

УДК 515.2

DOI 10.47049/2226-1893-2023-3-113-121

ПОРІВНЮВАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДВОХ ПІДХОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ І МАСИ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

А.В. Конопльов

д.т.н., професор, завідувач кафедри «Машинознавство»

Л.Г. Дюкре

старший викладач кафедри «Машинознавство»

В.Ф. Зелінський

доцент кафедри «Машинознавство»

С.В. Бершак

к.т.н., доцент кафедри «Машинознавство»

Одеський національний морський університет

Анотація. У статті проведено порівняльний аналіз двох підходів до визначення об'єму і маси деталей машин складної конфігурації на етапі проектування.

На основі проведеного аналізу показано, що більш точний результат може бути досягнутий при автоматизованому проектуванні в універсальній графічній системі AutoCAD, з використанням методу тривимірного геометричного моделювання, який містить прийоми і методи побудови об'ємних візуально-образних моделей об'єктів у віртуальному тривимірному просторі, забезпечує зв'язок графічних об'єктів із зовнішніми базами даних і являє собою потужний пакет для автоматизації розробки та виконання проектно-конструкторських та інших графічних документів.

Технології тривимірного геометричного моделювання значно розширюють сферу застосування геометричних моделей у проектно-конструкторській діяльності і дозволяють використовувати їх не тільки у конструкторському проектуванні, а і здійснювати інженерний аналіз та отримувати дані, необхідні для виробничого процесу.

Ключові слова: тривимірне геометричне моделювання, система AutoCAD, визначення об'єму і маси деталі.

UDC 515.2

DOI 10.47049/2226-1893-2023-3-113-121

**COMPARATIVE ANALYSIS
OF TWO APPROACHES DEFINITION OF VOLUME
AND MASS DETAILS OF COMPLEX CONFIGURATION**

A.V. Konoplev

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Machine Science»

L.G. Ducret

Senior lecturer of «Mechanical Science» departments

V.F. Zelinsky

Assistant professor of «Mechanical Science» departments

S.V. Bershak

Ph.D., assistant professor of «Mechanical Science» departments

Odesa national maritime university, Odesa, Ukraine

Abstract. *The article presents a comparative analysis of two approaches to determining the volume and mass of machine parts with complex configurations during the design phase. Based on the conducted analysis, it is shown that more accurate results can be achieved through automated design in the universal graphical system AutoCAD, using the method of three-dimensional geometric modeling. This method includes techniques and methods for constructing volumetric visual models of objects in virtual three-dimensional space, ensuring the connection of graphical objects with external databases, and serving as a powerful tool for automating the development and execution of design and engineering documents. Three-dimensional geometric modeling technologies significantly expand the scope of application of geometric models in design activities and allow their use not only in design engineering but also in conducting engineering analysis and obtaining data necessary for the production process.*

Keywords: *three-dimensional geometric modeling, AutoCAD system, volume and mass determination of parts.*

Постановка проблеми. Масу деталі на стадії розробки робочих креслень визначають за її об'ємом і питомою вагою матеріалу. В свою чергу, при визначенні об'єму використовують стандартний підхід, який полягає в розчленуванні деталі на складові прості геометричні тіла, тобто об'єм визначають по частинах. Такий підхід, неминуче призводить до появи погрішностей, оскільки, по-перше, не завжди вдається отримати складові частини деталі правильної геометричної форми, а, по-друге, в розрахунку не враховуються натуральні радіуси спряжень.

Для більш точного рішення даної задачі можна використати метод тривимірного геометричного моделювання в системі AutoCAD. Цей метод дозволяє створити просторову модель, яка формується за допомогою спеціальних команд.

Засоби AutoCAD з моделювання дозволяють отримати як тривимірні об'єкти на основі базових просторових форм (паралелепіпедів, конусів, циліндрів, пірамід, сфер тощо), так і методами екструзії (видавлювання), зсуву, обертання навколо осі 2D об'єктів [1].

Подальша модифікація відбувається шляхом об'єднання, віднімання та перетину створених просторових форм, а також шляхом редагування граней (спряження, зняття фасок тощо). Система AutoCAD також надає засоби для виконання розрізів та перерізів тіл.

Широкі можливості редагування форми твердотільного об'єкта надає команда РЕДТІЛ. За допомогою цієї команди можна змінювати об'єкт шляхом видавлювання, переміщення, звужування, копіювання та видалення його граней.

Процес побудови просторової моделі геометричного тіла менш трудомісткий, ніж процес побудови його плоских проекцій. Побудувавши тримірну модель об'єкта, можливо отримати необхідну його проекцію. Більш того, об'єкт можна розглядати в різних ракурсах та отримувати його аксонометричні зображення. Наявні засоби візуалізації, такі як анімація й реалістичне тонування, допомагають виявити будь-які вади на ранніх етапах проектування, що дозволяє усунути недоліки до виконання проектно-конструкторської і технологічної документації [5].

Використання підходу, оснований на тривимірному комп'ютерному моделюванні, дозволяє ефективно виконати проектно-конструкторські роботи, дає можливість застосовувати принцип проектування від просторової моделі до її двомірного зображення.

Формування цілей статті. Метою даної статті є проведення порівнювального аналізу традиційного підходу до визначення об'єму і маси деталей машин складної форми та оснований на використанні методу тривимірного твердотільного моделювання.

Основна частина. Порівнювальний аналіз двох вищевказаних підходів визначення об'єму і маси деталі розглянемо на прикладі корпусу чавунного підшипника ковзання, зображеного фронтальною проекцією на рис. 1.

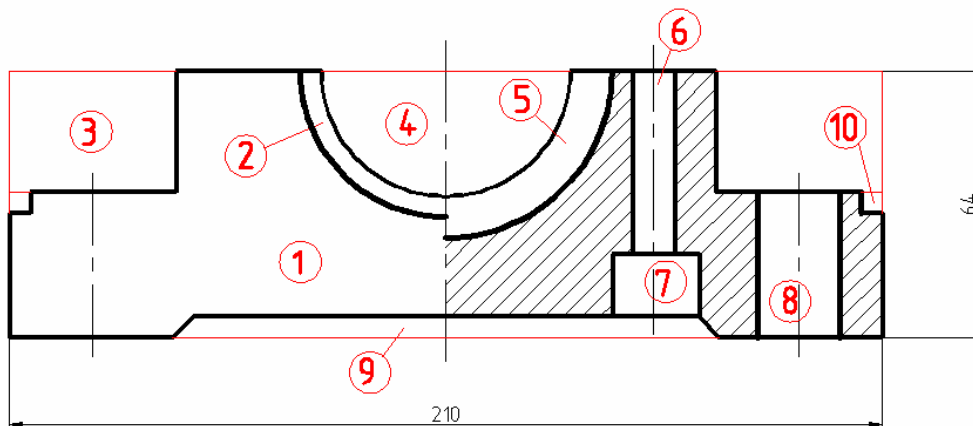


Рис. 1. Корпус чавунного підшипника ковзання

Для визначення об'єму корпусу підшипника згідно до стандартної методики, впишемо його в прямокутну призму, а потім вирахуємо об'єми пустот. При цьому призму 1 розіб'ємо на геометричні тіла 2- 9 (рис. 2).

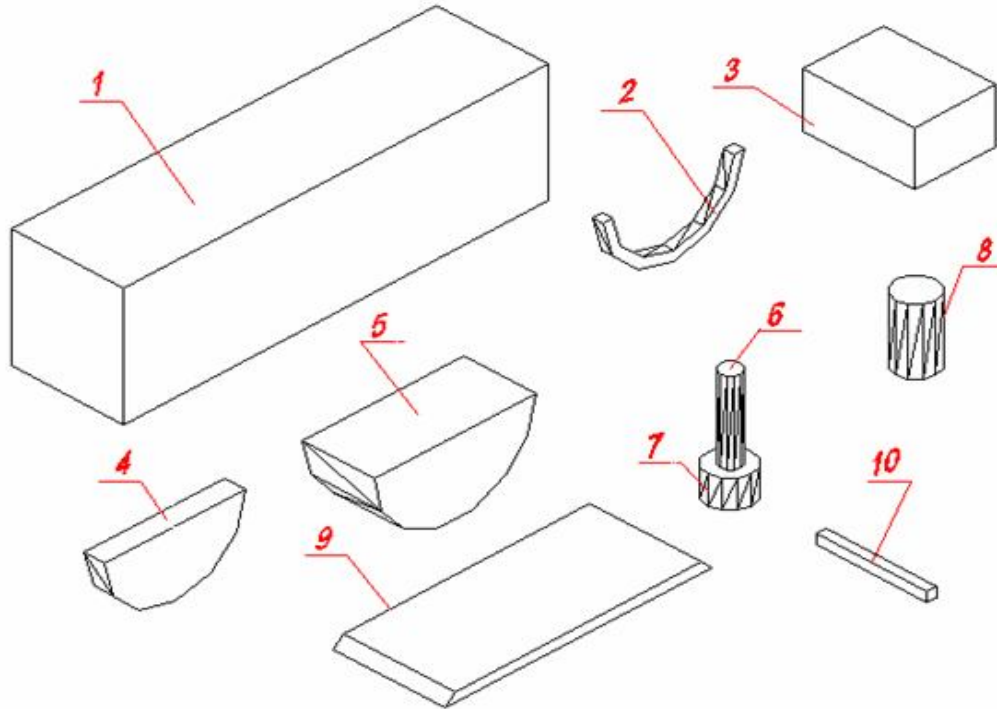






Рис. 2 Умовна розбивка підшипника ковзання на геометричні тіла




У даному випадку всі геометричні тіла мають правильну геометричну форму, що дозволяє достатньо просто провести розрахунок об'єму за традиційною методикою. Попередньо визначаємо об'єми $V_1 - V_9$ (проміжні розрахунки і розміри тіл 1-9 на рисунках 1 і 2 опущені) та розраховуємо об'єм деталі по формулі

$$V = V_1 - \sum_{i=2}^9 V_i = 739,2 - (2,55 \times 2 + 63,8 \times 2 + 19,23 + 87,92 + 3,45 \times 2 + 5,69 \times 2 + 10,99 \times 4 + 42,9 + 1,37 \times 2) = 391,47 \text{ см}^3.$$

Масу корпусу підшипника m_K визначаємо, множенням об'єму на питому вагу чавуну, що дорівнює $7,1 \text{ г/см}^3$ ($m_K = 2779,437 \text{ г}$).

При вирішенні цієї задачі в системі автоматизованого проектування AutoCAD [2] методом тривимірного моделювання прості геометричні тіла

будуємо за допомогою примітивів  – Box (Ящик);  – Cylinder (Циліндр) або в результаті руху замкненого контуру по визначеному шляху або заданій траєкторії, з використанням команди  – Extrude (Видавити) чи обертання контуру навколо осі, з використанням команди  – Revolve (рис. 3, а).

Складні форми отримуємо за допомогою команд (рис. 3, б):  – Union (Об'єднання);  – Subtract (Віднімання);  – Intersect (Перетин).

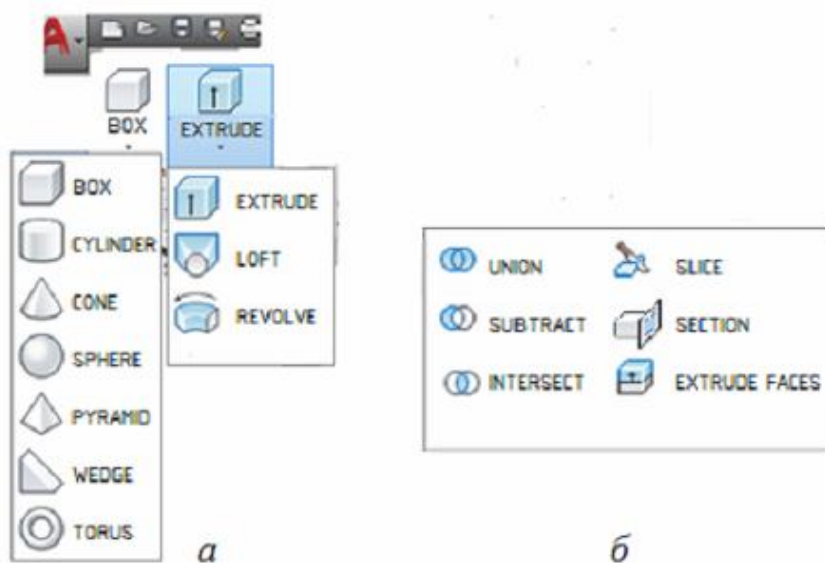






Рис. 3. Команди для побудови геометричних тіл методом тривимірного моделювання

Наприклад, щоб отримати просторову модель прямої чотириохгранної призми 1 (рис. 2), яка має розміри 210x55x64 мм, застосуємо команду  – Box і на запит команди  – Box Перший кут вкажемо координати першого кута основи призми (0,0).

Підтвердження команди здійснюється натисканням на клавішу **Enter** і далі на запит  – ЯЩИК Другий кут, вводимо координати другого кута основи призми (210,55), натискаємо **Enter**.

На запит  вказуємо значення висоти призми (64). У результаті отримаємо призму (рис. 4, а). Аналогічно будуємо по дві просторові моделі призм 3 та 10, зображених на рисунку 2 (рис. 4, б), а після застосування команди віднімання отримаємо зображення частини деталі (рис. 4, в).

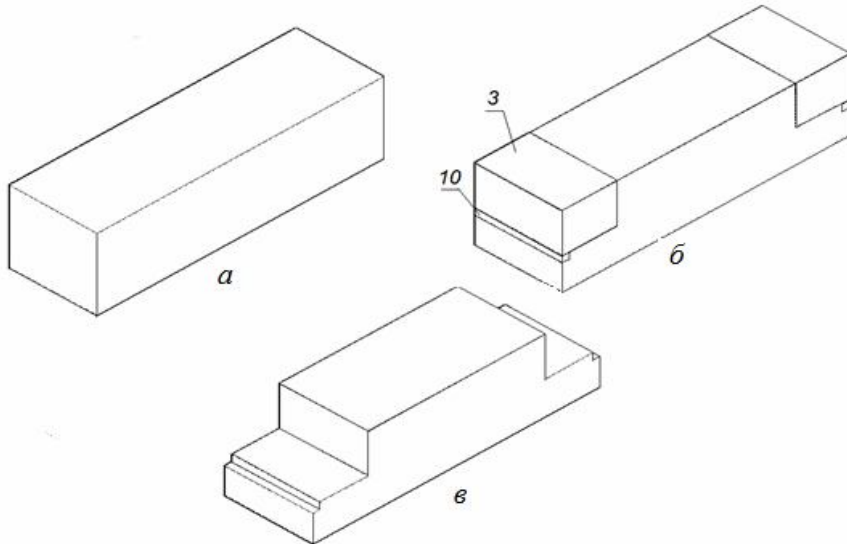


Рис. 4. Приклад формування просторової моделі деталі

Після побудови просторових моделей геометричних тіл (рис. 2) і застосування команд віднімання, об'єднання, перетину отримаємо просторову модель підшипника ковзання та необхідні його види (рис. 5).

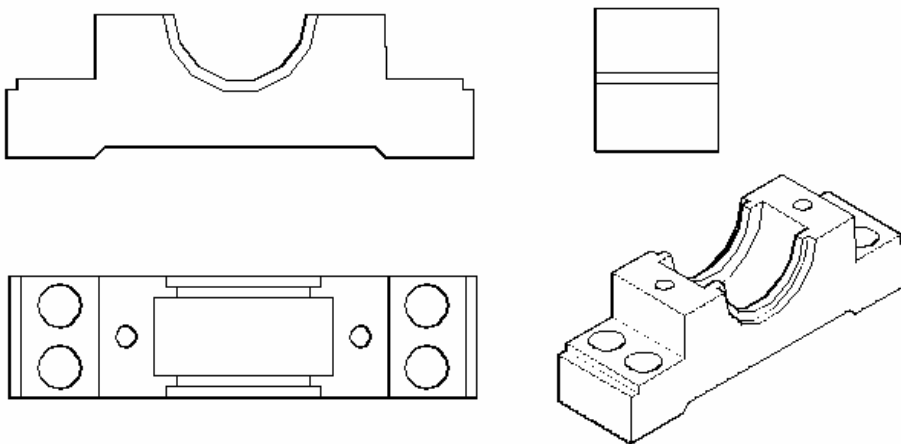



Рис. 5. Основні види і просторова модель підшипника ковзання

Наявність засобів реалістичного тонування, допомагає виявити вади моделі на етапі проектування [3]. За допомогою диспетчера візуальних стилів надаємо моделі реалістичне зображення (рис. 6, а), а скориставшись командою  **Slice** (Переріз) отримаємо будову об'єкта в розрізі (рис. 6, б). Це дозволить проконтролювати внутрішню будову деталі [4].

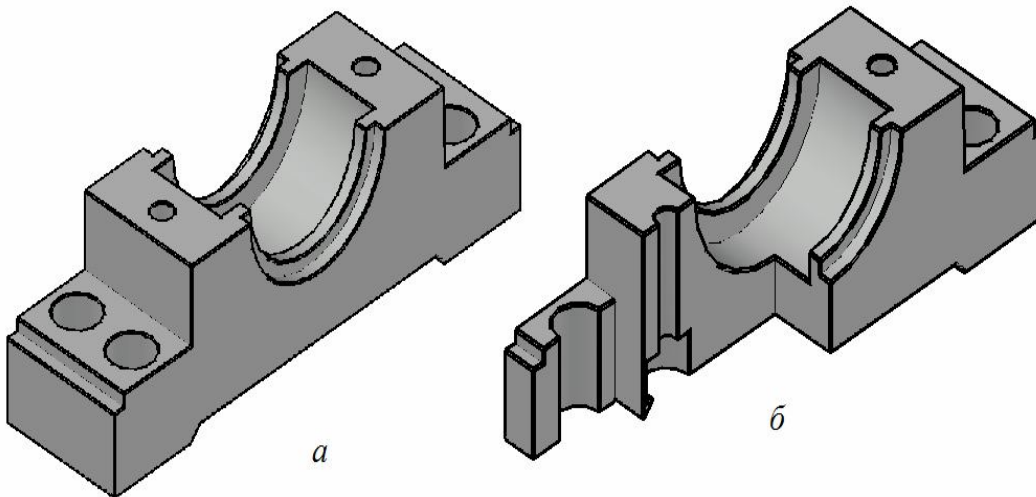
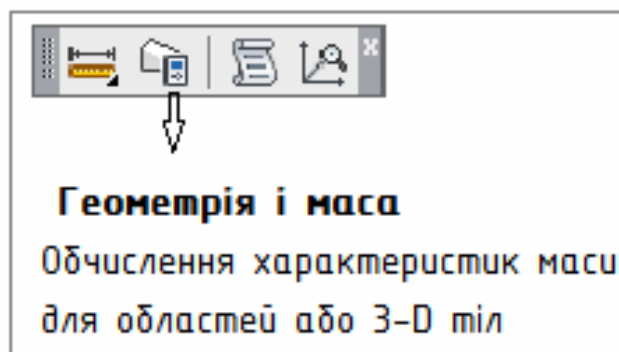


Рис. 6. Реалістичне зображення підшипника ковзання

Для визначення об'єму і маси підшипника ковзання скористаємося командою MASSPROP (МАСА), що знаходиться на панелі INQUIRY (Справки).



На запит команди Mass Properties вказуємо на побудовану модель підшипника ковзання та підтверджуємо вибір натисканням на **Enter**. Далі відкривається вікно (рис. 7), в якому вже є визначений об'єм моделі, її маса та геометричні характеристики.

Масу моделі необхідно перерахувати, так як в приведеній масі питома вага умовно прийнята 1 г/см^3 .

Маса корпусу підшипника з врахуванням питомої ваги чавуна, що дорівнює $7,1 \text{ г/см}^3$ складає 2777,499 г.

Таким чином, метод тривимірного моделювання дозволив уточнити масу деталі на 1,938 г.

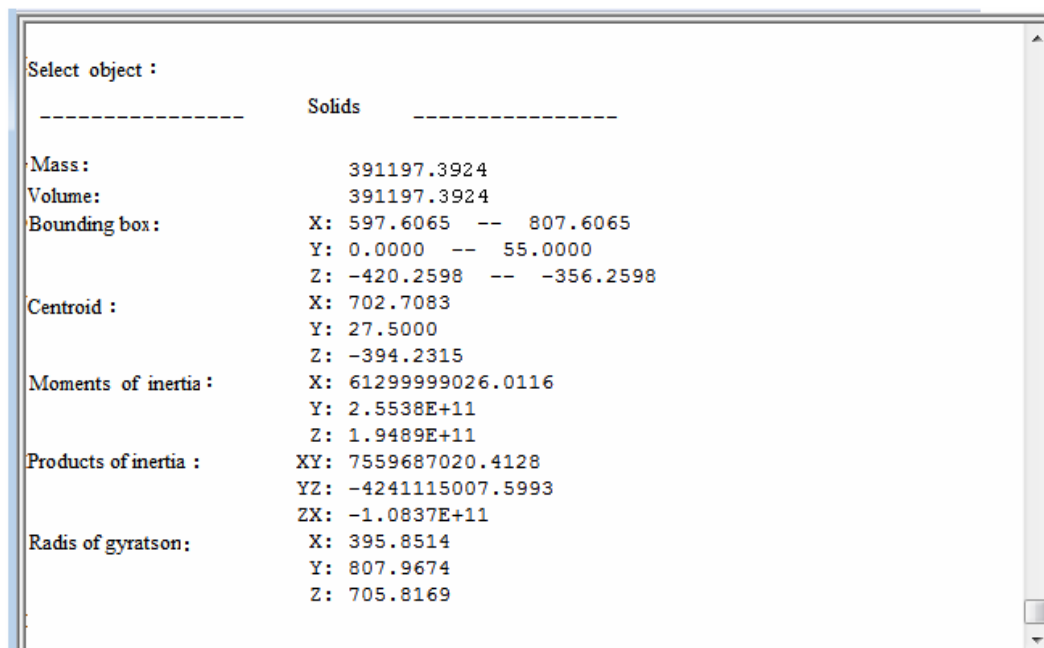


Рис. 7. Визначення геометрії і маси моделі

Висновок. Використання автоматизованої системи автоматизованого проектування AutoCAD при вирішенні задач методом тривимірного моделювання дозволяє:

- зменшити трудомісткість роботи;
- підвищити точність обчислення об'єму та маси деталі;
- отримати додаткову наочну інформацію про деталь.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михайленко В.С., Найдич В.М., Підкоритов А.М., Скидан І.Ф. *Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник для студентів ВНЗ. К.: Вища школа, 2001. – 350 с.*
2. Юсупова М.Ф. *Черчение в системе AutoCAD 2000: Учебное пособие. – К.: Алерта, 2003. – 330 с.*

3. Шмиг Р.А., Боярчук В.М., Добрянський І.М., Барабаш В.М. Інженерна комп'ютерна графіка: Підручник – Львів: Український бестселер, 2012. – 600 с.
4. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.О. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD: Навч. посібник. 2-ге вид. – К.: Каравела, 2013. – 336 с.
5. Ванін В.В., Бліок А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч. посібник. – 4-е вид. – К.: Каравела, 2012. – 200 с.

REFERENCES

1. Mykhaylenko V.S., Naidych V.M., Pidkoritov A.M., Skidan I.F. *Inzhenerna ta kompyuterna hrafika. [Engineering and computer graphics]: Pidruchnyk dlya studentiv VNZ (Textbook for university students HEI).* – K.: Vyshcha shkola [Higher School], 2001. – 350 p.
2. Yusupova M.F. *Cherchenis v sisteme AutoCAD 2000 [Drawing in the AutoCAD 2000 system]: Uchebnoye posobiye (Tutorial).* – K.: Alerta, 2003. – 330 p.
3. Vanin V.V., Perevertun V.V., Nadkernichna T.O. *Komp'yuterna inzherna grafika v seredovishchi AutoCAD [Computer engineering graphics in the AutoCAD environment]: Navch. posibnik. 2-he vid. (Tutorial. 2nd editions).* – K.: Karavela, 2013. – 336 I.
4. Shmyh R.A., Boyarchuk V.M., Dobryansky I.M., Barabash V.M. *Inzhenerna komp'yuterna grafika [Engineering computer graphics]: Pidruchnik (Textbook).* – Lviv: Ukrainyski bestseler, 2012. – 600 p.
5. Vanin V.V., Bliok A.V., Hnitetska H.O. *Oformlennya konstruktorskoyi dokumentatsiyi [Designing engineering documentation]: Navch. posib. – 4-te vid. (Tutorial. – 4th edition).* – K.: Karavela, 2012. – 200 p.

Стаття надійшла до редакції 10.06.2023

Посилання на статтю: Конопльов А.В., Дюкре Л.Г., Зелінський В.Ф., Бершак С.В. Порівнювальний аналіз двох підходів визначення об'єму і маси деталей складної конфігурації // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2023. № 3 (70). С. 113-121. DOI 10.47049/ 2226-1893-2023-3-113-121.

Article received 10.06.2023

Reference a journalartic: Konoplev A., Ducret L., Zelinsky V., Bershak S. Comparative analysis of two approaches definition of volume and mass details of complex configuration // Herald of the Odesa national maritime university. Coll. scient. works, 2023. № 3 (70). P. 113-121. DOI 10.47049/ 2226-1893-2023-3-113-121.