

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-363-80>

УДК 004.942

РИБАК ОЛЬГА

Національний університет «Одеська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-0250-3037>

e-mail: olga.vol.rybak@gmail.com

РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОЇ БІБЛІОТЕКИ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ САПР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У статті представлено архітектуру та принцип роботи бібліотеки моделей деталей, незалежної від вибору САПР, на основі хмарної платформи. Передбачено можливість віддаленого доступу до даних, методологію управління параметрами для визначення розмірів об'єктів та підтримку розподілених процесів для обміну інформацією та готовими макетами. Наведено схему встановлення взаємозв'язку між функціональним ядром системи та середовищем розробки на комп'ютерах користувачів.

Ключові слова: системи автоматизованого проєктування, хмарні технології, 3D моделювання, розподілені системи, програмне забезпечення.

RYBAK OLHA

Odesa Polytechnic National University

DEVELOPMENT OF VERSATILE LIBRARY OF PART MODELS FOR CAD APPLYING CLOUD TECHNOLOGIES

Libraries of part models play a significant role in engineering software and are frequently used for designing mechanical components. They provide access to existing layouts with the ability to set specified dimensions. Such an approach makes it possible to simplify the product design and construction work, because most of the parts are standardized, and the developer has only to customize settings correctly and to combine separate parts into a single mechanism. Among the existing approaches to creating libraries of ready-made 3D parts for designing mechanical systems new trends are emerging and developing, in particular three-dimensional parametric modelling, design based on the description of the information model, reverse engineering, distributed systems and web services as well as iterative design and evolutionary optimization methods. However, the problem of cross-platform compatibility and general unhindered user access to existing layouts remains unresolved. Considering that the structure of the part model library should provide remote access to data, parameter configuration methodology for determining object sizes and support distributed processes for exchanging information and ready-made layouts between users, software platform for creating the service is built using cloud technologies. Existing cloud applications can be divided into three cloud provider service models: Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service and Software as a Service. It was decided to implement parts library software in a cloud environment, which is serviced within platform as a service scheme, since this approach allows to use all available functionality for designing elements from a remote server. Three-dimensional modelling of parts is carried out based on the software core of 3D ACIS Modeler, which provides surface, framing and solid design tools for creating geometric layouts in many mechanical CAD systems. In order to maintain compatibility between different CAD software packages, an InterOP interface is used, such as Intergraph Smart Interop Publisher, which is appropriate for combining and processing 3D models from a large number of CAD platforms into a single format. Therefore, consistency when using materials from multiple sources is ensured and the ability to reuse existing geometric, structural and logical information at the editing stage is provided.

Keywords: computer-aided design systems, cloud technologies, 3D modelling, distributed systems, software.

Стаття надійшла до редакції / Received 12.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 11.03.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Рибак Ольга

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Розвиток програмних продуктів, призначених для проєктування деталей в машинобудуванні, дозволяє розширити сферу застосування таких сервісів, що, своєю чергою, призводить до підвищення попиту і вимог до інструментів, які пропонують сучасні САПР інженерам і розробникам. Окрім вбудованих функцій, важливу роль у подібних застосунках відіграють бібліотеки готових елементів, які надають доступ до існуючих макетів з можливістю встановлення заданих розмірів. Це дозволяє спростити роботу з конструювання та дизайну виробів, адже більша частина деталей, що використовується, є стандартизованими, і розробнику залишається лише правильно налаштувати параметри та об'єднати окремі частини в єдиний механізм. Загальна платформа, яка забезпечить спільний обмін інформацією про вже створені раніше моделі об'єктів, дала б змогу підвищити ефективність роботи інженерів і знизити собівартість виготовлення деталей на етапі проєктування.

Існуючі бібліотеки готових 3D моделей деталей призначені для конкретних комплексів САПР, що прив'язує їх до однієї платформи і ускладнює доступ до них користувачів інших програмних систем. Такі бібліотеки складно розширити новими макетами, перелік наявних елементів у них обмежений та відокремлений від пропозицій інших сервісів, адже вони не підтримують можливості обміну даними між користувачами. Таким чином, розробникам не уникнути дублювання інформації при конструюванні деталей на різних САПР, узгодження суперечностей між різними програмними комплексами чи необхідності багаторазового проєктування однакових деталей для різних платформ.

Проблему універсального доступу до даних, незалежного від вибору САПР, може вирішити застосування хмарних технологій для зберігання напрацьованих креслень і 3D моделей та їхнього подальшого використання для інших проєктів. В основі хмарних сервісів покладено принцип накопичення та обробки

інформації на віддалених серверах, які потім можуть бути доступні з будь-якої точки через підключення до мережі Інтернет [1]. Прогрес у розповсюдженні хмарних технологій зумовлений трьома важливими чинниками: наявністю персональних комп'ютерів та інших гаджетів у користувачів, загальною можливістю підключення до Інтернету, а також віртуалізацією цифрових систем [2]. Бібліотека готових моделей деталей на основі хмарної інфраструктури сприятиме більш продуктивному процесу проектування виробів завдяки швидкому розгортанню програмного забезпечення, спільному безперешкодному доступу та застосуванню автоматизованих інструментів.

Аналіз досліджень та публікацій

Протягом останніх кількох років було проведено ґрунтовні дослідження та запропоновано декілька підходів до створення бібліотек готових 3D деталей для різних САПР. З розвитком можливостей комп'ютерних технологій та програмного забезпечення для проектування механічних систем в цій області з'являються та розвиваються нові напрямки, зокрема значного поширення набули параметричне 3D моделювання, дизайн по опису інформаційної моделі, реверс-інжиніринг та використання розподілених систем.

У роботі [3] представлено приклад бібліотеки типових деталей, створених за допомогою тривимірного параметричного моделювання у середовищі SolidWorks. Роботи [4-5] присвячені побудові інформаційної моделі властивостей та обмежень для формування графічної бібліотеки деталей. Для цього було розроблено базу даних і передбачено комплексний метод аналізу кожного елемента, його концептуальних зв'язків та характеристик.

У роботі [6] запропоновано схему динамічної інтеграції розподіленої системи баз даних на основі веб-сервісу. Принцип зворотного інжинірингу з використанням інформаційної моделі об'єкту викладено у роботі [7]. Автори роботи [8] розглядають мета-концепції, за допомогою яких розробники інформаційних моделей визначають предметну область бібліотеки деталей. Ці мета-концепції мають точний семантичний опис, тому дозволяють послідовно формулювати та впорядковувати поняття предметної області.

У роботі [9] вивчено підхід до повторюваного дизайну, заснований на семантичній мережі інженерних даних та системі розпізнавання ознак. Для відновлення інформації про структуру прототипів використовується алгоритм оптимізації мурашиної колонії, що ґрунтується на моделюванні руху мурах, розміщених у вершинах уявного графа, з певною ймовірністю вибору того чи іншого маршруту.

Програмний інструментарій, створений на основі запропонованих методів, включає бази даних деталей, що підтримують 2D і 3D формати креслень, але проблема кросплатформності та загального безперешкодного доступу користувачів до існуючих макетів залишається невирішеною. Тим не менш, представлені дослідження наводять приклади перспективних варіантів побудови бібліотеки компонентів механічних вузлів.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: розробка архітектури та принципу функціонування бібліотеки моделей об'єктів на основі хмарної платформи, яка може бути використана для гетерогенного програмного забезпечення різних САПР при проектуванні деталей в машинобудуванні.

Виклад основного матеріалу

Необхідною умовою успішної роботи бібліотеки готових моделей деталей для САПР є можливість надання різним користувачам 2D або 3D макетів із підтримкою налаштування їхніх показників та вибору формату отриманого файлу. З огляду на те, що структура такої системи повинна передбачати віддалений доступ до даних, методологію управління параметрами для визначення розмірів об'єктів та підтримку розподілених процесів, платформа для створення сервісу побудована із застосуванням хмарних технологій. Такий підхід дозволяє більшу частину інструментів та базу даних бібліотеки деталей реалізувати на сервері, а на комп'ютерах користувачів розгорнути спеціальну програму для доступу до оперативної пам'яті та локальних налаштувань функцій. Цей встановлений додаток має бути розроблений таким чином, щоб безперешкодно інтегруватися з програмним забезпеченням клієнтів під час обміну інформацією з хмари.

В залежності від рівня контролю, що отримують користувачі над обчислювальними ресурсами у хмарному провайдері, хмарні сервіси можна поділити на три моделі обслуговування: інфраструктура як сервіс (Infrastructure-as-a-Service, IaaS), платформа як сервіс (Platform-as-a-Service, PaaS) та програмне забезпечення як сервіс (Software as a Service, SaaS) [2]. Модель IaaS надає користувачам доступ до серверів, мереж та сховищ даних, на базі яких можна розгортати власний софт. Модель PaaS дозволяє користувачам керувати налаштуваннями своєї програми та її розміщенням на платформі без можливості впливати на хмарну інфраструктуру, а сервери та обчислювальні потужності контролюються провайдером. Модель SaaS забезпечує користувачам доступ до готових застосунків через Інтернет за допомогою браузера або спеціального додатку, який запускається на комп'ютері або мобільному пристрої. Проектування бібліотеки деталей вирішено реалізувати у хмарному середовищі, що обслуговується за схемою платформа як сервіс, оскільки такий підхід дає змогу використовувати весь наявний функціонал для дизайну елементів з віддаленого сервера.

Тривимірне моделювання деталей здійснюється на основі програмного ядра модуля 3D ACIS Modeler, що надає інструменти поверхневого, каркасного та твердотілого проектування при створенні геометричних макетів у багатьох механічних САПР. З метою підтримки сумісності між різними програмними комплексами САПР використовується інтерфейс InterOP, такий як Intergraph Smart Interop Publisher, призначений для поєднання та обробки 3D-моделей з великої кількості САПР-платформ у єдиний формат. Цей інструмент дозволяє інтегрувати різноманітні файли, наприклад, PDS, PDMS, AutoCAD, CADWorks, IFC тощо, для спільної роботи, перегляду та аналізу проектних даних, сполучати 3D-графіку та властивості об'єктів, а також

полегшувати процес налаштування. Таким чином забезпечується узгодженість при використанні матеріалів з кількох джерел та можливість повторно застосовувати існуючу геометричну, структурну або логічну інформацію на етапі редагування моделі. Крім того, для спрощення управління параметрами для конкретного макету аналізуються напрацьовані відомості з дизайну такого типу елементів, завдяки чому сервер може регулювати бібліотеку відповідно до функціональних запитів.

На рис. 1 наведено послідовність дій при проєктуванні моделей деталей в межах розробленої програмної платформи, а на рис. 2 представлено архітектуру та принцип роботи усієї системи з точки зору хмарної інфраструктури.



Рис. 1. Етапи роботи програмного забезпечення при проєктуванні моделей деталей

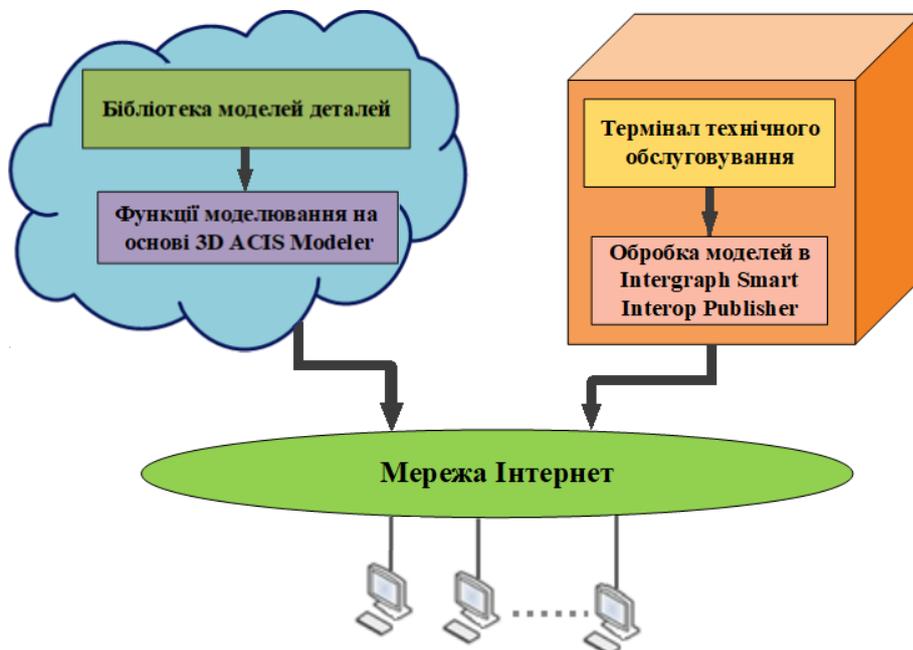


Рис. 2. Архітектура та принцип обміну інформацією у системі

Запропонована архітектура бібліотеки елементів, на відміну від існуючих аналогів з попередньо підготовленим набором варіантів, дозволяє редагувати 3D-моделі на сервері в режимі реального часу. Враховуючи тип деталі та її розміри, вбудований інструментарій моделювання створює потрібні об'єкти відповідно до поточних вимог, уникаючи заздалегідь визначених параметрів, оскільки передбачити всі допустимі значення, які знадобляться користувачам, практично неможливо. Крім того, відвідувачі такої системи беруть безпосередню участь в процесі проєктування при перенесенні моделей на власні комп'ютери. Для цього використовується програмний функціонал з кастомного дизайну. На рис. 3 зображено взаємозв'язок між середовищем розробки на комп'ютерах користувачів та основним ядром застосунку, розміщеним у хмарі.

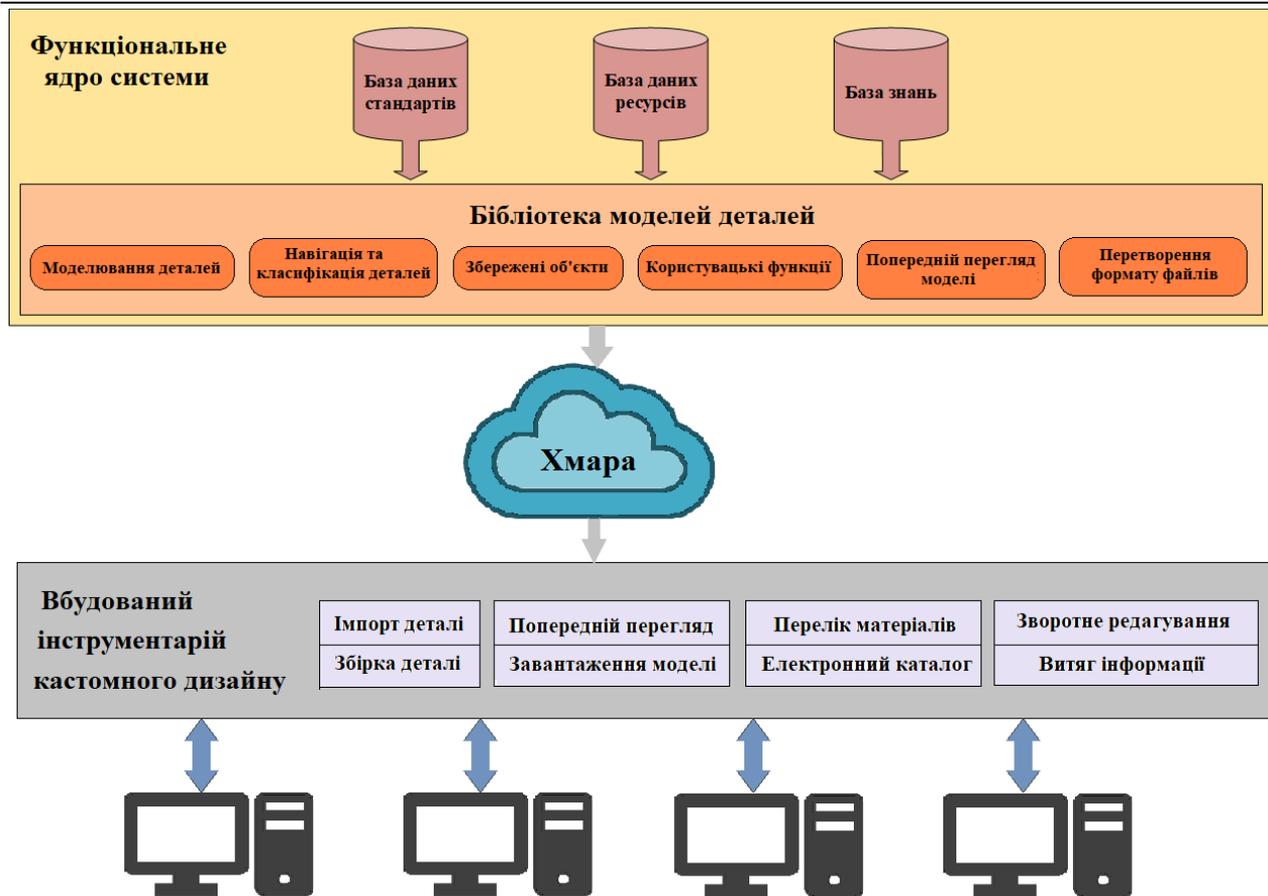


Рис. 3. Зв'язок між функціональним ядром, хмарою та середовищем розробки

Для встановлення взаємних з'єднань між функціональним ядром та різними хост-провайдерами відвідувачів створено декілька програмних модулів, зокрема 3D-моделювання деталей, їхній попередній перегляд у браузері та передача об'єктів у середовище проектування. Функціональне ядро забезпечує комплексну підтримку системи, розгортається у хмарі та виконує переважну частину підготовки макетів деталей перед надсиланням їх користувачам. Його можна розділити на три підсистеми: базу даних для вибору типу і параметрів об'єкту, що створюється, утиліти для генерації моделі деталі у різних форматах файлу відповідно до вибору САПР на стороні клієнта та програмний інтерфейс розробника. Інструменти функціонального ядра можуть бути викликані через адаптер, що з'єднує їх з локальним програмним забезпеченням, таким як САПР та API-інтерфейс.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У статті представлено архітектуру та принцип роботи універсальної бібліотеки моделей деталей, незалежної від вибору САПР та здатної працювати на базі гетерогенного програмного забезпечення різних користувачів. Для досягнення цієї мети запропоновано використовувати модуль 3D-моделювання, що підтримується загальним програмним забезпеченням САПР, а всі інструменти проектування реалізовані у функціональному ядрі системи у хмарному середовищі. Створені сервісні програми можуть бути викликані іншими застосунками при з'єднанні провайдера з хост-системами або бути вбудованими у веб-сайт, що забезпечить зручний метод розробки для віддалених користувачів.

Література

1. Tigariev V. Design in modern information systems by applying cloud technologies / V. Tigariev, O. Lopakov, O. Rybak, V. Kosmachevskiy, V. Cioată // Journal of Engineering Sciences. – 2023. – Volume 10 (1). – P. 8–13. DOI: 10.21272/jes.2023.10(1).e2.
2. Рибак О.В. Використання хмарних технологій при розробці програмного забезпечення розподілених систем / О.В. Рибак // Тези 4 Міжнародної науково-практичної конференції «Global Trends in Science, Technology and Economy», м. Грац, Австрія, 14-16 січня 2026 р. – С. 113–116. – DOI: <https://doi.org/10.70286/isu-14.01.2026.004>
3. Schilling P.J. Parametric Modeling with Solidworks / J. P. Schilling, R.H. Shih. – 2025. – 616 p. ISBN: 978-1-63057-699-8
4. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital

Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker // 2nd ed. Springer, New York. – 2015. – 498 p. DOI: 10.1007/978-1-4939-2113-3.

5. González R.G. Parametric Geometric Modeling of a Spur Gear Using SolidWorks / R.G. González // *Gear Solutions*. – 2017. – Volume 15. – P. 30 – 36.

6. Лобур М. В. Управління процесом проектування в середовищі розподілених сапр / М. В. Лобур, О. О. Лебедева, О. М. Матвійків // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. – 2007. – № 591: Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – С. 16–21.

7. Tigariev V. Reverse Engineering Based on Information Model / V. Tigariev, V. Saliu, O. Rybak, Y. Barchanova, O. Lopakov // *Advanced Manufacturing Processes. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. – 2021. – P. 217-226. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5_22

8. Cho J. Content-Oriented Knowledge Modeling for Automated Parts Library Ontology Merging / J. Cho, H. Kim, S. Han // *Computer Supported Cooperative Work in Design. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. – 2006. – P. 324–333. – DOI: https://doi.org/10.1007/11686699_33

9. Jin B. Product Design Reuse with Parts Libraries and An Engineering Semantic Web for Small- and Medium-Sized Manufacturing Enterprises / B. Jin, H. Teng, Y. Wang, F. Qu // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2008. – Volume 38(11). – P.1075–1084. – DOI:10.1007/s00170-007-1157-y.

References

1. Tigariev V. Design in modern information systems by applying cloud technologies / V. Tigariev, O. Lopakov, O. Rybak, V. Kosmachevskiy, V. Cioată // *Journal of Engineering Sciences*. – 2023. – Volume 10 (1). – P. 8–13. DOI: 10.21272/jes.2023.10(1).e2.

2. Rybak O.V. Vykorystannia khmarnykh tekhnolohii pry rozrobtsi prohramnoho zabezpechennia rozpodilenykh system / O.V. Rybak // *Tezy 4 Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Global Trends in Science, Technology and Economy»*, m. Hrats, Avstriia, 14-16 sichnia 2026 r. – S. 113–116. – DOI: <https://doi.org/10.70286/isu-14.01.2026.004>.

3. Schilling P.J. Parametric Modeling with Solidworks / J. P. Schilling, R.H. Shih. – 2025. – 616 p. ISBN: 978-1-63057-699-8.

4. Gibson I. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker // 2nd ed. Springer, New York. – 2015. – 498 p. DOI: 10.1007/978-1-4939-2113-3.

5. González R.G. Parametric Geometric Modeling of a Spur Gear Using SolidWorks / R.G. González // *Gear Solutions*. – 2017. – Volume 15. – P. 30 – 36.

6. Lobur M. V. Upravlinnia protsesom proektuvannia v seredovyshchi rozpodilenykh sapr / M. V. Lobur, O. O. Lebedieva, O. M. Matviikiv // *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*. – 2007. – № 591: Kompiuterni systemy proektuvannia. Teoriia i praktyka. – S. 16–21.

7. Tigariev V. Reverse Engineering Based on Information Model / V. Tigariev, V. Saliu, O. Rybak, Y. Barchanova, O. Lopakov // *Advanced Manufacturing Processes. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. – 2021. – P. 217-226. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5_22

8. Cho J. Content-Oriented Knowledge Modeling for Automated Parts Library Ontology Merging / J. Cho, H. Kim, S. Han // *Computer Supported Cooperative Work in Design. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. – 2006. – P. 324–333. – DOI: https://doi.org/10.1007/11686699_33

9. Jin B. Product Design Reuse with Parts Libraries and An Engineering Semantic Web for Small- and Medium-Sized Manufacturing Enterprises / B. Jin, H. Teng, Y. Wang, F. Qu // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2008. – Volume 38(11). – P.1075–1084. – DOI:10.1007/s00170-007-1157-y.