

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

До захисту допущено
Завідувач кафедри
_____ **Олександр Сокольський**
«_____» _____ 2025 р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**
за освітньо-професійною програмою, «Інжиніринг пакувань та пакувального обладнання» зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» для ЛУ на тему:

Автомат для розливу гліцерину у флакони з модернізацією розливного патрона

Студент IV к, групи ЛУ-11
Остапчук Максим Олегович
Керівник проекту:
ас. Діденко Л.В.

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ: д.т.н., проф. Щербина В.Ю.

ТЕХ. МАШ.: ст. викл. Борщик С.О.

ОХОРОНИ ПРАЦІ: ст. викл. Ковтун А.І.

РЕЦЕНЗЕНТ _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ 2025 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – *131 Прикладна механіка*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Олександр Сокольський**

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ на дипломний проект студенту Остапчуку Максим Олеговичу

1. Тема проекту «Автомат для розливу гліцерину у флакони з модернізацією розливного патрона», керівник проекту Діденко Лариса Валентинівна, науковий ступінь, вчене звання, затверджені наказом по університету від «XX. XX» 2025 р. № xxx
2. Термін подання студентом проекту XX.06.2025 р.
3. Вихідні дані до проекту: Вихідні дані до проекту: технічна продуктивність лінії $Z = 12$ доз/хв; величина дози $W = 0,02$ м³; динамічна в'язкість $\mu = 6 \cdot 10^{-4}$ Па · с; густина $\rho = 920$ кг/м³; тиск повітря в надрідинному просторі бункера $P_a = 10^5$ Па; діаметр мірного циліндра $D = 260$ мм; довжина шланга $l = 1200$ мм; відстань від днища витратного резервуару $h_H = 0,02$ м; діаметр поплавка $d_n = 0,035$ м; вага поплавка $G = 0,012$ кг; дозуючий патрубок $d_0 = 0,005$ м.
4. Зміст пояснювальної записки: пояснювальна записка включає в себе: вступ, призначення та галузь застосування лінії для розливу гліцерину, літературно – патентний огляд варіантів модернізації, обґрунтування вибору варіантів модернізації лінії для розливу гліцерину, розрахунки, які підтверджують працездатність машини, доцільність розробки та використання лінії для розливу гліцерину,
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень): Автомат для розливу гліцерину з модифікацією розливного патрону, специфікація розливного автомату, розливний патрон немодифікований, специфікація розливного патрону, розливний патрон модифікований, кришка автомату, зубчасте колесо, вал автомату для розливу гліцерину, плакат з моделюванням гідравлічного опору розливного патрону, плакат з 3Д моделюванням модифікованого розливного патрону

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ(українська мова).....	4
□□S□R□□□(англійська мова).....	4
ВСТУП	5
1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ	6
2 СХЕМА І ОПИС МАШИНИ. ПРИНЦИП РОБОТИ, ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД МАШИНИ	7
3 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ	9
3.1 Патентно-літературний огляд конструкцій	9
4 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ	18
5 РОЗРАХУНКИ	19
5.1 Розрахунок рідинного дозатора	20
5.2 Розрахунок наповнення пляшки при гравітаційному наповненні.....	22
5.3 Розрахунок за допомогою □++ пропускнуої здатності дозувальної головки.....	23
5.4 Розрахунки умов незісковзування пляшки	26
6 ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗЛИВНОГО ПАТРОНУ.....	28
6.1 Числове моделювання базової моделі	28
6.2 Числове моделювання модернізованої моделі	39
6.3 Порівняння результатів базової і модернізованої конструкції	56
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
8 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	62
8.1 Технологія виготовлення дебалансного валу.....	62
8.2 Вибір пристосування для обробки.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73
ДОДАТКИ	74

					ЛУ11.075186.000-90					
					Автомат для розливу гліцерину у флакони з модернізацією розливного патрона					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Остапчук</i>								2	74
<i>Перевір.</i>	<i>Діденко</i>							<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	<i>Сокольський</i>									

РЕФЕРАТ

Баклаврвська робота на тему: «Автомат для розливу гліцерину у флакони з модернізацією розливного патрона». Виконавець – студ. групи ЛУ-11 Остапчук М.О. керівник – ас. Діденко Л.В. Об'єкт розробки-розливний патрон апарату розливу.

Мета розробки – визначення недоліків діючого розливного патрону і усунення цих недоліків. З цією метою проведено літературний і патентний пошук, який дозволив визначити напрямок модернізації і провести конструкторську розробку модернізованого розливного патрону апарату розливу. Виконано розрахунок течії розливного патрону через обчислювальні системи. По результатам роботи було зроблено одну доповідь на всеукраїнську конференцію і надрукована теза.

Ключові слова: ПАТРОН, УДОСКОНАЛЕННЯ, ТЕЧІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, РОЗЛИВНИЙ.

ABSTRACT

Bachelor's thesis on the topic: "Automatic machine for filling glycerin into bottles with modernization of the filling cartridge". Performer - student group LU-11 Ostapchuk M.O. Supervisor - assistant Didenko L.V. The object of development is the filling cartridge of the filling apparatus.

The purpose of the development is to identify the shortcomings of the existing filling cartridge and eliminate these shortcomings. To this end, a literature and patent search was conducted, which allowed us to determine the direction of modernization and carry out the design development of a modernized filling cartridge for the filling apparatus. The flow of the pouring cartridge was calculated using computer systems. Based on the results of the work, one report was made at the All-Ukrainian conference and a thesis was published.

Keywords: CARTRIDGE, IMPROVEMENT, FLOW, MODERNIZATION, CALCULATIONS, BOTTLE.

ВСТУП

Апарат розливу - це спеціалізоване обладнання, яке використовується для автоматичного та точного розливу рідин у різні ємності, такі як пляшки, банки, та інші.

Основні характеристики та можливості апарату розливу:

1. Точне дозування:

Апарат може забезпечити точне дозування рідини, зазвичай з похибкою до 0,5%, що дозволяє точно фасувати рідини в ємності.

2. Налаштування продуктивності:

Більшість апаратів для розливу дозволяють налаштувати продуктивність, тобто швидкість розливу та кількість ємностей, які обробляються за одиницю часу.

3. Робота з різними типами рідин:

Апарати можуть бути призначені для роботи з різними типами рідин, включаючи воду, олію, вино, напої та інші.

4. Автоматизація процесу:

Багато апаратів для розливу автоматизують процес, зменшуючи потребу в ручній праці та забезпечуючи більш високу швидкість розливу.

5. Додаткові функції:

Апарати можуть мати додаткові функції, такі як фільтрація рідини, вбудовані насоси та автоматичне закупорювання

1 ПРИЗНАЧЕННЯ Й ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ

Лінія розливу – це комплекс обладнання, призначений для автоматизованого наповнення, укупування та етикетування тари різними рідкими продуктами, такими як вода, набори, соки, алкоголь, побутова хімія та інші, а також для фасування в ємності

Галузі застосування:

1. **Промислове виробництво:** Для фасування рідин у великих масштабах, наприклад, на виробництві продуктів харчування, напоїв, косметики.

2. **Малі та середні виробництва:** Для автоматизації процесу розливу на малих та середніх виробництвах, наприклад, в кондитерських, в майстернях, що виробляють різні види продуктів.

3. **Кухні та ресторації:** Для розливу соусів, олії та інших рідких продуктів, наприклад, в ресторанах або кафе.

Приклади апаратів для розливу:

1. **Апарати для розливу олії та інших рідин:** Можуть мати одну або кілька головок для розливу, здатні подавати рідину від 3 мл до 5 л.

2. **Напівавтоматичні апарати:** Для розливу рідин з педаллю та регульованими параметрами розливу, такими як потужність насоса та час розливу.

3. **Автоматичні лінії розливу:** Для більш складних процесів розливу, які можуть включати фасування та закупорку

2 СХЕМА І ОПИС МАШИНИ. ПРИНЦИП РОБОТИ, ЗАГАЛЬНИЙ

ВИГЛЯД МАШИНИ

Принцип роботи розливного автомату полягає в тому, що пляшки проходять через крокомір, який виключає не рівність подачі пляшок, потрапляють на проміжний столик, звідки пляшки зіштовхуються штовхачем на підйомні столики 3 (рис 2.1). Під дією пружин при накочуванні роликів на підйомну частину копіру столики з пляшками піднімаються до дозувальних приборів. Пляшки піднімаючись до дзвіночків центруються ними і продовжує рух в гору.

Як тільки дзвіночок упирається у траверсу 16 від тиску пляшки траверса зі штоками 13 і коромислом 8 починає підніматись, стискаючи пружини 14 і звільнюючи від затиску трубку 10.

Під дією пружини 15 трубка 10 та зв'язаний з нею стакан 23 теж піднімаються, гумовий клапан 6 щільно підходить до поверхні втулки 24 і вихід рідини з витратного резервуару зупиняється. При подальшому підйомі коромисло 8 впирається в кільце 1 та піднімає стрижень 9 з клапаном 25 і рідина з дозуючого прибору через трубку 27 переливається в пляшку. Повітря з пляшки виходє крізь бокові отвори в стінках дзвіночка. Дозуючий прибор з'єднаний з витратним резервуаром крізь ніпель. При проходженні півкола ролики підйомних столиків накочуються на копір і вже наповненні пляшки опускаються, виходять з автомату за допомогою крокоміра.

Загальна конструкція лінії представлена на рисунку 3.1.

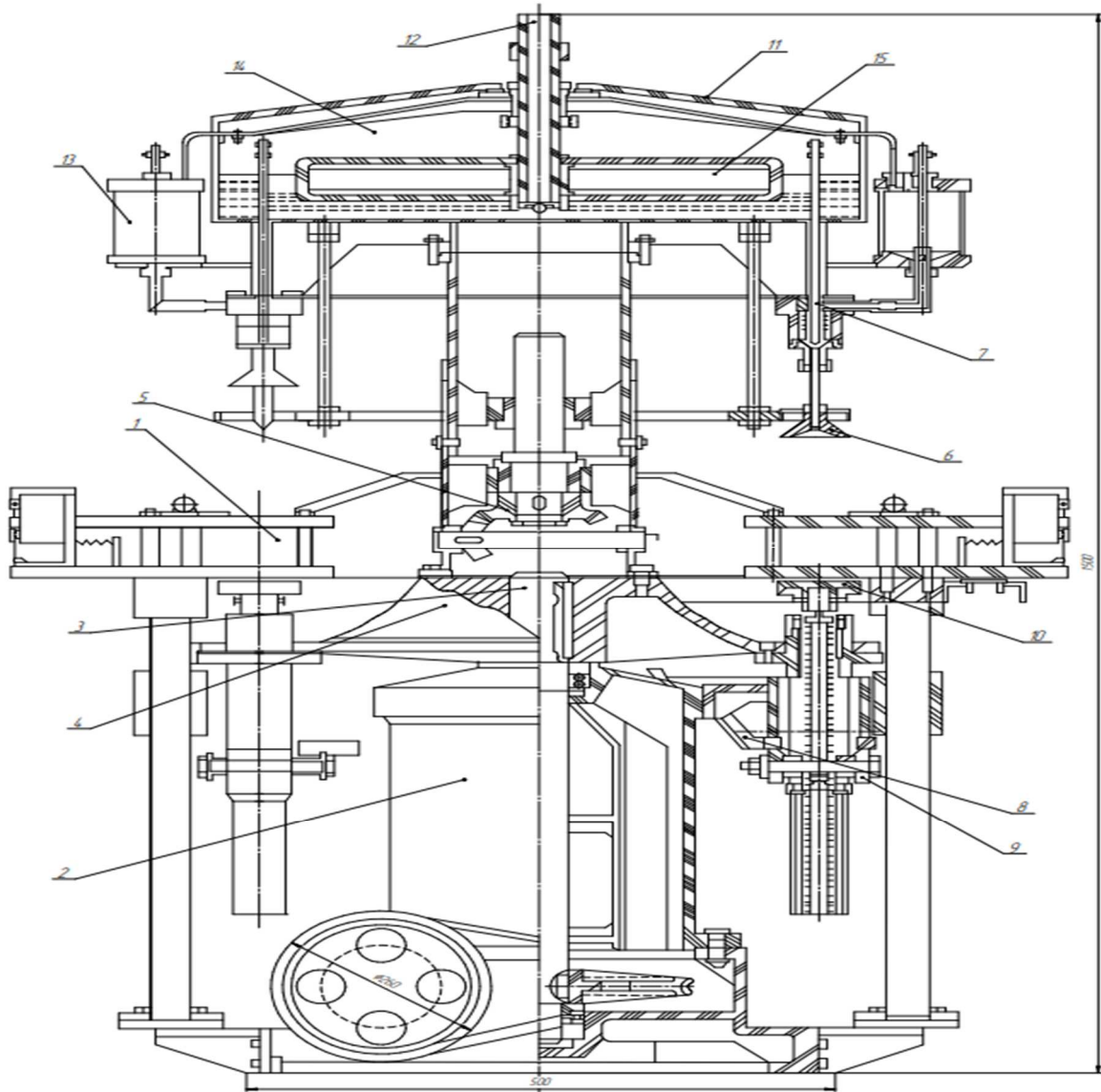


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд віброшнекового живильника

1 – вузол орієнтації, 2 – редуктор черв'ячний, 3 – вал вихідний, 4 – столик поворотний, 5 – механізм піднімальний, 6 – дзвіночок, 7 – патрон розливний, 8 – копір, 9 – ролик натискаючий, 10 – столик підйомний, 11 – кришка, 12 – трубка подачі рідини, 13 – резервуар витратний, 14 – резервуар ємнісний, 15 – лопать перемішування рідини

3 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

З метою удосконалення конструкції розливного патрону лінії розливу було проведено огляд існуючих технічних рішень [1-4] по покращенню конструкції на можливість заміни елементів лінії розливу танаповнення тари. Розглянуто патенти по модернізації конструкції розливного патрона.

3.1 Патентно-літературний огляд конструкцій

Суть вдосконалення [1] пояснюється кресленням наповнювального елемента (рис. 3.1), Розливний патрон 1 є компонентом однокамерної розливної машини, яка використовує роторну конструкцію та постачається разом з кількома однаковими елементами заповнення 1, що розподілені по периферії, ротор 2 з рівномірними кутовими інтервалами навколо вертикальної осі машини. У проілюстрованому варіанті ротор 2 має, серед іншого, кільцеву чашу 3 для всіх елементів заповнення, завдяки чому інтер'єр 4 з кільця-чаші 3 заповнюється до контрольованого рівня, тобто до рівня N, рідким продуктом (напоєм), так що газовий простір 4.2 утворюється над рівнем N рідини в рідинному просторі 4.1. Рідкий простір 4.1 з'єднаний з лінією подачі, який подає продукт під тиском, а газовий простір 4.2 з'єднаний з лінією для подачі інертного газу, який займає зазначений газовий простір, наприклад, CO₂, під початковим тиском.

Кільцевий канал 5 спільний для всіх елементів заповнення також наведено в ротор 2, за допомогою якого кільцевий канал 5, як і кільце-чаша 3, концентрично огинає вертикальну вісь машини

Елемент 1 є переносник для пляшок 6, за допомогою якого пляшку, що наповнюється, можна встановити у вертикальне положення з герметичним контактом її горловини 7.1 за допомогою кільцеподібної прокладки 8.1, яка концентрично оточує вісь наповнюваного елемента FA відносно також кільцеподібного отвору для видачі 10, що знаходиться на нижній

стороні пломби корпус елемента 9. Прокладка 8 елемент який, під час обертання розливної машини, може переміщуватися до осі розливного елемента FA під керуванням кулачка за допомогою вертикального напрямного стрижня 11 та ролика кулачка 12 .

У корпусі елемента 9 , серед іншого, є рідинний канал 13, який своїм нижнім кінцем утворює дозувальний отвір відкриття 10 , а своїм верхнім кінцем з'єднаний з рідинним простором 4. Рідинний канал 13 , є рідинний клапан 14 для контрольованого запуску та зупинки потоку продукту в відповідну пляшку 7 під час фази наповнення. Рідинний клапан 14 складається, по суті, з корпуса клапана 15 , який на нижньому кінці забезпечений трубкою зворотного газу 16 , що є рівноосьовою з віссю заповнювального елемента FA та взаємодіє з сідлом клапана в рідинний канал 13 .

Верхній кінець трубки зворотного газу 16 , тобто верхній кінець газоходу 16.1 , реалізованого в цій трубці, сполучається з газовим паром 4.2 . З'єднаний з нижнім кінцем трубки зворотного газу 16 – це сенсорна трубка 17 , яка також орієнтована рівноосьово з віссю заповнювального елемента FA та виступає на задану довжину за нижню сторону заповнення корпусу елемента 9 , і поширюється в пляшку 7 , який герметично контактує з елементом 1. Трубка датчика, серед іншого, оточена кільцеподібним отвіром для видачі 10 , і разом зі своїм повітропроводом утворює продовження газоходу 16.1 .

На корпус елемента 9 , розташовані радіально зовні відносно вертикальної осі машини, - це два індивідуально керовані та пневматично активовані керуючі циліндри або регулювальні клапани 18 та 19 , обидва з яких пов'язані з вакуумом або кільцевим каналом 5 , з яких регулювальний клапан 18 відкривається, наприклад, для попередньої наповнення продукції в відповідну пляшку 7 , для промивання пляшки 7 інертним газом (CO₂) з газового простору 4.2 або для остаточного вакуумування пляшки 7 перед попереднім накачуванням інертного газу до зазначеної пляшки з газового простору 4.2 , і з яких регулювальний

клапан 19 відкривається, по суті, для скидання тиску відповідної пляшки 7 після фази заповнення.

У заповненні також реалізовані різні газові шляхи (корпус елемента 9), газові шляхи якого містять зазначені регулювальні клапани 18 та 19, а саме газовий тракт 20, який містить регулювальний клапан 18, і газовий тракт 23, який містить регулювальний клапан 19. Обидва газові шляхи сполучені з одного боку з протока 21, що перебуває у зв'язку з кільцевим каналом 5, а з іншого боку, з протока 22, яка, зі свого боку, впадає в рідинний канал 13, а саме в напрямку потоку продукту нижче за течією від рідинного клапана 14 та вище за течією від розливу відкриття 10. У газовий тракт 23, між регулювальними клапанами 19 та протоком 21, дросель 24 надається, щоб зрештою регулювальний клапан 18 та послідовне з'єднання, що складається з регулювальний клапан 19 та задуха 24 розташовані паралельно один одному між двома повітроводами 21 та 22.

Деталь протока 21 складається з двох розділи 21a та 21b, які з'єднані, утворюючи протоку 21. Газовий тракт 20 складається з трьох розділів 20a, 20b та 20c, які з'єднані, утворюючи газовий тракт 20. Газовий тракт 23 складається з двох розділів 23a та 23b, які з'єднані, утворюючи газовий тракт 20.

Індивідуальну пляшку 7 можна заповнити рідким продуктом наступним чином. За допомогою пляшки 7 у герметичному контакті з елементом 1, спочатку відкривши регулювальний клапан 18, відбувається попереднє вакуумування внутрішньої частини пляшки, а саме через два повітроводи 21 та 22, а також відкритий газовий тракт 20. Тоді, наприклад, пляшку 7 можна продувати інертним газом (CO_2) з газового простору 4. Для цієї мети регулювальний клапан 18 закрито, а регулювальний клапан 19 відкривається, також за допомогою виконавчого механізму пристрою 26, та клапана 25, передбачена трубка зворотного газу 16 та в розташованому там каналі 16.1 відкривається, так що інертний газ надходить всередину пляшки 7 через сенсорну трубку 17, який відкритий на своєму

нижньому кінці та може витікати через повітроводи 21 та 22, а та газований тракт 23, який відкривається регулювальним клапаном 19 у вакуум або кільцевий канал 5. Інший тип приведення в дію регулювальних клапанів 18 та 19 для промивання внутрішньої частини пляшки також можливий, наприклад, відкриттям регулювального клапана 18. В іншому можливому варіанті реалізації, обидва регулювальні клапани 18 та 19 можна було б відкрити одночасно, щоб забезпечити ще швидшу або прискорену подачу повітря або газу з балона. В ще одному можливому варіанті поперечний переріз газових шляхів або каналів, таких як протока 21, можна збільшувати або зменшувати за бажанням для контролю або регулювання потоку повітря або газу. Наприклад протока 21 може мати більший поперечний переріз для збільшення потоку повітря або газу в вакуумний канал 5.

Після промивання може відбутися повторне спорожнення внутрішньої частини пляшки за допомогою клапана 25 в закритому стані, і регулювального клапана 18 в відкритому, завдяки чому внутрішня частина пляшки 7 знову кріпиться з кільцевим каналом 5 через відкритий таким чином газований тракт 20 та повітроводи 21 та 22.

Перед фактичним процесом заповнення клапани 18 та 19 закриті, потім відбувається попереднє створення тиску всередині балона інертним газом з газового простору 4. Для цього клапан 25 відкривається виконавчим механізмом 26, так що за допомогою трубки зворотного газу 16 та сенсорна трубки 17, інертний газ надходить під тиском попереднього тиску в пляшку 7. Як тільки тиск у пляшці 7 досягне попереднього тиску в газовому просторі 4.2, рідинний клапан 14 відкривається автоматично, так що продукт може потім надходити в пляшку під дією сили тяжіння через відкритий рідинний клапан 14 та дозувальний отвір 10 та інертний газ, який таким чином витісняється з середини пляшки 7 повертається назад через відкритий клапан 25 у газований простір 4. 2.

Процес наповнення завершується, як тільки рівень рідкого продукту в пляшці 7 досяг нижньої меж і сенсорна трубка 17 занурюється в рідкий продукт.

Потім рідинний клапан 14 та клапан 25 закривається за допомогою виконавчого механізму 26 .

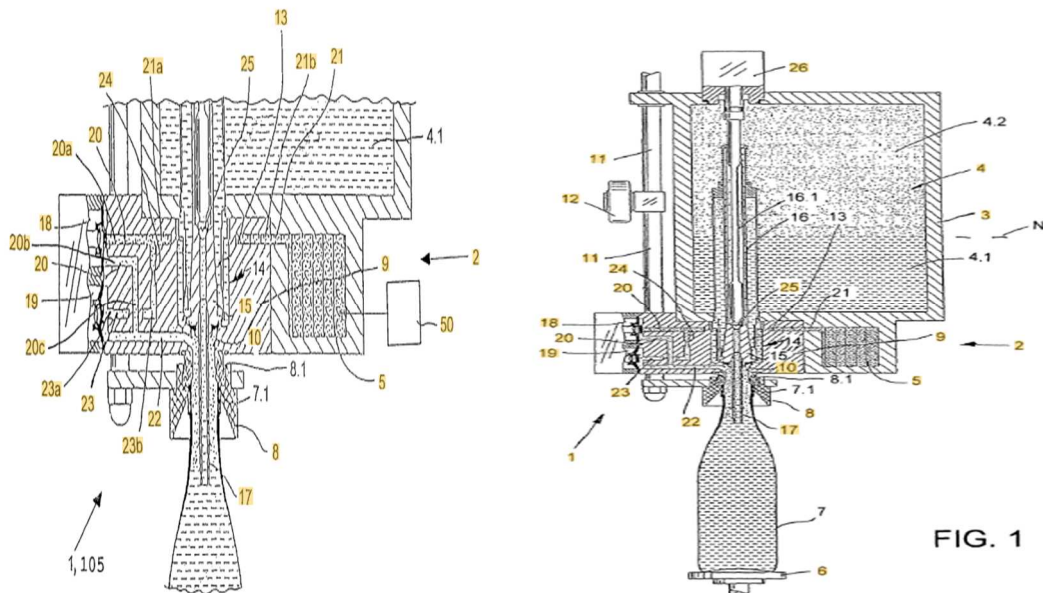


Рисунок 3.1 – Конструкція розливного патрорну [1] (пояснення в тексті)

Вдосконалення конструкції полягає в тому, що наповнювальний елемент має режим контролювання потоку шляхом контролювання потоку газу

Таким чином, використання описаної модернізації дозволить збільшити та контролювати швидкість наповнення тари продукцією що в свою чергу збільшить продуктивність апарату

Суть вдосконалення [2] (рис. 3.2), рисунок має такі елементи як пристрій для заповнення 4 до якого герметично кріпиться тара (пляшка) 2, зворотні газові трубки 22 та 31 та карбонізаційна трубка 25 яка через рідинний канал 12 реалізовує продувку вуглекислим газом який подається з газового відсіку 14. Для початку процесу очищення регульовальний клапан 27 відкривається за допомогою апарату регульовального клапана 24 таким чином після чого газ через кільцевий канал 19 потрапляє до клапану рідини 13 відповідно газ надходить до

карбонізаційної трубки 25 та очищує пляшку. Після очищення пляшки клапан 27 закривається завдяки апарату регулювального клапана 24 та зв'язок між рідинним каналом 12 та кільцевим каналом 19 переривається. Для заповнення пляшки продуктом в газовому клапані 23 та кільцевому клапані 17 створюється зв'язок таким чином що у газу відсіку 14 та в тарі (пляшці) 2, згодом клапан рідини 13 переводиться в відкритий стан таким чином що рідина тече через кільцевий отвір 12

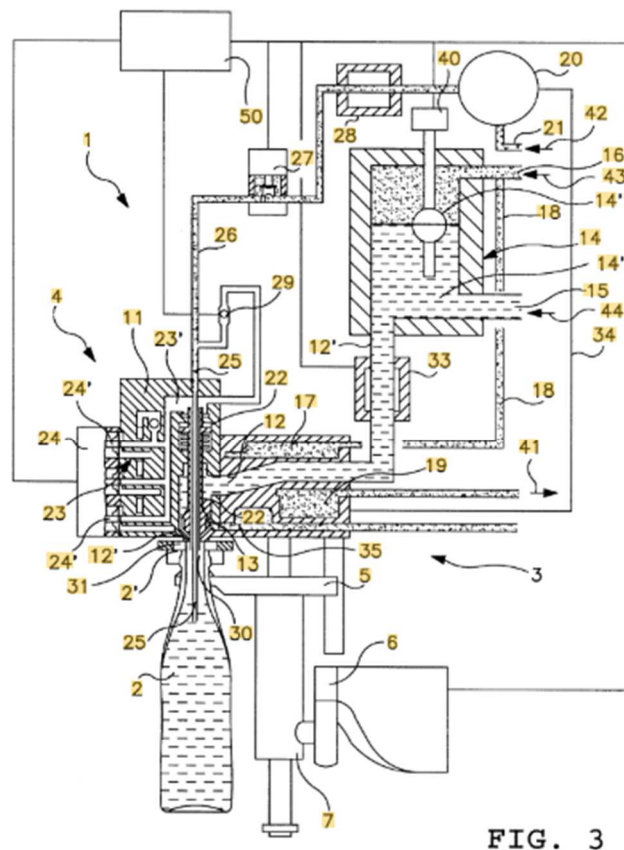


FIG. 3

Рисунок 3.2 – Конструкція розливного патрону [2] (пояснення в тексті)

Вдосконалення конструкції полягає в тому, якщо, наприклад, пошкодження одного з елементів в цій конструкції краще піддається ремонту оскільки структура не є цілісною

Таким чином це дасть зручне подальше обслуговування що в свою чергу є перевагою для підприємства

Суть вдосконалення [3] пояснюється кресленням (рис. 3.3); що містить ротор 2 що можна обертати навколо вертикальної осі машини та який під'єднаний до чаши 3, внутрішня частина чаши 4 яка частково заповнена рідиною до рівня N так що в середині чаши 4 утворюється газовий простір 4.1 а під ним утворюється рідинний простір 4.2 під час наповнення газовий простір 4.1 стискається інертним газом наприклад CO₂ який подається через з'єднання 4.1.1 рідина що розливається подається в рідинний простір 4.2 з резервуара через з'єднання 4.2.1. Ротор 2 має спільний розподіл або кільцевий канал 5 що оточує вертикальну вісь машини та є спільним для всіх елементів розливного патрону та зв'язаний через з'єднання 6 з газовим простором 4 також в апараті є кільцевий канал який є спільним для заповнювальних елементів що вентилюється через лінію 8 в атмосферу та може зв'язувати з пристроєм для фільтрації та очищення газів,

Апарат має корпус заповнювального елемента 9 в якому є рідинний канал 10 та рідинний клапан 11. Останній включає корпус клапана 12 який взаємодіє з сідлом клапана в рідинному каналі 10 на звороті з газовою трубкою 13 що керується виконавчим пристроєм 14 для закриття та відкриття рідинного клапана 11 на задану відстань від осі FA. На нижній стороні 9.1 рідинний канал 9 утворює отвір для елемента подачі 15 яка оточена кільцеподібною прокладкою 16 та елементом 17. Нижній відкритий кінець зворотної газової трубки 13 розташований біля елемента подачі 15. Зі своїм верхнім відкритим кінцем зворотна газова трубка 13 впадає в порожнину 18 яка знаходиться в корпусі 9 через який порожнина 18 з'єднується з газовим каналом 19 який в свою чергу з'єднується з кільцевим каналом 7. У корпусі 9 є контрольований газовий канал 20 що простягається між кільцевим каналом 5 та газовий канал 19 в якому передбачено газовий балон 21.1. У газовому каналі 19 є дросель 22 який розташований у точці де газовий канал 20 впадає в газовий канал 19 що веде від цієї точки до кільцевого каналу 7. Тара 25 що піддається наповненню прикріплена до тримача 26. Тримач можна переносити на задану відстань вздовж осі FA за допомогою контрольованого ролика 27

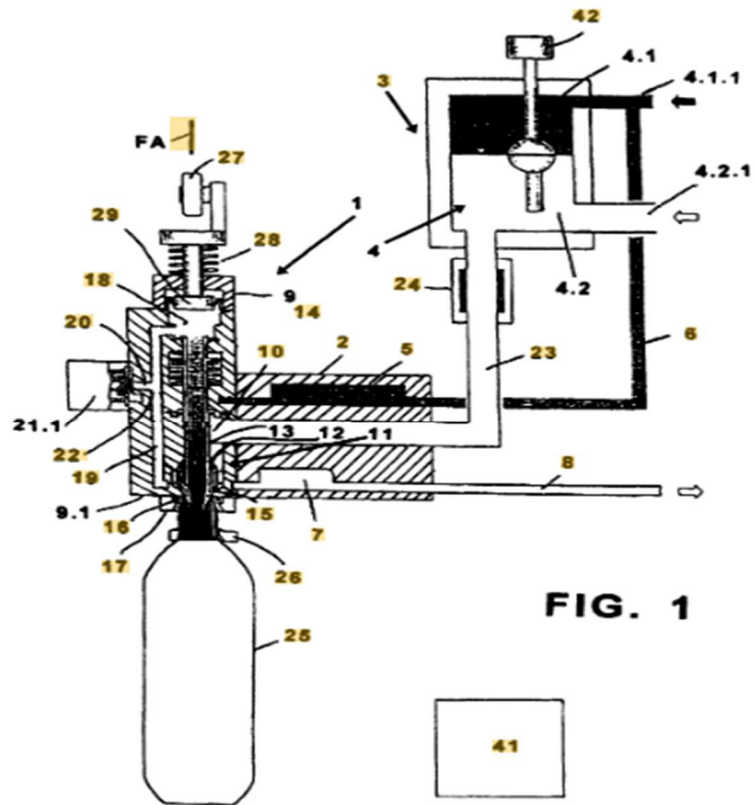


Рисунок 3.3 – Конструкція шнека [3] (пояснення в тексті)

Вдосконалення конструкції полягає в тому, що завдяки цій конструкції, вона реалізує швидке та надійне наповнення

Це є корисним для виробництва оскільки збільшує якість наповнення тари продукцією за рахунок надійного кріплення тари до розливного патрона

Суть вдосконалення [4] пояснюється кресленням (рис. 3.4), Розливний патрон має такі елементи як корпус 12 до якого кріпиться ротор 3 через який проходять газові канали 26 та 28, також через ротор 3 проходить рідинне з'єднання 14 та лінія подачі газу до газових каналів 26 та 28 з ємності 15. Наповнення тари відбувається коли по рідинному з'єднанню 14 з ємності 15 під дією тиску рідина потрапляє в рідинний канал 13 після чого відкривається клапан 18 під дією елемента керування 19 після чого клапан 18 закривається керованим чином під дією зонда 20

4 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Оглянуті вище технічні рішення дозволяють збільшити точність розливу продукції, підвищують ефективність розливу та, спрощують обслуговування апарата,

Проте розглянуті рішення забезпечують це окремо.

Для досягнення зазначених цілей, було додатково обрано рішення, яке забезпечує всі перелічені переваги розглянутих варіантів та подано відповідний патент на корисну модель України, використання якої дозволяє досягти вищезгаданих цілей.

Нижче наведено детальний опис цих рішень.

На рис. 5.1, показано конструкцію розливного патрону [5]. Розливний патрон має поршень 25 який рухає лінійний привід 23 який має виріз 22 який дає змогу наповнювати тару з високою точністю направляючи потік в лінію 13

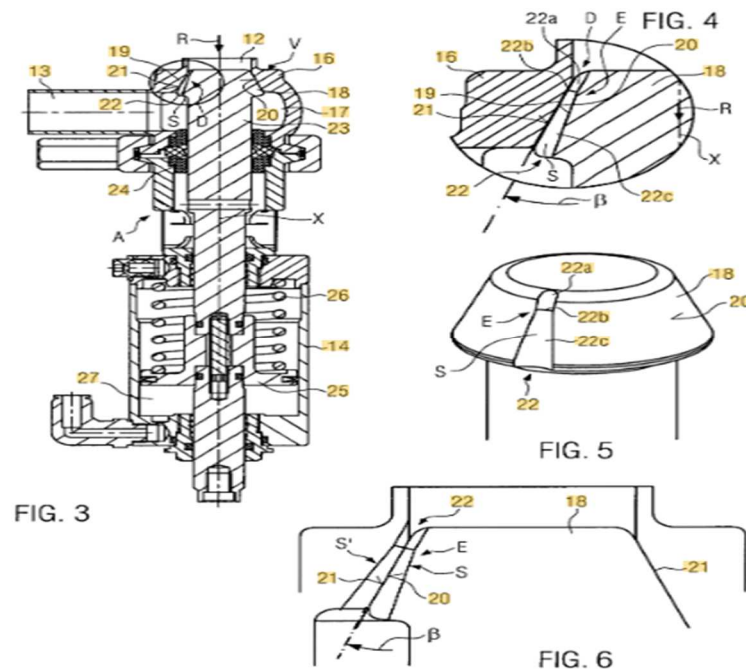


Рисунок 4.1 – Схематичне зображення шнека [5] (пояснення в тексті)

Таким чином, винахід дає змогу регулювати подачу рідини, збільшити швидкість чи точність розливу та швидкий технічний огляд деталі.

5 Розрахунки

Розрахунок рідинного дозатора

Для проведення розрахунків необхідними є такі данні:

- Фізико механічні властивості продукції, що фасується (густина, кінематична і динамічна в'язкість, інші).
- Характеристики споживчої тари (вид, тип, об'єм, форма, геометричні розміри)
- Рекомендовані максимальна швидкість, тиск та сили, що діють на продукт фасування. Ці величини повинні забезпечувати оптимальну точність дозування та збереження властивостей продукту.

В загальному вигляді тривалість наповнення споживчої тари можна визначити:

$$\tau = \frac{W}{Q},$$

де W – об'єм дози продукції як в тарі так і в мірній ємності; Q – пропускна здатність рідинних трактів для наповнення як тари так і мірної ємності.

Загальний час циклу роботи дозувального пристрою поршневого типу буде складатися із часу наповнення мірної ємності та часу випорожнення у тару.

Вихідні данні

Вихідним даними для технологічного розрахунку пристроїв дозування продукції поршневого типу є: технічна продуктивність лінії $Z = 12$ доз/хв; величина дози $W = 0,02$ м³. Продукт, що фасується, фізико механічні властивості продукції: динамічна в'язкість $\mu = 6 \cdot 10^{-4}$ Па · с; густина $\rho = 920$ кг/м³; висота стовпа продукції в бункері H , м; тиск повітря в надрідинному просторі бункера $p_a = 10^5$ Па; діаметр мірного циліндра $D = 260$ мм; довжина шланга $l = 1200$ мм; відстань від днища витратного резервуару $h_H = 0,02$ м; діаметр поплавка $d_n = 0,035$ м; вага поплавка $G = 0,012$ кг; дозуючий патрубков $d_0 = 0,005$ м.

5.1 Кінематичний розрахунок рідинного дозатора

Тривалість кінематичного циклу визначається із заданої продуктивності:

$$T_k = \frac{1}{Z} \cdot 60 = \frac{1}{12} * 60 = 5, \text{ с} \quad (1)$$

Тривалість кінематичного циклу T_k роботи рідинного дозатора можна визначити як суму тривалостей:

$$T_k = t_n + t_{\text{вип}} + 2 \cdot t_{\text{вк}}$$

де t_n - тривалість наповнення мірного циліндра продукцією (приймаємо 0,7-0,8 T_k);

$t_{\text{вип}}$ - тривалість випорожнення дозувального циліндра від продукції (2);

$t_{\text{вк}}$ - тривалість включення і спрацювання привода запірної арматури на наповнення та на випорожнення мірного циліндра (приймаємо порядку 0,1 с).

Продуктивність:

$$Q_1 = \frac{(P_3 - P_a) \cdot \pi d_m^4}{128 \cdot \mu \cdot l}$$

де P_3 - тиск поршня або стовпа рідини на продукцію;

μ - динамічна в'язкість продукції;

l - довжина шланга.

Пропускна здатність мірного циліндра

$$Q_2 = \pi \frac{D^2}{4} \cdot v_0$$

де v_0 - середня швидкість переміщення поршня на стадії випорожнення мірного циліндра, м/с

$$v_0 = \frac{S}{t_{\text{вип}}} = \frac{4W}{\pi D^2 t_{\text{вип}}} \quad (4)$$

S – хід поршня, визначається як

$$S = \frac{4W}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0,002}{3,14 \cdot 0,26^2} = 0,038 \quad (3)$$

Отже

$$\frac{W}{t_{\text{вип}}} = \frac{(P_3 - P_a) \cdot \pi d_m^4}{128 \cdot \mu \cdot l}$$

Звідки

$$P_3 = \frac{128 \cdot \mu \cdot l \cdot W}{\pi \cdot d_m^4 \cdot t_{\text{вин}}} + P_a = \frac{9,2 \cdot 0,002}{3,14 \cdot 0,025^4 \cdot 92,16} = 163 \text{ Па}$$

(5)

Зусилля на штоку поршня.

$$R = P_3 \frac{\pi D^2}{4} = 163 \frac{3,14 \cdot 0,26^2}{4} = 8,6 \text{ м}$$

(6)

5.2 Визначення часу наповнення пляшок рідиною при гравітаційному наповненні

Повна висота напору в витратному резервуарі

$$H_n = H_1 + h_n, \quad (1)$$

де H_1 – глибина занурення поплавка в витратному резервуарі,

$$H_1 = \frac{4G}{\pi d_n^2 \rho} = \frac{4 \cdot 0,12}{3,14 \cdot 0,035^2 \cdot 920} = 0,14,$$

де d_n – діаметр поплавка, м

G – вага поплавка, кг

h_n – відстань від днища витратного резервуару, м.

Визначаємо час наповнення тари, с

$$\tau = \frac{2W}{\eta f \sqrt{2gH_n}} = \frac{2 \cdot 0,002}{0,85 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,14}} = 0,0028 \quad (2)$$

де η – коефіцієнт витрати, $\eta = 0,85-0,95$;

f – площа перерізу трубопровода.

Продуктивність автомата повинна відповідати існуючому параметричному ряду продуктивності лінії розливу рідин.

При відомому часі наповнення пляшки τ та куті оберту при безпосередньому наповненні пляшки $\alpha = 125^\circ$ (кут на який повертається карусель від початку до кінця наповнення пляшки) можна визначити час кінематичного циклу автомата:

$$T = \frac{360 \cdot \tau}{\alpha} = \frac{360 \cdot 0,0028}{125^\circ} = 0,46 \quad (3)$$

Продуктивність автомата визначається за формулою:

$$Z = \frac{60}{T} \cdot m \text{ пл/хв}$$

де m – кількість дозувальних приладів.

Необхідна кількість одночасно працюючих дозувальних приладів:

$$m^l = \frac{ZT}{60} = \frac{1 \cdot 0,46}{60} = 76 \text{ шт.} \quad (4)$$

5.3 Розрахунок продуктивності і пропускної здатності дозувальної головки

Знаходимо пропускну здатність, враховуючи, що рідина тече самоплинно з висоти H (див. рис. 5.1).

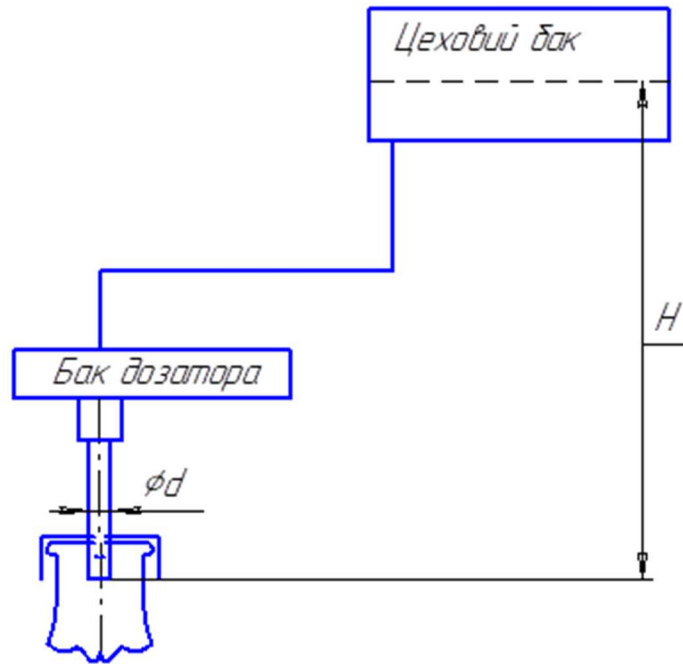


Рис. 5.1

```
#include <string>
#include <math>

using namespace std;

int main() {
    // Константи
    const double g = 10.0;    // м/с²
    const double l = 0.02;    // м
    const double d0 = 0.005;  // м
    const double rho = 920.0; // кг/м³
```

```

const double mu = 6e-4;    // Па*с
const double W = 0.002;    // м³

// Розрахунок базової швидкості
double V_b = sqrt(2 * g * h);

// Швидкості
double V1 = 0.9 * V_b;
double V2 = 0.7 * V_b;
double V3 = 0.69 * V_b;

// Число Рейнольдса
double R1 = (V1 * d0 * rho) / mu;
double R2 = (V2 * d0 * rho) / mu;
double R3 = (V3 * d0 * rho) / mu;

// Коефіцієнти втрат швидкості
double t1 = 0.592 + 5.5 / sqrt(R1);
double t2 = 0.592 + 5.5 / sqrt(R2);
double t3 = 0.592 + 5.5 / sqrt(R3);

// Пропускні здатності
double f_ff = M * w(d0, 2) / 4;
double Q1 = f_ff * V1;
double Q2 = f_ff * V2;
double Q3 = f_ff * V3;

// Час наповнення
double t1 = W / Q1;

```

```

d_t2 = W / Q2;
d_t3 = W / Q3;

// Вивід результатів
cout << "Базова швидкість V_base = " << V_base << " м/с" << endl << endl;

cout << "V1 = " << V1 << " м/с, R1 = " << R1 << ", t1 = " << t1 << endl;
cout << "Пропускна здатність Pi1 = " << Pi1 << " м³/с" << endl;
cout << "Час наповнення t1 = " << t1 << " с" << endl << endl;

cout << "V2 = " << V2 << " м/с, R2 = " << R2 << ", t2 = " << t2 << endl;
cout << "Пропускна здатність Pi2 = " << Pi2 << " м³/с" << endl;
cout << "Час наповнення t2 = " << t2 << " с" << endl << endl;

cout << "V3 = " << V3 << " м/с, R3 = " << R3 << ", t3 = " << t3 << endl;
cout << "Пропускна здатність Pi3 = " << Pi3 << " м³/с" << endl;
cout << "Час наповнення t3 = " << t3 << " с" << endl;

return 0;
}

```

5.4 Розрахунки умов незісковзування пляшки

Розрахунки умов неперекидування пляшки проводяться за такими рівняннями для порожньої

$$F_{цбп} h_{п} \leq \frac{G_{б} d_{б}}{2} = 5,292 \cdot 0,0735 = 0,39 \leq \frac{2,205 \cdot 0,062}{2} = 0,068$$

наповненої

$$F_{цбн} h_{н} \leq \frac{(G_{б} + G_{р}) d_{б}}{2} = 1,764 \cdot 0,0735 = 0,13 \leq \frac{(2,205 + 6,615) \cdot 0,062}{2} = 0,27$$

де $F_{цбп}$, $F_{цбн}$ - відцентрова сила відповідно в порожньої і наповненої пляшці, Н;

$h_{п}$, $h_{н}$ - висота центру ваги відповідно порожньої і наповненої пляшки, м.

Залежності від типу пляшки

$$h_{п} = 0,11 \dots 0,135 \text{ м,}$$

$$h_{н} = 0,10 \dots 0,115 \text{ м;}$$

(прийmemo $h_{п} = h_{н} = \frac{h_{б}}{2} = 0,0735 \text{ м}$); $d_{б}$ - діаметр пляшки, $d_{б} = 0,147 \text{ м}$

$G_{б}$, $G_{р}$ - сила тяжіння відповідно пляшки і продукту в пляшці, Н;

$d_{б}$ - діаметр пляшки; $d_{б} = 0,062 \text{ м}$.

$$G_{б} = m_{б} \cdot g = 0,225 \cdot 9,8 = 2,205 \text{ Н}$$

$$m_{р} = \rho \cdot V = 1030 \cdot 0,00044 = 0,45 \text{ кг}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h_{б} = 3,14 \cdot 0,000961 \cdot 0,147 = 0,00044 \text{ м}^3$$

$$r = \frac{d_{б}}{2} = 31 \text{ мм} = 0,031 \text{ м}$$

$$G_{р} = (m_{б} + m_{р}) \cdot g = (0,225 + 0,45) \cdot 9,8 = 6,615 \text{ Н}$$

Члени вищенаведених рівнянь визначаються за допомогою наступних розрахунків:

$$F_{цбп} = m_{б} \omega^2 R = 0,225 \cdot 1,4^2 \cdot 4 = 1,764 \text{ Н}$$

$$F_{цбн} = (m_{б} + m_{р}) \omega^2 R = (0,225 + 0,45) \cdot 1,4^2 \cdot 4 = 5,292 \text{ Н}$$

де $m_{б}$, $m_{р}$ - маса пляшки і продукту в пляшці, $m_{б} = 0,225 \text{ кг}$;

ω - кутова швидкість операційного ротора, $\omega = 1,4$ рад / с,

R - радіус операційного ротора, $R = 4$ м.

$$G\delta = m\delta g; C\delta + G\rho = (m_\delta + m_p)g,$$

де g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с².

Розрахунки умов незісковзування пляшки з підйомного столика операційного ротора проводяться за такими нерівностями:

$$F_{цбп} \leq F_{трп} = 1,764 \leq 1,58 \text{ -тара зісковзує}$$

$$F_{цбн} \leq F_{трн} = 5,292 \leq 3,52 \text{ -тара зісковзує}$$

де $F_{трп}$, $F_{трн}$ - сила тертя відповідно порожньої і наповненої пляшки, Н.

Сили тертя визначаються за наступними формулами:

$$F_{мпн} = G_\delta f_{мп} = m_\delta g f_{мп};$$

$$F_{мпн} = (G_\delta + G_p) f_{мп} = (m_\delta + m_p) g f_{мп},$$

$$F_{трп} = 2,205 \cdot 0,27 = 0,225 \cdot 9,8 \cdot 0,27 = 0,59$$

$$F_{трн} = (2,205 + 6,615) \cdot 0,27 = (0,225 + 0,45) \cdot 9,8 \cdot 0,27 = 2,38 \quad 1,78$$

де $f_{мп}$ - коефіцієнт тертя пляшки по матеріалу столика (для столика з металу $f_{тр} = 0,27$).

Таким чином, умови неперекидування і незісковзування пляшки при інших рівних умовах виконуються і залежать від частоти обертання операційного ротора. Чим більше швидкість обертання ротора, тим більше ймовірність перекидання і зісковзування пляшки.

6 ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗЛИВНОГО ПАТРОНУ

6.1 Немодифікована конструкція

Імпортуємо файл зі збіркою розливного патрону та у геометрії заповнюємо його камеру, всі зайві елементи видаляємо (рис. 1).

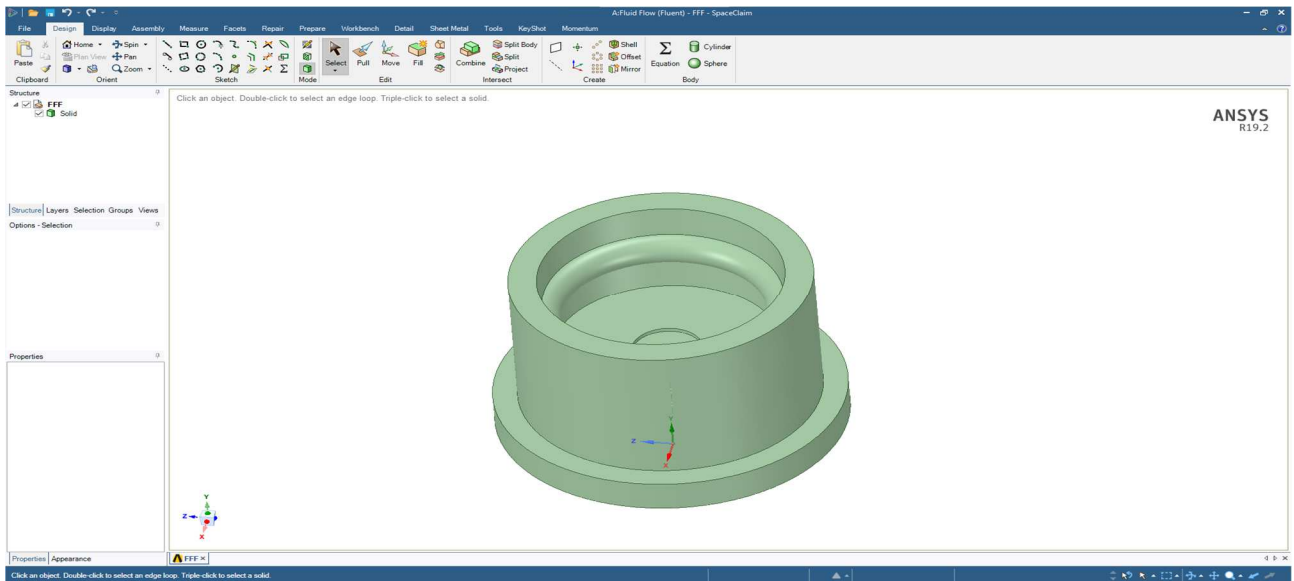


Рисунок 6.1 – Створена геометрія

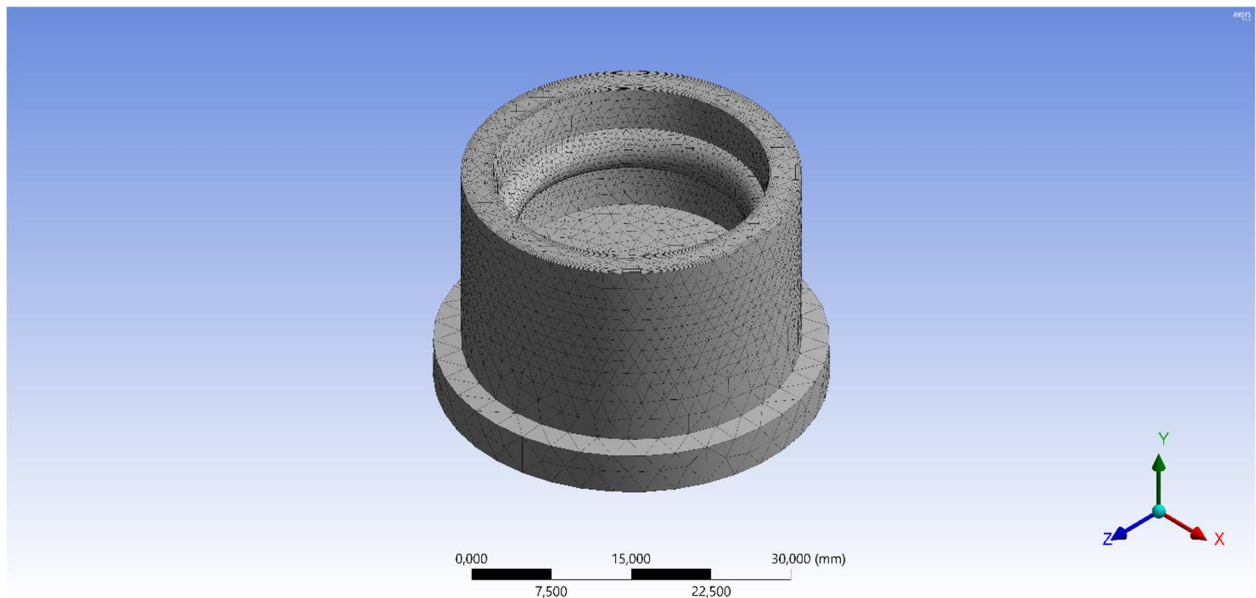


Рисунок 6.2 – Створена та налаштована сітка

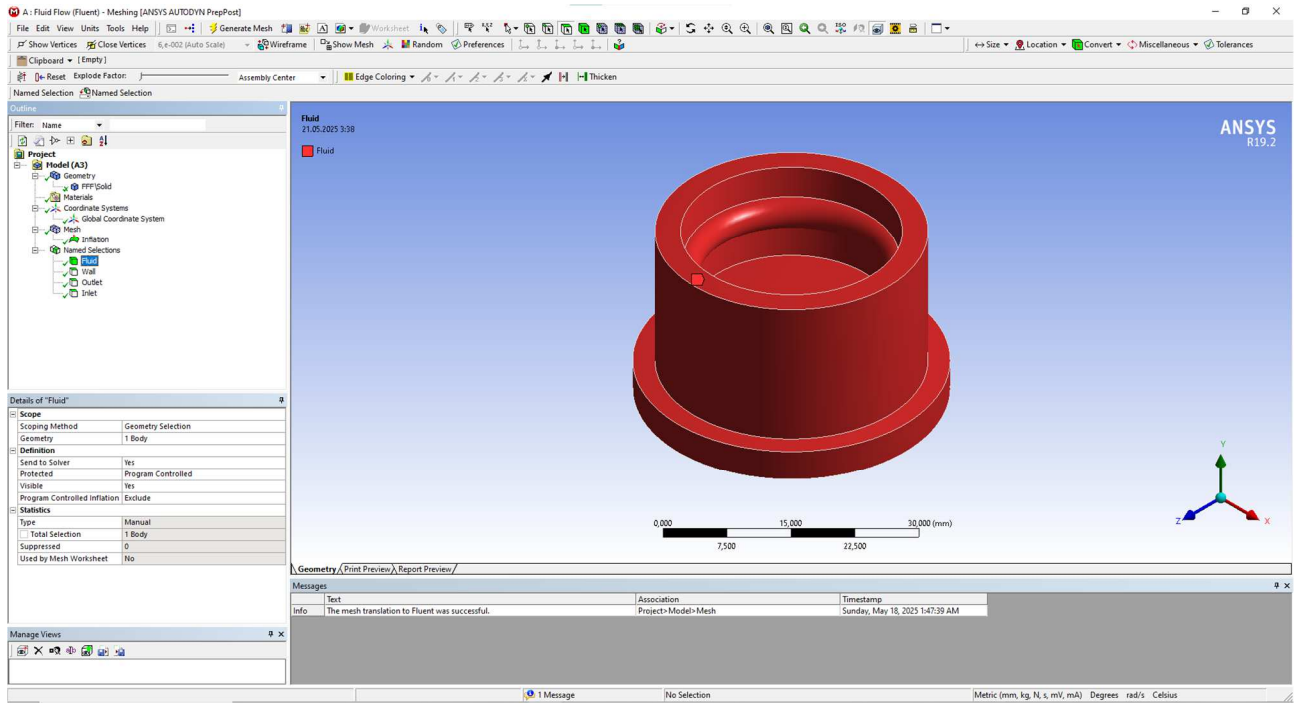


Рисунок 6.3 – Назва тіла

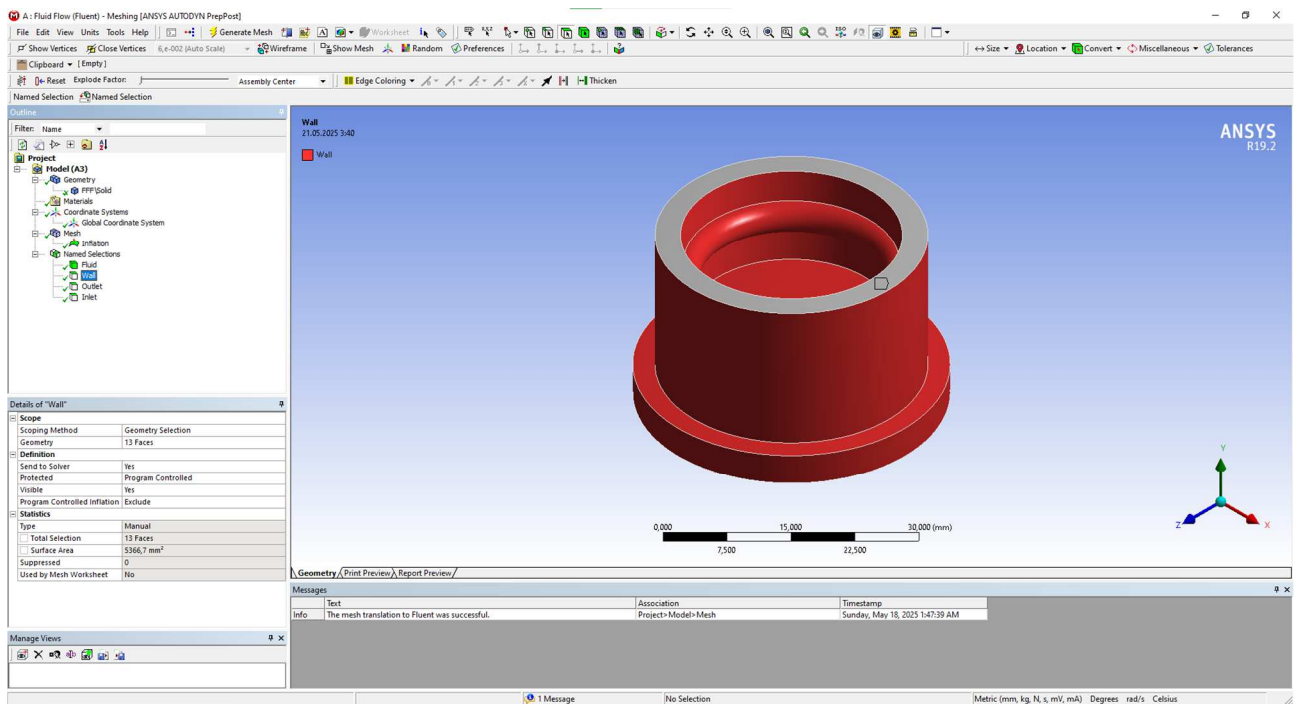


Рисунок 6.4 – Назва стінок

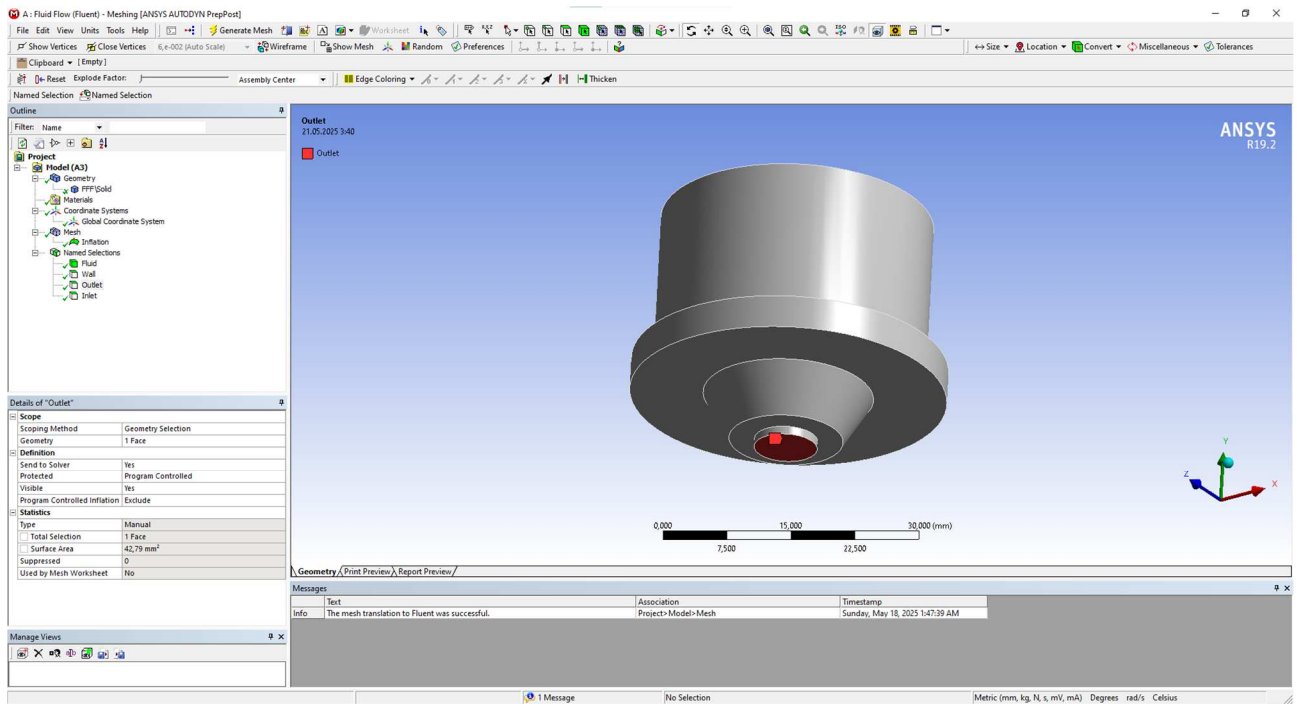


Рисунок 6.5 – Назва площини виходу рідини

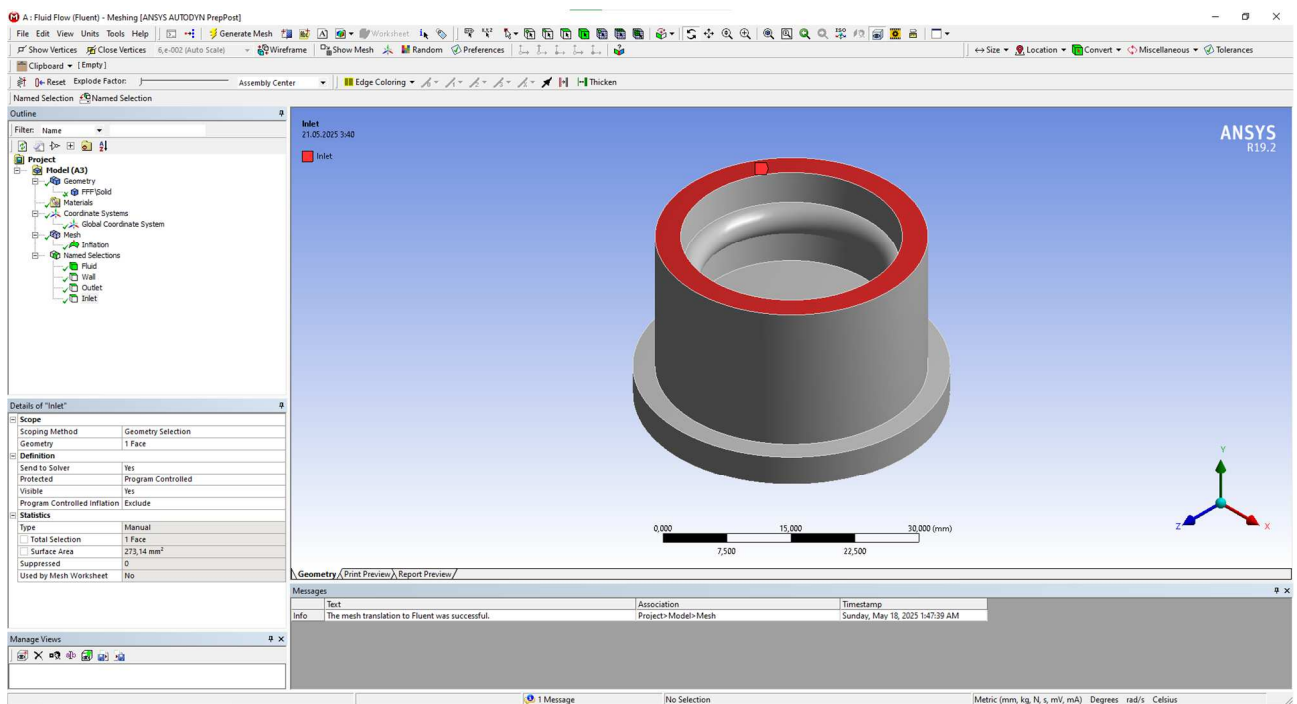


Рисунок 6.6 – Назва площини входу рідини

Переходимо до **Setup** в **Grid** задаємо гравітацію (рис. 6.7), і переходимо до **Models** де підключаємо **Viscous** (рис. 6.8). Тепер додаємо потрібний нам матеріал: гліцерин. Для цього натискаємо на **Materials** → **Import/Edit** → **Fluid Database** з'являється вікно **Fluid Material** у ньому знаходимо **glycerin** і натискаємо на **OK** (рис. 6.9).

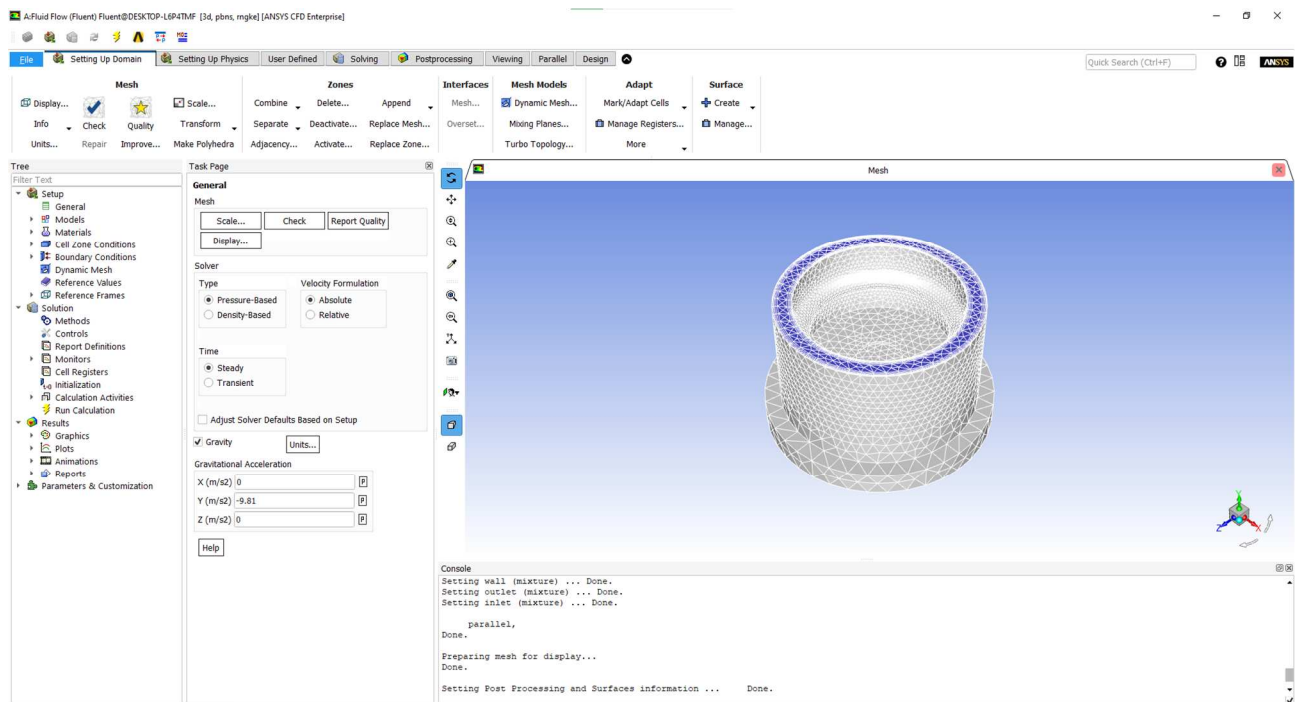


Рисунок 6.7 – Задання гравітації

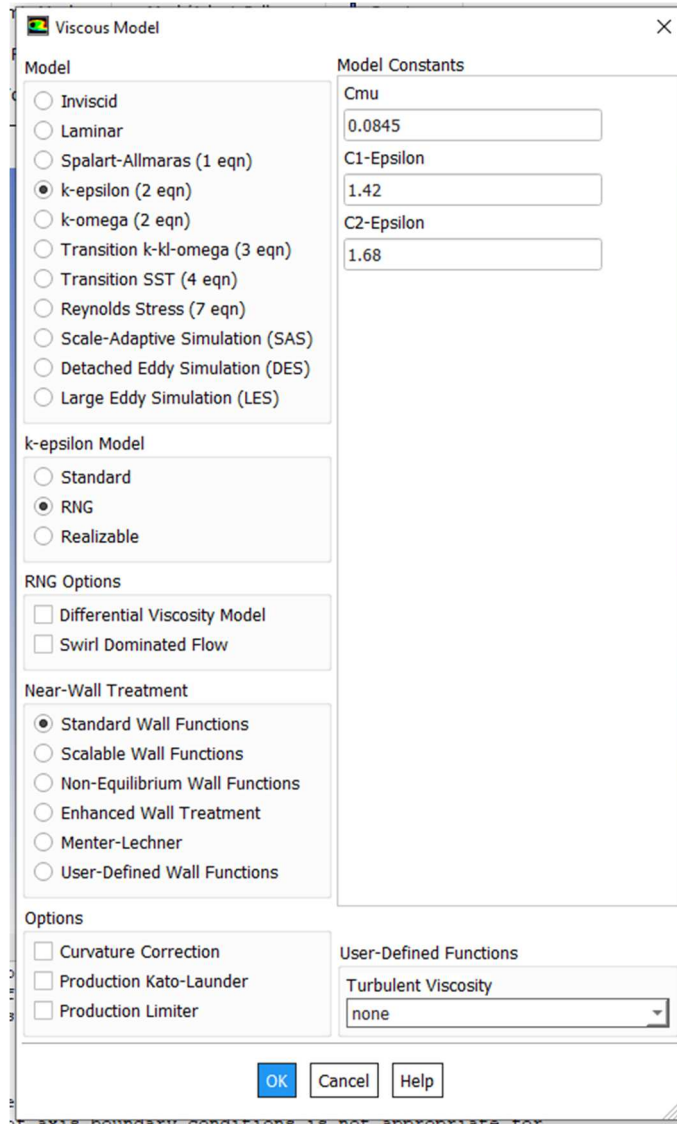


Рисунок 6.8 – Налаштування $V_{S_{ij}}$

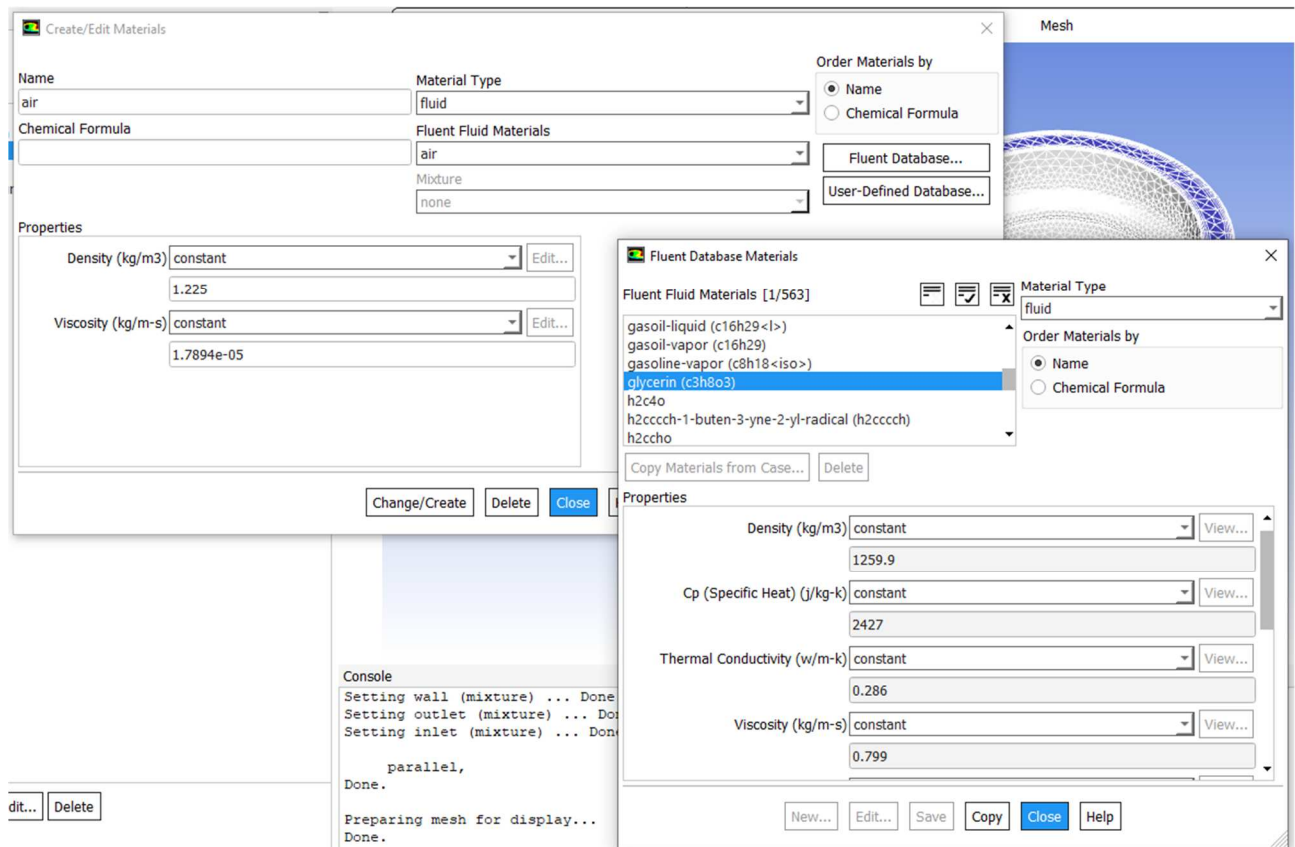


Рисунок 6.9 – Додання матеріалу

Заходимо на `File > Settings > Materials` → `fluid`. З'являється вікно `Fluid` у ньому змінюємо матеріал з повітря на гліцерин (рис. 6.10).

В `Boundary Conditions` обираємо до кожної зони свій тип:

- inlet → velocity-inlet (рис. 11);
- interior-fluid → `interior`;
- outlet → pressure-outlet;
- wall → wall.

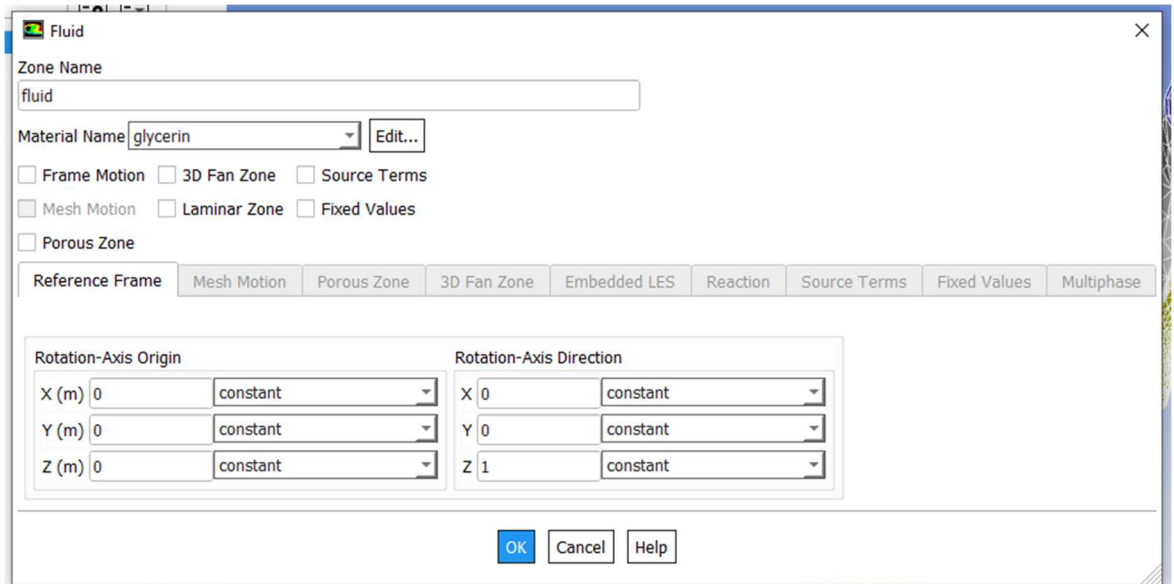


Рисунок 6.10 – Обрання матеріалу

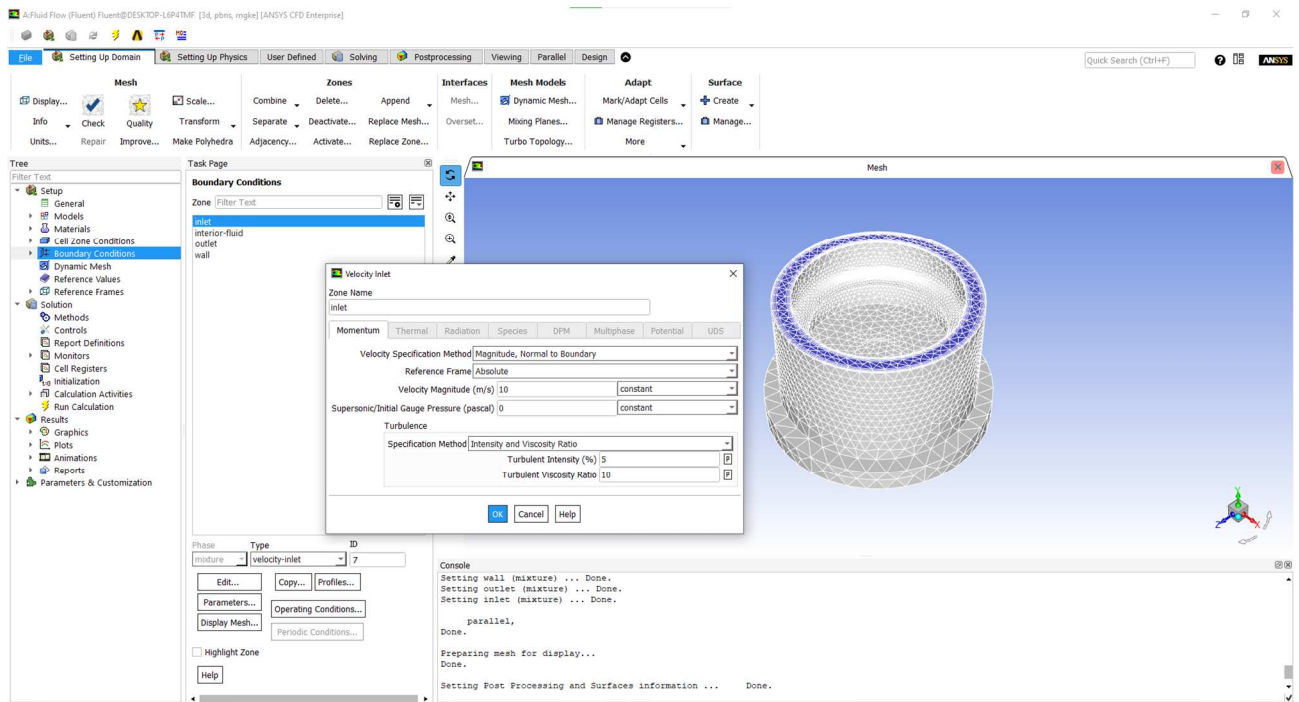


Рисунок 6.11 – Налаштування v_{inlet}

Переходимо на **Methods** і налаштуємо його (рис. 6.12).

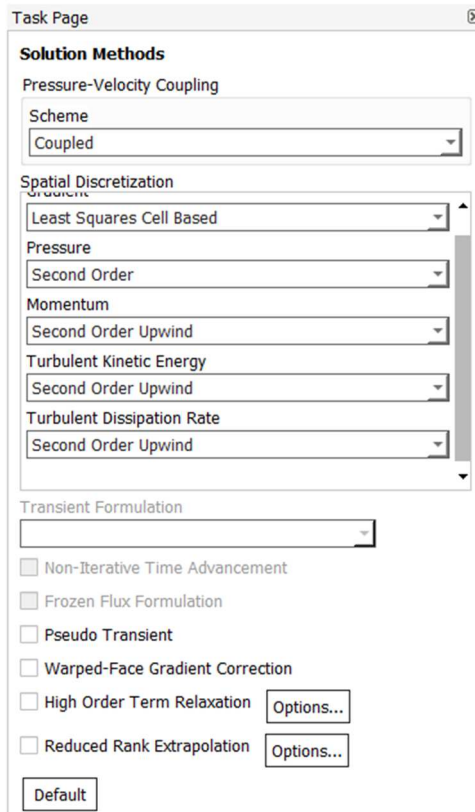


Рисунок 6.12 – Налаштування Methods

Налаштовуємо Residuals в Monitors (рис. 6.13). Переходимо до **monitors** і налаштовуємо його, а після всіх необхідних змін натискаємо на **monitors** (рис. 6.14).

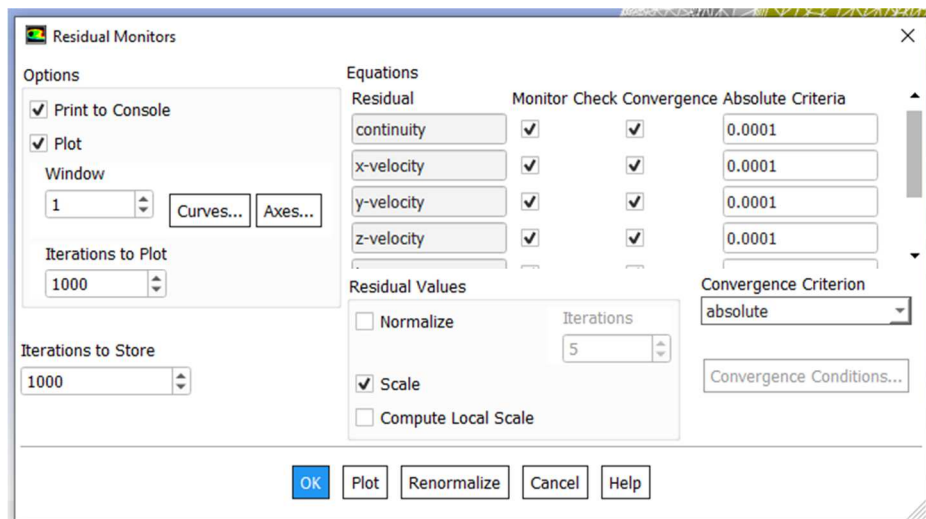


Рисунок 6.13 – Налаштування Residuals

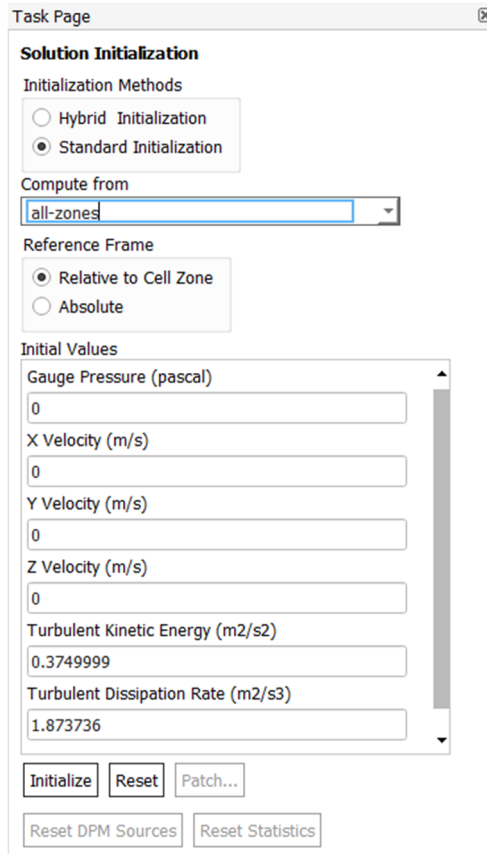


Рисунок 6.14 – Налаштування **Initialization**

Робимо останні налаштування в **Run Initialization** і натискаємо на **Initialize** (рис. 6.15). Дивимося результати (рис. 6.16-6.17).

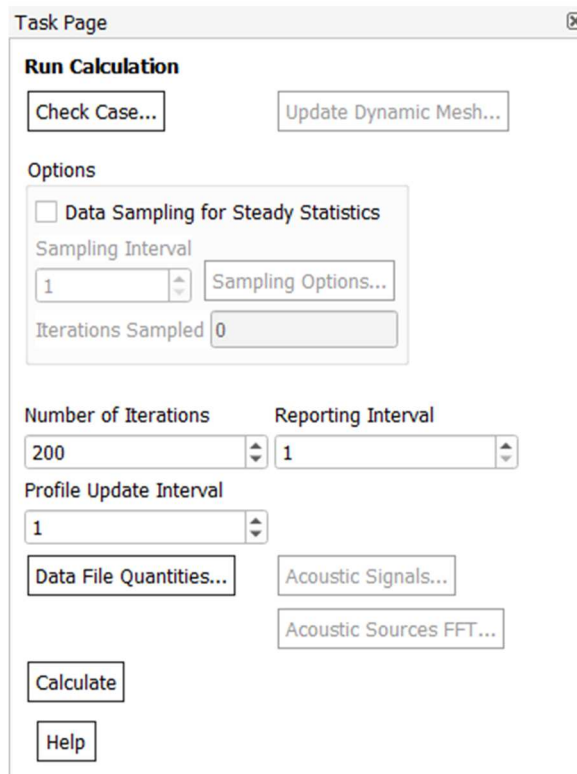


Рисунок 6.15 – Налаштування **Run Initialization**

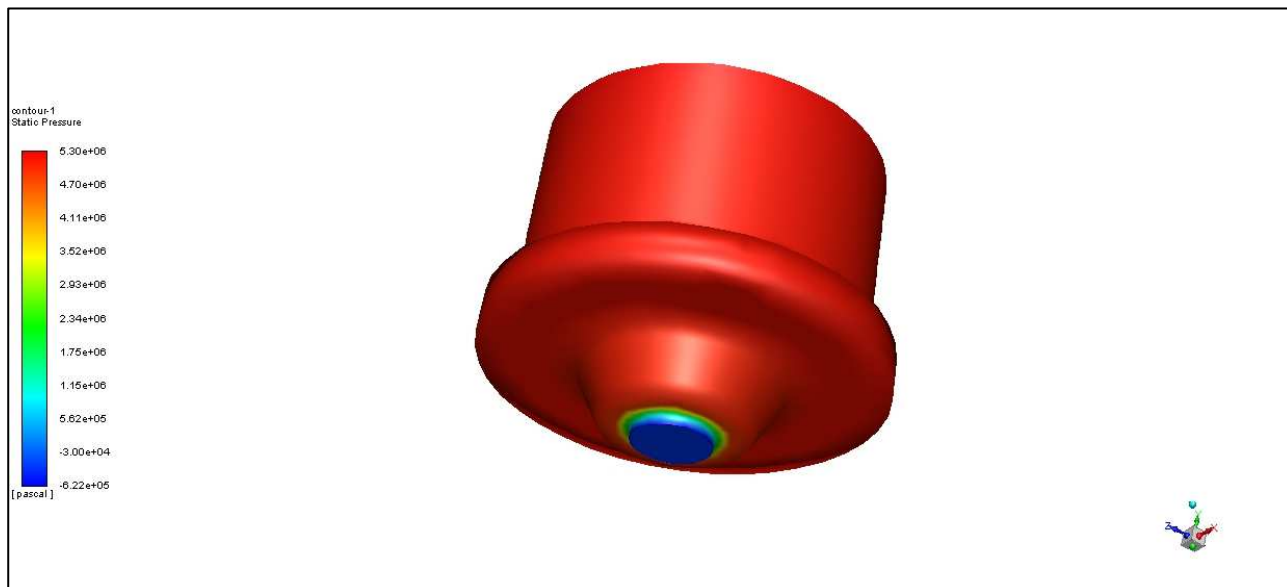


Рисунок 6.16 – Static Pressure

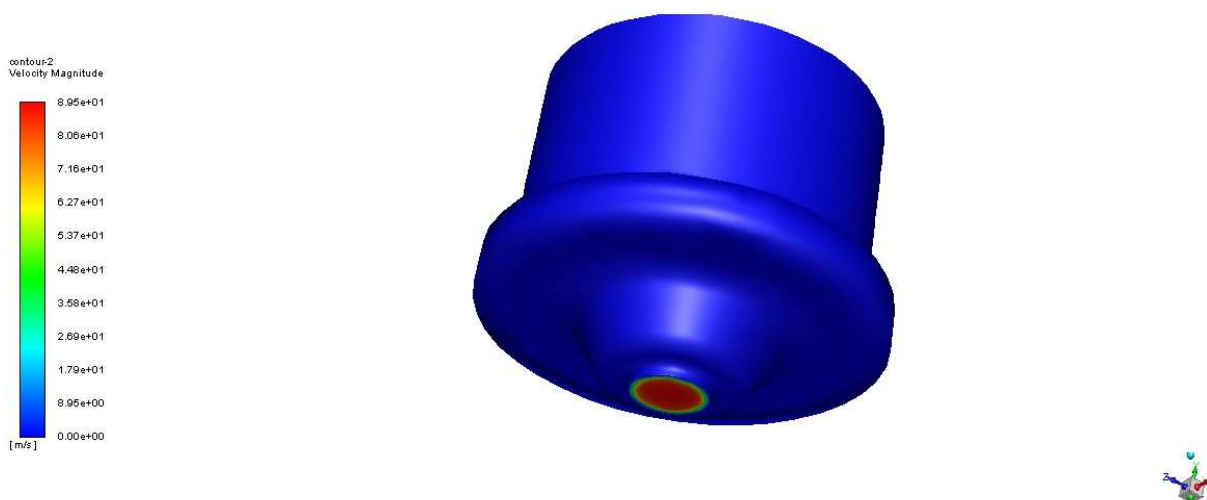


Рисунок 6.17 – Velocity Magnitude

Висновки

У ході виконаної роботи була побудована детальна 3D-модель розливного патрона, виконано її збірку та проведено комп'ютерну гідродинамічну симуляцію процесу розливу гліцерину в ємність. Отримані результати дозволяють оцінити характер руху рідини під час роботи пристрою та виявити критичні ділянки.

Максимальний статичний тиск у системі досягав значення 5.30×10^6 Па, що свідчить про значне навантаження в області накопичення рідини перед

моментом виходу. Мінімальне значення становило -6.22×10^5 Па, що свідчить про локальні області зниженого тиску на виході або в зоні турбулентності.

Швидкість потоку змінювалася в межах від 0 до 89.5 м/с, що є доволі високим показником для в'язкої рідини, такої як гліцерин. Це свідчить про інтенсивний розливний процес і необхідність подальшого контролю стабільності потоку, особливо у зоні виходу, щоб уникнути розбризкування чи нерівномірного наповнення.

Отримані результати демонструють ефективність побудованої моделі та адекватність проведеної симуляції. Виявлені особливості руху гліцерину можуть бути враховані під час подальшого вдосконалення геометрії патрона або розробки регуляторів потоку для забезпечення рівномірного та контрольованого процесу розливу.

6.2 Модифікована конструкція

Відкриваємо ANSYS Workbench і перетягуємо Fluid Flow (Fluent) у поле Project Schematic. Імпортуємо створену в SolidWorks геометрію (рис. 6.18).

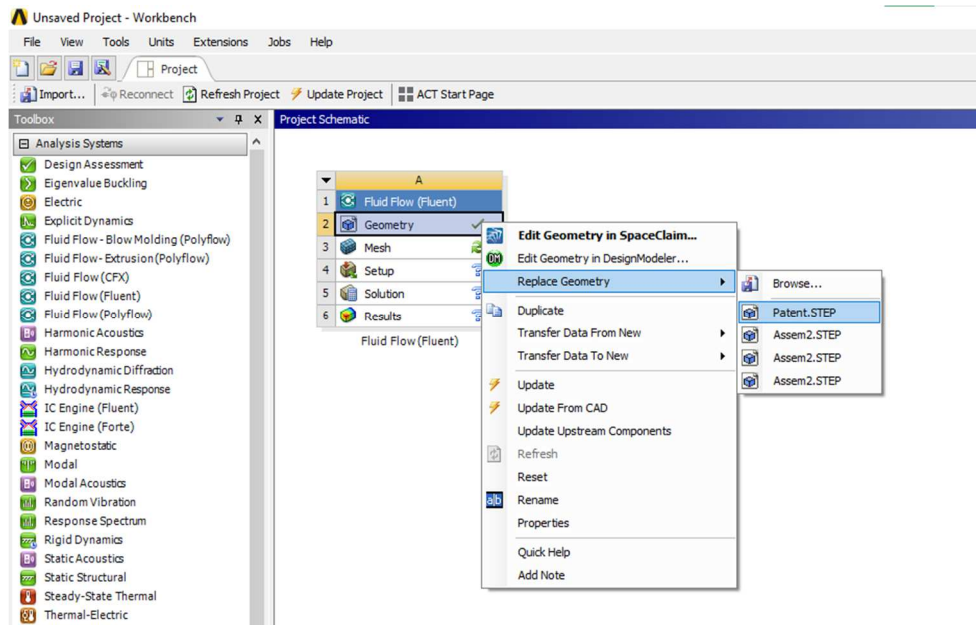


Рисунок 18 – Імпорт геометрії

ПКМ натискаємо на Geometry і обираємо Edit Geometry in SpaceClaim. Відкривається вікно ANSYS SpaceClaim: Fluid Flow (Fluent) у ньому змінюємо геометрію (рис. 6.19-6.26).

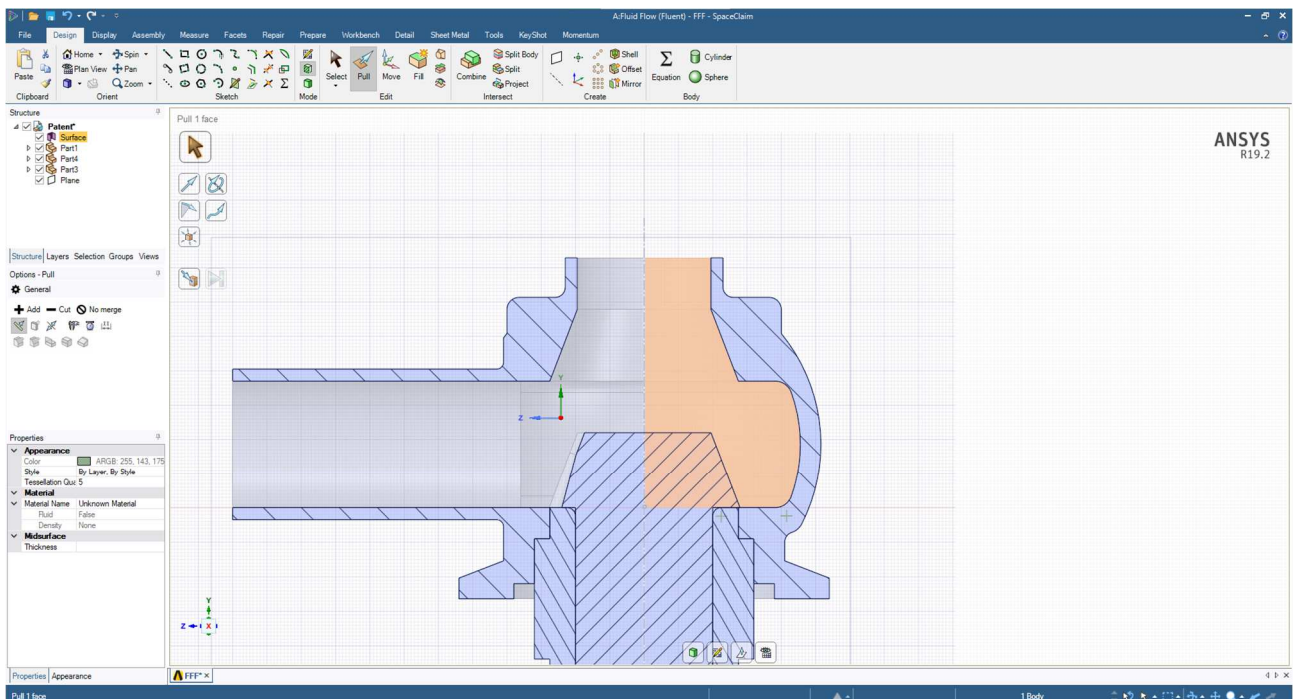


Рисунок 6.19 – Створення ескізу

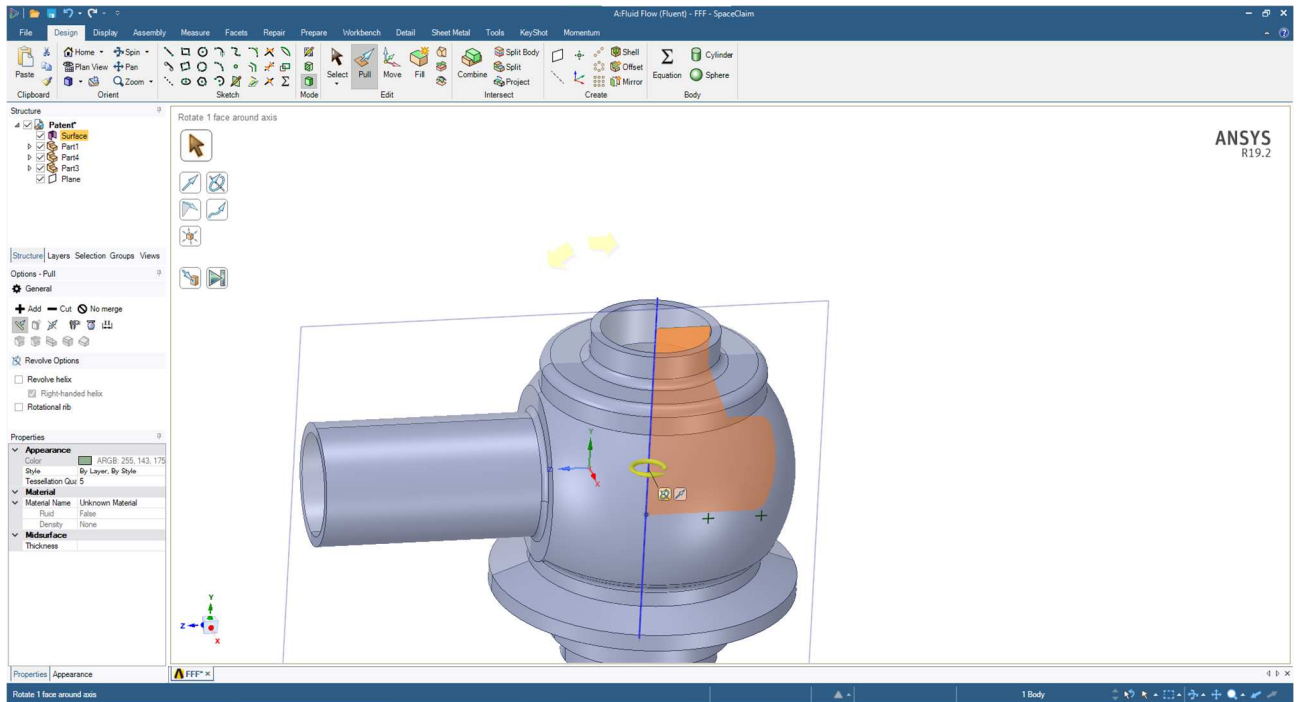


Рисунок 6.20 – Створення тіла обертання

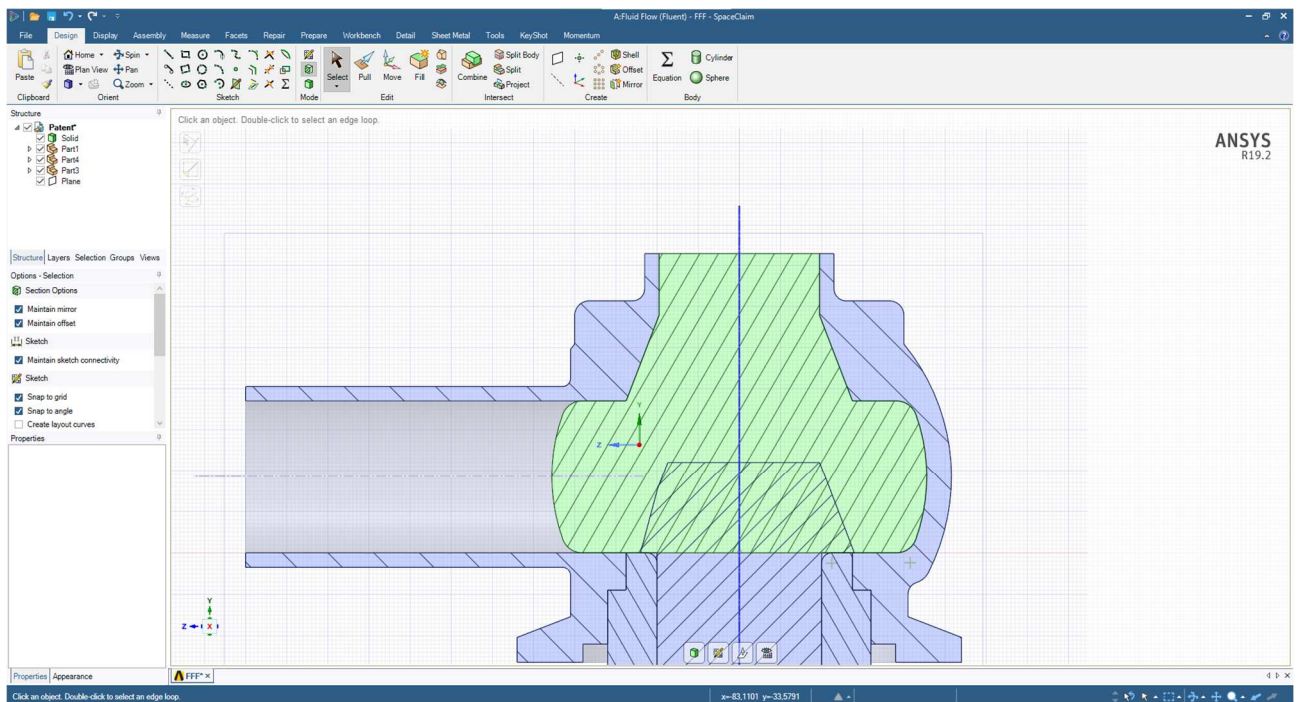


Рисунок 6.21 – Створене тіло у розрізі

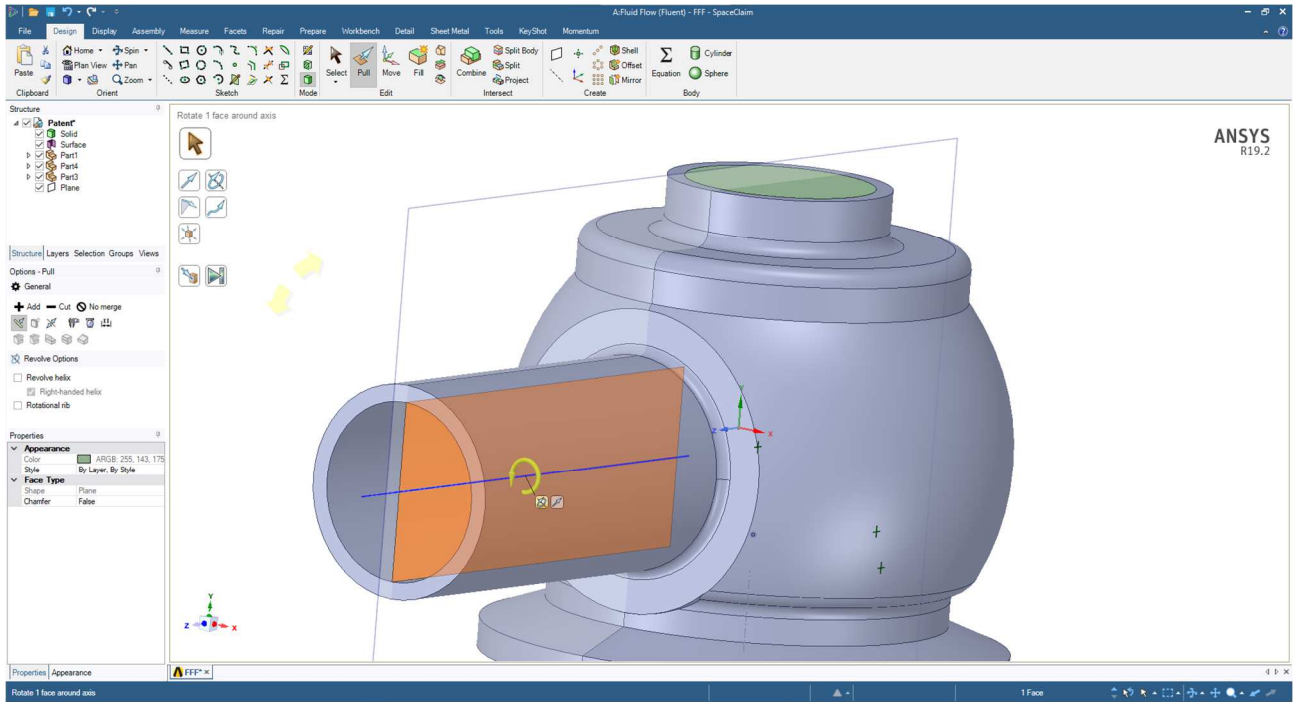


Рисунок 6.22 – Створення тіла обертання

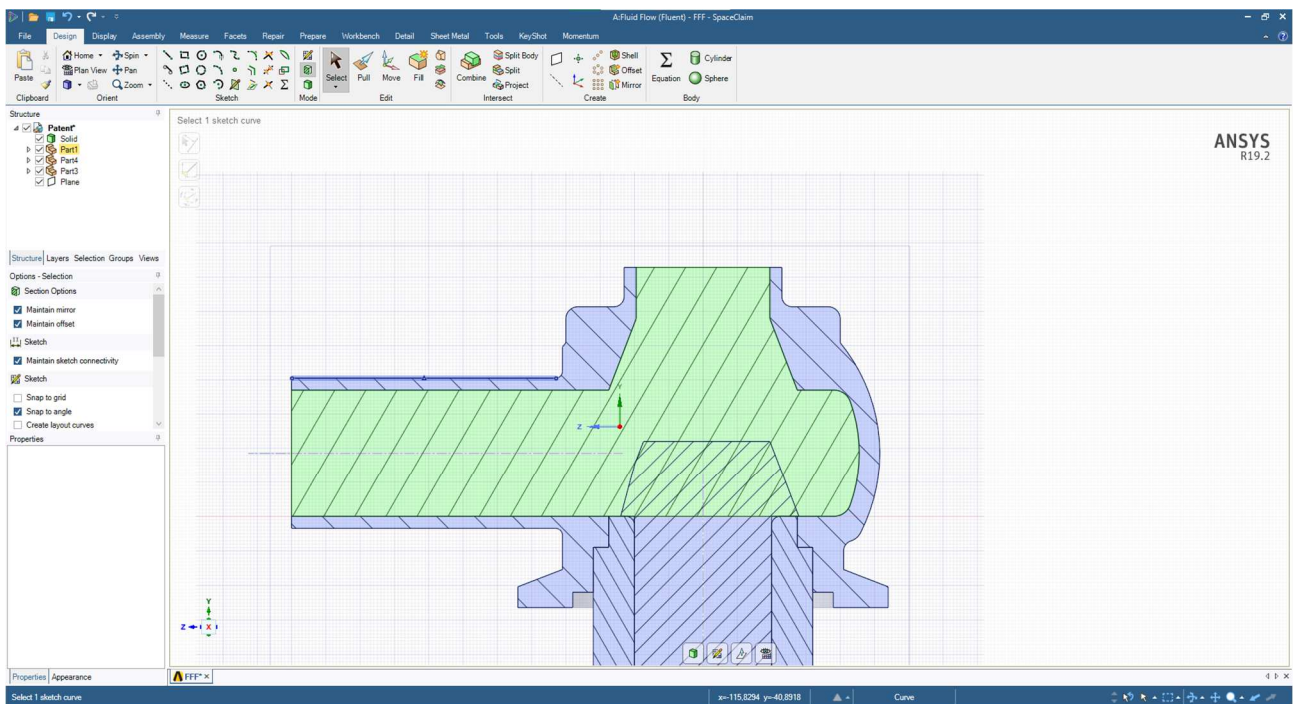


Рисунок 6.23 – Створене тіло у розрізі

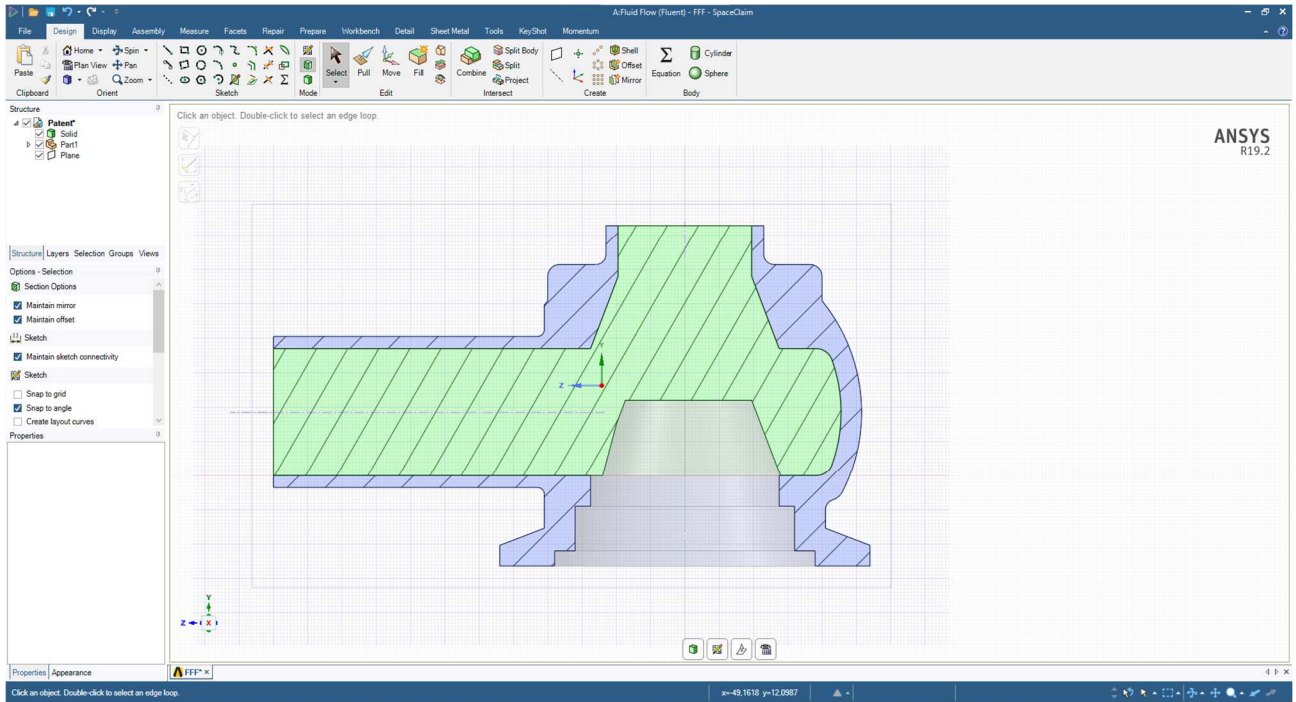


Рисунок 6.24 – Вирізання затвору та ущільнення

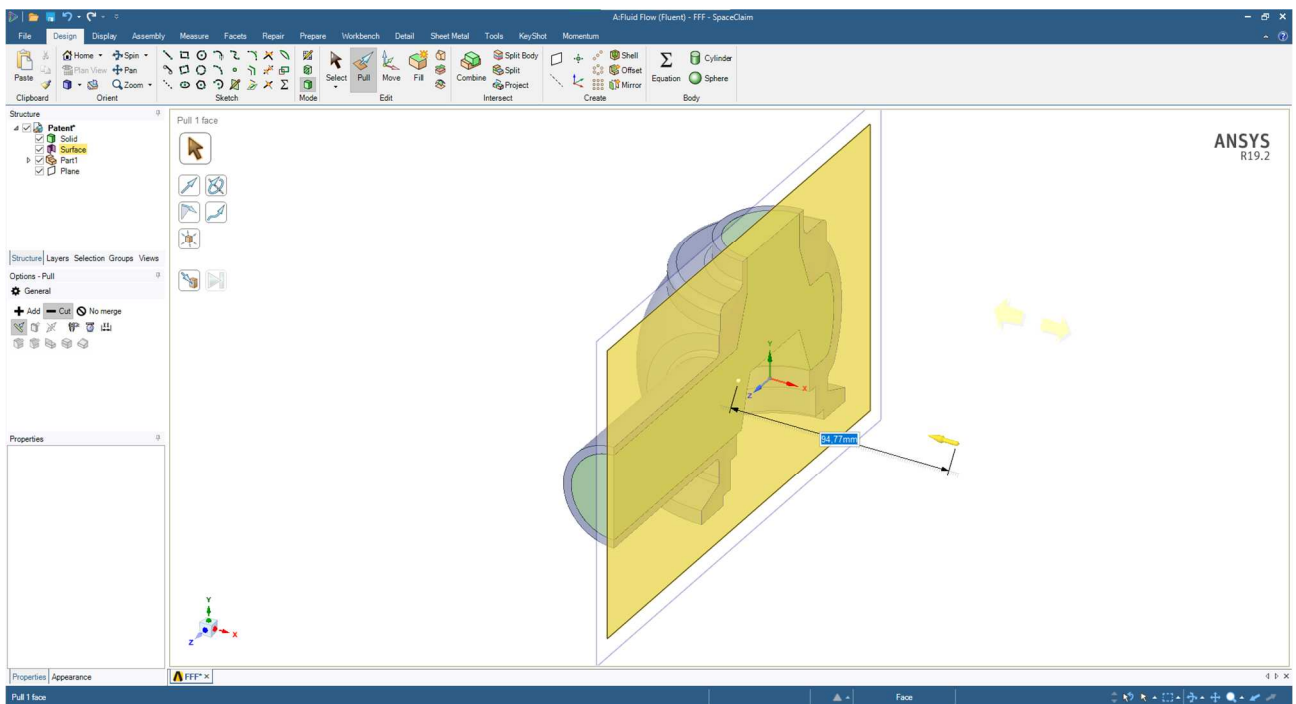


Рисунок 6.25 – Видалення другої половинки моделі для спрощення розрахунків

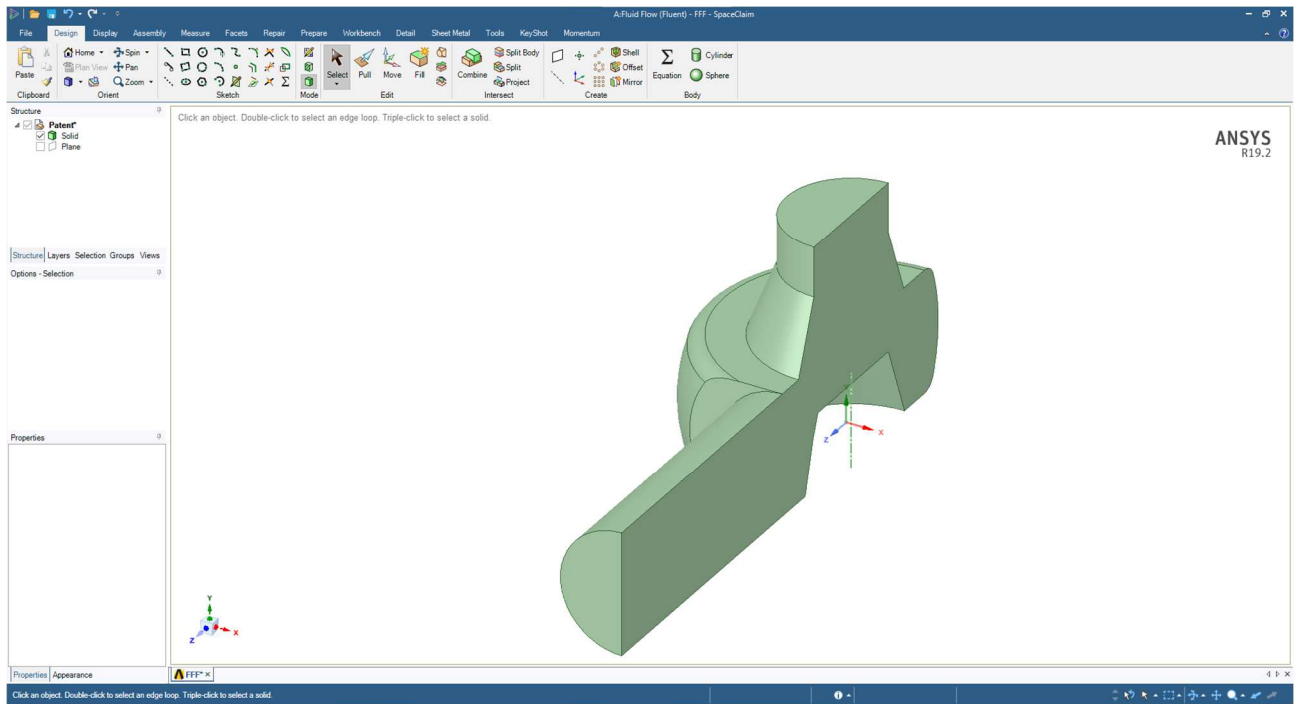


Рисунок 6.26 – Готова модель рідини

Закриваємо редактор геометрії і переходимо до Mesh. У Geometry змінюємо Material на Fluid (рис. 6.27). Генеруємо сітку для того щоб переконатися, що з геометрією моделі все добре (рис. 6.28).

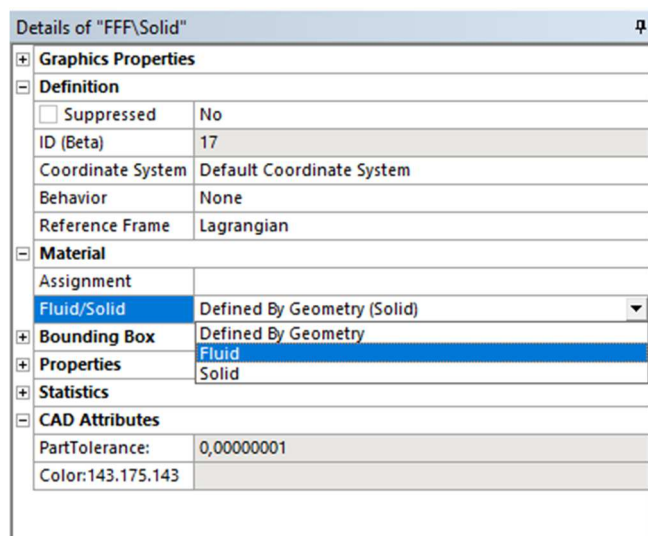


Рисунок 6.27 – Обрання матеріалу

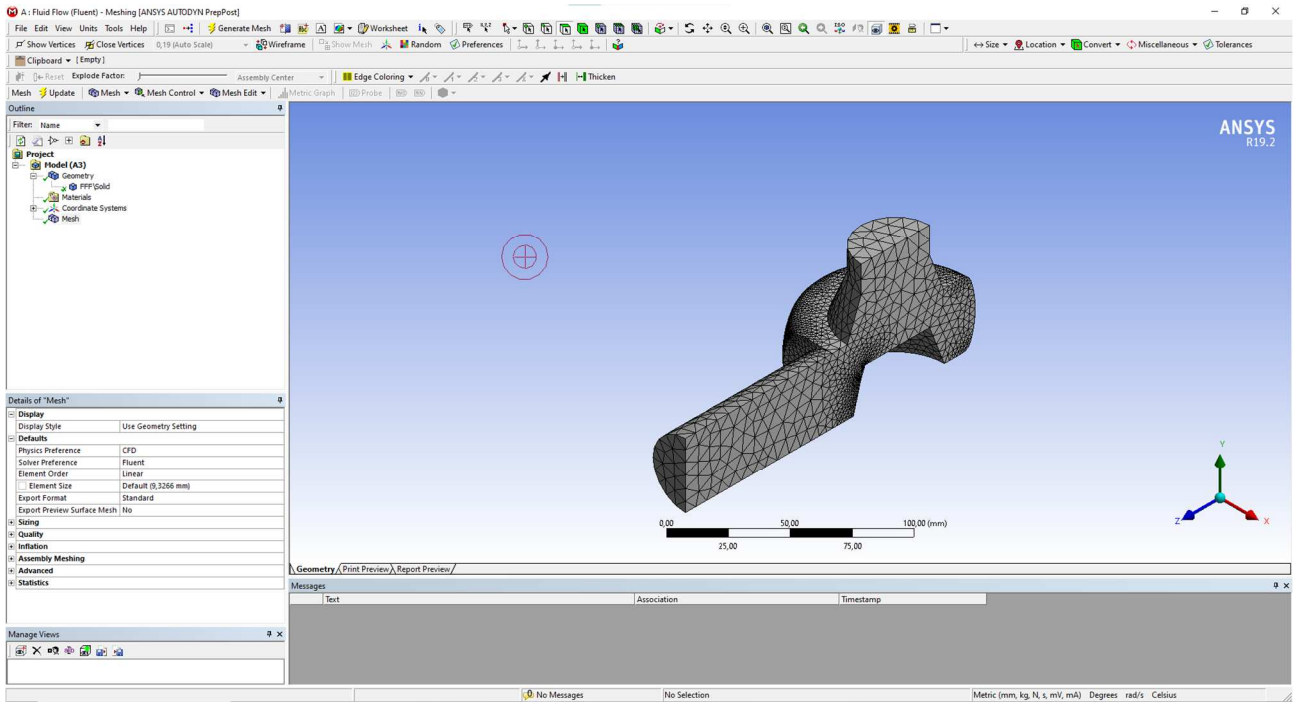


Рисунок 6.28 – Згенерована сітка

Тепер задаємо назву моделі та кожній її стінки (рис. 6.29-6.34).

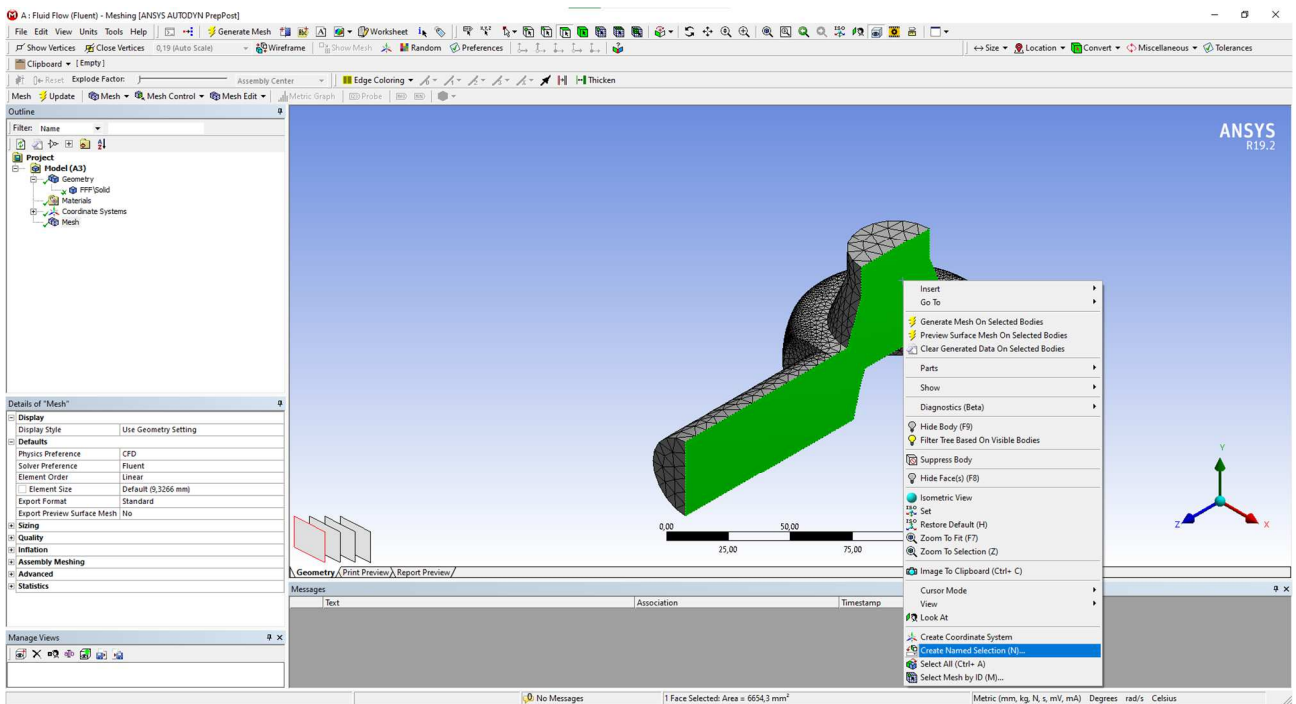


Рисунок 6.29 – Команда `File > Mesh > Generate Mesh`

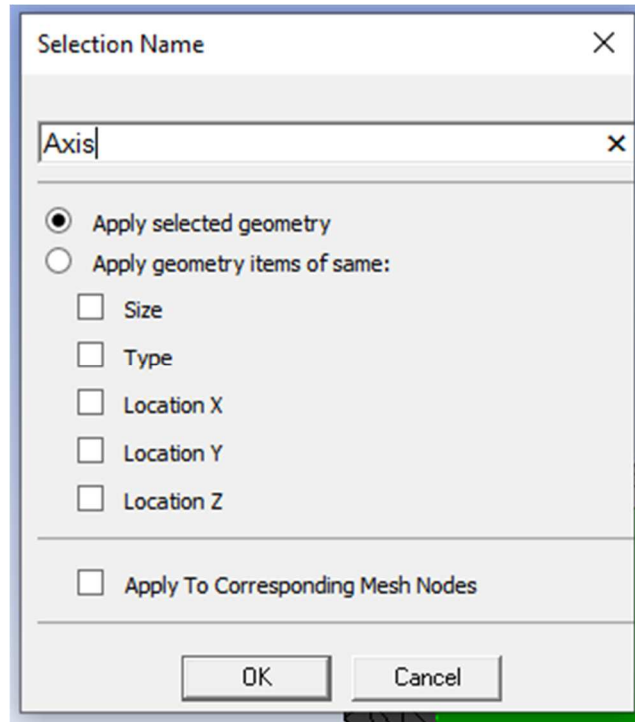


Рисунок 6.30 – Назва площини симетрії моделі

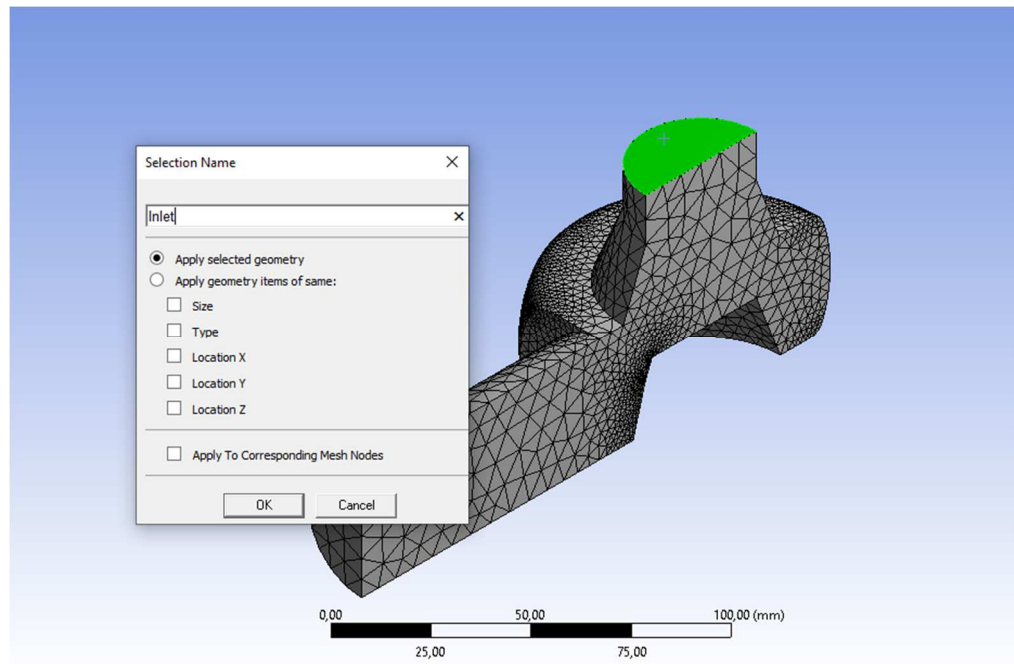


Рисунок 6.31 – Назва площини входу рідини

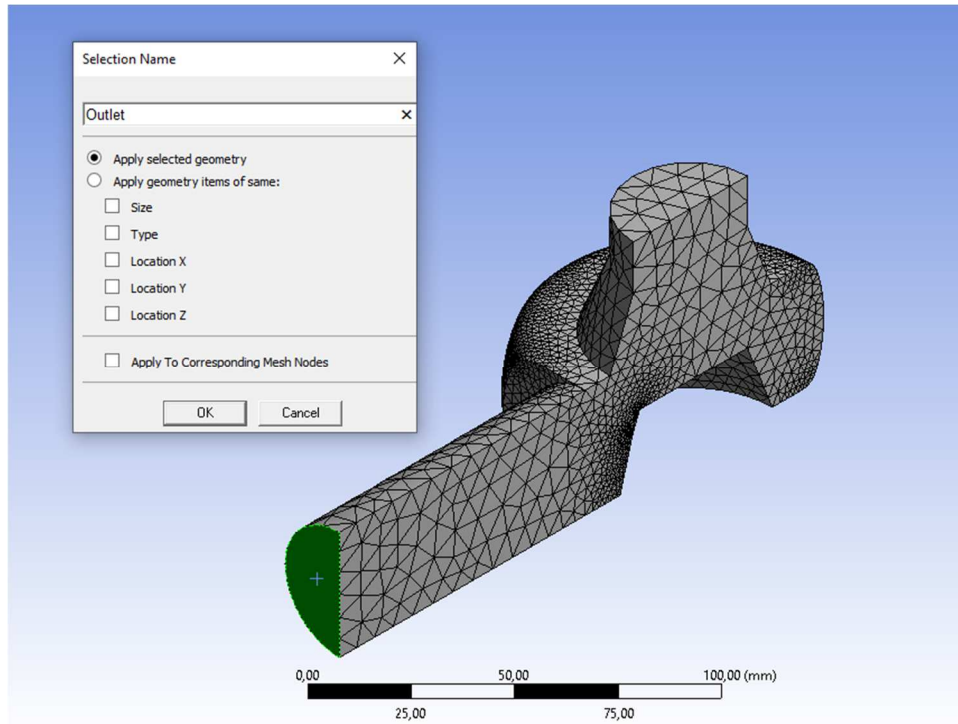


Рисунок 6.32 – Назва площини виходу рідини

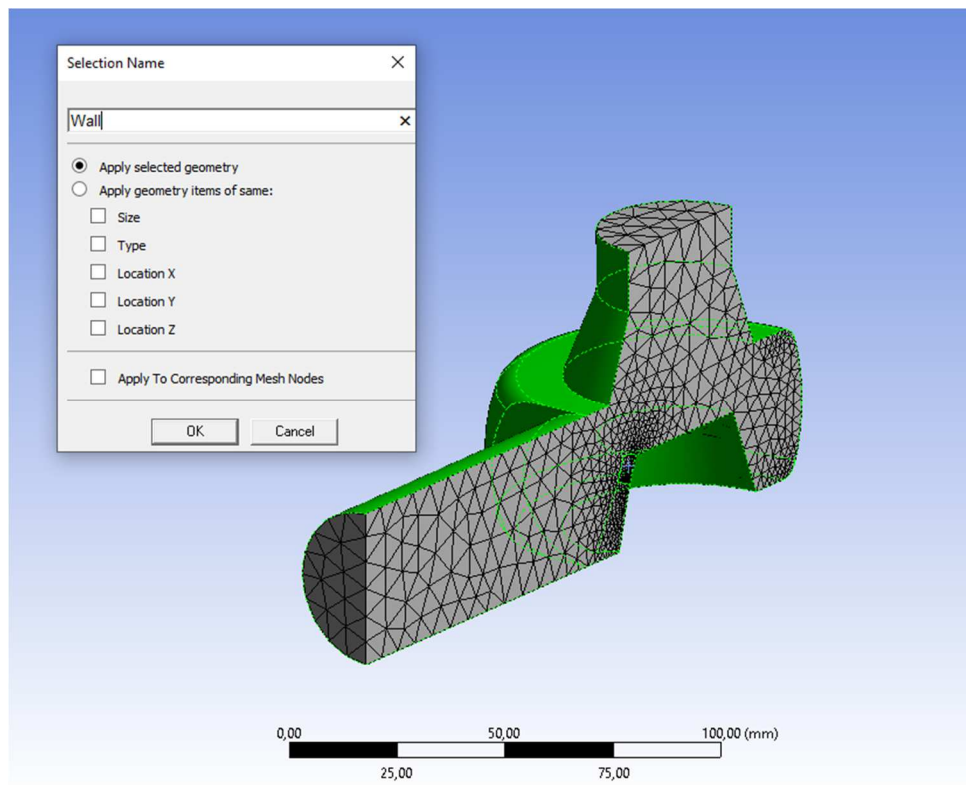


Рисунок 6.33 – Назва стінок

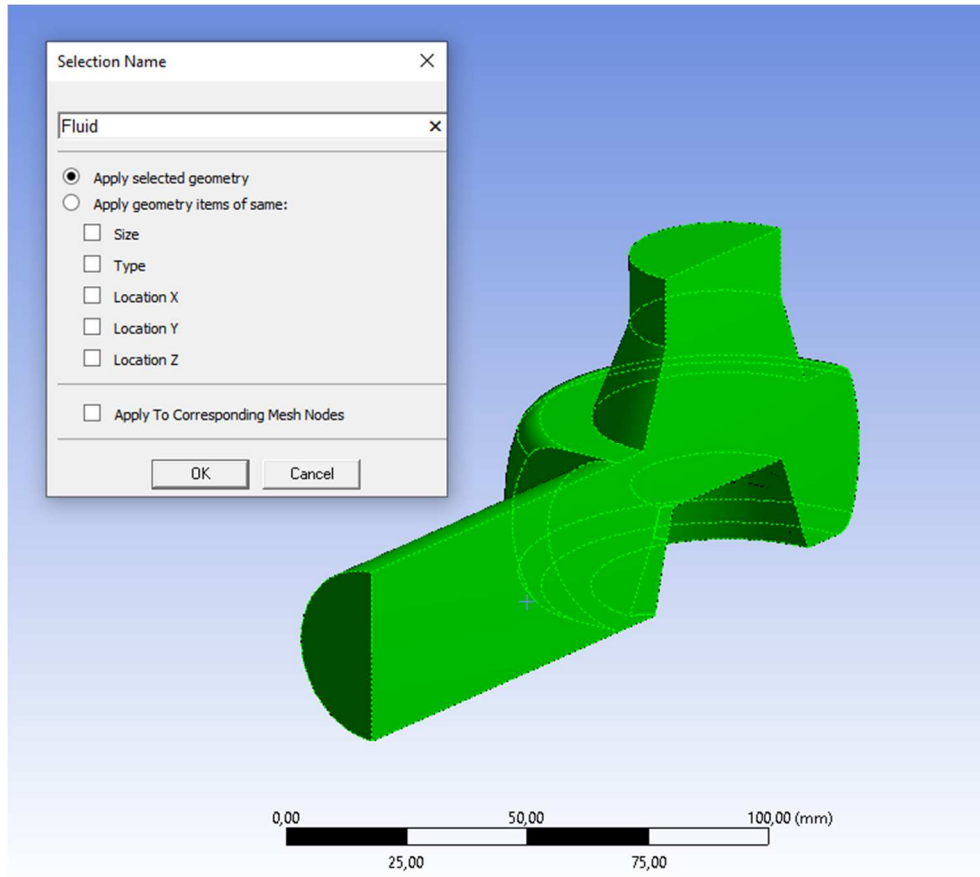


Рисунок 6.34 – Назва тіла

Редагуємо сітку так, щоб біля стінок були більш точні результати (рис. 6.35-6.37).

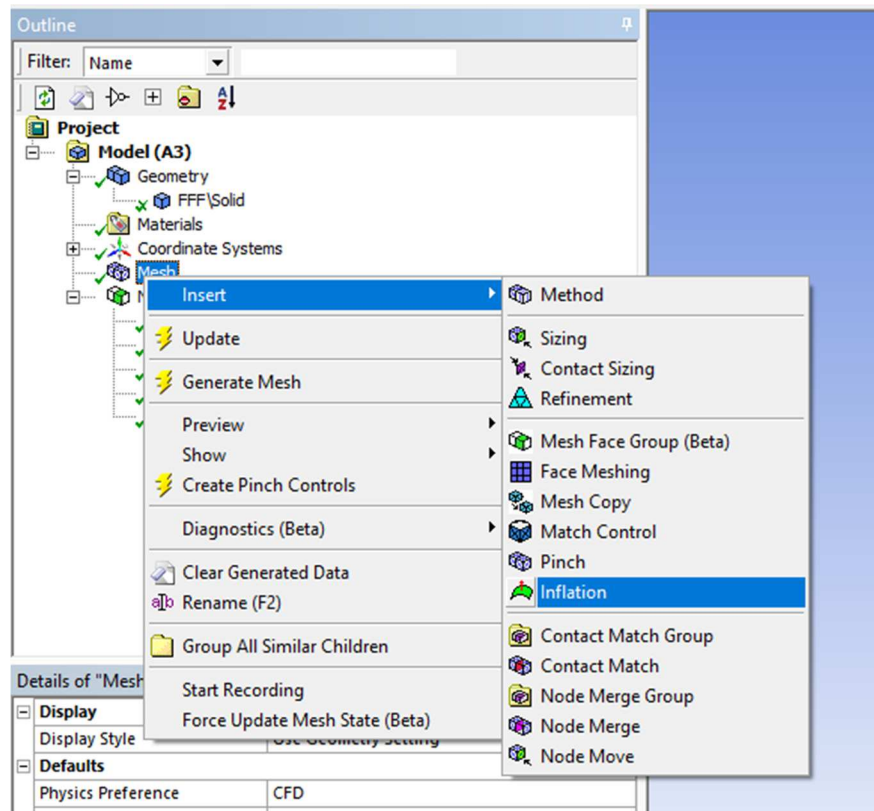


Рисунок 6.35 – Команда `inflation`

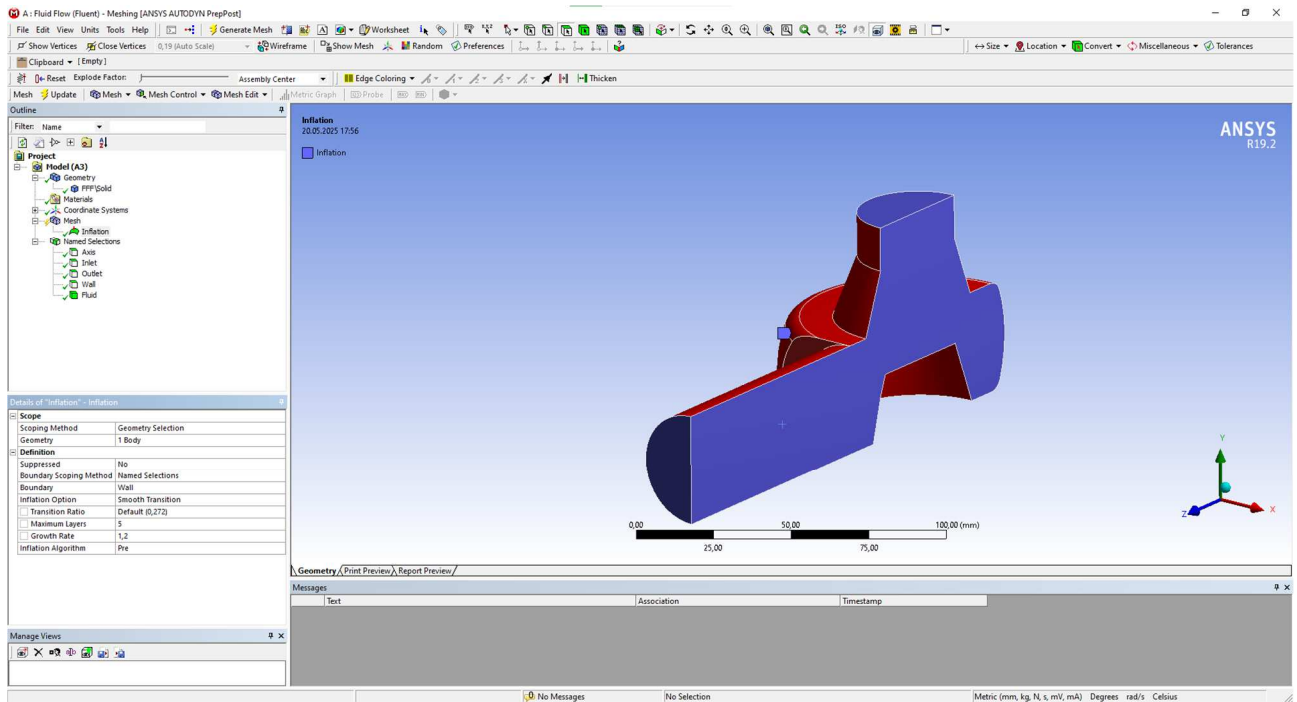


Рисунок 6.36 – Налаштування `inflation`

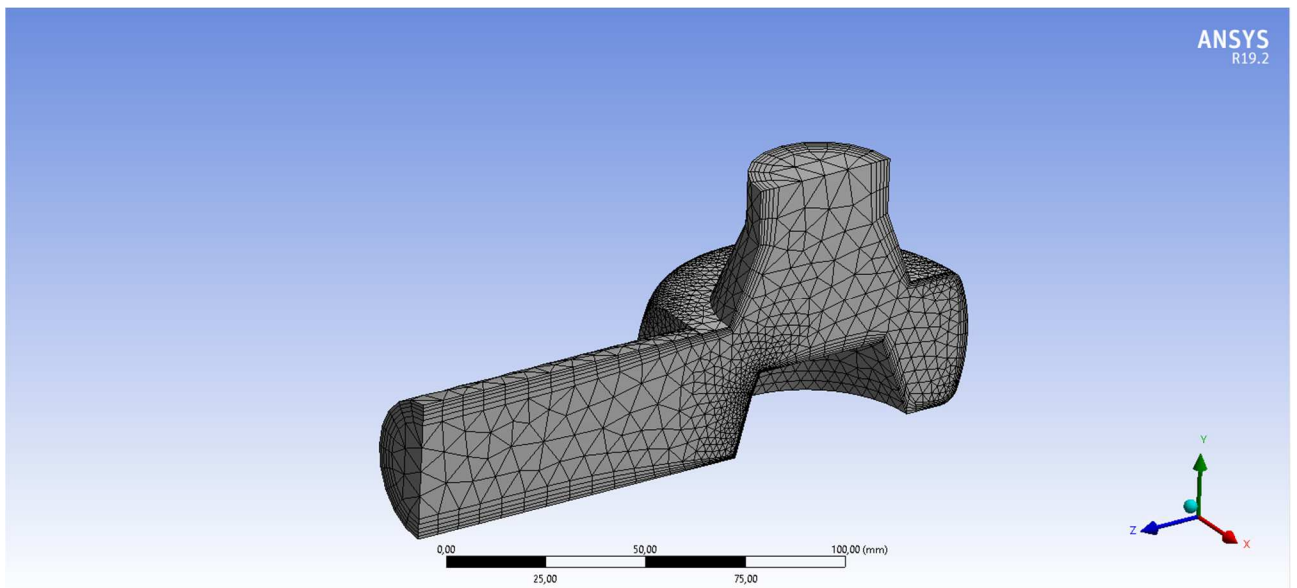


Рисунок 6.37 – Готова сітка

Переходимо до `Situ`. В `Grp` задаємо гравітацію (рис. 6.38), і переходимо до `Models` де підключаємо `Viscus` (рис. 6.39). Тепер додаємо потрібний нам матеріал: гліцерин. Для цього натискаємо на `Materials` → `create/edit` → `Fluid Database`. З'являється вікно `Fluid Fluid Materials` у ньому знаходимо `glycerin` і натискаємо на `add` (рис. 6.40).

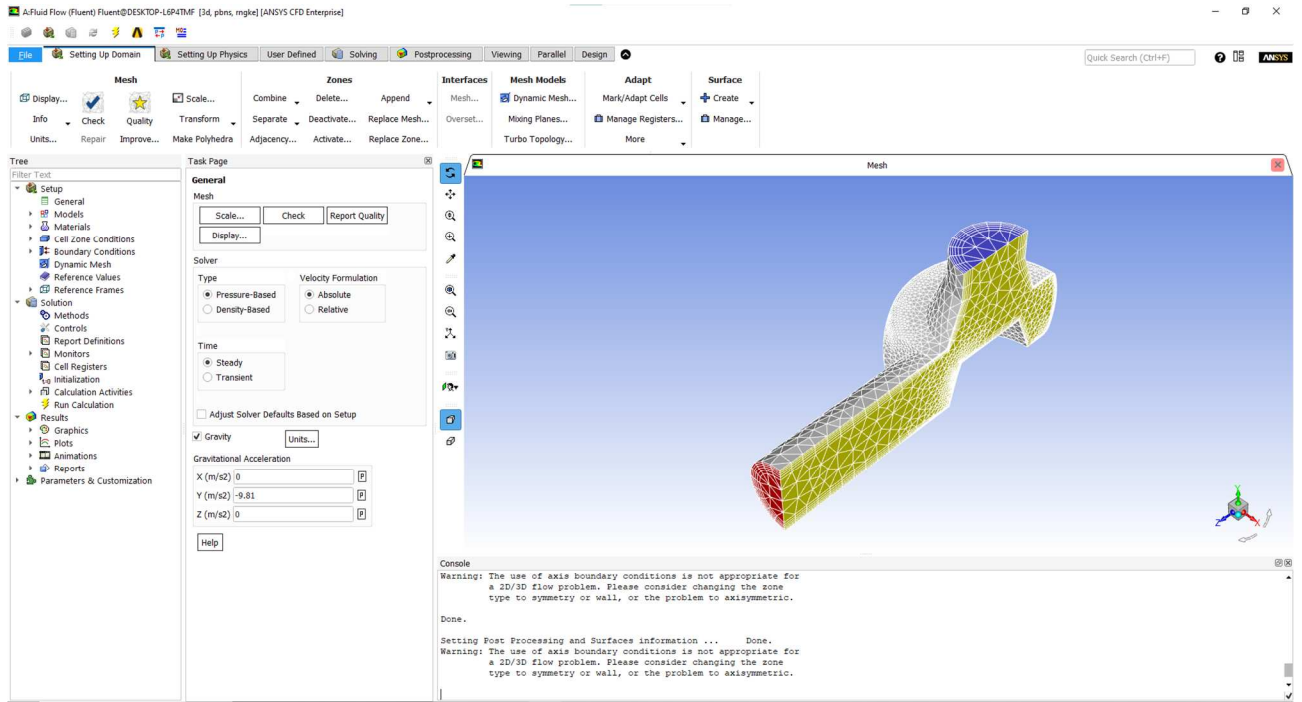


Рисунок 6.38 – Задання гравітації

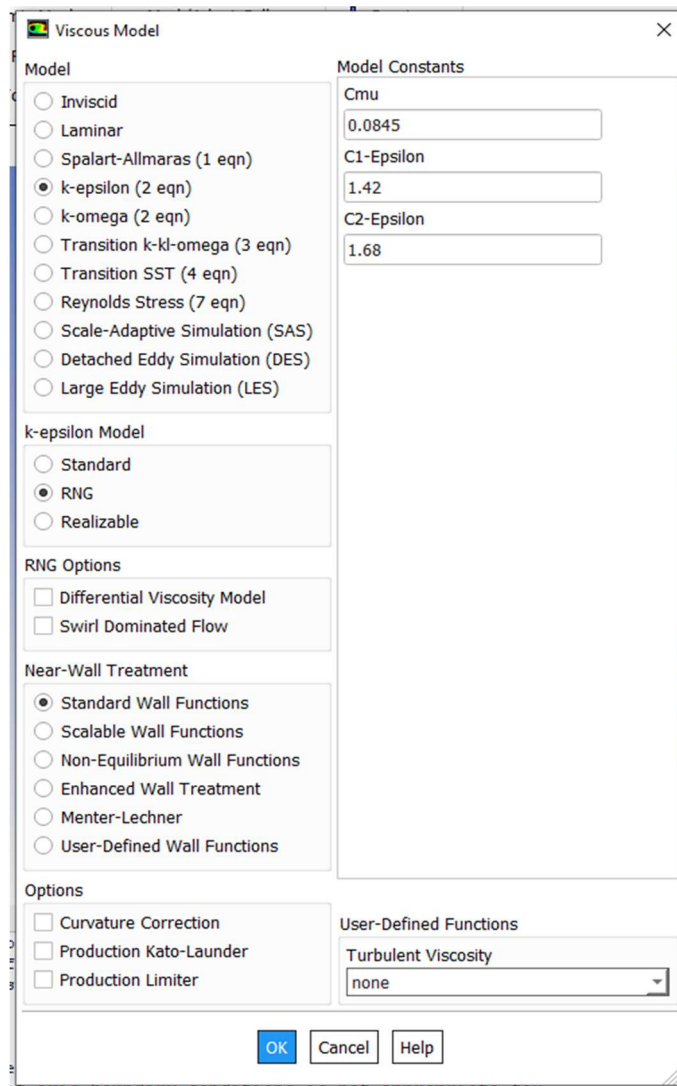


Рисунок 6.39 – Налаштування Viscous

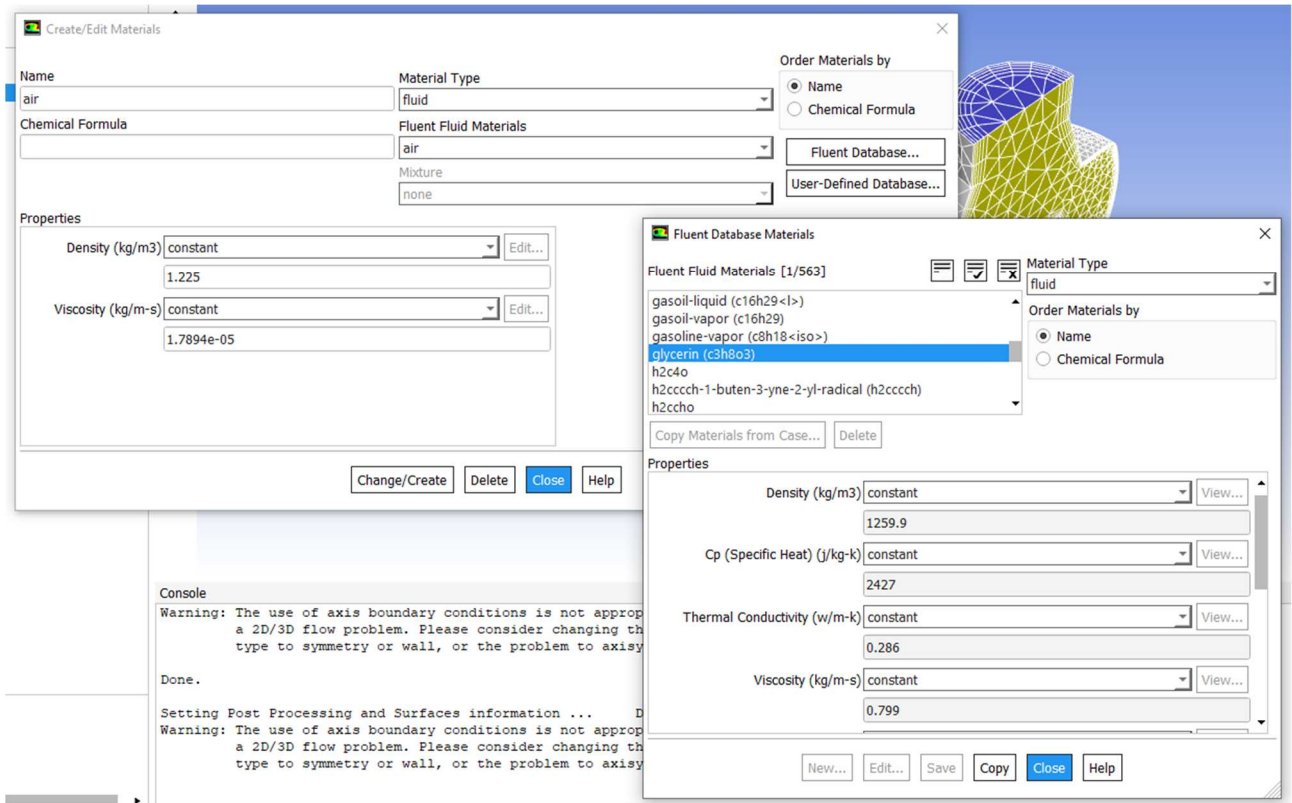


Рисунок 6.40 – Додання матеріалу

Заходимо на `File > Settings > Materials` → `fluid`. З'являється вікно `Fluid` у ньому змінюємо матеріал з повітря на гліцерин (рис. 6.41).

В `Boundary Conditions` обираємо до кожної зони свій тип:

- `axis` → `axis`;
- `inlet` → `velocity-inlet` (рис. 25);
- `interior-fluid` → `interior`;
- `outlet` → `pressure-outlet`;
- `wall` → `wall`.

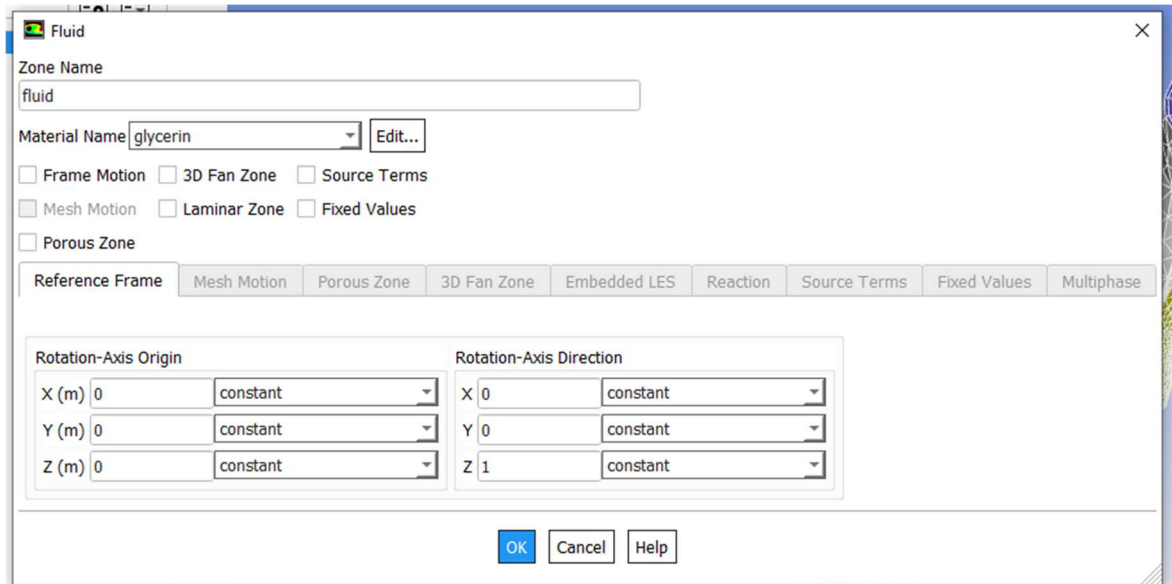


Рисунок 6.41 – Обрання матеріалу

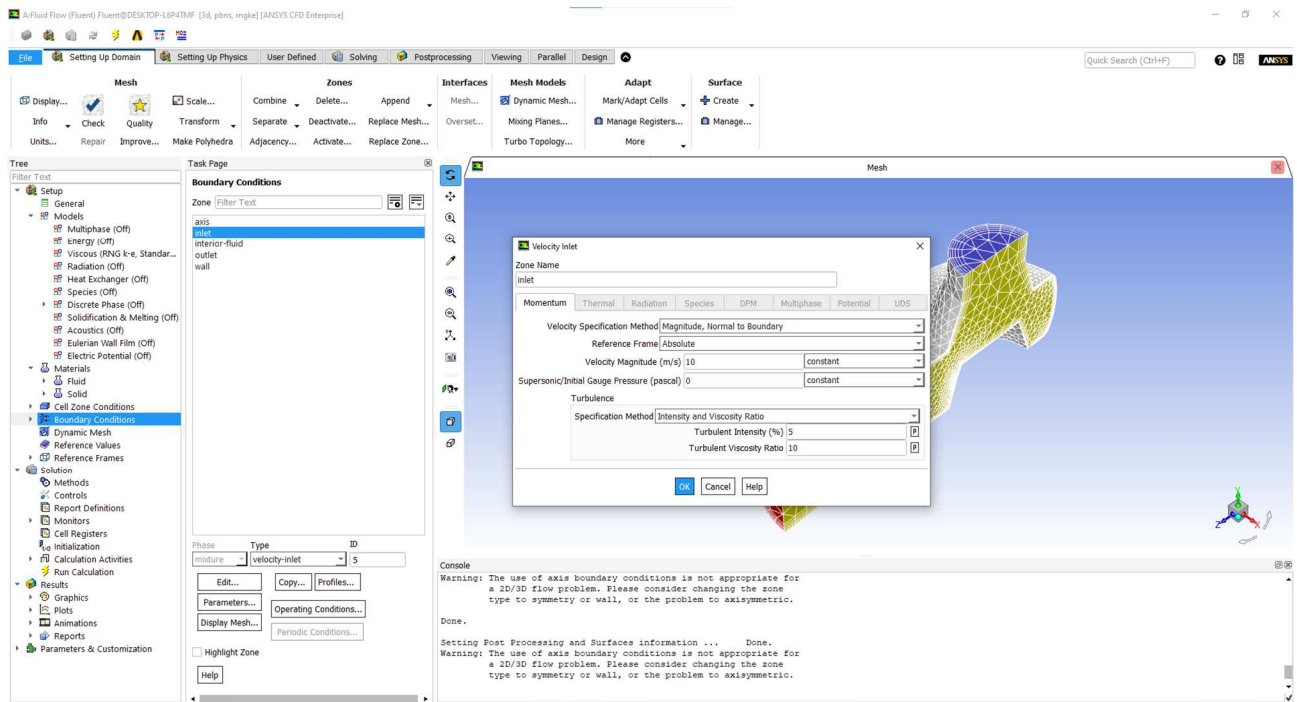


Рисунок 6.42 – Налаштування v_{inlet}

Переходимо на Methods і налаштуємо його (рис. 6.43).

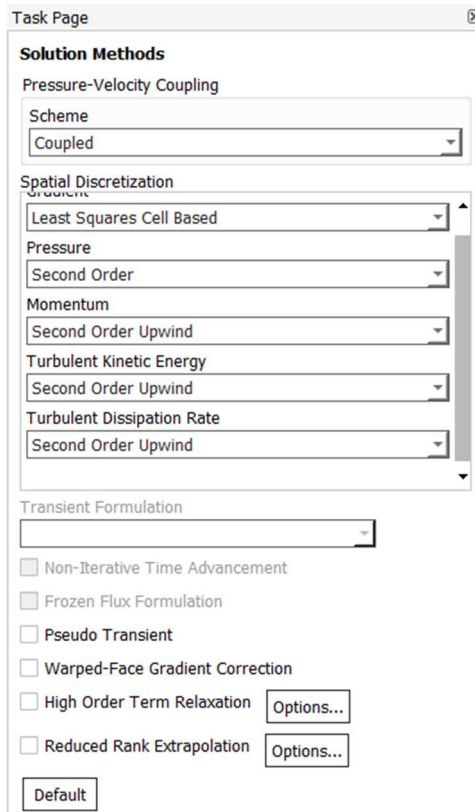


Рисунок 6.43 – Налаштування Methods

Налаштовуємо Residuals в Monitors (рис. 6.44). Переходимо до **monitors** і налаштовуємо його, а після всіх необхідних змін натискаємо на **monitors** (рис. 6.45).

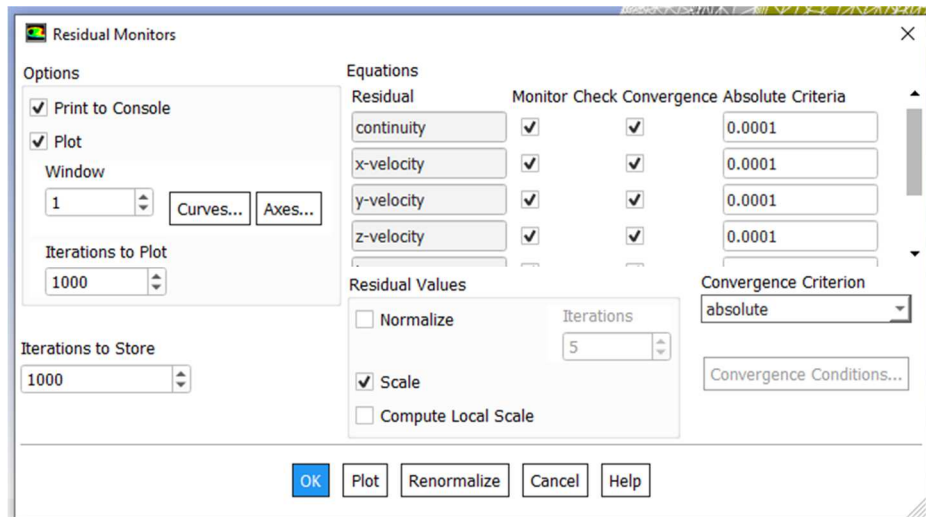


Рисунок 6.44 – Налаштування Residuals

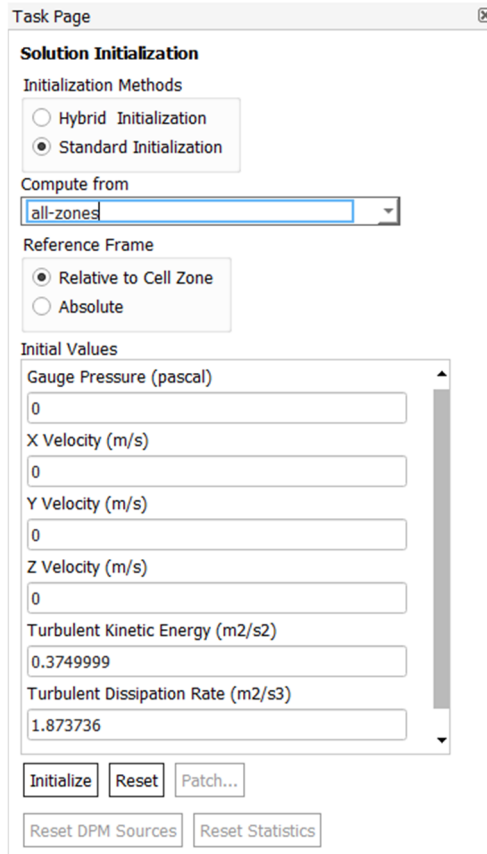


Рисунок 6.45 – Налаштування `initialize`

Робимо останні налаштування в `Run initialize` і натискаємо на `initialize` (рис. 6.46). Дивимося результати (рис. 6.47-6.48).

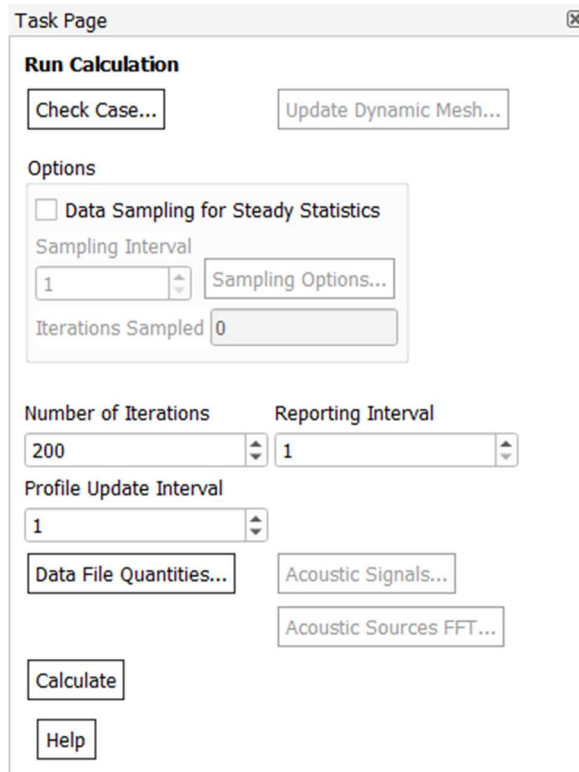


Рисунок 6.46 – Налаштування `Run initialize`

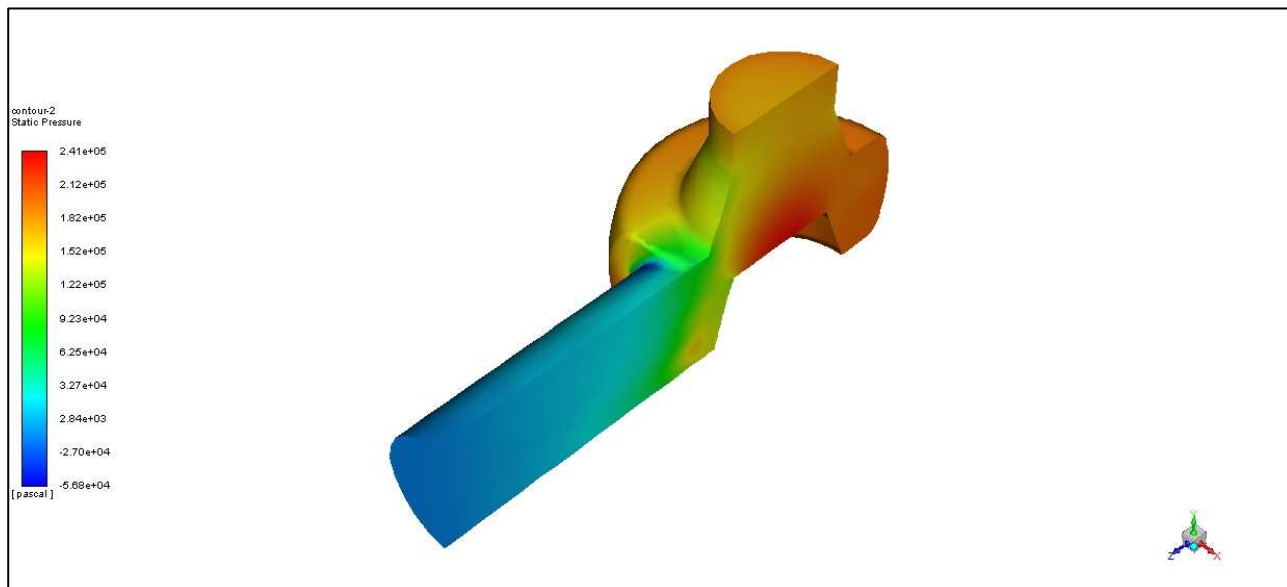


Рисунок 6.47 – Static Pressure

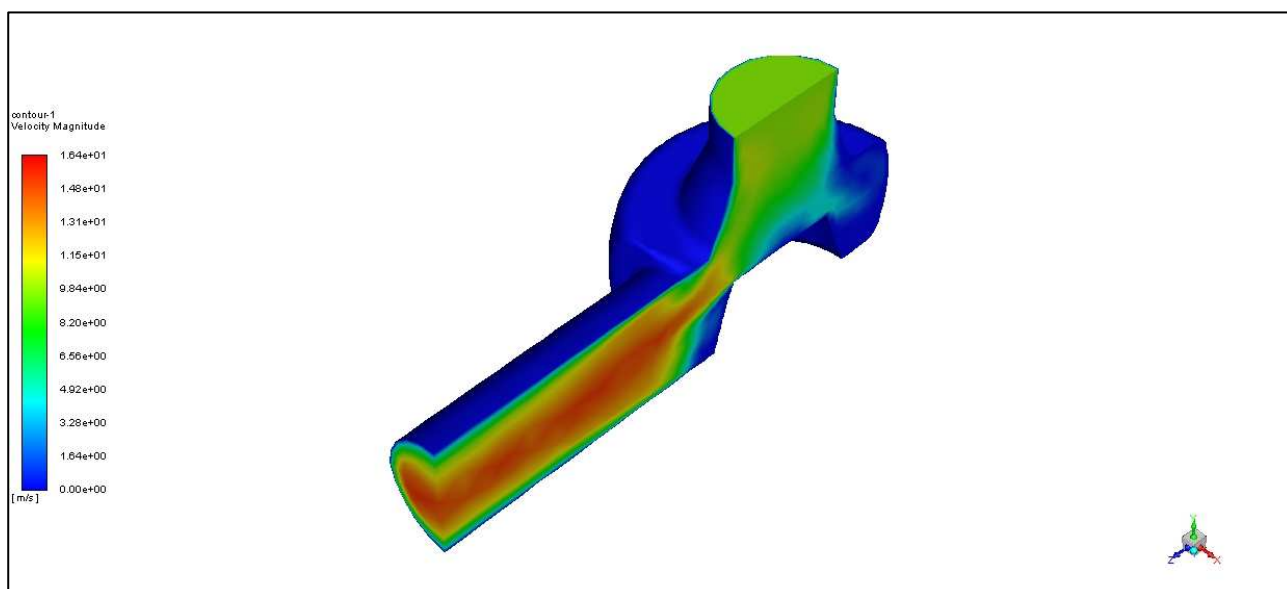


Рисунок 6.48 – Velocity Magnitude

Висновки

У результаті проведеного комп'ютерного моделювання потоку гліцерину в модернізованій конструкції було отримано ключові гідродинамічні параметри, що дозволяють оцінити ефективність запропонованих змін.

Максимальне значення статичного тиску становить 2.41×10^5 Па, мінімальне – -5.68×10^4 Па. Отримані значення свідчать про наявність значних перепадів тиску в системі, що є очікуваним при русі в'язкої рідини складної

геометрією. Водночас такі перепади не виходять за межі допустимого для даного типу рідини та конструкції.

Швидкість потоку (Velocity Magnitude) коливається в межах від 0 до 16.4 м/с, що свідчить про наявність як зон турбулентного потоку, так і застійних ділянок. Максимальна швидкість відповідає умовам вхідного отвору й може бути використана для подальшої оптимізації геометрії, з метою зниження локальних втрат тиску та поліпшення рівномірності потоку.

Загалом, модернізована конструкція демонструє працездатність та потенціал до подальшої оптимізації. Отримані результати підтверджують коректність геометричного моделювання, налаштувань сітки та фізичних параметрів симуляції. Надалі доцільно розглянути можливість удосконалення форми внутрішніх поверхонь з метою мінімізації турбулентності та втрат енергії.

6.3 Порівняння результатів базової і модернізованої конструкції

У даному розділі приділимо особливу увагу перевірці реалізації модернізованої конструкції. В її основу було поставлено задачу заміни режим подачі рідини.

Згідно отриманих результатів можна побачити що модифікація дозволяє змінювати режим подачі рідини до тари.

Отже, підсумовуючи отримані результати, слід з впевненістю заявити про успішність модернізації.

Висновки

У результаті проведеного комп'ютерного моделювання потоку гліцерину в модернізованій та немодернізованій конструкції було отримано ключові гідродинамічні параметри, що дозволяють оцінити ефективність запропонованих змін.

Загалом, модернізована конструкція демонструє працездатність та потенціал до подальшої оптимізації. Отримані результати підтверджують коректність геометричного моделювання, налаштувань сітки та фізичних параметрів симуляції. Надалі доцільно розглянути можливість удосконалення форми внутрішніх поверхонь з метою мінімізації турбулентності та втрат енергії.

Отже деталь є працездатною.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон України «Про охорону праці» встановлює основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на захист їхнього життя і здоров'я під час трудової діяльності. Цей закон регулює відносини між власником підприємства, установи чи організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища за участю відповідних державних органів, та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

В рамках дипломного проекту на тему «Автомат для розливу гліцерину у флакони з модернізацією розливного патрона» необхідно розробити заходи для забезпечення безпечних умов роботи на автоматі розливу, який виконує заповнення тари рідиною в нашому випадку гліцерин чи схожа за властивостями рідина. Робоче місце оператора знаходиться у виробничому приміщенні площею 60 м². Під час роботи машиніст зазнає впливу різних шкідливих і небезпечних факторів, що може призвести до травматизму і професійних захворювань. До цих факторів належать:

Повітря робочої зони

Сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які впливають на працівника під час роботи, визначається температурою, вологістю та швидкістю руху повітря. Ці параметри впливають на терморегуляцію організму працівника і, таким чином, на продуктивність праці ДСН 3.3.6042-99.

У цехах розливу можуть виділятися випари рідини що розливається , в нашому випадку гліцерин.

Випари гліцерину, особливо при нагріванні, можуть бути небезпечними. При нагріванні до 300°C він розпадається, утворюючи токсичний акролеїн, який може викликати подразнення дихальних шляхів, кашель та інші

негативні ефекти. Крім того, гліцерин може сприяти зневодненню організму, викликаючи сухість у роті та порушення кровообігу

Захист від таких випарів може здійснюватися герметизацією цієї зони , вентиляцією приміщення або за допомогою спеціальних масок респіраторів.

Виробничий шум

Механічні коливання машин спричиняють коливання повітряного середовища, що є причиною шуму допустимий рівень згідно ДСН 3.3.6.037-99 (не більше 65 дБА для постійного робочого місця). Сильний і тривалий шум негативно впливає на здоров'я, викликаючи загальну втому, ослаблення уваги, сповільнення реакції, головний біль, запаморочення, глухоту і захворювання нервової системи. Найбільш шкідливими для організму людини є високочастотні, виючі і переривчасті шуми.

Боротьба з шкідливим впливом шуму здійснюється загальними заходами. До них належать: заміна гучних машин або їхніх окремих вузлів на безшумні; звукоізоляція джерел шуму; автоматизація і механізація, а також дистанційне керування, яке дозволяє працівнику контролювати роботу машин поза зоною дії шуму.

Одним зі способів зниження рівня шуму є звукоізоляція вузлів машин або всієї машини за допомогою кожухів. Їх виготовляють зі сталевих листів із внутрішнім облицюванням з повсті, пінополіуретану або шлаковати. Кожухи встановлюють на віброізолюючі прокладки з азбесту, повсті або гуми. Використання кожухів знижує шум на 30 дБ.

Також запобігати шуму можна за допомогою спеціальних протишумових навушників.

Обертові та рухомі частини механізму

На апараті є рухомі та обертові частини такі як черв'ячний редуктор , вихідний вал , поворотний столик і тд.

Вони становлять значну небезпеку для людини, оскільки під час роботи можуть затягнути працівника у механізм, що може призвести до летальних наслідків. Щоб уникнути цього, всі рухомі і обертові деталі валкової дробарки повинні бути закриті захисними кожухами.

Електробезпека

Розливний апарат працює від трифазної мережі напругою 220/380. Основними небезпеками є ймовірність ураження електричним струмом при порушенні ізоляції, короткому замиканні або несанкціонованому доступі до струмоведучих частин.

Серед заходів захисту — надійна ізоляція всіх провідників, заземлення конструкцій, використання диференціальних автоматів та пристроїв захисного відключення. Панель керування повинна містити сигнальні лампи, аварійний вимикач та інструкції для дій у надзвичайних ситуаціях

Пожежна безпека

Виробниче приміщення, де встановлено апарат розливу , згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 відноситься до категорії пожежної небезпеки В , клас зони П-І відповідно до ПУЕ (простір у приміщенні, у якому знаходиться горюча рідина, яка має температуру спалаху більше +61°C). Під час експлуатації автоматів для розливу які розливають легкозаймисті рідини в нашому випадку гліцерин яка має спиртову основу є ризик виникнення пожежі при недотриманні норм , поломці апарату а саме протіканню рідини.

Основна стратегія протидії пожежі полягає в усуненні одного з трьох ключових елементів, які формують трикутник горіння: наявність горючої речовини, джерела окислення (переважно кисню) та джерела тепла. Відповідно, пожежогасіння передбачає вплив на ці чинники як через фізичні, так і хімічні методи.

Фізичні методи пожежогасіння

Охолодження – зменшення температури осередку займання до рівня нижчого за температуру самозаймання. Зазвичай застосовується вода, розпилена пара або спеціальні охолоджувальні інертні середовища.

Ізоляція – створення бар'єру між горючою речовиною і киснем, наприклад, шляхом покриття поверхні піною або вогнестійкими сумішами.

Зменшення концентрації пального середовища – механічне або примусове видалення горючих пилових часток цементу за допомогою аспіраційної системи.

Хімічні методи пожежогасіння

Хімічні порошки – створюють ізолюючий бар'єр на поверхні горіння та блокують доступ кисню.

Інертні гази – заміщають кисень у повітрі і таким чином унеможливають подальше горіння.

Піноутворювачі – створюють щільний шар піни, який відокремлює матеріал від повітря, гасить і охолоджує.

Для ліквідації можливих загорянь у цеху встановлені вогнегасники типу ВП-4(з), відповідно до вимог ДСТУ EN 3-7:2014, з робочим тиском 1,3 МПа та температурним діапазоном експлуатації від -20 до +50 °С. Ці вогнегасники можуть зберігати працездатність протягом 10 років. Додатково передбачена наявність пожежних щитів, ящиків із сухим піском та вогнегасників з порошковим і вуглекислотним зарядом (ОУ-5, ОП-10). Кількість вогнегасників

визначається відповідно до норм НАПБ А.01.001-2014, та повинна становити не менше 1 шт. на 20 м² площі приміщення.

Ширина основних проходів у цеху не повинна бути меншою за 1,5 м, а допоміжних — не меншою за 1,2 м, що забезпечує оперативну евакуацію персоналу у разі небезпеки згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

8 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

8.1 Технологія виготовлення дебалансного валу

Опис та призначення деталі

Вал центрального механізму розливного автомата є ключовим елементом конструкції, що забезпечує узгоджений рух інших вузлів і механізмів системи. Він обертається навколо власної осі та передає крутний момент до з'єднаних з ним деталей – таких як важелі, муфти, приводи подачі тари або наповнювачі.

У даній конструкції вал розташований у центральній частині розливного автомата (рис. 1.1.1) і виконує функцію синхронізації роботи робочих органів. Така компоновка дозволяє рівномірно розподіляти навантаження, що виникає в процесі циклічної подачі та розливу рідини.

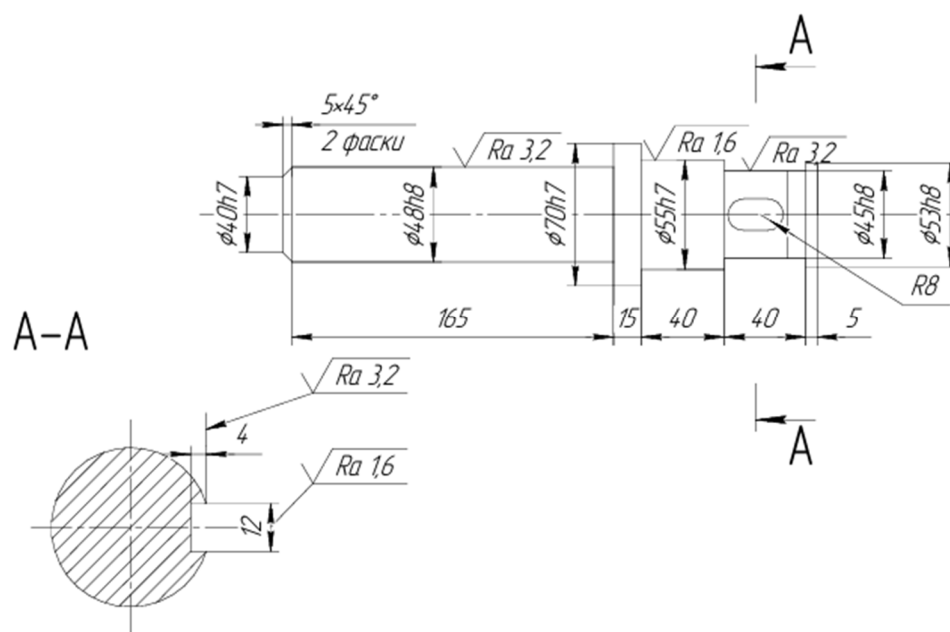


Рисунок 8.1 – Ескіз валу

Для виготовлення вала використовується сталевий кругляк марки Ст45 діаметром 70 мм та довжиною 275 мм (рис. 1.1.2). Цей матеріал обрано за хорошу оброблюваність і достатню міцність для середньонавантажених конструкцій.

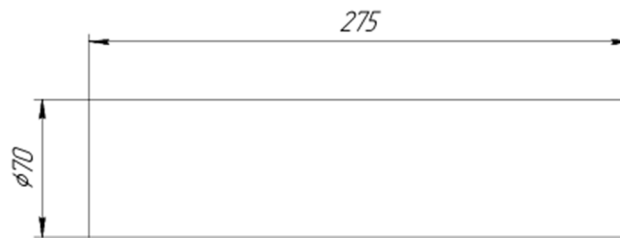


Рисунок 8.2 – Кругляк

Конструкція вала оптимізована для механічної обробки: усі його робочі поверхні є взаємно паралельними, що спрощує доступ ріжучого інструменту та контроль точності. Всі поверхні піддаються обробці до необхідного класу шорсткості.

Технічні особливості:

- використання уніфікованих конструктивних елементів;
- стандартна заготовка – круглий прокат;
- параметри виготовлення відповідають нормам точності для обертових деталей;
- матеріал відповідає вимогам по міцності, жорсткості й довговічності;
- конструкція передбачає застосування стандартних технологічних процесів (точіння, свердління, фрезерування).

Технологічний процес виготовлення деталі

Матеріалом виготовлення обрано сталь 45 – одну з найпоширеніших серед конструкційних вуглецевих сталей. Вона добре піддається механічній обробці, що робить її придатною для виготовлення середньонавантажених деталей, таких як вали. У таблиці 1.1 подано її механічні властивості та хімічний склад.

Таблиця 8.1 – Хімічний склад та механічні характеристики сталі 45

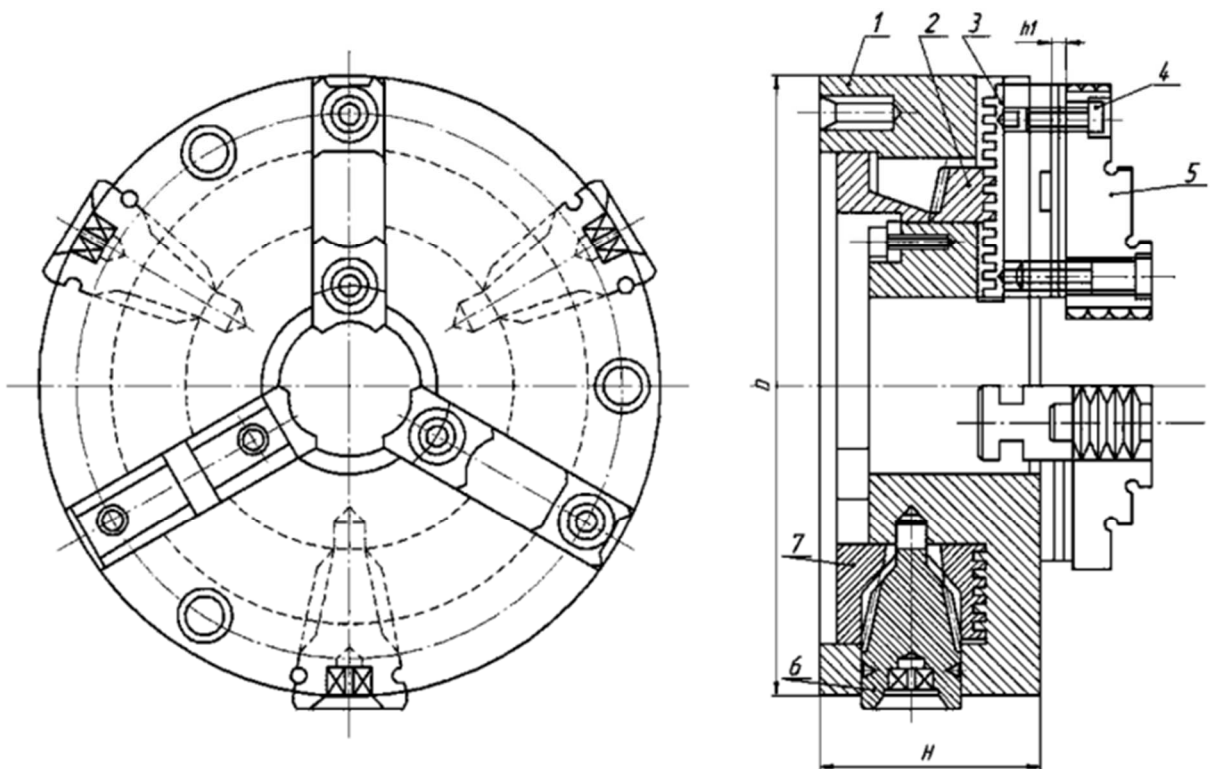
Сталь	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Cr, %	Cu, %
				Не більше			
СТ45	0,42- 0,5	0,17- 0,37	0,5- 0,8	0,03	0,035	0,25	0,3
Межа міцності: при розтягування $\sigma_B = 520$ МПа при витяганні $\sigma_B = 290$ МПа НВ=170 МПа							

Процес виготовлення вала описано за допомогою маршрутної карти, карт ескізів та операційної карти.

8.2 Вибір пристосування для обробки

Процес виготовлення вала описано за допомогою маршрутної карти, карт ескізів та операційної карти.

Для закріплення заготовки на верстаті використовується трьохкулачковий самоцентруючий патрон, зображений на рис. 1.2.1. Такі патрони набули широкого застосування у металообробці завдяки своїй зручності та надійності при фіксації циліндричних заготовок.



1 – корпус патрона; 2 – кришка; 3 – планетарна шестерня; 4 – кулачок; 5 – шпонка; 6 – центральний гвинт; 7 – пружина.

Рисунок 8.3– Схема трьохкулачкового самоцентруючого патрона

Токарний патрон є важливим елементом оснащення металорізальних верстатів. Він дозволяє надійно закріпити заготовку на шпинделі, забезпечуючи точне центрування та перпендикулярність осі обробки. Завдяки цьому патрон є незамінним у більшості токарних операцій на ручних, напівавтоматичних та автоматичних верстатах.

Після визначення способу встановлення валу та розміщення його в патроні, наступним кроком є аналіз дії сил у зоні обробки. Зокрема, необхідно встановити напрямок, точку прикладання та величину затискного зусилля, щоб забезпечити стійке положення деталі під дією сил різання.

Після вибору способу закріплення заготовки в патроні необхідно виконати аналіз дії сил у зоні обробки. Сюди входить визначення напрямку, місця прикладання та величини затискного зусилля. Це важливо для забезпечення стабільності положення деталі під впливом сил різання.

Динаміка навантаження та взаємодія сил різання і сил затискання ілюструється на схемі, поданій у рис. 8.4

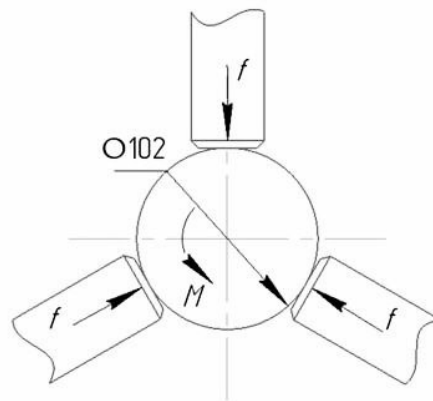


Рисунок 8.4 – Схема взаємодії різальних сил та сил затискання на деталь

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коваленко І.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: навч. посіб. / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Норіта-плюс, 2007. – 216 с.
2. Жуков П.І. Розливний автомат. Руководство по уходу и обслуживанию: навч.посіб: / П.І. Жуков. – М.: Союзпродоформление, 1955. – 11 с.
3. Патент EP3255324B1 Ludwig Clüsserath Подання заявки 2017-02-08 Заявку схвалено 2019-03-27
4. Патент US8726946B2 Ludwig Clüsserath, Dieter-Rudolf Krulitsch ,Manfred Härtel
Подання заявки 2013-28-02 Заявку схвалено 2014-05-20
5. Патент US7469726B2 Ludwig Clüsserath Dieter-Rudolf Krulitsch
Подання заявки 2005-04-08 Заявку схвалено 2008-12-30
6. Патент US7647950B2 Ludwig Clüsserath Подання заявки 2006-06-12 Заявку схвалено 2010-01-19
7. Патент US6463964B2 Ludwig Clüsserath Подання заявки 2001-06-08 Заявку схвалено 2002-10-15
8. Коваленко І.В. Методичні вказівки для виконання дипломних проєктів бакалаврів кафедри ХПСМ з напрямів підготовки 6.050503 – машинобудування, 6.050502 – інженерна механіка /Укл. Г.М. Васильченко, І.В. Коваленко, В.І. Сівецький, А.А. Шаповал, В.Ю. Щербина, - К.:НТУУ «КПІ», 2016-47с.
9. Методичні рекомендації до виконання курсових і дипломних проєктів із транспортувальних машин. Навчальний посібник / Укл. С.В. Іваненко, О.В. Кравченко, І.А. Петренко. – К.: НТУУ "КПІ", 2021. – 68 с.