

M&MS 2023, 19-20 October, Kharkiv, UKRAINE



VII International Conference
MANUFACTURING
&
MECHATRONIC
SYSTEMS

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2023: матеріали VII-ої Міжнародної конференції, Харків, 19-20 жовтня 2023 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2023 - 163с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних CAD системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв.

Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VIIst International Conference, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2023. - 163 p.

The collection includes the theses of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Vladyslav.V. Yevsieiev

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації та робототехніки (KITAP),
ХНУРЕ,2023

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості
Національний університет «Львівська політехніка»
Festo Didactic Україна
Jabil Circuit Ukraine Limited
ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»
Факультет автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР),
Державне підприємство «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

МАТЕРІАЛИ

VII-ої Міжнародної Конференції
ВИРОБНИЦТВО
&
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2023
(19-20 жовтня 2023)
Харків, Україна



ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство
освіти і науки
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
The Ministry of Education and Science of Ukraine



NURE
Kharkiv National University
of Radioelectronics

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES
- SGGW**

Варшавський університет сільського
господарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



Азербайджанський державний університет
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



ТОВ «Науково-виробниче підприємство
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет «Львівська
політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Харківський науково-
дослідний інститут технології машинобудуван-
ня», м. Харків, Україна

State Enterprise «Kharkiv Scientific-Research
Institute of Mechanical Engineering Technology»,
Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний
проектно-конструкторський та науково-
дослідний інститут авіаційної промисловості»,
м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research
Institute of Aerospace Industries», Kharkiv,
Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Шакирович Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Олександр Іванович Филипенко** заступник голови комітету конференції, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Мурад Анвер огли Омаров** доктор технічних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
- Владислав В'ячеславович Євсєєв** секретар, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Andrzej Chochowski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща
- Pawel Obstawski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща.
- Сергій Богомолів** лектор/доцент, доктор філософії (комп'ютерні науки), Дослідницька школа комп'ютерних наук, Коледж інженерії та комп'ютерних наук, Австралійський національний університет, Австралія.
- Микола Васильович Замірець** доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування, Україна
- Михайло Васильович Лобур** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка», Україна.
- Євген Сергійович Риженко** керівник відділу дидактики ДП «Фесто», Україна
- Сергій Володимирович Демченко** директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «УКРІНТЕХ»», Україна.

- Самед Імамалі огли Юсіфов** кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та управління, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Фарід Гаджі огли Агасв** кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри управління та системної інженерії, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування», Україна.
- Володимир Вікторович Козирський** доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та енергозбереження, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Віталій Пилипович Лисенко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Юрій Францевич Зіньковський** доктор технічних наук, професор кафедри радіоконструювання і виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Володимир Митрофанович Свищ** доктор технічних наук, професор, радник директора Державного науково-виробничого підприємства «Об'єднання Комунар», Україна.
- Віталій Євгенович Овчаренко** доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Державного підприємства «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування», Україна.
- Лариса Сергіївна Глоба** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційно-комунікаційних мереж, Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Анатолій Олександрович Андрусевич** доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу Національного авіаційного університету, Україна.
- Роман Володимирович Артюх** кандидат технічних наук, директор Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна.

- Glen Kurtwitz** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Шотландія.
- Liu Shan** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Китай.
- Володимир Андрійович Павлиш** кандидат технічних наук, професор, перший проректор Національного університету «Львівська політехніка», Україна
- Сергій Іванович Осадчий** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна.
- Анатолій Афанасійович Єфіменко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій, Одеський національний політехнічний університет, Україна
- Анатолій Петрович Ладанюк** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем, Національний університет харчових технологій, Україна.
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Моделювання артеріального тромбозу в серцево-судинній системі

Дмитро Кухаренко¹, Іван Лукеча¹

1. Навчально-науковий інститут електричної інженерії та інформаційних технологій,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА,
Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: dkuch100@gmail.com

Анотація: Серцево-судинні захворювання (ССЗ) є основною причиною смерті в усьому світі: з жодної іншої причини щороку не вмирає стільки людей, скільки від ССЗ (дані ВОЗ). Серцево-судинні захворювання є групою хвороб серця і кровоносних судин. Одним із видів ССЗ є стеноз. Стеноз – це звуження чи повна закупорка просвіту великих судин. Таке звуження виникає в кровоносній судині через відкладення холестерин, жирові речовини, клітинні відходи і т.д. Так відбувається утворення в артеріях тромбу або атеросклеротичної бляшки. Крім перелічених причин виникнення тромбу, є також система гемостазу, що розвивається з утворенням тромбу (згустку) у місці пошкодження судин, щоб запобігти втраті крові [1]. Реакція є швидкою, щоб обмежити кровотечу і регулюється, щоб запобігти надмірному згортанню, яке може обмежити кровотік. Гемостаз включає складні взаємодії між безліччю молекулярних і клітинних компонентів у крові і стінках судин.

Тромбоз може статися у всіх великих або дрібних артеріях [5]. Основними ділянками, схильними до утворення тромбу, є коронарні артерії, сонні артерії та периферичні артерії. Венозний тромбоз відносять до гострих захворювань, причин для нього виникнення багато, основні – це порушення структури венозної стінки під час операції, травми, променевої та хіміотерапії, уповільнення швидкості кровотоку, підвищена згортання крові. Артеріальний тромбоз (атеротромбоз) – патологічний стан, майже в усіх хворих є атеросклеротичні бляшки. Це холестеринові відкладення, вони звужують просвіт в артерії та призводять до дефіциту кровообігу. Згодом бляшки обростають тромбом.

Ключові слова: моделювання тромбу, серцево-судинна система, тромбоз, артеріальний тромбоз.

I. ВСТУП

Процеси, залучені до процесу згортання, можуть бути широко класифіковано на основі шкал довжини. Пов'язані реакції ферментативного протеолізу та їх асоціації та дисоціації, обумовлені гідрофобними та електростатичними взаємодіями, можна розглядати як процеси на молекулярному рівні, динамічний утворення згустку та лізис більших частинок, таких як тромбоцити,

vWF, фібрин, RBC і т. д., можна розглядати як мікроскопічні процеси. Полімеризація фібрину на вищому рівні, його прикріплення та відшарування зі стінками судинної камери та еритроцитами можна розглядати як процеси макроскопічного континуального рівня. Щоб моделювати ці процеси в різних просторово-часових масштабах, ми повинні використовувати відповідні обчислювальні інструменти. На щастя, математичні та обчислювальні методи значно просунулися протягом останнього століття, а обчислювальні ресурси, такі як комп'ютери та сервери, стали дешевшими і швидше [1,2]. Можна, можливо використовувати безкоштовне

програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом та потужні мови, такі як LAMMPS, NAMD, GROMACS, OpenFoam, Octave, Python і т.д., щоб моделювати ці процеси в різних масштабах.

II. МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метод кінцевих елементів (FEM) - це чисельний метод, використовуваний для аналізу методом кінцевих елементів (FEA) будь-якого даного фізичного явища. Необхідно використати математику для всебічного розуміння та кількісної оцінки будь-яких фізичних явищ, таких як структурна поведінка або поведінка рідини, перенесення тепла, поширення хвиль та зростання біологічних клітин. Більшість із цих процесів описані з використанням диференціальних рівнянь приватних похідних (PDE). Тим не менш, для комп'ютера, щоб вирішити ці PDE, чисельні методи були розроблені протягом останніх кількох десятиліть, і одним із найвидатніших сьогодні є метод кінцевих елементів.

Моделювання потоку крові та формування її згустку – складний процес. Через велику кількість реакцій протеолізу та полімеризації утруднюється моделювання одним методом, і використовують комбінації існуючих підходів У цій роботі ми будемо класифікувати різні методи, що використовуються для гемостазу та тромбозу, на основі довжини, шкали часу та його класу. Для стислості ми обмежимо наші обговорення, пов'язані з моделюванням та моделюванням утворення крові чи фібринового згустку, і навіть їх механікою. Спочатку ми перерахуємо методи моделювання, орієнтовані на рух крові та утворення згустків, а потім поговоримо про методи вивчення механіки таких утворених згустків.

Судина крові представлена у вигляді трубочки, які переносять кров, насичену киснем, по артерії, артеріолі та артеріальному капіляру до всіх органів, а також у серце кров надходить виключно по венозному капіляру, венулі та вені. В анатомії людини виділяють 5 видів: артерій, артеріол, капіляр, венул, вен.

Людський організм складається з 2-х кіл кровообігу – великий коло кровообігу та мале коло кровообігу. До малого кола кровообіг відноситься головний мозок. Кожен вид судин виконує певні завдання, і тому у судин різні діаметри, товщини та склади стін.

Артерія - це судина, якою кров рухається з серця. Серце викидає кров з великою швидкістю і тому стінки артерій мають порівняно більшу товщину, тому що витримують великий тиск. Діаметр артерій також відносно найбільший в порівнянні з іншими

типами судин. Найбільшою артерією в організмі людини є аорта. У найширшій частині аорта має діаметр 25-30 мм де тиск становить $P=100-110$ мм.рт.ст. Так як стінки артерій досить еластичні, вони мають здатність стискатися та розширюватися в залежності від кількості та тиску крові, що надходить до них.

Артеріоли є дрібними артеріями, розташованими між артерією та капіляром. Біля стінок артеріол середня товщина, будучи меншою за товщину стінок артерій, але більше капілярних, і мають головним чином гладкі м'язи. Через те що артеріоли мають гладкі м'язи, вона здатна змінювати свої розміри. Розміри діаметра впливають на швидкість кровообігу, тому що менше діаметр, то більше швидкість спостерігається, і навпаки. Тиск та діаметр становить тиск: $P=70-80$ мм.рт.ст та $D=50-100$ мкм.

Капілярами називаються дрібні судини крові, які мають унікальність, що відрізняється від артерій, артеріол, венул і вен завдяки своїм функціональним особливостям.

Організм і більшість тканини людини пронизана капілярами. За обмін речовин у організмі відповідальні капіляри. Води, молекули, ліпіди, кисні, сечовини, вуглекислий газ та інші речовини вільно проникають по стінках капілярів, оскільки вони дуже невеликого розміру. І тому в цій особливості капілярів в організмі має місце процес обмін речовин.

Загальна кількість капілярів налічує приблизно 40 мільярдів, а їх площа займає майже 1000 кв. м. Стінки капілярів включають лише один шар клітин ендотелію. Дія цитокіну обумовлена проникністю капілярних стін. $P=15-30$ мм.рт.ст (тиск), $D=4,5-7$ мкм (діаметр).

Венулау. Вену доповнює капілярну мережу і відповідає за рух крові в капілярах. Стінка венули ширша, ніж у капілярів, але вже в порівнянні з артеріольними. Діаметр становить $D=40-50$ мкм, а тиск - $P=15-20$ мм.рт.ст. Швидкість перебігу крові за венулами може коливатися в діапазоні 3-10 мм/с.

Щоб описати звуження кровоносної судини, у медицині використовується термін «Стеноз». Стеноз - це розвиток атеросклеротичної бляшки самої артерії, що є судинами, що несуть кров від серця до органам. Під атеросклерозом мається на увазі патологічний процес, внаслідок якого стінки артерій засмічуються жиром, холестерином, кальцієм та іншими речовинами, утворюючи при цьому так звані атероматозні бляшки. В результаті стінки артерій товщають і втрачають свою еластичність, що призводить до погіршення їхнього просвіту та перешкоджає цим вільному руху крові [1].

До групи ризику входить люди з такими хворобами та шкідливими звичками:

- куріння;
- переважання в раціоні жирної їжі та гострої їжі;
- цукровий діабет;
- васкуліти;
- ожиріння;
- атеросклероз;
- гіпертонія.

Атеросклероз судини у головному мозку. У разі порушення в головному мозку відбуваються збої в кровопостачання. Симптоми залежать уражені конкретної ділянки головного мозку. У разі, коли у судинах головного мозку відбувається звуження те, що починається недостатній кровообіг з яскравими симптомами.

В медицині є 3 етапи стенозу:

1. субстеноз;
2. субтотальний стеноз;
3. тотальний стеноз.

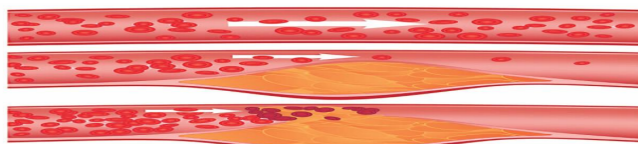


Рисунок 1 – Три етапи стенозу

Число Рейнольдса безрозмірне. У кожного числа Рейнольдса є критичне число:

1. Потік є ламінарним, якщо $Re = 0-2100$.
2. Потік є перехідним, якщо $Re = 2100-4000$.
3. Потік є турбулентним, якщо $Re > 4000$.

Щоб знайти число Рейнольдса, використовуємо формулу:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

За густину крові беремо ρ . При питомій вазі та відносній густині величина показує співвідношення ваги речовин до займаних обсягів. Питома вага крові $-1,050-1,060$ г/см³. Плазма крові рідка та легка, а її формені елементи (еритроцити, тромбоцити та лейкоцити), навпаки, тяжкі. Питома вага крові обумовлена кількістю еритроцитів, вміст гемоглобіну в них та складу плазми. При важкій роботі підвищується пітливість, отже, підвищується питома вага або щільність, кров згущується. А при зниженій пітливості спостерігається анемія. В'язкість крові відноситься до в'язкості води у співвідношенні 4-5,5. Де г/с·см (в'язкість). Якщо в'язкість води взяти за 1, отже кров буде 4-5 разів гущіша, звідси плазма гущіша в 1,7-2,2 рази. Нормальна температура людини $36,2-36,7^{\circ}\text{C}$. Вимірювання температури проводять в умовах стандарту. В'язкість крові не залежить від температури тіла, відповідно, не змінюватиметься. В'язкість збільшується у випадках, коли відбувається зневоднення (наприклад, при опіках, проносах, або в нормі при жарі влітку або в лазні), так само в'язкість може збільшуватися якщо збільшується кількість формених елементів (наприклад – у горах зі зниженим атмосферним тиском інтенсифікується вироблення еритроцитів з метою відшкодування кисневого голоду, а якщо кров згущується, то спостерігається варикоз, тромбоз, водночас атеросклеротична бляшка також провокує зниження еластичності еритроцитів та кров стає в'язкою). В'язка кров обумовлюється великомолекулярними білками плазми. фібриноген. - Тиск крові в судинах головного мозку в нормі починається з 50-60 до 130-160 мм рт.ст. - Швидкість перебігу крові у мозкових судинах. Об'ємна

швидкість кровообіг дорівнює 50-65 мл/100 г/хв. Лінійна швидкість кровообігу налічує Поверхня мозку характеризується різними анастомозами, оскільки кровеносні судини задіяні у великому колі кровообігу. Якщо ж у судинах мозкового кровообігу (мале коло) відсутня анастомоз, то внаслідок чого ішемії нервової тканини супроводжує тромбоз або спазм дрібних судин усередині мозку. Середня вага головного мозку 1420-1520 г у стані спокою споживає приблизно 720 мл/хв – це близько 15% загального викиду. Діаметр судини дорівнює $D = 0,01$ см.

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu} = \frac{40 \frac{cm}{c} \cdot 0,01 cm \cdot 1,05 \frac{c}{cm^3}}{0,03 \frac{c \cdot cm}{c \cdot cm}} = 14$$

Течія є ламінарним т.к. $Re=1750$. Ламінарна течія – це течія, в якій рідина рухається без будь-яких перемішування та пульсацій. Стандартна кров (у нормі) являє собою ламінарний потік. У ході ламінарного потоку утворюються профілі швидкостей рухів рідини по параболічній трубі, яке називається параболічною.

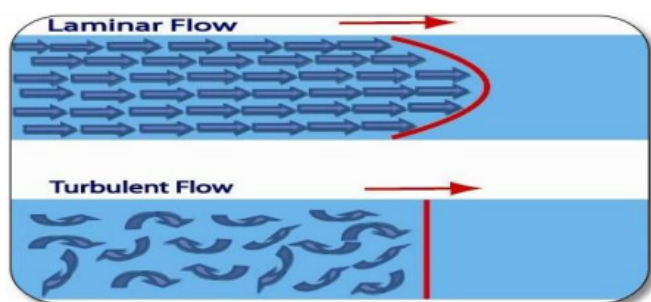


Рисунок 2 – Артеріальна течія: турбулентна та ламінарна

Причина патологічних звивистостей буває часто вродженою, але нерідко гіперподовження артерії протікає як наслідок гіпертонічної хвороби. Тривалий проміжок часу звивистий посуд не виявляє будь-які симптоми, але несподівано у хворого запускаються розлади кровообігу судин головного мозку. Через гемодинамічного порушення, викликаних патологічною звивистістю судин, починається гострий розлад кровообігу в судинах головного мозку ішемічного характеру. У багатьох пацієнтів, які отримали інсульт зі смертельними наслідками, медики виявили патології сонних та хребетних артерій. Якщо порушено кровообіг судин головного мозку з патологічною звитістю утворюється септальний стеноз у місцях перегину зі зниженим кровотоком і так само призводять до наявності пристінкового тромбу у місці перегину та у петлях. Якщо в посудині є тромби, це породжує артеріо-артеріальну емболію. Патологічна звивистість потребує хірургічного втручання. У В даний час напрацьовано безліч різних методик хірургічної корекції розглянутої патології.

Чисельне моделювання вен дозволяє візуалізувати перебіг, викликане стенозом (рис 3, 4). Завдяки цій додатковій інформації, отриманій в результаті

експериментів, можна виявити як розміри стінок, тип і характеру перебігу впливають на стадію захворювання. Фізіологічні та патологічні умови у кровеносних судинах розвиваються за таких параметрів: розподіл швидкості по осі, діаметр судини, щільність та в'язкість крові. Особливою характерною рисою кровообігу, де є стеноз, відзначається наявність перехідного і турбулентного режиму течії, що є патологією порівняно з нормальним режимом перебігу крові. При найменших числах Рейнольдса у мозковому кровообігу перебіг крові протікає у ламінарному режимі. Септальний стеноз характеризується такими явищами поділу течії, вихровими зонами, сильними прикордонними шарами.

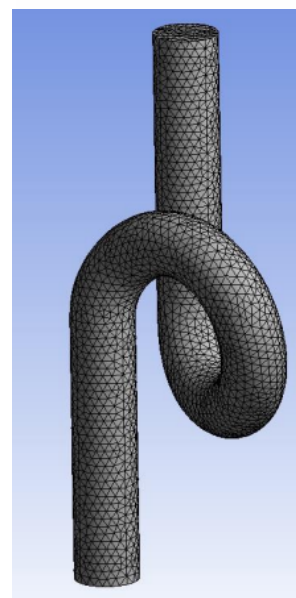
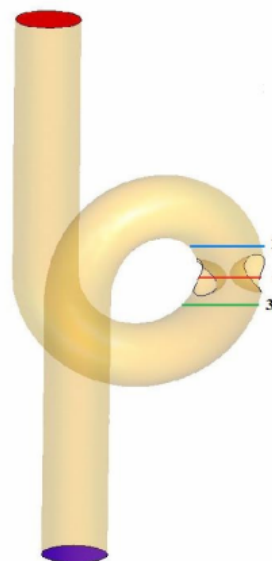


Рисунок 3 – Спроби моделювання тромбу в завитку артерії

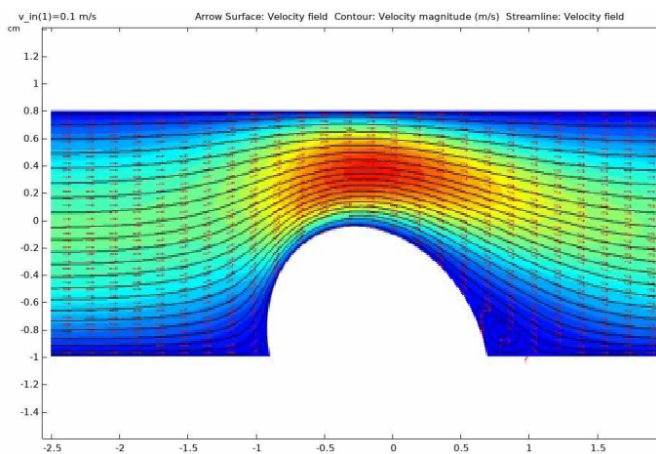


Рисунок 4 – Спроби моделювання тромбу з утворенням турбулентності в артерії

III. ВИСНОВКИ

Для розрахунку та візуалізації потоку рідини з властивостями, аналогічними властивостями крові, був використаний математичний пакет моделювання COMSOL Multiphysics. Зроблені перші спроби моделювання стенозу (тромбозу) в кровоносному руслі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Компанієць Б. Ю., Кухаренко Д. В., Вадурін К. О. Візуалізація пухлин головного мозку людини шляхом створення тривимірної полігональної моделі. Виробництво & Мехатронні Системи 2019 : матеріали III Міжнар. конф., м. Харків, 24–25 жовтня 2019 р. X. : ХНУРЕ, 2019. С. 24–26.
- [2] Вадурін К. О., Кухаренко Д. В., Фомовський Ф. В., Фомовська О. В., Юрко О. О. Удосконалення методу візуалізації пухлин головного мозку людини. World science: problems, prospects and innovations : матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Торонто, 21-23 квіт. 2021 р. Торонто, 2021. С. 287–293.
- [3] Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906
- [4] Viktoriia Bortnikova, Vladyslav Yevsieiev, Iryna Botsman, Igor Nevliudov, Kostiantyn Kolesnyk, Nazariy Jaworski. Queries classification using machine learning for implementation in intelligent manufacturing // Chapter 6 in Monograph «Methods and tools in CAD – selected issues». – Białystok (Poland): Publishing House of Białystok University of Technology. – 2021. – PP. 63-74.
- [5] Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. Computational Intelligence and

Neuroscience, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.

- [6] Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
- [7] Yevsieiev V. Some aspects of the development of the BEAM robot control scheme / V. Yevsieiev // In IV International Scientific and Theoretical Conference, Singapore, Republic of Singapore. - P. 79-81.