичайного примітиву CSG з однією прямокутною основою та двома прямокутними торцями. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхні основи та торців можуть бути зображені невидимими для представлення Y-подібного трійника, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY rectangular_duct_wye

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
wth: positive_length_measure;
len: positive_length_measure;
wi1: positive_length_measure;
wi2: positive_length_measure;
wi3: positive_length_measure;
hei: positive_length_measure;
lmx: positive_length_measure;
lmy: length_measure;
lo1: length_measure;
lo2: length_measure;

WHERE

WR1: $wth \geq 0$
WR2: $len > 0$
WR3: $lmx \geq 0$
WR4: $lmx \leq len$
WR5: $lmy \leq wi1 + lmx / len * lo2 - wth$
WR6: $lmy \geq lmx / len * lo1 + wth$
WR7: $wi1 > 2 * wth$
WR8: $wi2 > 2 * wth$
WR9: $wi3 > 2 * wth$
WR10: $hei > 2 * wth$

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей Y-подібного трійника прямокутного каналу.

rectangular_duct_wye має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений Y-подібний трійник каналу (*position.p(1)*).
- wi1:** Розмір основи Y-подібного трійника прямокутного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- wi2:** Розмір торця Y-подібного трійника прямокутного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*) за нижнього положення по осі y.
- wi3:** Розмір торця Y-подібного трійника прямокутного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*) за верхнього положення по осі y.
- hei:** Розмір основи Y-подібного трійника прямокутного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- len:** Довжина Y-подібного трійника прямокутного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).
- lmx:** Бічне зміщення ребра відгалуження Y-подібного трійника вздовж осі x (*position.p(1)*).
- lmy:** Бічне зміщення ребра відгалуження Y-подібного трійника вздовж осі y (*position.p(2)*).
- lo1:** Бічне зміщення відгалуження Y-подібного трійника за нижнього положення по осі y вздовж осі y (*position.p(2)*).
- lo2:** Бічне зміщення відгалуження Y-подібного трійника за верхнього положення по осі y вздовж осі y (*position.p(2)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Довжина **l_{mx}** має бути менше або дорівнювати **len**.
- WR4:** Довжина **l_{my}** має бути менше або дорівнювати $wi1 + l_{mx} / len * l_{o2} - wth$.
- WR5:** Довжина **l_{my}** має бути більше або дорівнювати $l_{mx} / len * l_{o1} + wth$.
- WR6:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR7:** Ширина **wi2** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR8:** Ширина **wi3** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR9:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення зміщень можуть бути додатніми або від'ємними відносно осі у.
- IP2:** Y-подібні трійники з патрубками різної довжини можна створити шляхом приєднання примітиву ***rectangle_duct_transition***.

Специфікації IFC:

Y-подібний трійник прямокутного каналу визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcRectangularDuctWye" type="ifc:IfcRectangularDuctWye"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangularDuctWye">
  <xs:complexContent>
```

```

<xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
  <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="len" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="wi3" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="lmx" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="lmy" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="lo1" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
  <xs:attribute name="lo2" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
</xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcRectangularDuctWye⁶

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;

wth:	IfcPositiveLengthMeasure;
len:	IfcPositiveLengthMeasure;
wi1:	IfcPositiveLengthMeasure;
wi2:	IfcPositiveLengthMeasure;
wi3:	IfcPositiveLengthMeasure;
hei:	IfcPositiveLengthMeasure;
lmx:	IfcPositiveLengthMeasure;
lmy:	IfcLengthMeasure;
lo1:	IfcLengthMeasure;
lo2:	IfcLengthMeasure;

END_ENTITY;

⁶) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

А.9 Перехід «прямокутник-овал»

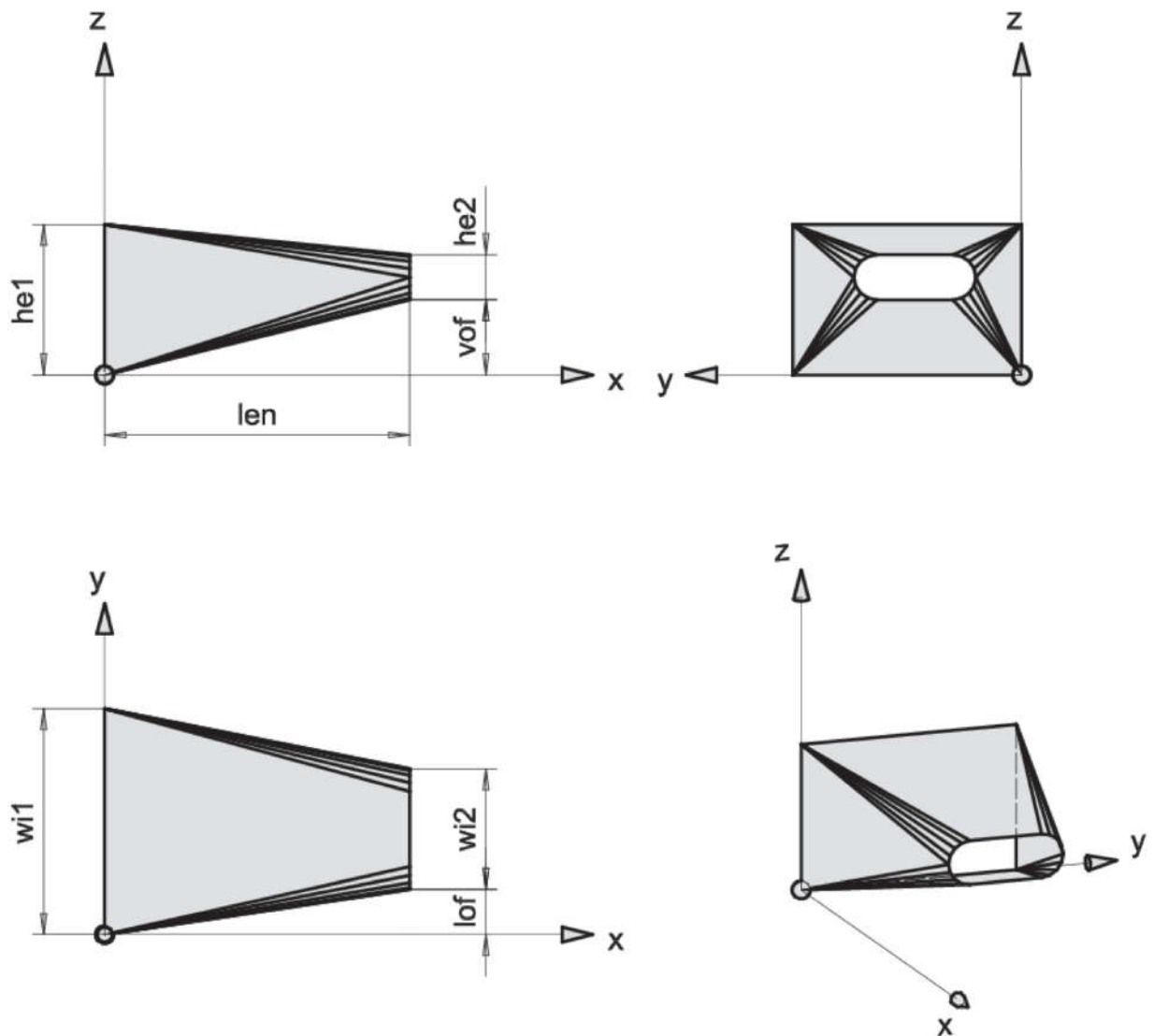


Рисунок А.8 — Перехід «прямокутник-овал»

Ідентифікатор примітиву: *rectangle oval transition*

Перехід «прямокутник-овал» – це тип звичайного примітиву CSG з прямокутною основою й овальним торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхня основи та торців може бути зображена невидимою для представлення переходу «прямокутник-овал», виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY *rectangle_oval_transition*

SUBTYPE OF (*geometric_representation_item*);

position: axis2_placement_3d;
 wth: positive_length_measure;
 len: positive_length_measure;
 wi1: positive_length_measure;
 wi2: positive_length_measure;
 he1: positive_length_measure;
 he2: positive_length_measure;
 lof: length_measure;
 vof: length_measure;

WHERE

WR1: $wth \geq 0$
 WR2: $len > 0$
 WR3: $wi1 > 2 * wth$
 WR4: $wi2 > 2 * wth$
 WR5: $he1 > 2 * wth$
 WR6: $he2 > 2 * wth$

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу «прямокутник-овал».

rectangle_oval_transition має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід «прямокутник-овал» (*position.p(1)*).

- len:** Довжина переходу «прямокутник-овал» вздовж осі x ($position.p(1)$).
- wi1:** Ширина основи переходу «прямокутник-овал» вздовж осі y ($position.p(2)$).
- wi2:** Ширина торця переходу «прямокутник-овал» вздовж осі y ($position.p(2)$).
- he1:** Висота основи переходу «прямокутник-овал» вздовж осі z ($position.p(3)$).
- he2:** Висота торця переходу «прямокутник-овал» вздовж осі z ($position.p(3)$).
- lof:** Бічне зміщення торця переходу «прямокутник-овал» вздовж осі y ($position.p(2)$).
- vof:** Вертикальне зміщення торця переходу «прямокутник-овал» вздовж осі z ($position.p(3)$).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR4:** Ширина **wi2** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR5:** Висота **he1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR6:** Висота **he2** має бути більше ніж $2 * wth$.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення вертикального та бічного зміщення можуть бути додатніми або від'ємними відносно осі y або z .
- IP2:** Розташування круглих стінок овального перетину

залежить від того, який з двох поперечних перетинів менше (**hei2** або **wi2**).

Специфікації IFC:

Перехід «прямокутник-овал» визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcRectangleOvalTransition"
type="ifc:IfcRectangleOvalTransition"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangleOvalTransition">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="len" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="he1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="he2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="lof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="vof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcRectangleOvalTransition⁷

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;

wth: IfcPositiveLengthMeasure;

len: IfcPositiveLengthMeasure;

⁷) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

wi1: lfcPositiveLengthMeasure;

wi2: lfcPositiveLengthMeasure;

he1: lfcPositiveLengthMeasure;

he2: lfcPositiveLengthMeasure;

lof: lfcLengthMeasure;

vof: lfcLengthMeasure;

END_ENTITY;

A.10 Перехід «прямокутник-круг»

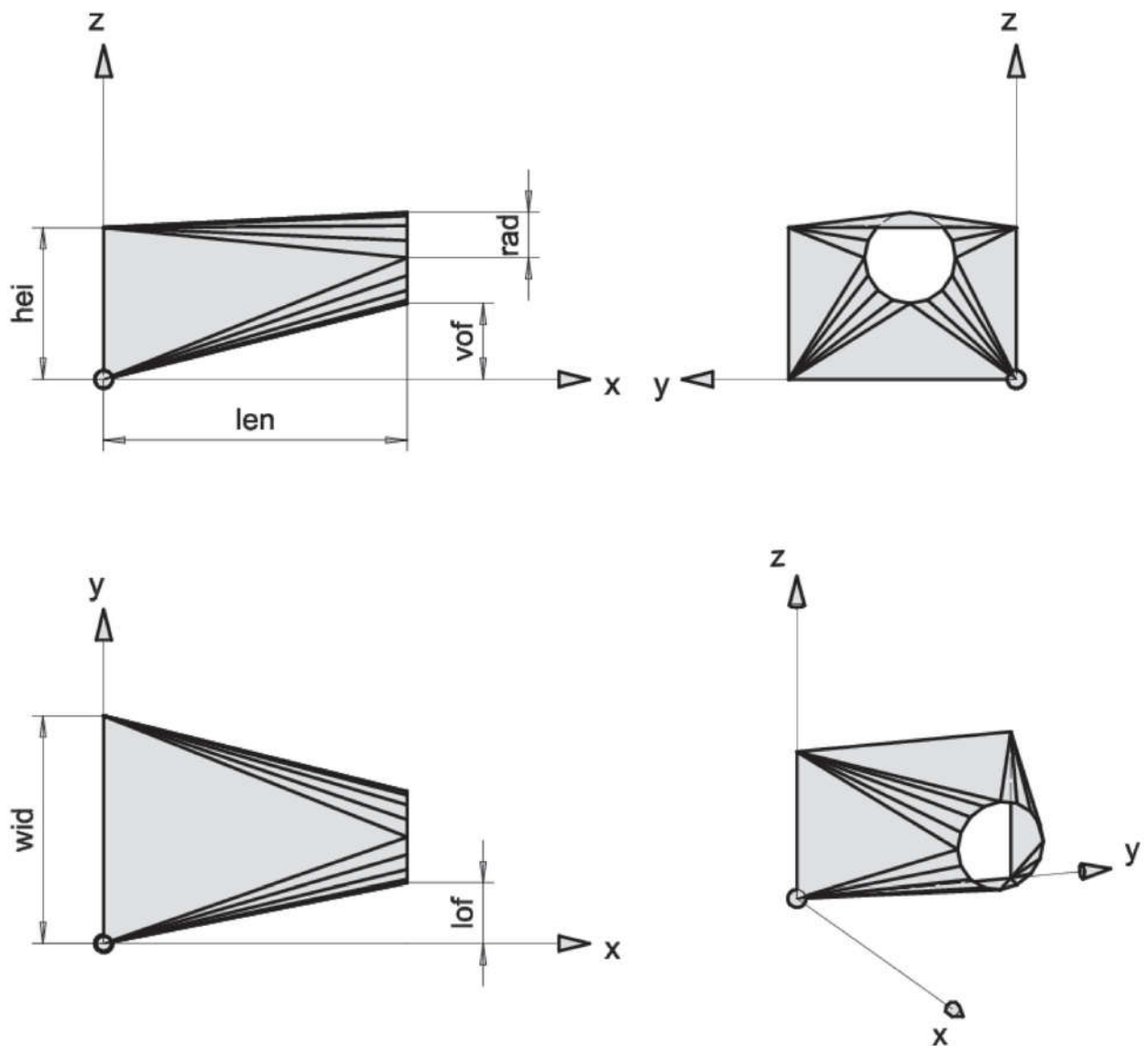


Рисунок А.9 — Перехід «прямокутник-круг»

Ідентифікатор примітиву: *rectangle round transition*

Перехід «прямокутник-круг» – це тип звичайного примітиву CSG з прямокутною основою та круглим торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотілого примітиву. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення переходу «прямокутник-круг», виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY *rectangle_round_transition*SUBTYPE OF (*geometric_representation_item*);

position: *axis2_placement_3d*;
 wth: *positive_length_measure*;
 len: *positive_length_measure*;
 wid: *positive_length_measure*;
 hei: *positive_length_measure*;
 rad: *positive_length_measure*;
 lof: *length_measure*;
 vof: *length_measure*;

WHERE

WR1: $wth \geq 0$
 WR2: $len > 0$
 WR3: $wid > 2 * wth$
 WR4: $hei > 2 * wth$
 WR5: $rad > wth$

END_ENTITY;

(*)

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу «прямокутник-круг».

rectangle_round_transition має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід «прямокутник-круг» (*position.p(1)*).
- len:** Довжина *rectangle_round_transition* вздовж осі x (*position.p(1)*).
- wid:** Ширина основи прямокутного переходу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- hei:** Висота основи прямокутного переходу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- rad:** Радіус торця круглого переходу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- lof:** Бічне зміщення торця круглого переходу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- vof:** Вертикальне зміщення торця круглого переходу вздовж осі z (*position.p(3)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Ширина **wid** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR4:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR5:** Радіус **rad** має бути більше ніж **wth**.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення вертикального та бічного зміщення можуть

бути додатніми або від'ємними відносно осі у або z.

Специфікації IFC:

Перехід «прямокутник-круг» визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcRectangleRoundTransition" type="ifc:IfcRectangleRoundTransition"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRectangleRoundTransition">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="len" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wid" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="rad" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="lof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="vof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcRectangleRoundTransition⁸

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;

wth: IfcPositiveLengthMeasure;

len: IfcPositiveLengthMeasure;

wid: IfcPositiveLengthMeasure;

hei: IfcPositiveLengthMeasure;

rad: IfcPositiveLengthMeasure;

⁸) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

lof: lfcLengthMeasure;

vof: lfcLengthMeasure;

END_ENTITY;

A.11 Трапецієподібний канал

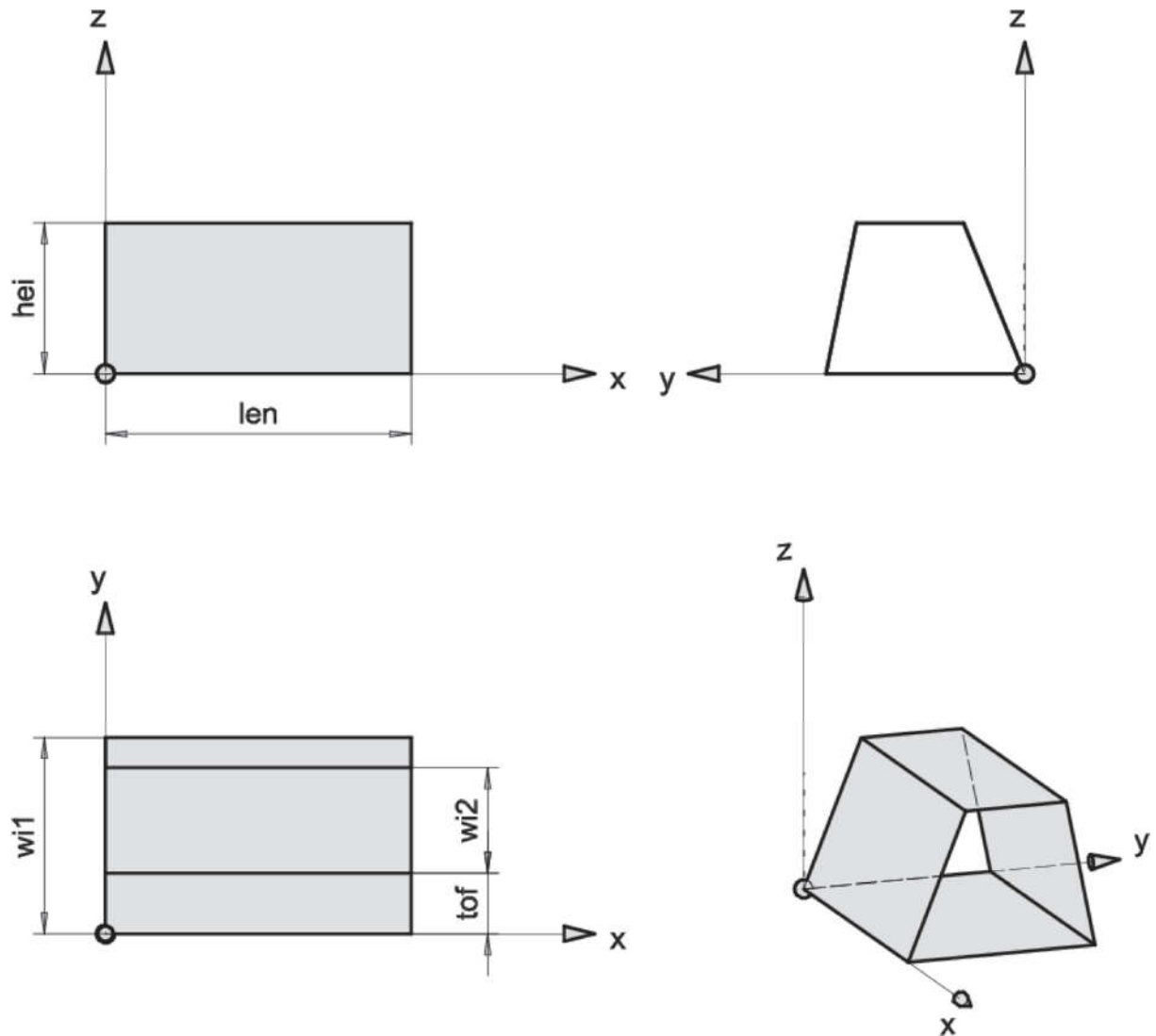


Рисунок А.10 — Трапецієподібний канал

Ідентифікатор примітиву: *trapezoidal duct*

Трапецієподібний канал – це тип звичайного примітиву призми CSG з трапецієподібною основою та торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхня основи та торця може бути зображена

невидимою для представлення каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY trapezoidal_duct

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;

wth: positive_length_measure;

len: positive_length_measure;

wi1: positive_length_measure;

wi2: positive_length_measure;

hei: positive_length_measure;

tof: length_measure;

WHERE

WR1: wth >= 0

WR2: len > 0

WR3: wi1 > wth*2

WR4: wi2 >= 0

WR5: hei > wth*2

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей трапецієподібного каналу.

trapezoidal_duct має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений канал (*position.p(1)*).

- len:** Довжина трапецієподібного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).
- wi1:** Ширина меншої сторони осі z трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- wi2:** Ширина більшої сторони осі z трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- hei:** Висота трапецієподібного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- tof:** Бічне зміщення більшої сторони осі z трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR4:** Ширина **wi2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR5:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення зміщення **tof** може бути додатнім або від'ємним відносно осі y .
- IP2:** Значення ширини **wi2** також може дорівнювати нулю, і у цьому разі трапецієподібний канал стає трикутної форми.

Специфікації IFC:

Трапецієподібний канал визначають відповідно до існуючого визначення, а саме: **IfcExtrudedAreaSolid**.

Грань основи визначають як параметризований двовимірний профіль.

Специфікація XSD 2D профілю (IFC):Специфікація XSD:

```

<xs:element
name="IfcTrapeziumHollowProfileDef" type="IfcTrapeziumHollowProfileDef"
substitutionGroup="IfcParametrizedProfileDef" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcTrapeziumHollowProfileDef">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="IfcParametrizedProfileDef">
      <xs:attribute name="wth" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi1" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi2" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="hei" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="tof" type="IfcLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

Специфікація EXPRESS:

```

ENTITY IfcTrapeziumProfileDef
  SUBTYPE OF IfcParametrizedProfileDef;
    wth: IfcPositiveLengthMeasure;
    wi1: IfcPositiveLengthMeasure;
    wi2: IfcPositiveLengthMeasure;
    hei: IfcPositiveLengthMeasure;
    tof: IfcLengthMeasure;
END_ENTITY;

```

A.12 Перехід трапецієподібного каналу

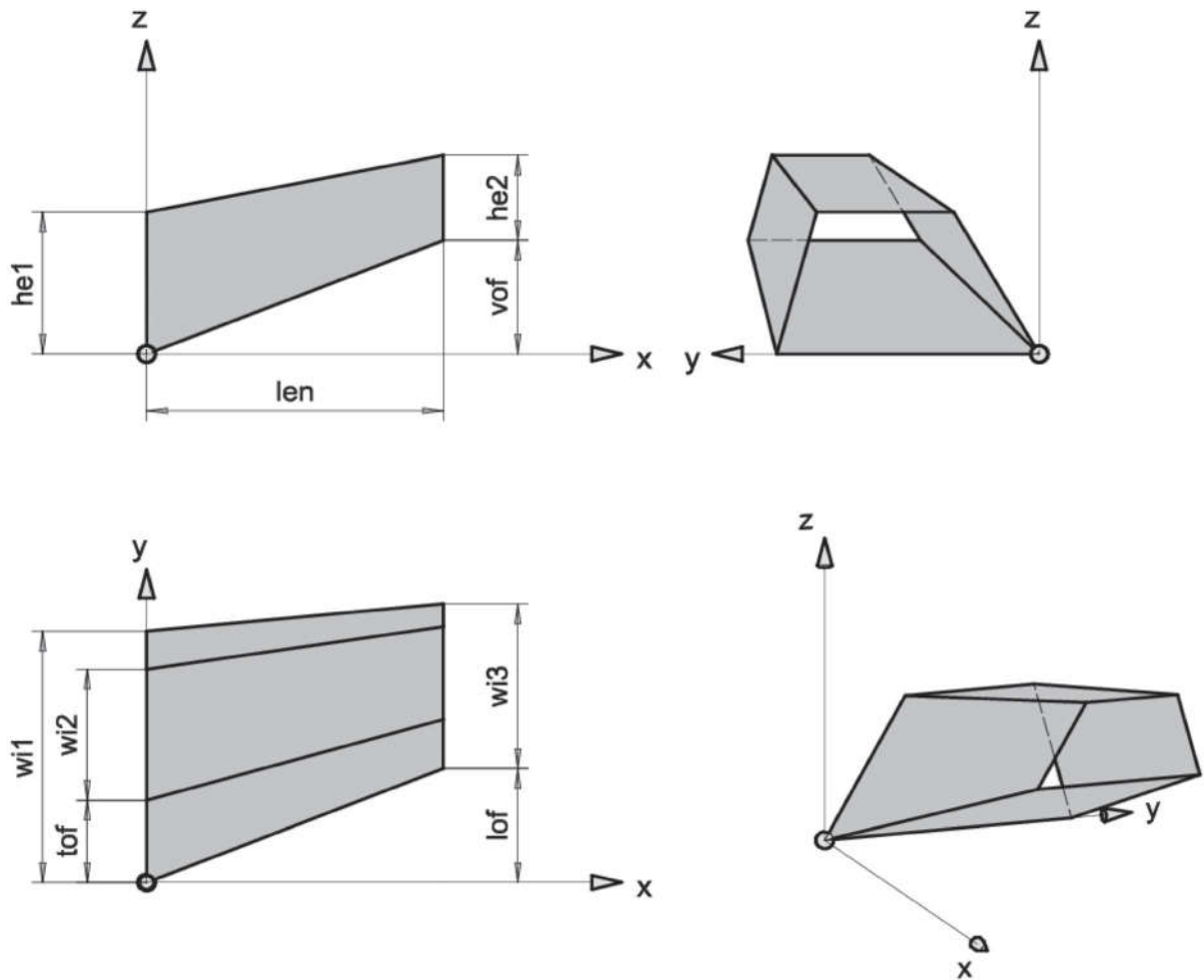


Рисунок A.11 — Перехід трапецієподібного каналу

Ідентифікатор примітиву: *trapezoidal duct transition*

Перехід трапецієподібного каналу – це тип звичайного примітиву CSG з трапецієподібною основою та торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітива. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення переходу каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY trapezoidal_duct_transition

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
 wth: positive_length_measure;
 len: positive_length_measure;
 wi1: positive_length_measure;
 wi2: positive_length_measure;
 wi3: positive_length_measure;
 he1: positive_length_measure;
 he2: positive_length_measure;
 lof: length_measure;
 vof: length_measure;

WHERE

WR1: $wth \geq 0$
 WR2: $len > 0$
 WR3: $wi1 > 2 * wth$
 WR4: $wi2 \geq 0$
 WR5: $wi3 > 2 * wth$
 WR6: $wi1 \leq wi2 + wi3 * he1 / he2$
 WR7: $wi2 \geq wi1 - wi3 * he1 / he2$
 WR8: $wi3 \geq (wi1 - wi2) * he2 / he1$
 WR9: $he1 \geq he2 * (wi1 - wi2) / wi3$
 WR10: $he2 \leq he1 * wi3 / (wi1 - wi2)$
 WR11: $he1 > 2 * wth$
 WR12: $he2 > 2 * wth$

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу трапецієподібного каналу.

trapezoidal_duct_transition має одну вершину в точці **position.location**, а напрямок його ребер збігається з

додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід трапецієподібного каналу (*position.p(1)*).
- len:** Довжина переходу трапецієподібного каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).
- wi1:** Ширина меншої сторони осі z основи переходу трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- wi2:** Ширина більшої сторони осі z основи переходу трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- wi3:** Ширина меншої сторони осі z торця переходу трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- he1:** Висота основи переходу трапецієподібного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- he2:** Висота торця переходу трапецієподібного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- tof:** Бічне зміщення більшої сторони осі z переходу трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- lof:** Бічне зміщення торця переходу трапецієподібного каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- vof:** Вертикальне зміщення торця переходу трапецієподібного каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.

- WR4:** Ширина **wi2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR5:** Ширина **wi3** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR6-10:** Нерівності в WR6-WR10 є перетворенням однієї єдиної нерівності, яка гарантує, що дві бічні поверхні не перетинаються.
- WR11:** Висота **he1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR12:** Висота **he2** має бути більше ніж $2 * wth$

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення вертикального та бічного зміщення можуть бути додатніми або від'ємними відносно осі у або z.

Специфікації IFC:

Перехід трапецієподібного каналу визначають відповідно до існуючих визначень IFC, а саме:

trapezoidal_duct_transition ***IfcExtrudedAreaSolid***

визначають як:

Грань основи є ***IfcTrapeziumHollowProfileDef***

параметризованим **(див. А.10)**

двовимірним профілем:

Містить перетворення ***IfcDerivedProfileDef***

початкової грані: ***IfcCartesianTransformationOperator2D***

A.13 Овальний канал

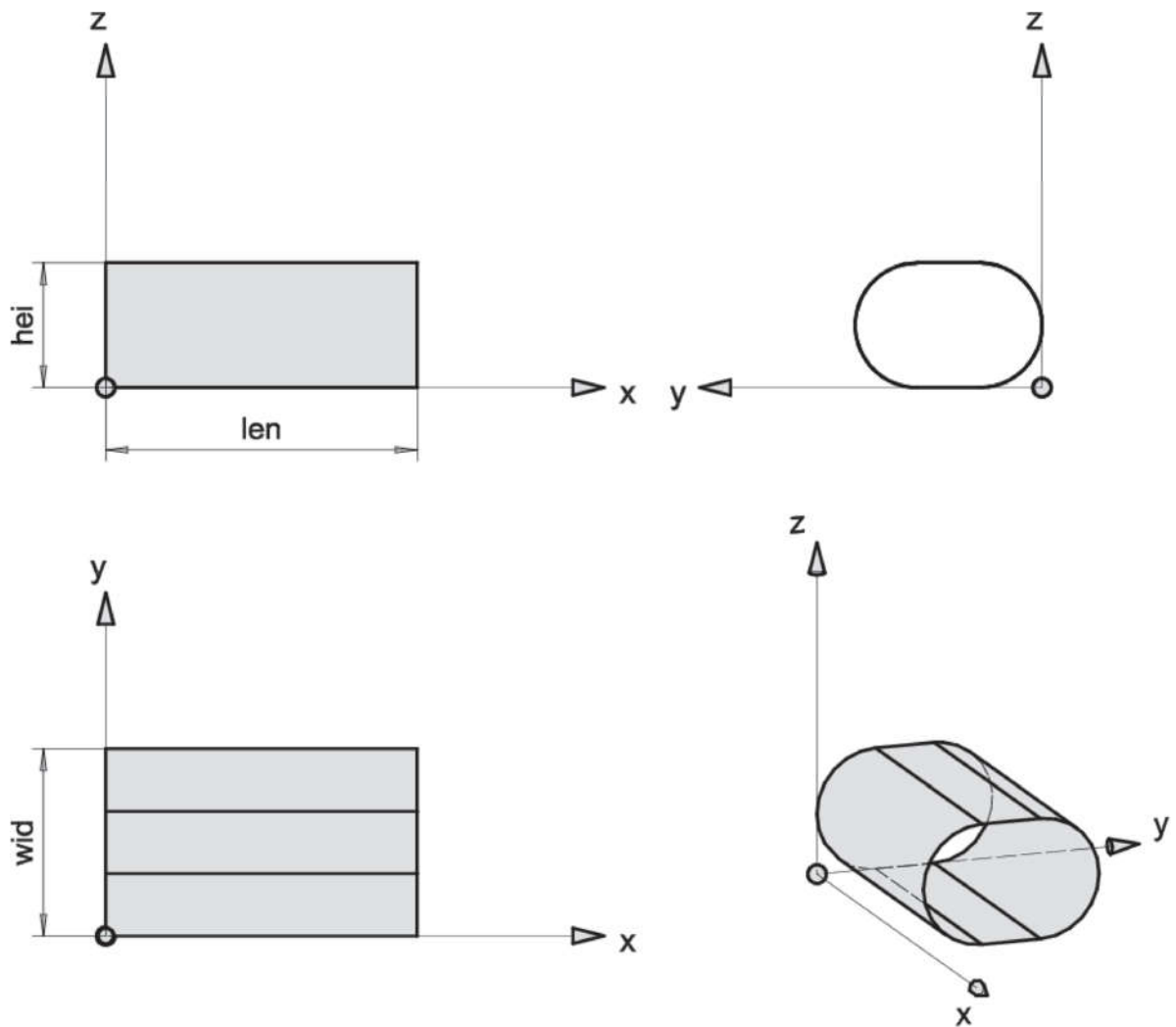


Рисунок А.12 — Овальний канал

Ідентифікатор примітиву: *oval duct*

Овальний канал – це тип звичайного примітиву призми CSG з овальною основою. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY oval_duct

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
 wth: positive_length_measure;
 len: positive_length_measure;
 wid: positive_length_measure;
 hei: positive_length_measure;

WHERE

WR1: $wth > 0$
 WR2: $len > 0$
 WR3: $wid > 2 * wth$
 WR4: $hei > 2 * wth$

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей овального каналу.

oval_duct має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений овальний канал (*position.p(1)*).

len: Довжина овального каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).

wid: Ширина овального каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).

hei: Висота овального каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).

Обов'язкові умови:

WR1: Товщина стінок **wth** має бути більше 0.

WR2: Довжина **len** має бути більше 0.

WR3: Ширина **wid** має бути більше ніж $2 * wth$.

WR4: Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.

Необов'язкові умови:

IP1: Орієнтацію овалу визначають показниками **hei** або **wid**, в залежності від того, який з них має більше абсолютне значення.

$|hei| > |wid|$ → вертикальний овал

$|hei| < |wid|$ → горизонтальний овал

Специфікації IFC:

Овальний канал визначають відповідно до існуючого визначення, а саме: ***IfcExtrudedAreaSolid***.

Грань основи визначають як параметризований двовимірний профіль.

Специфікація XSD 2D профілю (IFC):

Специфікація XSD:

```
<xs:element name="IfcOvalHollowProfileDef" type="ifc:IfcOvalHollowProfileDef"
substitutionGroup="ifc:IfcParametrizedProfileDef" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcOvalHollowProfileDef">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcParametrizedProfileDef">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wid" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS:

ENTITY IfcTrapeziumProfileDef

SUBTYPE OF IfcParametrizedProfileDef;

wth: IfcPositiveLengthMeasure;
 wid: IfcPositiveLengthMeasure;
 hei: IfcPositiveLengthMeasure;
 END_ENTITY;

A.14 Перехід овального каналу

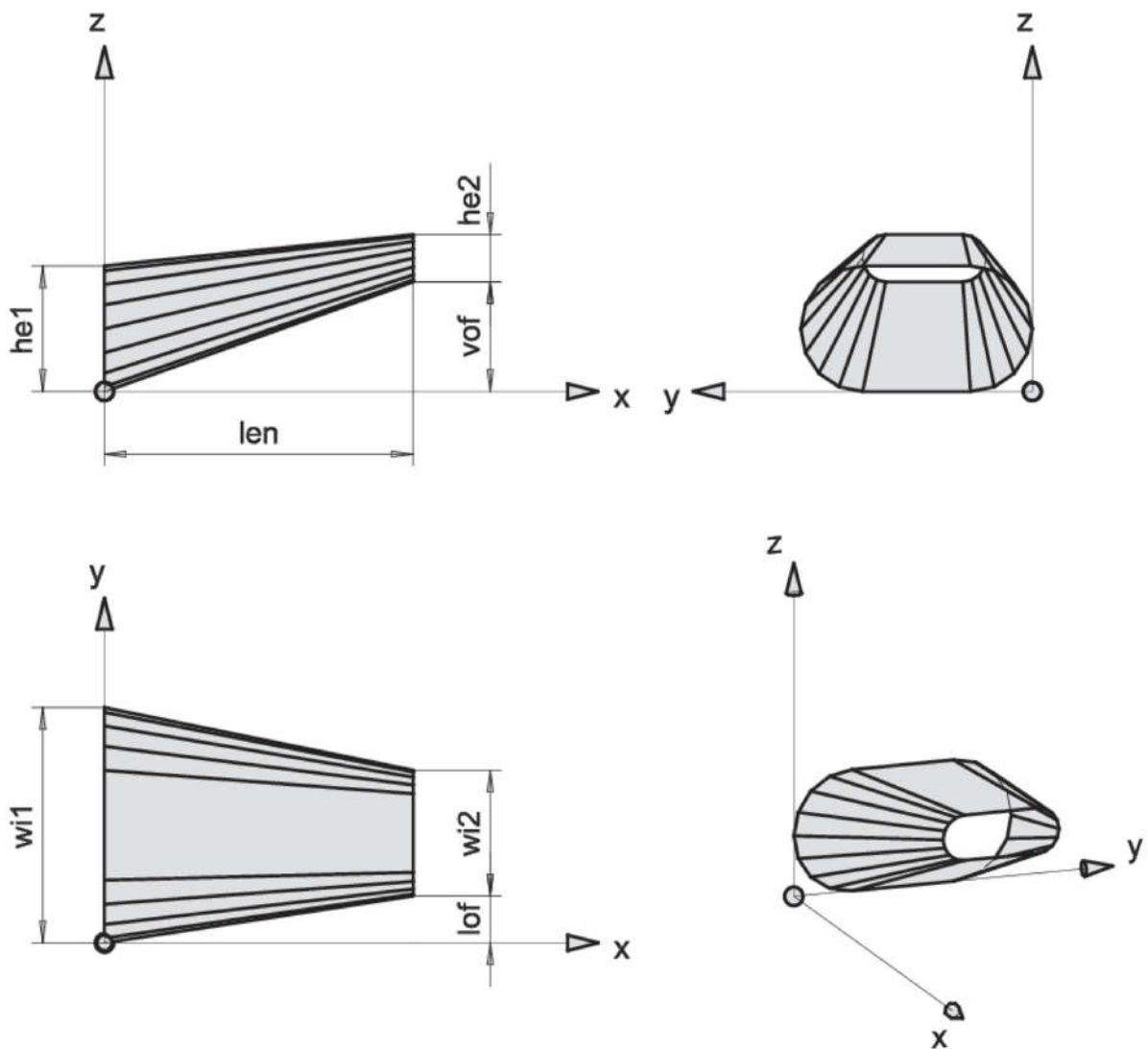


Рисунок А.13 — Перехід овального каналу

Ідентифікатор примітиву: *oval duct transition*

Перехід овального каналу – це тип звичайного примітиву CSG з овальною основою та торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву.

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення переходу каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY oval_duct_transition

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
wth: positive_length_measure;
len: positive_length_measure;
wi1: positive_length_measure;
wi2: positive_length_measure;
he1: positive_length_measure;
he2: positive_length_measure;
lof: length_measure;
vof: length_measure;

WHERE

WR1: wth >= 0
WR2: len > 0
WR3: wi1 > 2*wth
WR4: wi2 > 2*wth
WR5: he1 > 2*wth
WR6: he2 > 2*wth

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу овального каналу.

oval_duct_transition має одну вершину в точці **position.location**, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід каналу (*position.p(1)*).
- len:** Довжина переходу овального каналу вздовж осі x (*position.p(1)*).
- wi1:** Ширина основи переходу овального каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- wi2:** Ширина торця переходу овального каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- he1:** Висота основи переходу овального каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- he2:** Висота торця переходу овального каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- lof:** Бічне зміщення торця переходу овального каналу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- vof:** Вертикальне зміщення торця переходу овального каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * \mathbf{wth}$.
- WR4:** Ширина **wi2** має бути більше ніж $2 * \mathbf{wth}$.
- WR5:** Висота **he1** має бути більше ніж $2 * \mathbf{wth}$.
- WR6:** Висота **he2** має бути більше ніж $2 * \mathbf{wth}$.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення вертикального та бічного зміщення можуть бути додатніми або від'ємними відносно осі у або z.
- IP2:** Орієнтацію овалів треба визначати в залежності від того, який з параметрів **he1** або **wi1** та **he2** або **wi2** відповідно має більше абсолютне значення.

Специфікації IFC:

Перехід трапецієподібного каналу визначають відповідно до існуючих визначень IFC.

trapezoidal_duct_transition ***IfcExtrudedAreaSolid***

визначають як:

Грань основи є ***IfcOvalHollowProfileDef*** (див. А.12)

параметризованим

двовимірним профілем:

Містить перетворення ***IfcDerivedProfileDef***

початкової грані: ***IfcCartesianTransformationOperator2D***

А.15 Згин овального каналу

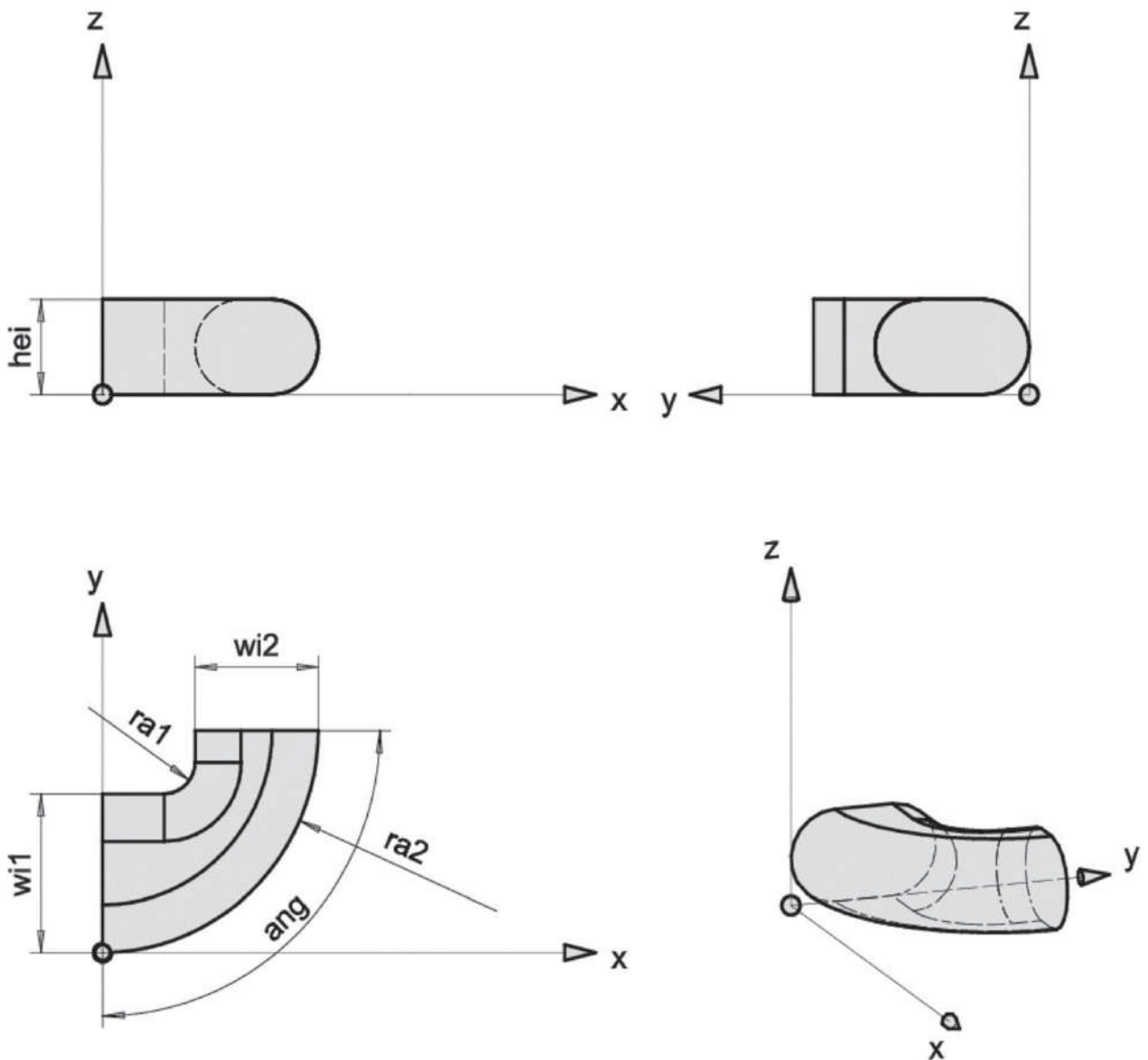


Рисунок А.14 — Згин овального каналу

Ідентифікатор примітиву: *oval duct bend*

Згин овального каналу – це тип звичайного примітиву CSG з овальною основою та торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення згину каналу, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY oval_duct_bend

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
wth: positive_length_measure;
ang: positive_plane_angle_measure;
wi1: positive_length_measure;
wi2: positive_length_measure;
hei: positive_length_measure;
ra1: positive_length_measure;
ra2: positive_length_measure;

WHERE

WR1: wth >= 0
WR2: len > 0
WR3: ang > 0
WR4: ang < 360
WR5: wi1 > 2*wth
WR6: wi2 > 2*wth
WR7: hei > 2*wth
WR8: ra1 >= 0
WR9: ra2 > ra1+2*wth

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей згину овального каналу.

oval_duct_transition має одну вершину в точці **position.location**, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений згин каналу (*position.p(1)*).
- ang:** Кут повороту між площинами двох овальних граней твердого тіла, величину якого визначають в тій ділянці, де знаходиться це тверде тіло.
- wi1:** Розмір основи згину овального каналу вздовж осі у (*position.p(2)*).
- wi2:** Розмір торця згину овального каналу в площині x-y в напрямку TA.
- hei:** Розмір основи згину овального каналу вздовж осі z (*position.p(3)*).
- ra1:** Радіус заокруглення на внутрішній стороні згину каналу.
- ra2:** Радіус заокруглення на зовнішній стороні згину каналу.

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Кут **ang** має бути більше 0.
- WR3:** Кут **ang** має бути менше або дорівнювати 360.
- WR4:** Ширина **wi1** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR5:** Ширина **wi2** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR6:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR7:** Радіус **ra1** має бути більше 0.
- WR8:** Радіус **ra2** має бути більше ніж $ra1 + 2 * wth$.

Необов'язкові умови:

- IP1:** З кутами розкриття від 180° до 360° будь-яке значення,

задане для **ra2**, не враховують. **ra2** визначають як найменше можливе дотичне коло на зовнішніх стінках згину каналу.

IP2: Поперечний перетин **wi2** × **hei** проходить на торці згину кола з радіусом **ra2** або **ra1**.

IP3: Орієнтацію овалів треба визначати в залежності від того, який з параметрів **hei** або **wi1** та **hei** або **wi2** відповідно має більше абсолютне значення.

Специфікації IFC:

Згин овального каналу визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcOvalDuctBend" type="ifc:OvalDuctBend"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcOvalDuctBend">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ang" type="ifc:IfcPlaneAngleMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wi2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcOvalDuctBend
SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;

wth: lfcPositiveLengthMeasure;
 ang: lfcPlaneAngleMeasure;
 wi1: lfcPositiveLengthMeasure;
 wi2: lfcPositiveLengthMeasure;
 hei: lfcPositiveLengthMeasure;
 ra1: lfcPositiveLengthMeasure;
 ra2: lfcPositiveLengthMeasure;

END_ENTITY;

A.16 Перехід «овал-круг»

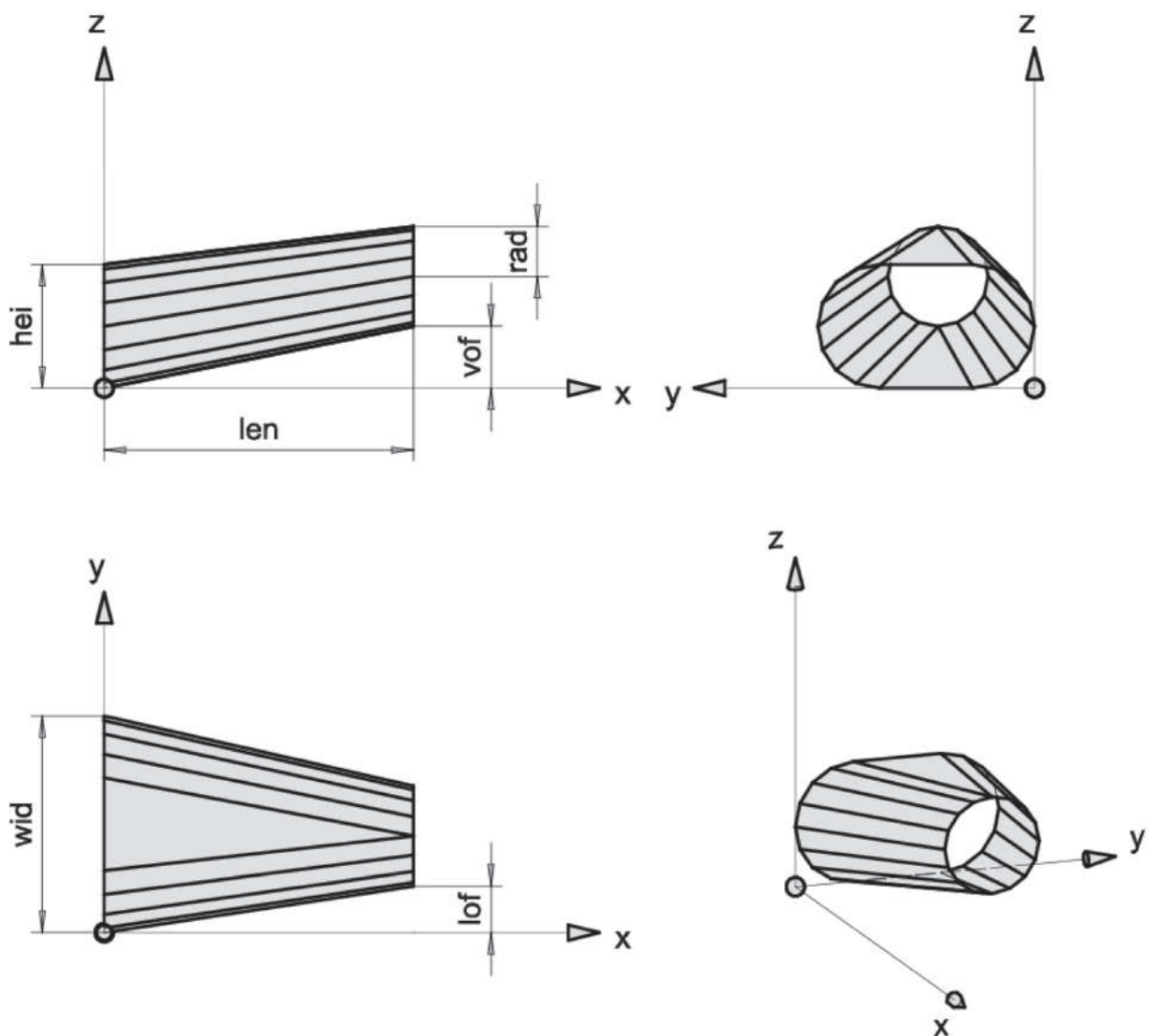


Рисунок А.15 — Перехід «овал-круг»

Ідентифікатор примітиву: oval round transition

Перехід «овал-круг» – це тип звичайного примітиву CSG з прямокутною основою та круглим торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення переходу «прямокутник-круг», виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

```
ENTITY oval_round_transition
  SUBTYPE OF (geometric_representation_item);
  position: axis2_placement_3d;
  wth: positive_length_measure;
  len: positive_length_measure;
  wid: positive_length_measure;
  hei: positive_length_measure;
  rad: positive_length_measure;
  lof: length_measure;
  vof: length_measure;
  WHERE
    WR1: wth >= 0
    WR2: len > 0
    WR3: wid > 2*wth
    WR4: hei > 2*wth
    WR5: rad > wth
  END_ENTITY;
(*)
```

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу «овал-круг».

oval_round_transition має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід «овал-круг» (*position.p(1)*).
- len:** Довжина переходу «овал-круг» вздовж осі x (*position.p(1)*).
- wid:** Ширина основи переходу «овал-круг» вздовж осі y (*position.p(2)*).
- hei:** Висота основи переходу «овал-круг» вздовж осі z (*position.p(3)*).
- rad:** Радіус торця круглого переходу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- lof:** Бічне зміщення торця круглого переходу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- vof:** Вертикальне зміщення торця круглого переходу вздовж осі z (*position.p(3)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Ширина **wid** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR4:** Висота **hei** має бути більше ніж $2 * wth$.
- WR5:** Радіус **rad** має бути більше ніж **wth**.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення вертикального та бічного зміщення можуть бути додатніми або від'ємними відносно осі у або z.
- IP2:** Орієнтацію овалів визначають показниками **hei** або **wid**, в залежності від того, який з них має більше абсолютне значення.

Специфікації IFC:

Перехід «овал-круг» визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcOvalRoundTransition" type="ifc:IfcOvalRoundTransition"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcOvalRoundTransition">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="len" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wid" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="hei" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="rad" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="lof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="vof" type="ifc:IfcLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcOvalRoundTransition⁹

⁹) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

```

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;
    wth:      IfcPositiveLengthMeasure;
    len:      IfcPositiveLengthMeasure;
    wid:      IfcPositiveLengthMeasure;
    hei:      IfcPositiveLengthMeasure;
    rad:      IfcPositiveLengthMeasure;
    lof:      IfcLengthMeasure;
    vof:      IfcLengthMeasure;
    
```

END_ENTITY;

A.17 Кругла труба

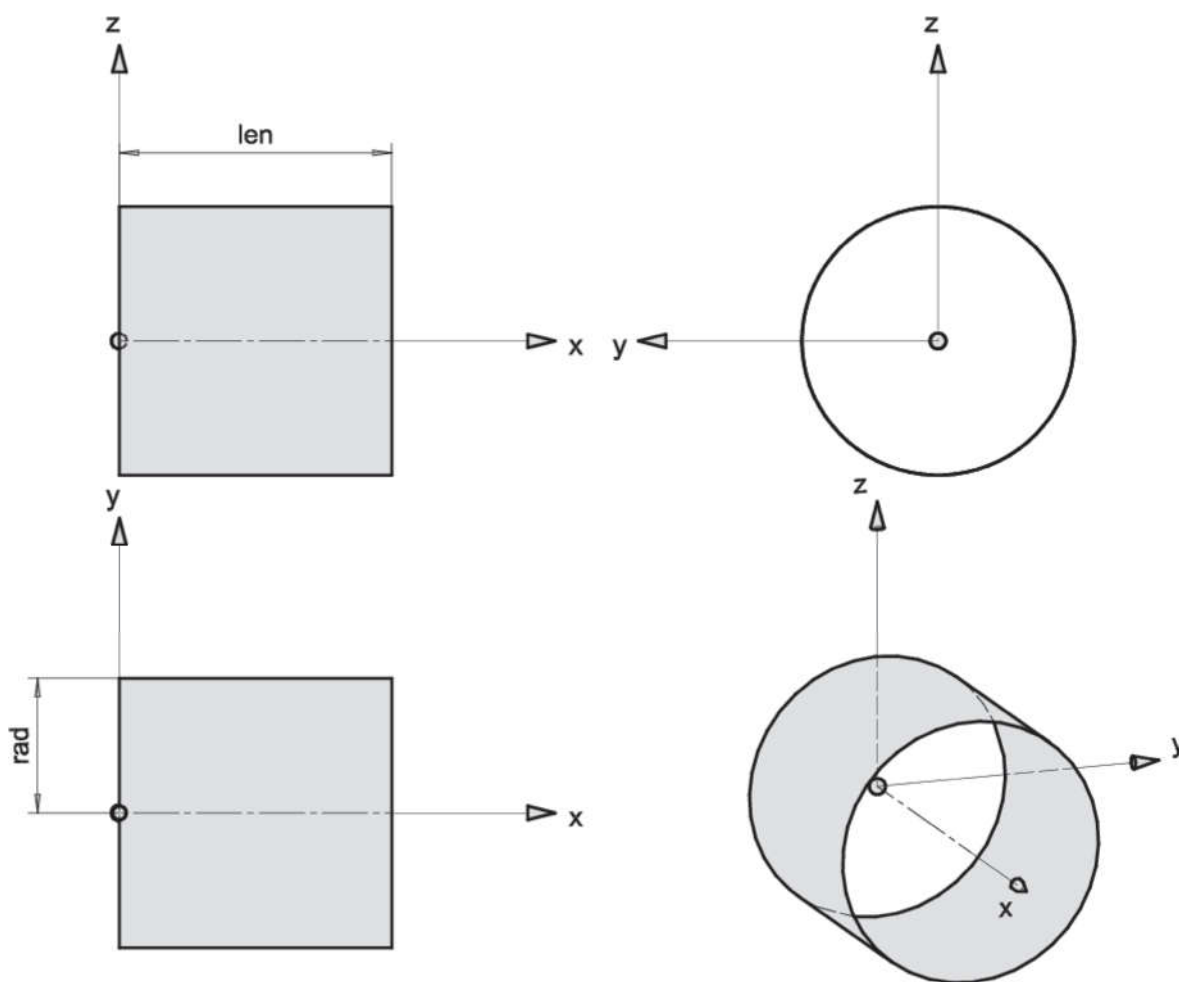


Рисунок А.16 — Кругла труба

Ідентифікатор примітиву: *round pipe*

Кругла труба – це тип звичайного примітиву призми CSG з круглою основою. Її поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці *right_circular_cylinder*. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення труби, виготовленої з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

```
*)  
ENTITY round_pipe  
  SUBTYPE OF (geometric_representation_item);  
    position: axis2_placement_3d;  
    wth:      positive_length_measure;  
    len:      positive_length_measure;  
    rad:      positive_length_measure;  
  WHERE  
    WR1: wth >= 0  
    WR2: len > 0  
    WR3: rad > wth  
  END_ENTITY;  
(*
```

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей круглої труби.

round_pipe має одну вершину в точці ***position.location***, а напрямок її ребер збігається з додатнім напрямком осей. Центральною віссю труби є вісь x.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлена кругла труба (*position.p(1)*).

len: Довжина круглої труби вздовж осі x (*position.p(1)*).

rad: Радіус круглої труби вздовж осі y (*position.p(2)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Радіус **rad** має бути більше ніж **wth**.

Специфікації IFC:

Круглу трубу визначають відповідно до існуючих визначень IFC.

rectangular_duct визначають як:

IfcExtrudedAreaSolid

Грань основи є параметризованим двовимірним профілем:

IfcCircleHollowProfileDef

A.18 Перехід круглої труби

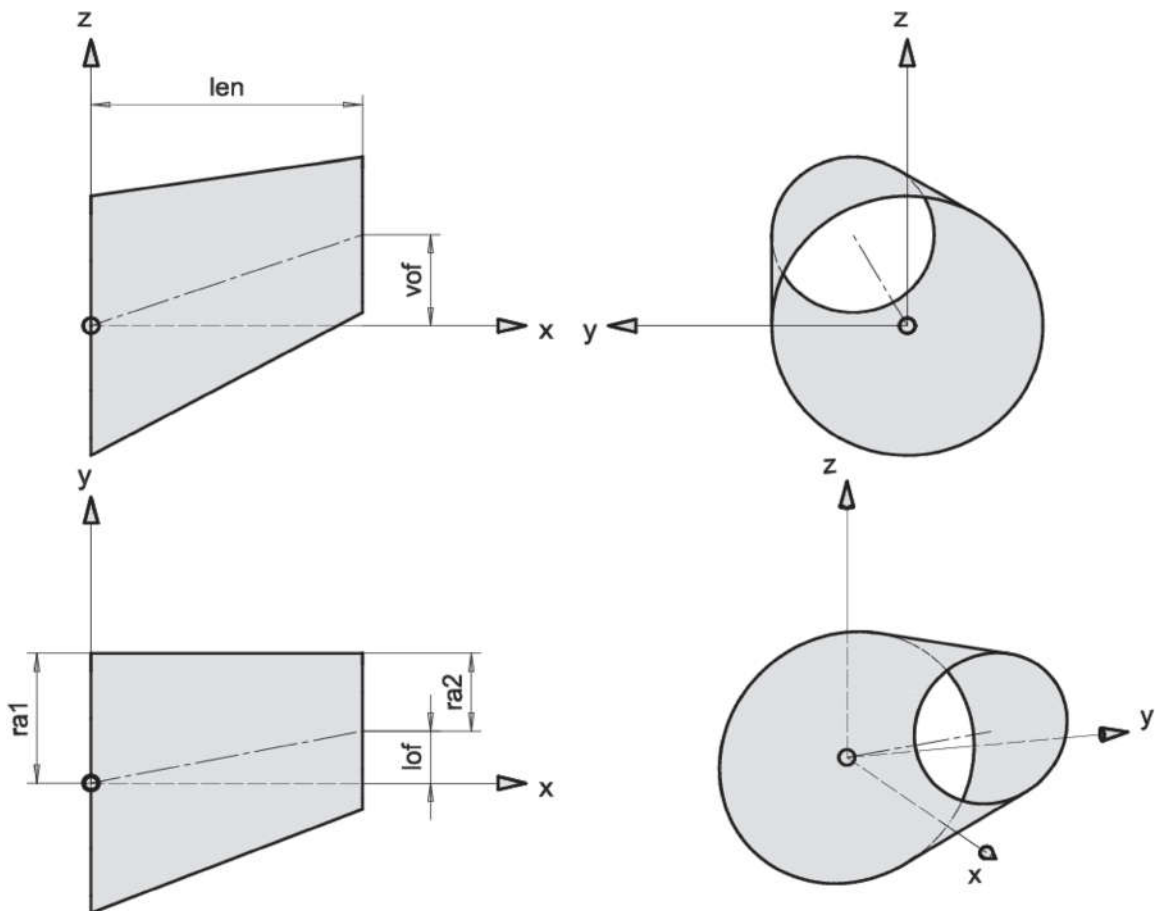


Рисунок А.17 — Перехід круглої труби

Ідентифікатор примітиву: *round pipe transition*

round_pipe_transition – це тип звичайного примітиву CSG з круглою основою та круглим торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці *excentric_cone*. Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення переходу круглої труби, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY *round_pipe_transition*

SUBTYPE OF (*geometric_representation_item*);

position: *axis2_placement_3d*;

wth: *positive_length_measure*;

len: *positive_length_measure*;

ra1: *positive_length_measure*;

ra2: *positive_length_measure*;

lof: *length_measure*;

vof: *length_measure*;

WHERE

WR1: $wth \geq 0$

WR2: $len > 0$

WR3: $ra1 > wth$

WR4: $ra2 > wth$

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей *round_pipe_transition*.

round_pipe_transition має одну вершину в точці *position.location*, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід круглої труби (*position.p(1)*).
- len:** Довжина переходу круглої труби вздовж осі x (*position.p(1)*).
- ra1:** Висота основи переходу круглої труби вздовж осі y (*position.p(2)*).
- ra2:** Радіус торця круглого переходу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- lof:** Бічне зміщення торця круглого переходу вздовж осі y (*position.p(2)*).
- vof:** Вертикальне зміщення торця круглого переходу вздовж осі z (*position.p(3)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Радіус **ra1** має бути більше ніж **wth**.
- WR4:** Радіус **ra2** має бути більше ніж **wth**.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Значення вертикального та бічного зміщення можуть бути додатніми або від'ємними відносно осі y або z.

Специфікації IFC:

Перехід круглої труби визначають відповідно до існуючих визначень IFC.

Перехід круглої труби ***IfcExtrudedAreaSolid*** визначають як:

Грань основи є *IfcCircleHollowProfileDef*

параметризованим

двовимірним профілем:

Містить перетворення *IfcDerivedProfileDef*

початкової грані: *IfcCartesianTransformationOperator2D*

А.19 Перехід радіусу круглої труби

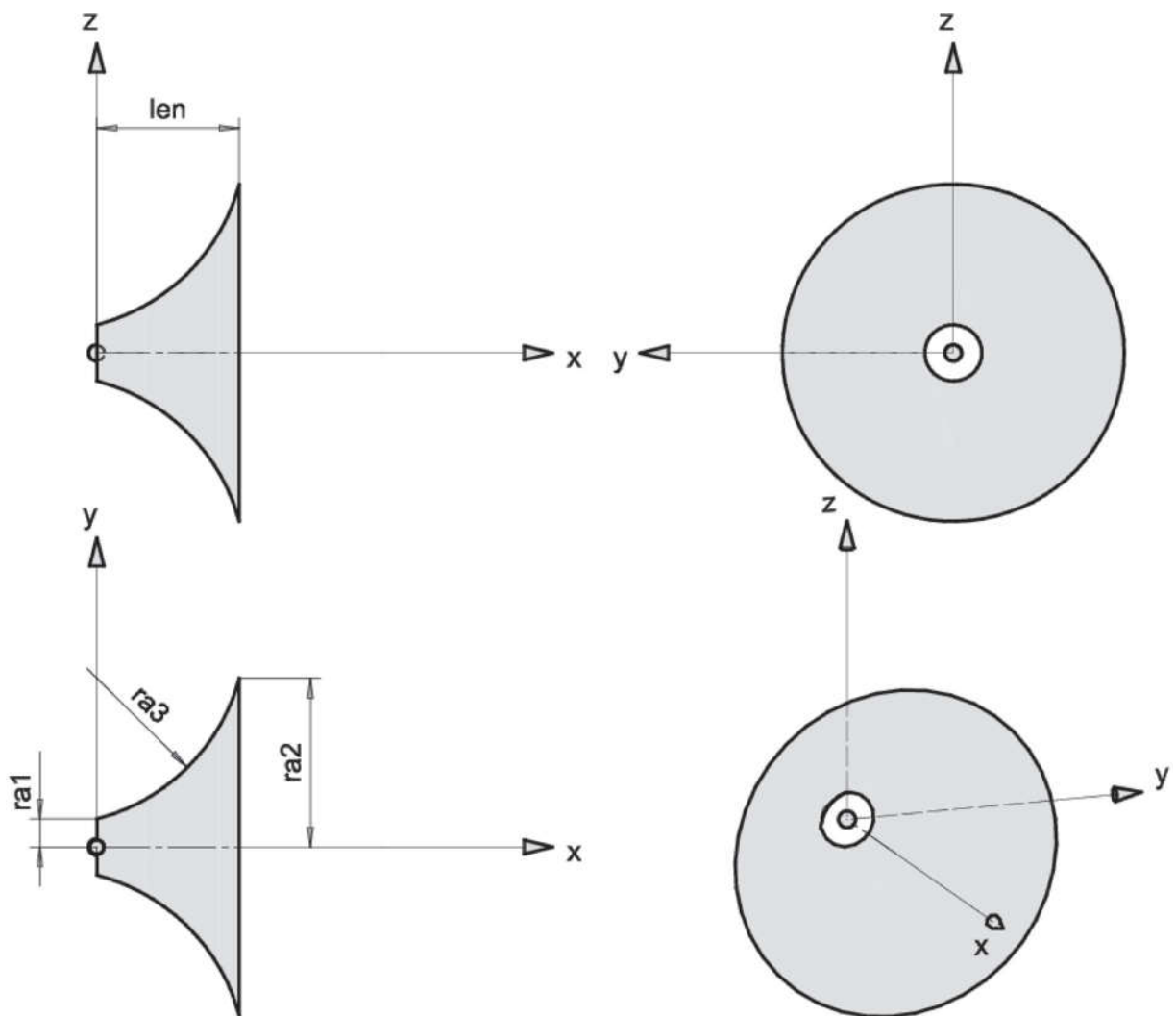


Рисунок А.18 — Перехід радіусу круглої труби

Ідентифікатор примітиву: *round pipe radius transition*

round_pipe_radius_transition – це тип звичайного примітиву CSG з круглою основою та круглим торцем. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву.

Поверхня основи та торця може бути зображена невидимою для представлення переходу круглої труби, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY round_pipe_radius_transition

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;

wth: positive_length_measure;

len: positive_length_measure;

ra1: positive_length_measure;

ra2: positive_length_measure;

ra3: length_measure;

WHERE

WR1: wth >= 0

WR2: len > 0

WR3: ra1 > wth

WR4: ra2 > wth

WR5: ABS(ra3) > 0.5 * ((ra2 – ra1) ^2 + len ^2) ^0.5

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу круглої труби.

round_pipe_radius_transition має одну вершину в точці **position.location**, а напрямок його ребер збігається з додатнім напрямком осей.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід радіусу круглої труби (**position.p(1)**).

- len:** Довжина переходу радіусу круглої труби вздовж осі x (*position.p(1)*).
- ra1:** Висота основи переходу радіусу круглої труби вздовж осі z (*position.p(3)*).
- ra2:** Радіус торця переходу радіусу круглої труби вздовж осі y (*position.p(2)*).
- ra3:** Радіус між основою та торцем переходу радіусу круглої труби вздовж осі y (*position.p(2)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Довжина **len** має бути більше 0.
- WR3:** Радіус **ra1** має бути більше ніж **wth**.
- WR4:** Радіус **ra2** має бути більше ніж **wth**.
- WR5:** Радіус **ra3** являє собою або додатню (увігнуту), або від'ємну (опуклу) дугу кола між точками, що визначають параметрами **ra1**, **ra2** та **len** (елементарна геометрична задача: дано дві точки та радіус кола).

Отже, абсолютне значення **ra3** не може бути меншим ніж половина відстані між цими точками:

$$|ra3| > \frac{1}{2} \sqrt{[(ra2 - ra1)^2 + len^2]}$$

Специфікації IFC:

Перехід радіусу круглої труби визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```

<xs:element name="IfcRoundPipeRadiusTransition" type="IfcRoundPipeRadiusTransition"
substitutionGroup="IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRoundPipeRadiusTransition">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="len" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="wid" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra1" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra2" type="IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra3" type="IfcLengthMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

Специфікація EXPRESS (IFC):

```

ENTITY IfcOvalRoundTransition
  SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;
    wth: IfcPositiveLengthMeasure;
    len: IfcPositiveLengthMeasure;
    ra1: IfcPositiveLengthMeasure;
    ra2: IfcPositiveLengthMeasure;
    ra3: IfcLengthMeasure;
  END_ENTITY;

```

А.20 Згин круглої труби

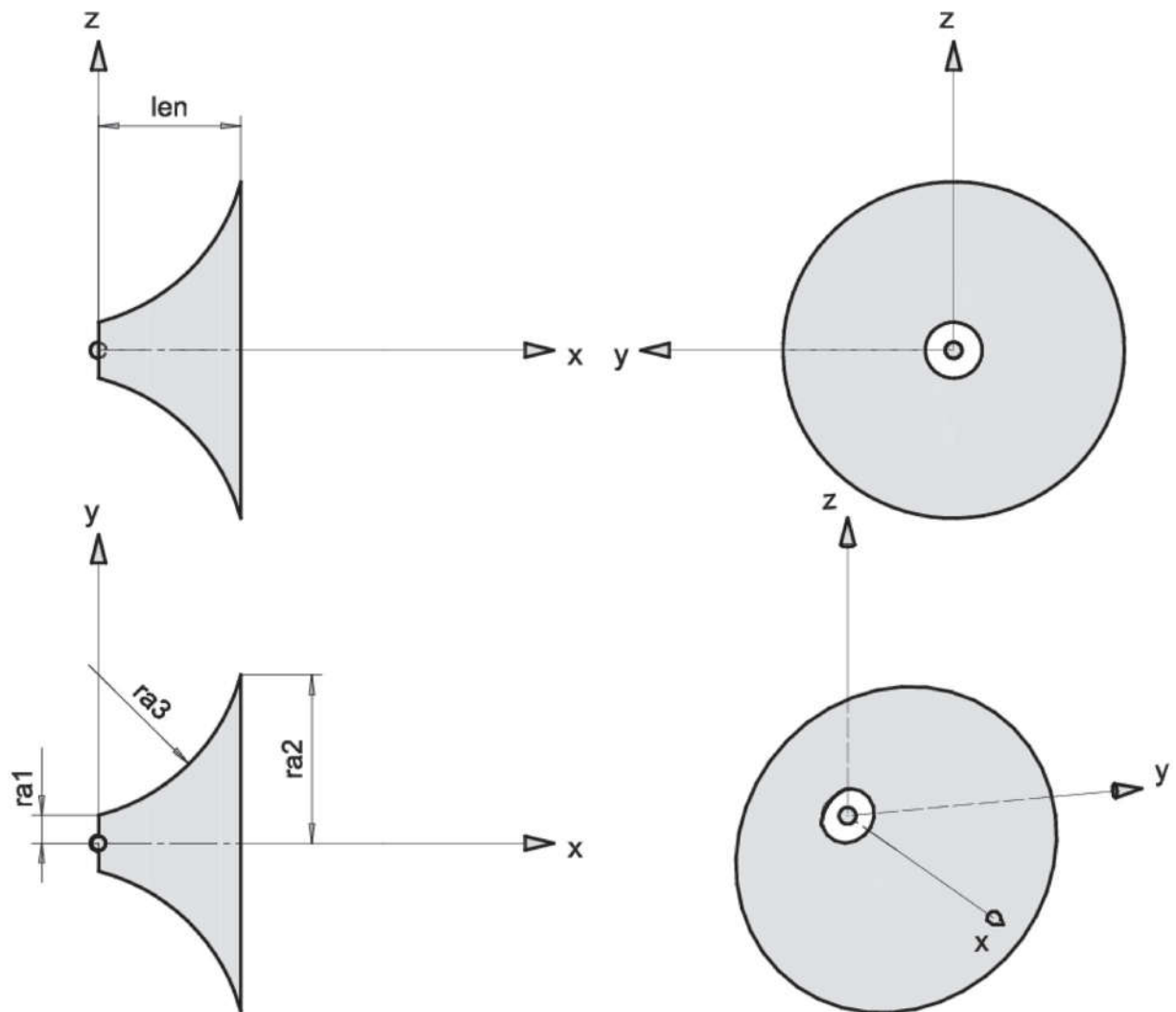


Рисунок А.19 — Перехід згину круглої труби

Ідентифікатор примітиву: *round pipe bend transition*

Перехід згину круглої труби – це тип примітиву CSG з круглою гранню основи та круглою гранню торця. Направлена лінія – це відрізок кола, що лежить в площині x-y, центральна точка якого лежить на додатньому напрямку осі y.

Поперечний перетин площини, яка перпендикулярна площині направленої лінії та її центральній точці, завжди є колом. Радіус цього кола є похідною від довжини направляючої до площини основи.

Специфікація EXPRESS:

*)
ENTITY round_pipe_bend_transition

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
 wth: positive_length_measure
 ram: positive_length_measure;
 ra1: positive_length_measure;
 ra2: positive_length_measure;
 ang: plane_angle_measure;

WHERE

WR1: wth > 0
 WR2: ram >= MAX(ra1,ra2)
 WR3: ra1 >= wth
 WR4: ra2 >= wth
 WR5: ang > 0
 WR6: ang <= 360

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей переходу згину круглої труби.

Центр круглої грані основи *round_pipe_bend_transition* знаходиться в точці *position.location*, а центр направленої лінії – на осі y

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений перехід згину круглої труби (*position.p(1)*).

ram: Головний радіус (*major radius*) направленої лінії.

ra1: Радіус початкової грані, яка паралельна площині y-z.

ra2: Радіус грані торця.

ang: Кут повороту між площинами двох круглих граней

прДСТУ EN ISO 16757-2:20XX

твердого тіла, величину якого визначають в тій ділянці, де знаходиться це тверде тіло.

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Радіус **ram** має бути більше або дорівнювати максимальному значенню **ra1** та **ra2**.
- WR3:** Радіус **ra1** має бути більше або дорівнювати **wth**.
- WR4:** Радіус **ra2** має бути більше або дорівнювати **wth**.
- WR5:** Кут **ang** має бути більше 0.
- WR6:** Кут **ang** має бути менше або дорівнювати 360°.

Необов'язкові умови:

- IP1:** Перехід згину круглої труби може прийняти форму згину тора за умови, якщо радіуси основи та торця дорівнюють один одному.
- IP2:** Згин тора з кутом повороту у 360° називається замкнутим тором.

Специфікації IFC:

Переходи згину круглої труби визначають відповідно до існуючих визначень IFC.

Перехід «тороїд-згин» ***IfcRevolvedAreaSolid*** визначають як:

Грань основи є ***IfcHollowCircleProfileDef*** параметризованим двовимірним профілем:

Грань основи буде пере- ***IfcDerivedProfileDef*** творена таким способом: ***IfcCartesianTransformationOperator2D***

A.21 Y-подібний трійник круглої труби

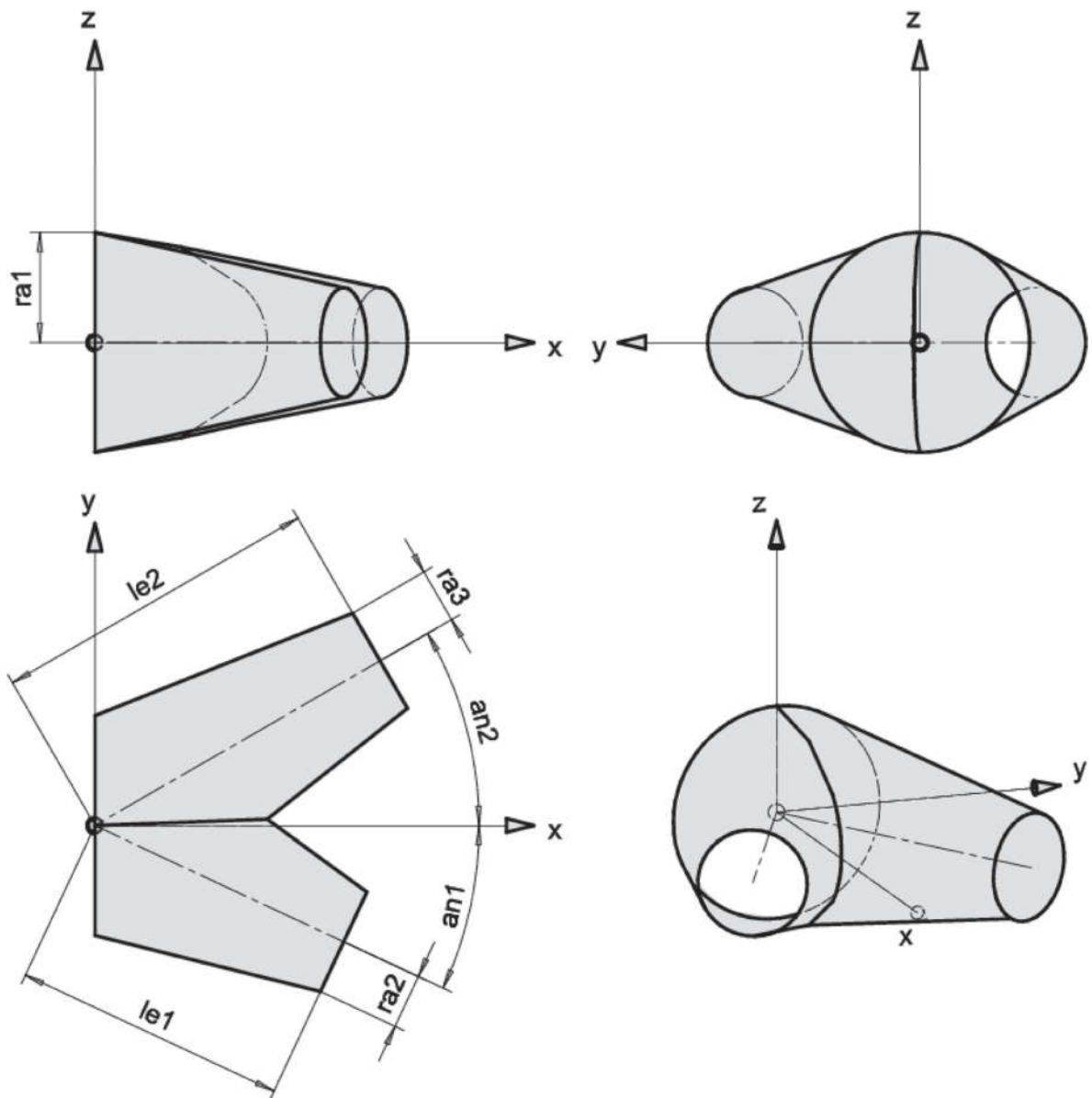


Рисунок А.20 — Y-подібний трійник круглої труби

Ідентифікатор примітиву: *round pipe wye*

Y-подібний трійник круглої труби – це тип звичайного примітиву CSG з однією круглою основою та двома круглими торцями. Його поведінка у разі виконання булевих операцій аналогічна поведінці твердотільного примітиву. Поверхні основи та торців можуть бути зображені як невидимі для представлення Y-подібного трійника круглої труби, виготовленого з тонколистового металу.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY round_pipe_wye

SUBTYPE OF (geometric_representation_item);

position: axis2_placement_3d;
wth: positive_length_measure;
ra1: positive_length_measure;
ra2: positive_length_measure;
ra3: positive_length_measure;
le1: positive_length_measure;
le2: positive_length_measure;
an1: plane_angle_measure;
an2: plane_angle_measure;

WHERE

WR1: wth > 0
WR2: ra1 >= wth
WR3: ra2 >= wth
WR4: ra3 >= wth
WR5: le1 > 0
WR6: le2 > 0
WR7: an1 > 90
WR8: an1 < 90
WR9: an2 > 90
WR10: an2 < 90

END_ENTITY;

(*

Визначення атрибутів:

position: Розташування й орієнтація системи осей Y-подібного трійника круглої труби.

round_pipe_wye має одну вершину в точці **position.location**, а напрямок його ребер збігається з

додатнім напрямком осей.

- wth:** Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений Y-подібний трійник круглої труби (*position.p(1)*).
- ra1:** Радіус основи Y-подібного трійника круглої труби вздовж осі y (*position.p(2)*).
- ra2:** Радіус торця Y-подібного трійника круглої труби до осі x (*position.p(1)*) за нижнього положення осі y.
- ra3:** Радіус торця Y-подібного трійника круглої труби до осі x (*position.p(1)*) за верхнього положення осі y.
- le1:** Довжина торця Y-подібного трійника круглої труби до осі x (*position.p(1)*) за нижнього положення осі y.
- le2:** Довжина торця Y-подібного трійника круглої труби до осі x (*position.p(1)*) за верхнього положення осі y.
- an1:** Кут осі Y-подібного трійника круглої труби за нижнього положення осі y відносно осі x (*position.p(1)*).
- an2:** Кут осі Y-подібного трійника круглої труби за верхнього положення осі y відносно осі x (*position.p(1)*).

Обов'язкові умови:

- WR1:** Товщина стінок **wth** має бути більше 0.
- WR2:** Радіус **ra1** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR3:** Радіус **ra2** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR4:** Радіус **ra3** має бути більше або дорівнювати 0.
- WR5:** Довжина **le1** має бути більше 0.
- WR6:** Довжина **le2** має бути більше 0.

WR7: Кут **an1** має бути більше 90.

WR8: Кут **an1** має бути менше 90.

WR9: Кут **an2** має бути більше 90.

WR10: Кут **an2** має бути менше 90.

Необов'язкові умови:

IP1: Значення зміщень можуть бути додатніми або від'ємними відносно осі у. Y-подібні трійники з патрубками різної довжини можна створити шляхом приєднання примітиву *round_pipe_transition*.

IP2: Кути до осей конусоподібних відгалужень будують, починаючи від осі x вправо та вліво відповідно. Вони також можуть мати від'ємні значення.

Специфікації IFC:

Y-подібний трійник круглої труби визначають відповідно до таких визначень IFC.

Специфікація XSD (IFC):

```
<xs:element name="IfcRoundPipeWye" type="ifc:IfcRoundPipeWye"
substitutionGroup="ifc:IfcCsgPrimitive3D" nillable="true"/>
<xs:complexType name="IfcRoundPipeWye">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="ifc:IfcCsgPrimitive3D">
      <xs:attribute name="wth" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="ra3" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="le1" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="le2" type="ifc:IfcPositiveLengthMeasure" use="optional"/>
      <xs:attribute name="an1" type="ifc:IfcPlaneAngleMeasure" use="optional"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

```

    <xs:attribute name="an2" type="ifc:IfcPlaneAngleMeasure" use="optional"/>
  </xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

Специфікація EXPRESS (IFC):

ENTITY IfcRoundPipeWye¹⁰

SUBTYPE OF IfcCsgPrimitive3D;

```

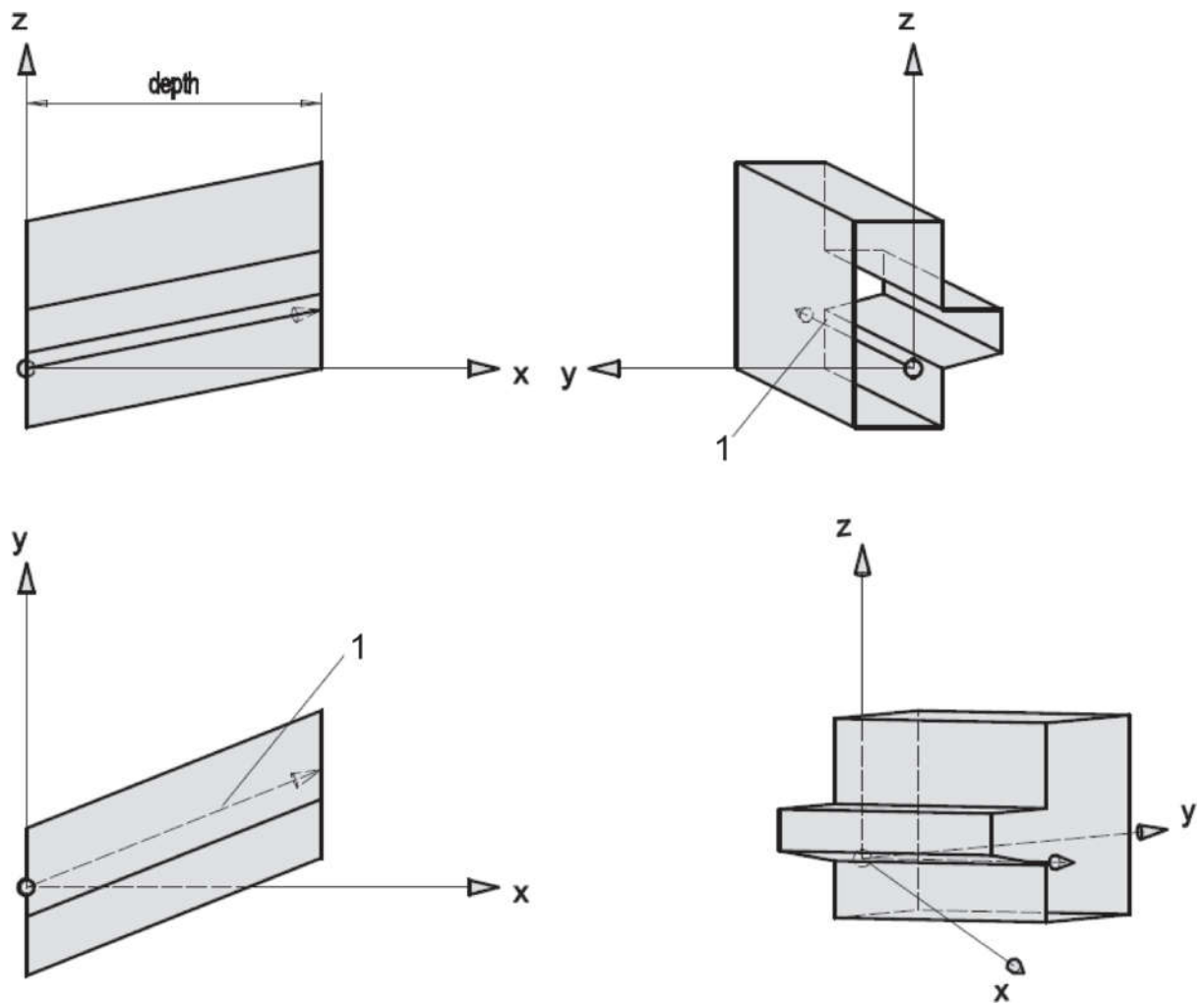
    wth:      IfcPositiveLengthMeasure;
    ra1:      IfcPositiveLengthMeasure;
    ra2:      IfcPositiveLengthMeasure;
    ra3:      IfcPositiveLengthMeasure;
    le1:      IfcPositiveLengthMeasure;
    le2:      IfcPositiveLengthMeasure;
    an1:      IfcPlaneAngleMeasure;
    an2:      IfcPlaneAngleMeasure;

```

END_ENTITY;

¹⁰) <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/schema/ifcgeometricmodelresource/lexical/ifcblock.htm>

А.22 Канал з екструдованою гранню



Умовна позначка:

1 – напрямок екструдування

Рисунок А.21 — Канал з екструдованою гранню

Ідентифікатор примітиву: *extruded face duct*

extruded_face_duct це тіло, яке визначають шляхом видавлювання площинної **грані**. Напрямок переміщення визначають вектором **напрямку**, а довжина переміщення – **глибиною** відстані. Площинна грань **не** має жодних отворів.

Специфікація EXPRESS:

*)

ENTITY *extruded_face_duct*

```

SUBTYPE OF (swept_face_solid);
  wth: positive_length_measure;
  DERIVE
  extruded_direction: direction;
  depth: positive_length_measure;
  WHERE
    WR1:
      dot_product((SELF\swept_face_solid.swept_face.face_geometry\
elementary_surface.position.p[3]), extruded_direction) <> 0.0;
END_ENTITY;
(*)

```

Визначення атрибутів:

SELF\swept_face_solid.swept_face: Грань, яку екструдують, щоб створити тверде тіло.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений канал з екструдованою гранню (*position.p(1)*).

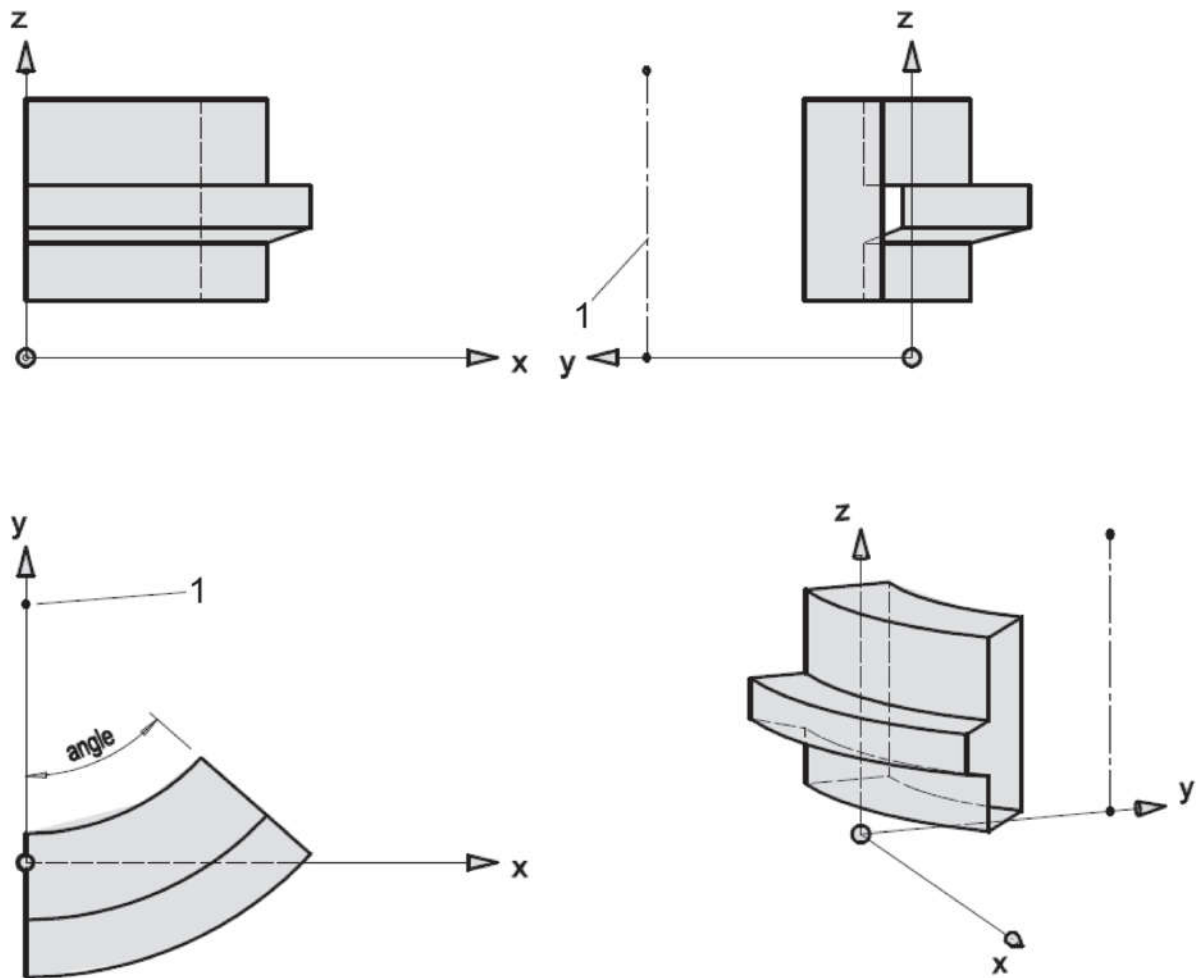
extruded_direction: Напрямок, в якому екструдують грань.

depth: Відстань, на яку екструдують грань.

Необов'язкові умови:

IP1: *extruded_direction* не має бути перпендикулярним площині *swept_face*.

A.23 Канал з обертовою гранню



Умовна позначка:

1 – осьова лінія

Рисунок A.22 — Канал з обертовою гранню

Ідентифікатор примітиву: *revolved face duct*

revolved_face_duct – це тіло оберту, утворене обертанням площинної **грані** навколо осі. Вісь має знаходитись в площині цієї грані, а також не перетинати її внутрішній простір. Площинна грань **не** має жодних отворів. Напрямок обертання – за годинниковою стрілкою з орієнтацією вздовж осі в додатньому напрямку. Якщо розглядати більш детально, то за умови, що **A** – це розташування осі, **d** – її напрямок, а **C** – дуга на поверхні обертання, утворена довільною

точкою **p** на межі грані, то **C** у разі обертання грані виходить з **p** в напрямку **d** х (**p - A**).

Специфікація EXPRESS:

*)

```
ENTITY revolved_face_solid
  SUBTYPE OF (swept_face_solid);
    axis:    axis1_placement;
    wth:     positive_length_measure;
    angle:   plane_angle_measure;
  DERIVE
axis_line: line: = representation_item("")||
geometric_representation_item()|| curve()||
line(axis.location, representation_item("")||
geometric_representation_item()||
vector(axis.z, 1.0));
END_ENTITY;
```

(*

Визначення атрибутів:

SELF\swept_face_solid.swept_face: Грань, яку обертають, щоб створити тверде тіло.

wth: Товщина стінок тонколистового металу, з якого виготовлений Y-подібний трійник каналу (*position.p(1)*).

axis_line: Вісь, навколо якої відбувається обертання.

angle: Кут, через який відбувається розгортання. Цей кут вимірюють від площини грані, що

розгортають.

axis_line:

Лінія осі обертання.

Необов'язкові умови:

- IP1:** *axis_line* має лежати в площині атрибуту *swept_face* батьківського типу *swept_face_solid*.
- IP2:** *axis_line* не може перетинати внутрішній простір *swept_face*.
- IP3:** Кут має лежати в межах $0^\circ < \text{кут} \leq 360^\circ$.
- IP4:** Якщо кут повороту дорівнює 0° , то канал з обертовою гранню вважають геометрично неіснуючим.

БІБЛІОГРАФІЯ

1 ISO 10303-1 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 1: Overview and fundamental principles

2 ISO 10303-11:2004 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual

3 ISO 10303-28 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 28: Implementation methods: XML representations of EXPRESS schemas and data, using XML schemas

4 ISO 10303-41 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 41: Integrated generic resource: Fundamentals of product description and support

5 ISO 10303-42:2014 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 42: Integrated generic resource: Geometric and topological representation

6 ISO 12006-3 Building construction — Organization of information about construction works — Part 3: Framework for object-oriented information

7 ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries

8 ISO 13584-31 Industrial automation systems and integration — Parts library — Part 31: Implementation resources: Geometric programming interface

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

1 ISO 10303-1 Системи промислової автоматизації та інтеграція. Представлення даних щодо виробів та обміну даних. Частина 1. Загальна інформація та основні принципи

2 ISO 10303-11:2004 Системи промислової автоматизації та інтеграція. Представлення даних щодо виробів та обміну даних. Частина 11. Методи опису. Довідковий посібник з мови EXPRESS

3 ISO 10303-28 Системи промислової автоматизації та інтеграція. Представлення даних щодо виробів та обміну даних. Частина 28. Методи впровадження. XML представлення схем та даних EXPRESS з використанням схем XML

4 ISO 10303-41 Системи промислової автоматизації та інтеграція. Представлення даних щодо виробів та обміну даних. Частина 41. Інтегрований родовий ресурс. Основи опису та підтримки виробів

5 ISO 10303-42:2014 Системи промислової автоматизації та інтеграція. Представлення даних щодо виробів та обміну даних. Частина 42. Інтегрований родовий ресурс. Геометричне та топологічне представлення

6 ISO 12006-3 Зведення будівель. Структура інформації про об'єкти будівництва. Частина 3. Структура об'єктно-орієнтованої інформації

7 ISO 16739:2013 Галузеві базові класи (IFC) для спільного використання даних у сфері управління будівництвом та експлуатацією будівель і споруд

8 ISO 13584-31 Системи промислової автоматизації та інтеграція. Бібліотека даних про деталі. Частина 31. Ресурси

впровадження. Геометричний інтерфейс програмування
9 BIMFORUM Специфікація рівня опрацювання. Для
будівельно-інформаційних моделей. Редакція 2013 року

ДОДАТОК НА

(довідковий)

ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ, ІДЕНТИЧНИХ МІЖНАРОДНИМ НОРМАТИВНИМ ДОКУМЕНТАМ, ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ

ДСТУ EN ISO 16757-1:2020 (EN ISO 16757-1:2019, IDT;
ISO 16757-1:2015, IDT) Структури даних електронних каталогів товарів
для будівельних послуг. Частина 1. Поняття, архітектура та модель

Код згідно з НК 004 91.010.01

Ключові слова: будівельне інформаційне моделювання, будівельний каталог, з'єднувач, геометричний параметр, примітив CSG, поверхня, простір, форма.

Генеральний директор
ТОВ «Укрінсталькон
ім. В.М. Шимановського»,
заслужений діяч науки і техніки України,
член-кореспондент НАНУ, д.т.н., проф.

О. В. Шимановський

Заступник генерального директора з
наукової роботи, д.т.н., проф.

В. М. Гордєєв

Заступник генерального директора з
науково-технічної політики,
заступник голови ТК 301
(науковий керівник розробки)

В. П. Адріанов

Завідувач відділу

О. І. Кордун