

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
ДНУ «Український ін-т науково-технічної експертизи та інформації»  
Дунайський університет Кремс (Австрія)  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Запорізький національний технічний університет  
Західночеський університет (Чехія)  
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України  
Люблінський технологічний університет (Польща)  
Національний технічний університет «КПІ ім. І. Сікорського»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Новий університет Лісабона (Португалія)  
Технологічний інститут Карлсруе (Німеччина)  
Університет Вітовта Великого (Литва)  
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України  
ІнМехМаш ім. акад. У.А. Джолдасбекова (Казахстан)  
Яський технічний університет (Румунія)



**III Міжнародна науково-технічна конференція**  
**“Перспективи розвитку машинобудування**  
**та транспорту – 2023”**  
*01 – 03 червня 2023 р.*

**III International scientific and technical conference**  
**«Prospects for the development of mechanical engineering**  
**and transport – 2023»**  
01 – 03 June 2023

*Програма – Programme*  
**Вінниця – 2023 – Vinnytsia**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
ДНУ «Український ін-т науково-технічної експертизи та інформації»  
Дунайський університет Кремс (Австрія)  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Запорізький національний технічний університет  
Західночеський університет (Чехія)  
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України  
Люблінський технологічний університет (Польща)  
Національний технічний університет «КПІ ім. І. Сікорського»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Новий університет Лісабона (Португалія)  
Технологічний інститут Карлсруе (Німеччина)  
Університет Вітовта Великого (Литва)  
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України  
ІнМехМаш ім. акад. У.А. Джолдасбекова (Казахстан)  
Яський технічний університет (Румунія)

**III Міжнародна науково-технічна конференція**  
**“Перспективи розвитку машинобудування**  
**та транспорту – 2023”**  
*01 – 03 червня 2023 р.*

**III International scientific and technical conference**  
**«Prospects for the development of mechanical engineering**  
**and transport – 2023»**  
01 – 03 June 2023

*Програма – Programme*

**Вінниця – 2023 – Vinnytsia**

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

*Голова міжнародного програмного комітету:*

**Біліченко Віктор** – ректор ВНТУ.

*Заступники голови програмного комітету:*

**Поліщук Леонід** – ВНТУ, Україна

**Вуйцік Вальдемар** – Люблінська політехніка, Польща.

*Члени програмного комітету:*

**Алієв Іграмотдін** (Україна); **Василенко Валентина** (Португалія); **Власенко Олег** (Україна); **Волков Володимир** (Україна); **Гогаєв Казбек** (Україна); **Грушко Олександр** (Україна); **Громашек Конрад** (Польща); **Дель Гаррі** (ФРН); **Дзюбінські Мечіслав** (Польща); **Диха Олександр** (Україна); **Едл Мілан** (Чехія); **Звірко Ольга** (Україна); **Заболотна Наталія** (Україна); **Іскович-Лотоцький Ростислав** (Україна); **Кавана Річард** (Ірландія); **Клиш Сільвестор** (Польща); **Козлов Леонід** (Україна); **Кравченко Олександр** (Україна); **Кузьо Ігор** (Україна); **Макаров Володимир** (Україна); **Михалевич Володимир** (Україна); **Назаренко Іван** (Україна); **Никифорчин Григорій** (Україна); **Павлов Сергій** (Україна); **Пашечко Михайло** (Польща); **Пермяков Олександр** (Україна); **Покрас Володимир** (США); **Поляков Андрій** (Україна); **Рудь Віктор** (Україна); **Русу Іон** (Румунія); **Савуляк Валерій** (Україна); **Сахно Володимир** (Україна); **Сенюк Юрій** (Україна); **Струтинський Василь** (Україна); **Сухоруков Сергій** (Україна); **Табунщик Галина** (Україна); **Тіхенко Валентин** (Україна); **Тітов В'ячеслав** (Україна); **Трейтл Альберт** (Австрія); **Тулешов Амандик** (Казахстан); **Уманський Олександр** (Україна); **Філімоніхін Геннадій** (Україна); **Харченко Євген** (Україна); **Хмара Леонід** (Україна); **Чухліб Віталій** (Україна); **Шевчук Віктор** (Україна); **Янкаускас Вітеніс** (Литва); **Ярошевич Микола** (Україна).

**Н.О. Шушляпіна**  
**Я.В. Носова**  
**О.О. Аврунін**  
**Ібрагім Юнусс Абделхамід**

## **ОСОБЛИВОСТІ 3D-ПРОТОТИПУВАННЯ ВЕРХНІХ ДИХАЛЬНИХ ШЛЯХІВ**

Харківський національний університет радіоелектроніки

### **Анотація**

Розглядаються особливості підготовки 3D-моделей для швидкого прототипування верхніх дихальних шляхів. Суть розробки полягає у отриманні діагностичних даних рентгенівської комп'ютерної томографії області верхніх дихальних шляхів, сегментації структур носової порожнини та створення інформаційної комп'ютерної моделі, яка дозволить провести натурне 3D-прототипування за допомогою різних матеріалів, що відповідають механічним властивостям тканин. Це дозволяє створювати персоналізовані моделі носової порожнини та досліджувати їх аеродинамічні властивості при різних режимах дихання.

**Ключові слова:** 3D-прототипування, томографія, носове дихання, візуалізація.

У зв'язку з повномасштабною війною, на жаль, є висока актуальність лікування поранень обличчя та верхніх дихальних шляхів. Саме українські фахівці в галузі біомедичної інженерії [1, 2] спільно з лікарями працюють над удосконаленням технологій для проведення відповідних заходів діагностики, терапії та реабілітації [3, 4]. Велика роль тут відводиться підходам, які пов'язані з швидким прототипуванням імплантів [5, 6] та натурних моделей [7], які необхідні для дослідження аеродинамічних властивостей верхніх дихальних шляхів, зокрема при травматичних пошкодженнях. Це необхідно, щоби з'ясувати функціональні зміни, які пов'язані зі структурними змінами у верхніх дихальних шляхах, внаслідок травматизації і сформувані необхідні заходи лікування та реабілітації. Найбільшу увагу при цьому доцільно приділяти саме персоналізації та адекватності різних підходів натурального моделювання.

Такі підходи зараз реалізуються на основі засобів інтроскопічної візуалізації [8, 9] і 3D прототипування [7]. На даний час розроблено теоретичні основи впливу змін архітекtonіки верхніх дихальних шляхів на їх функціональні властивості [10, 11], розроблені пристрої для тестування носового дихання [11, 12] а також особливості носового дихання при різних навантаженнях [13]. Для того, щоб виготовити адекватну натурну 3D модель верхніх дихальних шляхів доцільно виготовляти її з матеріалів, які відповідають механічним властивостям тканин, зокрема, хрящових та кісткових структур, м'яких тканин пересінки та крил носу, а також ділянок слизової оболонки. Вхідними даними є результати рентгенівської комп'ютерної томографії області верхніх дихальних шляхів. Далі виконується сегментація отриманої воксельної моделі на різні за розташуванням та щільністю структури і підготовка інформаційної моделі для 3D-прототипування, за якою визначаються матеріали для друку відповідних структур. Відповідна модель розбивається на підструктурні одиниці, які друкуються певними матеріалами. Вихідними даними при цьому є геометричні моделі кожної структури у форматі stl, які в подальшому за допомогою програм – слайсерів перетворюється на G-код з урахуванням характеристик технології прототипування, моделі 3D-принтера та матеріалу виготовлення. Отримана модель після фінішного збирання та обробки може бути досліджуватись на аеродинамічному стенді для визначення показників повітряного потоку при різних режимах дихання. віртуальне модифікування моделі, її прототипування і отримання порівняльних характеристик з результатами випробувань первинної моделі. Таким чином, можливо здійснити прогнозування функціональних результатів корекції області верхніх дихальних шляхів після складних травматичних пошкоджень, за рахунок отримання персоналізованих вхідних даних з урахуванням індивідуальної фізіологічної варіабельності та особливостей порушення носового дихання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белянінова Г. Г. Внесок Харківського національного університету радіоелектроніки у досягнення Цілі сталого розвитку 3 - «Міцне здоров'я і благополуччя» / Г. Г. Белянінова // III Наук.-практ. конф. «Advanced discoveries of modern science: experience, approaches and innovations». – Euroean Scientific Platform. – 2023. – С. 132-133.
2. Белянінова, Г., & Тітова, Л. (2023). Внесок харківського національного університету радіоелектроніки у досягнення цілі сталого розвитку 16 - «Мир та справедливість». *Grail of Science*, (25), 69–75. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.03.2023.010>.
3. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодяньський Є. В., Колісник П. Ф., Лисенко О. М., Чайковський І. А., Філатов В. О. (2019). Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія. Вінниця: ПП «ГД «Едельвейс і К». – 2019. – 260 с.
4. Аврунін О.Г., Філатов В.О., Тимкович М.Ю., Кухаренко Д.В., Пятикоп В.О. Комп'ютерне планування малоінвазивних втручань в офтальмології та нейрохірургії. Харків : ХНУРЕ, 2020. 160 с. DOI: 10.30837/978-966-659-283-8.
5. Avrunin O, Tymkovych M, Drauil J. Automatized technique for threedimensional reconstruction of cranial implant based on symmetry, Proceedings of the Information Technologies in Innovation Business Conference (ITIB). 2015. p. 39–42
6. Аврунін О.Г., Шамраєва Е.О. Реконструкція об'ємних моделей черепа і імплантата по томографічним знімкам // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9 (67). – С. 137–140.
7. Я. В. Носова, О. Г. Аврунін, Н. О. Шушляпина, І. Ю. Абделхамід, і А. Б. Алі Саєд, «Порівняльний аналіз математичних та натурних моделей при визначенні коефіцієнту аеродинамічного носового опору», *Opt-el. inf-energ. техн.*, вип. 42, вип. 2, с. 33–43, Жов 2022.
8. Аврунін, О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович, Х. И. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С. 101-104.
9. Тимкович М.Ю. Использование DICOM-изображений в медицинских системах / М.Ю. Тимкович, О.Г. Аврунін, В.В. Семенец // Техн. електродинаміка: Тематич. вип. – 2012. – Т.4. – С. 178–183.
10. Avrunin, O.G.; Nosova, Y.V.; Pavlov, S.V.; and etc. Possibilities of Automated Diagnostics of Odontogenic Sinusitis According to the Computer Tomography Data. *Sensors* 2021, 21, 1198. <https://doi.org/10.3390/s21041198>.
11. Avrunin, O.G.; Nosova, Y.V.; Pavlov, S.V.; Shushliapina, N.O.; and etc. Research Active 11. Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations. *Sensors* 2021, 21, 8508. doi: 10.3390/s21248508
12. Аврунін О. Г. Обоснование основных медико-технических требований для проектирования многофункционального риноманометра / О. Г. Аврунін, А. И. Бых, В. В. Семенец //Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроники :сб. науч. тр. III Междунар.науч. конф., 28 сент. – 2 окт. 2010 г. – Х. ; Кацивели : ХНУРЭ, 2010. – С. 280-281.
13. Аврунін О. Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О. Г. Аврунін, Я. В. Носова, С. А. Худаева. // Тези доповіді 5-й всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – 2018. – С. 117–119.
14. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.