**Практична 2**

**Ознайомлення зі СТАНДАРТНИМИ СПЕЦІАЛІЗОВАНИМИ ПРОГРАМАМИ SolidWorks і КОМПАС.**

1. Моделювання параметричних полів навантажень і течії флюїдів у пристроях за допомогою ресурсу SolidWorks.

SolidWorks — продукт компанії SolidWorks Corporation (зараз — дочірня компанія Dassault Systèmes), САПР, інженерного аналізу та підготовки виробництва будь-якої складності та призначення.

SolidWorks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу згідно з концепцією CALS — технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-застосунками та створення інтерактивної документації.

В залежності від класу задач, що розв'язуються, замовникам пропонується три базових конфігурації системи: SolidWorks, SolidWorks Professional та SolidWorks Premium.

Завдання, які вирішуються:

Конструкторська підготовка виробництва:

* 3D проектування виробів (деталей і зборок) будь-якого ступеня складності з урахуванням специфіки виготовлення.
* Створення конструкторської документації.
* Промисловий дизайн.
* Проектування комунікацій (електроджгутів, трубопроводи тощо.).
* Інженерний аналіз (міцність, стійкість, теплопередача, частотний аналіз, динаміка механізмів, газо / гідродинаміка, оптика і світлотехніка, електромагнітні розрахунки, аналіз розмірних ланцюгів і ін.).
* Експрес-аналіз технологічності на етапі проектування.

Технологічна підготовка виробництва:

* Проектування оснащення і інших засобів технологічного оснащення.
* Аналіз технологічності конструкції виробу.
* Аналіз технологічності процесів виготовлення (лиття пластмас, аналіз процесів штампування, витяжки, гнуття та ін.).
* Розробка технологічних процесів.
* Матеріальне та трудове нормування.
* Механообробка: розробка керуючих програм для верстатів з ЧПУ, верифікація УП, імітація роботи верстата. Фрезерна, токарна, токарно-фрезерна і електроерозійна обробка, лазерна, плазмова і гідроабразивна різання, вирубні штампи, координатно-вимірювальні машини.
* Управління даними і процесами на етапі ТПП.

Управління даними і процесами:

* Робота з єдиною цифровою моделлю виробу.
* Електронний технічний і розпорядчий документообіг.
* Технології колективної розробки.
* Робота територіально-розподілених команд.
* Ведення архіву технічної документації.
* Проектне управління.
* Захист даних.
* Підготовка даних для ERP, розрахунок собівартості.

SolidWorks є конструкторською системою твердотільного параметричного моделювання машинобудівних конструкцій спеціально розробленою для використання на персональних комп'ютерах під управлінням операційної системи Windows. Стандартний графічний користувальницький інтерфейс Windows і засоби твердотільного параметричного моделювання дозволяють швидко і легко створювати тривимірні моделі деталей, складальні одиниці, генерувати креслення, значно знижуючи терміни проектування і зменшуючи час виходу виробів на ринок.

**SolidWorks Motion** призначений для розрахунку руху механізмів. Модуль використовує інформацію, що міститься в збірках SolidWorks з можливістю уточнення розрахункової моделі за допомогою його процедур. SolidWorks Motion є третім, найбільш функціональним інструментом SolidWorks, для імітації руху. Перші два рівні: рух збірки і фізичне моделювання, присутні в базовій конфігурації SolidWorks Standard, можуть бути використані для створення кінематичної моделі збірки, імітації руху без отримання чисельних характеристик. Після цього інформація без будь-яких додаткових дій сприймається на рівні SolidWorks Motion.

**SolidWorks Routing** - модуль проектування трубопроводів. Часто при проектуванні приладів і обладнання виникає завдання створення трубопроводів і комунікацій, які б об'єднали компоненти збірок і зробили тривимірну модель завершеною. Включення трубопровідної обв'язки в тривимірну модель виробу дозволяє вирішити багато проблем уже на етапі проектування і уникнути ситуації, коли на етапі монтажу виявляється, що труби неправильно зігнуті і заважають роботі інших систем або в існуючій конструкції недостатньо вільного місця для прокладки всіх необхідних комунікацій.

Завдання створення тривимірних моделей трубопроводів виникає при проектуванні приладів і обладнання різних галузей машинобудування, при створенні гідравлічних і пневматичних систем, в нафтогазовій промисловості при створенні трубопровідної обв'язки, а також при проектуванні різних інженерних комунікацій, підводок і шлангів.

Бібліотеки стандартних виробів **Toolbox SolidWorks** використовуються для забезпечення автоматичного сполучення стандартних виробів при вставці в збірку та надають можливість групових операцій. Toolbox дозволяє проводити проектувальні розрахунки балок і підшипників. Бібліотеки Toolbox редагуються і налаштовуються під конкретні завдання будь-якого підприємства.

**SolidWorks Simulation (COSMOSWorks)** – універсальний інструмент для аналізу методом кінцевих елементів. SolidWorks Simulation існує в трьох конфігураціях: власне SolidWorks Simulation, SolidWorks Simulation Professional та SolidWorks Simulation Premium. Однак, навіть в мінімальній конфігурації модуля міцнісного аналізу забезпечується повноцінний статичний аналіз, як деталі, так і збірки з використанням кінцевих елементів твердого тіла, поверхонь і балок. Реалізовано різноманітні контактні умови і всілякі віртуальні з'єднувачі.

**МодульSolidWorks Simulation** дозволяє проводити інженерні розрахунки і моделювати різних впливи навколишнього середовища на виріб.

Основними особливостями SolidWorks Simulation є:

- лінійний аналіз;

- втомний аналіз металу;

- нелінійний аналіз;

- теплової аналіз;

- частотний аналіз;

- аналіз виробів з пластмаси і гуми;

- динамічний аналіз і ін.

Лінійний аналіз напружень дозволяє Solidworks-дизайнерам і інженерам швидко і ефективно перевірити якість, продуктивність і безпеку ще при створенні їх дизайну.

Лінійний аналіз напружень за допомогою SolidWorks Simulation може бути невід'ємною частиною процесу розробки, що знижує потребу в дорогих прототипах, виключає доопрацювання і затримки, а також економить часу і витрати на розробку. За допомогою такого аналізу можливо обчислювати напруги і деформації геометрії, такі як:

- деталь або збірка під навантаженням, яка деформується з невеликими поворотами і переміщеннями;

- статичні навантаження виробу (не враховуючи інерції) і постійні навантаження;

- матеріал під постійною напругою деформації ([закон Гука](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%93%D1%83%D0%BA%D0%B0)).

Моделювання методом аналізу кінцевих елементів (FEA) – це дискретизація проектованих компонентів в тверде тіло, оболонку або балковий елемент, що використовує лінійний аналіз напружень для визначення реакції деталей і вузлів під впливом: - сили; - тиску; - прискорення; - температури. - контакт між компонентами.

Для проведення аналізу напружень, повинні бути відомими дані матеріалів компонентів. Стандартна база даних **SolidWorks CAD** попередньо завантажена матеріалами, які можуть бути використані **SolidWorks Simulation.**

Моделювання [методом скінченних елементів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D1%81%D0%BA%D1%96%D0%BD%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2) використовується для розрахунку переміщень компонентів, деформацій і напружень при внутрішніх і зовнішніх навантажень. Геометрія при аналізі дискретизується у використання тетраедричних (3D), трикутних (2D) і балкови елементів.

Так як промислові компоненти виконуються переважно з металу, аналіз металевих компонентів може бути виконано за допомогою лінійного або нелінійного аналізу напружень. Аналіз неметалічних компонентів (наприклад, пластмаси або гумових деталей) повинен здійснюватися з використанням методів нелінійного аналізу напружень, через їх складний взаємозв'язок деформації і навантаження.

**SolidWorks Flow Simulation Electronic Cooling Module Add-In** – додатковий модуль для теплового розрахунку електронних пристроїв. Він включає розширену базу даних по віртуальних вентиляторах, матеріалах електротехнічного призначення, термоелектричних охолоджувачах ([елементи Пельтьє](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8_%D0%9F%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%8C%D1%94&action=edit&redlink=1" \o "Елементи Пельтьє (ще не написана))). Модуль забезпечує імітацію проходження постійного струму та нагріву ним, теплових трубок, багатошарових друкованих плат.

**SolidWorks Flow Simulation HVAC Module Add-In** – додатковий модуль **SolidWorks Flow Simulation** для розрахунку систем вентиляції, опалення та кондиціонування. Він включає: розширену базу даних по будівельних матеріалах і вентиляторах; уточнену модель теплообміну випромінювання з урахуванням відображення, заломлення і спектральних характеристик; розрахунок параметрів комфорту – середньої прогнозованої оцінки, середньої температури і ін.

**SolidWorks Flow Simulation** є модулем гідрогазодинамічного аналізу в середовищі **SolidWorks**. Для модуля Flow Simulation немає різниці між геометричними сутностями, створеними в SolidWorks або імпортованими в базовий модуль. Забезпечується підтримка для 64-розрядних операційних систем з доступом до всієї доступної оперативної пам'яті. Також використовується багатопроцесорність при вирішенні.

Модуль Flow Simulation програмного середовища SolidWorks дає можливість моделювання процесів:

- стаціонарні і нестаціонарні течії;

- стискувані і нестискувані (рідини або гази) течії, включаючи до-, транс- і надзвукові режими;

- ідеальні і реальні гази;

- неньютонівські рідини;

- одно і багатокомпонентні течії без хімічних взаємодій і розділення фаз;

- спільні розрахунки течії рідини або газу та теплопередачі всередині твердого тіла без наявності границі розділення газ – рідина;

- ламінарні і турбулентні течії, враховуючи ламінарний/турбулентний перехід;

- «заморожування» течій для розділення «швидких» і «повільних» процесів;

- течії в пористих середовищах з урахуванням теплопровідності стінок;

- урахування шорсткості стінок;

- зовнішні і/або внутрішні течії;

- конвекційний теплообмін, вільна, вимушена або змішана конвекція;

- радіаційний теплообмін з управлінням прозорістю стінок і розділенням властивостей стінок для теплообміну випромінюванням і сонячною радіацією;

- розрахунок траєкторій твердих частинок і крапель в потоці та ін.

Початковими і граничними умовами можуть задаватися наступні вихідні параметри:

- швидкість, тиск (статичний, динамічний, оточуючого середовища), масові та об’ємні витрати;

- температура, концентрація компонентів, параметри турбулентності;

- витратно-напірні характеристики віртуальних вентиляторів;

- різноманітні типи стінок, включаючи шорсткість, коефіцієнт тепловіддачі і параметри умовного середовища на стінках, що не межують з реальним текучим середовищем;

- джерела тепла (об’ємні і поверхневі), віртуальні тепло вентилятори;

- можливості вказати залежність граничних умов та параметрів від часу та координат;

- симетрія відносно базових площин і періодична симетрія.

Управління обчислювальними операціями виконуються безпосередньо по згенерованій розрахунковій сітці моделі SolidWorks, що створюється автоматично в області твердого тіла. Сітка адаптується в залежності від геометричних характеристик моделі і поля вирішення.

Результати досліду виводяться у вікні SolidWorks. Існує можливість виводу функції на будь-якій площині у вигляді кольорових епюр, векторів та ізоліній, відображення результатів за допомогою ізоповерхонь.

За результатами розрахунків можна створювати трирівневі траєкторії; виводити характеристики розрахунків, розподіл будь-якої характеристикою вздовж будь-якої кривої в MS Excel.

* 1. **Методика побудови 3D-моделей конструкцій та їх елементів**

3D-моделювання – це процес розробки [математичного](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) представлення будь-якої [тривимірної](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81_%D0%BE%D0%B1%27%D1%94%D0%BA%D1%82%D0%B0) поверхні об'єкта за допомогою [спеціалізованого ПЗ](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%97_3D-%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B8).

Продукт моделювання є [3D-модель](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81_%D0%BE%D0%B1%27%D1%94%D0%BA%D1%82%D0%B0). Вона може бути представлена у вигляді програмного коду або відображена як 3D-модель, а також за допомогою двовимірного зображення, що створюється за допомогою процесу [рендерингу](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3" \o "Рендеринг) (візуалізації). 3D-моделі можуть створюватись вручну або автоматично.

3D-моделювання застосовується в ряді різноманітних областей, а саме:

- промисловість;

- міське планування;

- архітектура і дизайн;

- реклама і маркетинг;

- комп’ютерні ігри;

- кінематографія;

- анімація.

Сучасну промисловість неможливо уявити без моделювання продукції до виробництва. З появою 3D-теxнологии виробники отримали можливість значної економії матеріалів і зменшення фінансових витрат на інженерне проектування. За допомогою 3D-моделювання дизайнери-графіки створюють тривимірні зображення деталей і об'єктів, які в подальшому можна використовувати для створення прес-форм і прототипів об'єкта.

Тривимірна графіка дозволяє детальніше відобразити всю сутність моделі, особливості побудови і її роботи до найдрібніших деталей. Вона поєднує в собі прийоми і інструменти, необхідні для створення об'ємних об'єктів в тривимірному просторі.

Під прийомами варто розуміти способи формування тривимірного графічного об'єкта – розрахунок його параметрів, креслення «скелета» або об'ємною не деталізовані форми; видавлювання, нарощування і вирізання деталей і т.д.

А під інструментами – професійні програми для 3D-моделювання. В першу чергу – ***SolidWork, ProEngineering, 3DMAX,*** а також деякі інші програми для об'ємної візуалізації предметів і простору.

[**SolidWorks**](https://uk.wikipedia.org/wiki/SolidWorks)**([SolidWorks Corporation](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=SolidWorks_Corporation&action=edit&redlink=1" \o "SolidWorks Corporation (ще не написана)))** застосовується для дизайну, деталізації та візуалізації продуктів, систем, машин та оснащення. Всі версії включають моделювання, збірки, малювання, sheetmetal, зварювані деталі та freeform surfacing functionality. Він також підтримує [Visual Basic](https://uk.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic" \o "Visual Basic) та [C](https://uk.wikipedia.org/wiki/C_(programming_language)).

**ProEngineering** – система автоматизованого проектування, інженерного аналізу та підготовки виготовлення виробів будь-якої складності і призначення. ProEngineeringє ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу відповідно до концепції CALS-технологій(Continuous Acquisition and Life cycle Support), включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками і створення інтерактивної документації. ProEngineering Enterprise SE (Standard Edition) – повний інструментальний пакет, що забезпечує комплексне рішення задач розробки виробу і точно відповідає сучасним вимогам глобально розподілених виробничо-конструкторських груп.

**3DMAX** у своєму розпорядженні має засоби для створення різноманітних за формою і складністю тривимірних комп'ютерних моделей, реальних чи фантастичних об'єктів навколишнього світу, з використанням різноманітних технік і механізмів, включаючи полігональне моделювання, в яке входять Editable mesh (редагована поверхня) і Editable poly (редагований полігон). Це найпоширеніший метод моделювання, який використовується для створення складних моделей і низькополігональних моделей для ігор.

[**SketchUp**](https://uk.wikipedia.org/wiki/SketchUp)**Pro ([Trimble](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=Trimble_Navigation&action=edit&redlink=1" \o "Trimble Navigation (ще не написана)))** – програма для моделювання, що підтримує 2D та 3D моделі. Безкоштовна версія також доступна та інтегрована в [Google Earth](https://uk.wikipedia.org/wiki/Google_Earth" \o "Google Earth). SketchUp – програма для моделювання відносно простих трьох-вимірних об'єктів – будівель, меблів, інтер'єру. Основною особливістю цієї програми є майже повна відсутність вікон попередніх налаштувань. Всі геометричні характеристики під час або зразу після закінчення дії інструменту задаються з клавіатури в поле Value Control Box (поле контролю параметрів), яке знаходиться в правому нижньому кутку робочої області, справа від напису Measurements (панель вимірів). Ще одною ключовою особливістю є інструмент Push/Pull («Тягни/Штовхай»), завдяки якому будь-яку площину можна «витягнути» в сторону, створивши по мірі її руху нові бокові стінки. Рухати площину можна в притик до наперед заданої кривої, для цього служить спеціальний інструмент Follow Me («Ведення»).

**AutoCAD** – дво- і тривимірна [система автоматизованого проектування](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) і креслення, що включає в себе повний набір інструментів для комплексного [тривимірногомоделювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F) (підтримується [твердотільне](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BE%D1%82%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F&action=edit&redlink=1), [поверхневе](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F&action=edit&redlink=1) і [полігональне моделювання](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B3%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F&action=edit&redlink=1)). AutoCAD дозволяє отримати високоякісну візуалізацію моделей за допомогою [рендеринга](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B3" \o "Рендеринг) mental ray. Також в програмі реалізовано управління тривимірним друком (результат моделювання можна відправити на [3D-принтер](https://uk.wikipedia.org/wiki/3D-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80)) і підтримка [хмар точок](https://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A5%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%B8_%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BE%D0%BA&action=edit&redlink=1) (дозволяє працювати з результатами [3D-сканування](https://uk.wikipedia.org/wiki/3D-%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%80)). Тим не менш, слід зазначити, що відсутність тривимірної параметризації не дозволяє AutoCAD безпосередньо конкурувати з машинобудівними САПР, такими як [Inventor](https://uk.wikipedia.org/wiki/Inventor), [SolidWorks](https://uk.wikipedia.org/wiki/SolidWorks" \o "SolidWorks) та іншими.

1. **КОМПАС-3D** – інтерактивний [графічний редактор](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) з сучасним [інтерфейсом](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%B5%D0%B9%D1%81), оснащений інструментальними засобами, які дозволяють створювати твердотілі об'єкти з використанням набору елементарних параметричних тіл ([паралелепіпед](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BF%D1%96%D0%BF%D0%B5%D0%B4), [циліндр](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%B4%D1%80) та ін.). Основні компоненти КОМПАС-3D – власне система тривимірного моделювання, універсальна система автоматизованого 2D-проектування КОМПАС-Графік, модуль проектування специфікацій і текстовий редактор. Він легкий в освоєнні та має довідкову систему.

Базові можливості системи включають в себе функціонал, який дозволяє спроектувати виріб будь-якого ступеня складності в 3D, а потім оформити на це виріб комплект документації, необхідний для його виготовлення відповідно до діючих стандартів.

Розглянемо методику побудови 3D-моделі з використанням графічного редактора КОМПАС-3D (в більшості програм принцип побудови досить схожий).  В першу чергу варто ознайомитися з інтерфейсом системи. Варто почати з створення документа креслення (Файл-Створити-Креслення). Відкриється головне вікно системи, в якому будуть відображені наступні елементи: - головне меню; - панель інструментів (стандартна, вид, поточний стан); - компактна панель; - рядок повідомлень; - панель властивостей; - вікно документа; - шаблон креслення формату А4 у вікні документа.

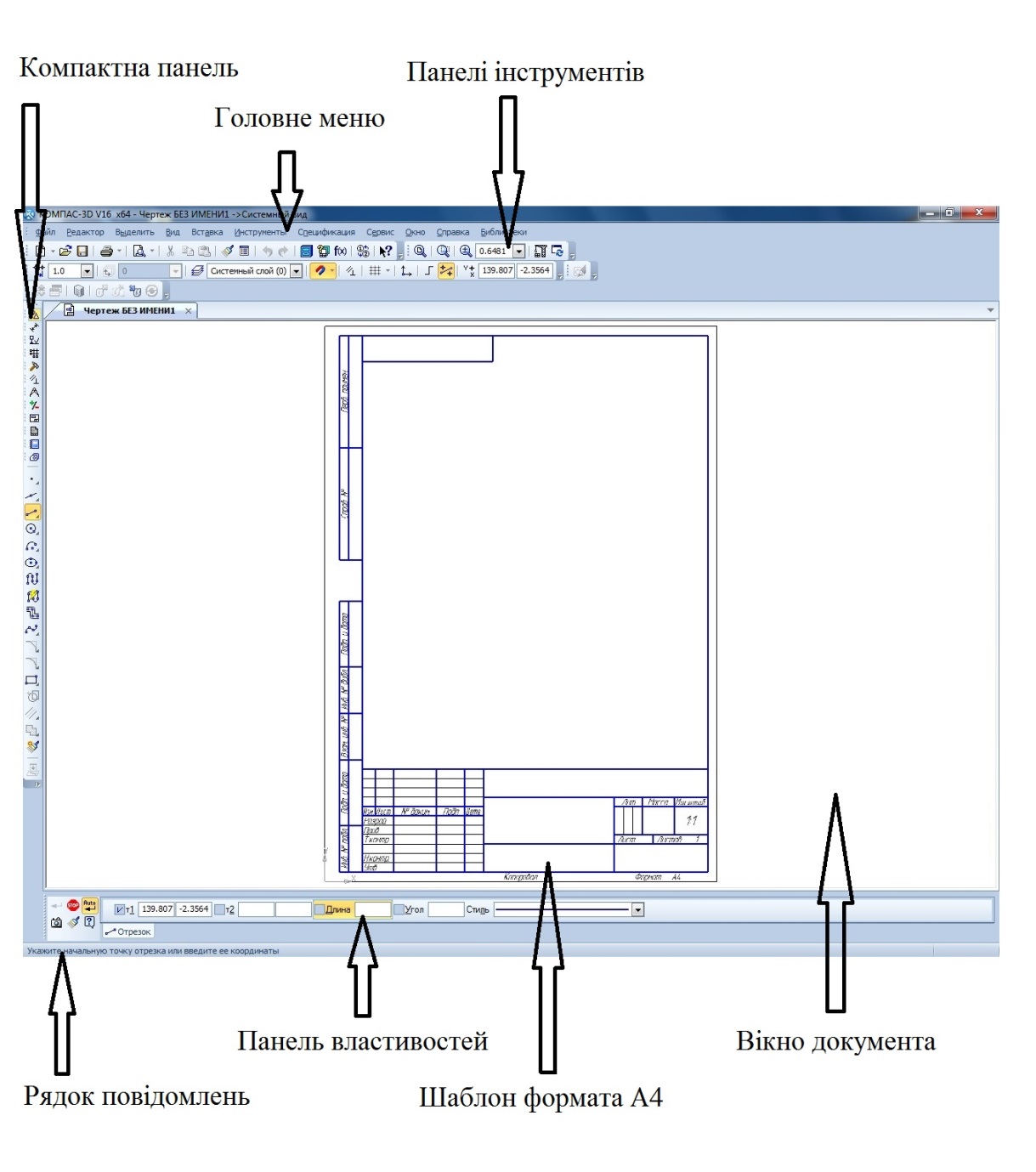


Рис. 1.1. – Елементи інтерфейсу ПЗ Компас-3D

Таблиця 1.1. –Елементи інтерфейсу ПЗ Компас-3D та їх призначення

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Головне меню (2D, 3D) | Главное меню программы Компас 3D  Містить в собі основні меню програми. З його допомогою можна створити новий файл, зберегти, відправити його на друк, налаштувати інтерфейс, створити і відредагувати креслення, підключити бібліотеки і багато іншого |
| Стандартна панель | Панель Стандартная  Розташована в верхній частині екрану. Тут продубльовані найбільш часто використовувані команди: «Створити документ», «Відкрити», «Зберегти», «Відправити на друк» |
| Панель «Вид» | Панель Вид  Містить команди для керування зображенням. Можна змінювати масштаб, наближати, видаляти креслення |
| Панель поточного стану | Панель Текущее состояние  Розташовані кнопки для управління курсором, його координати. Також тут можна встановити/заборонити прив'язки курсору, включити/вимкнути сітку (як в AutoCAD), режим ортогонального креслення |
| Панель «Компактна» (2D, 3D) | Панель Компактная  Найпопулярніша панель у користувача Компаса. Тут є все, що потрібно для створення і редагування креслення: геометричні фігури, розміри, позначення. Панель «Компактна» складається з панелі перемикання і інструментальних панелей. На малюнку активізована інструментальна панель «Геометрія» (точки, допоміжні лінії, відрізки, окружності). |
| Панель властивостей | Панель Свойств  Спочатку її на екрані немає, вона з'являється при створенні будь-якого елементу креслення і служить для управління процесом створення цього елемента. Наприклад, при створенні відрізка, як показано на малюнку, можна задати координати двох його точок, кут, довжину, стиль лінії |

Панель «Компактна» для 3D документів радикально відрізняється, панелі інструментів тут зовсім інші:

- редагування деталі;

- просторові криві;

- поверхні;

- допоміжна геометрія;

- виміри (3D);

- фільтри;

- елементи оформлення.

Таблиця 1.2 – Панелі інструментів для 3D документів

|  |  |
| --- | --- |
| Назва панель | Зображення панелі та її команди |
| Редагування деталі | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\3.jpg  Команди для побудови елементів деталі шляхом додавання матеріалу (операції видавлювання, обертання, кінематична операція і операція по перетинах) і шляхом видалення матеріалу (вирізати видавлюванням, обертанням, кінематично, по перетинах). Інші команди: деталь-заготовка, фаска, отвір, ребро жорсткості, ухил, оболонка, перетин поверхнею, масив по концентричній сітці, дзеркальний масив, булева операція |
| Просторові криві | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\4.jpg  Команди точка, спіраль циліндрична, спіраль конічна, ламана, сплайн |
| Поверхні | Панель инструментов Поверхности  Доступна тільки одна команда: імпорт поверхні з файлу формату ACIS (розширення .sat) |
| Допоміжна геометрія | Панель инструментов Вспомогательная геометрия  Доступні вже відомі нам команди: вісь через дві вершини, зміщена площину, лінія роз'єму |
| Виміри (3D) | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\5.jpg  Команди для різних обчислень: відстань і кут, довжина ребра, площа, МЦХ моделі, інформація про об'єкт |
| Фільтри | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\6.jpg  Команди використовуються в тому випадку, коли конструктору важко виділити якийсь об'єкт моделі. Наприклад потрібно виділити ребро, а так як поруч з ребром грань помилково може виділитися вона. Для того, щоб цього не відбувалося можна фільтрувати межі, ребра, вершини, конструктивні площині, конструктивні осі. Спочатку активна команда «Фильтровать все», яка означає, що може бути виділений будь-який елемент |
| Елементи оформлення | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\7.jpg  Команди дозволяють проставити на 3D моделі деталі лінійний розмір, кутовий, радіальний, діаметральний, шорсткість, базу, лінію-виноску, допуск форми |

Кнопки миші працюють наступним чином:

- ліва – дозволяє обирати елементи меню, об’єкти в графічній області, а також об’єкти в «дереві конструювання» FeatureManager;

- права – дозволяє відображати контекстне меню;

- середня – дозволяє обертати, переміщувати, а також змінювати масштаб деталі або збірної моделі

Перед початком побудови 3D моделі необхідно провести аналіз креслення деталі, а саме визначити які операції будуть при проектуванні основними, яка буде послідовність побудови моделі деталі. Спочатку слід використовувати основні формотворчі операції (видавлювання, обертання), а останніми операціями, природно, будуть - побудова фасок, заокруглень, оболонок і т.д.

Розглянемо, наприклад, різні способи побудови 3D моделі деталі "Фланець".

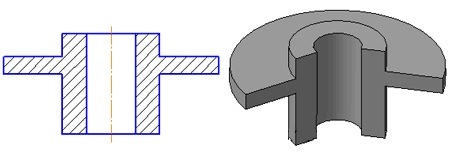


Рисунок 1.3 – Креслення та 3D-модель деталі "Фланець"

Перший спосіб передбачає створення деталі за 1 операцію обертання. Це найбільш раціональний варіант. Приклад покрокової побудови деталі наведена в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Приклад покрокової побудови 3D-моделі деталі «Фланець» за одну операцію

|  |  |
| --- | --- |
| Опис дій | Зображення |
| Створюємо новий документ. Вибираємо деталь. | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\19.jpg |
| Вибираємо площину для побудови ескізу | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\20.jpg |
| За допомогою інструменту «відрізок» креслимо ескіз деталі | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\21.jpgC:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\8.jpg |
| В меню операцій, попередньо виділивши ескіз, обираємо «обертання» | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\10.jpg |
| Для підтвердження операції на панелі властивостей натискаємо «створити об’єкт» | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\17.jpg |
| Після підтвердження з’являється 3D-модель деталі | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\11.jpg |

Другий спосіб побудови цієї ж деталі більш трудомісткий, та й такий файл важить на 20% більше (але теж дуже мало - всього до 100 Кб). Він передбачає дві операції: перша – обертання, друга – видавлювання отворів. Приклад покрокової побудови деталі за цим способом наведена в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Приклад покрокової побудови 3D-моделі деталі «Фланець» за дві операції

|  |  |
| --- | --- |
| Опис дій | Зображення |
| За допомогою інструменту «відрізок» креслимо ескіз деталі, так як і в першому способі | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\9.jpg |
| В меню операцій, попередньо виділивши ескіз, обираємо «обертання» | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\10.jpg |
| Виділимо площину на тілі деталі, натискаючи по ній правою кнопкою миші, та обираємо «ескіз» | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\13.jpg |
| Будуємо ескіз у вигляді кола для прорізання отвору | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\14.jpg |
| В меню операцій, попередньо виділивши ескіз, обираємо «вирізати видавлюванням» | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\15.jpg |
| На панелі властивостей обираємо відстань на яку необхідно зробити виріз, в даному випадку обираємо «наскрізь» | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\16.jpg |
| Підтверджуємо операцію та отримаємо 3D-модель деталі | C:\Users\Администратор\Desktop\.Підручник моделвання\Зображення\18.jpg |

Можна, звичайно, побудувати цю деталь за допомогою інших 2 операцій (1 - видавлювання, 2 - приклеювання обертанням). Але варто обирати найпростіший спосіб,

Таким чином, розглянувши приклади побудови фланцю, можна побачити що навіть найпростішу деталь можливо побудувати різними способами. Тому ще на етапі аналізу креслення рекомендується вибрати найбільш доцільний варіант побудови 3D-моделі деталі, особливо під час побудови більш складних деталей, адже всі операції відображаються в «дереві побудови» і виникають більше складностей у пошуках необхідного ескізу у разі потреби виправлень.

Для моделювання збірних конструкцій (наприклад, редуктора, рис. 1.4) необхідно спочатку підготувати всі окремі деталі. Коли всі елементи побудовані, створюється файл збірної моделі з розширенням -.a3d (Новий документ – Збірка – Ок).

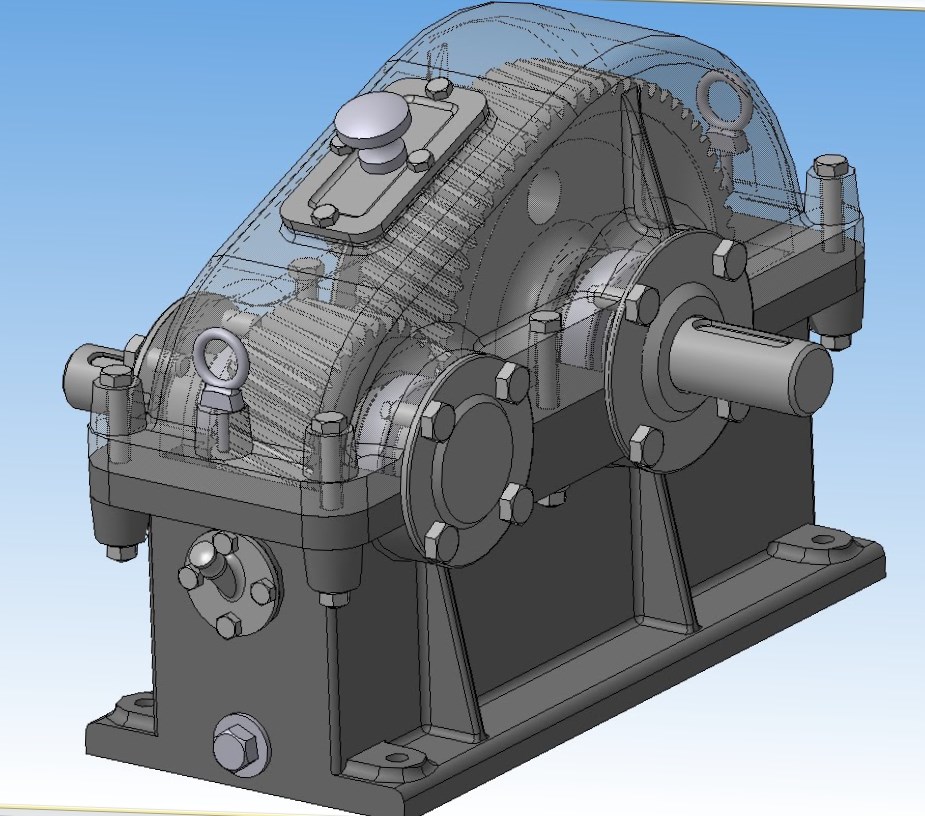


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель редуктора

Збірну модель також можливо створювати різними варіантами. Наприклад, спосіб побудови "від низу до верху" передбачає проектування 3D-збірки, куди послідовно вставляють раніше створені компоненти. Потім між ними створюються сполучення. Таким чином, для фіксації в редукторі кришки підшипника між нею і корпусом необхідно створити 2 сполучення: «Співвісність» самої кришки та валу редуктора і «Співпадіння об’єктів».

**1.2.Віртуальні лабораторні роботи. Приклади застосування**

1.2.1. Моделювання роботи регулятора тиску РД-80 сепаратора системи підготовки вуглеводневої сировини на нафтових родовищах

*За допомогою модуля Flow Simulation програмного середовища SolidWorks виконано моделювання регулятора тиску РД-80. Знайдено конфігурації і параметри поля швидкості і поля тиску газу в робочому просторі регулятора. На основі одержаних результатів обґрунтовано раціональну конструкцію регулятора.*

*Ключові слова: газ, регулятор тиску РД-80, моделювання, модуль Flow Simulation*

**Актуальність.** Актуальність проблеми обумовлена важливістю забезпечення високої якості, надійності та безпеки процесу підготовки вуглеводневої сировини на нафтових родовищах. Одним з головних елементів, які задіяні в процесі підготовки вуглеводневої сировини (суміші нафти, газу, води, абразиву та ін.) є сепаратори, які розділюють рідке та газоподібне середовище на окремі потоки. Ефективність функціонування сепаратора залежить від точності, надійності та безпечності роботи регуляторів тиску, які входять до його складу та підтримують робочий тиск у внутрішній камері сепаратора на заданому рівні. Сьогодні найбільш розповсюджені регулятори тиску типу РД. Вони прості в конструктивному виконанні, але мають порівняно невеликий ресурс роботи клапанної групи.[1-3]

**Останні дослідження і публікації.** В роботі [4] проаналізована сучасна техніка та технології регулювання режимів роботи обладнання в процесі підготовки і транспортування вуглеводневої сировини. Одним з перспективних напрямів є застосування регуляторів тиску прямої та зворотної дії, що дає змогу повність контролювати ці процеси.

**Мета** цієї роботи – модернізація та дослідження клапанної групи регулятора тиску РД-80.

**Основна** **задача** – моделювання регулятора тиску РД-80 за допомогою комп'ютерної системи Flow Simulation програмного середовища SolidWorks з одержанням поля тиску потоку газу в робочому просторі, що дозволить обґрунтувати раціональну конструкцію клапанної групи регулятора.

**Виклад основного матеріалу досліджень.**

SolidWorks є конструкторською системою твердотілого параметричного моделювання машинобудівельних конструкцій, що надає можливість побудови комплексу автоматизації конструкторських та технологічних робіт. Модуль Flow Simulation програмного середовища SolidWorks дає можливість моделювання процесів ламінарного та турбулентного протікання рідин. [5; 6].

Початковими і граничними умовами можуть задаватися наступні вихідні параметри: - швидкість, тиск (статичний, динамічний, оточуючого середовища), масові та об’ємні витрати; - температура, концентрація компонентів, параметри турбулентності; - витратно-напірні характеристики віртуальних вентиляторів (або насосів); - різноманітні типи стінок, включаючи шорсткість, коефіцієнт тепловіддачі і параметри умовного середовища на стінках, що не межують з реальним текучим середовищем; - джерела тепла (об’ємні і поверхневі), віртуальні тепло вентилятори; - можливості вказати залежність граничних умов та параметрів від часу та координат; - симетрія відносно базових площин і періодична симетрія.

Проведемо дослідження за допомогою модуля Flow Simulation програмного середовища SolidWorks. Воно буде відбуватись наступним чином. Для прототипу (рис.1) та модернізованого (рис.2) регуляторів тиску РД-80 проведемо моделювання , а саме - відтворимо рух потоку газу через робочій простір регуляторів [7; 8].

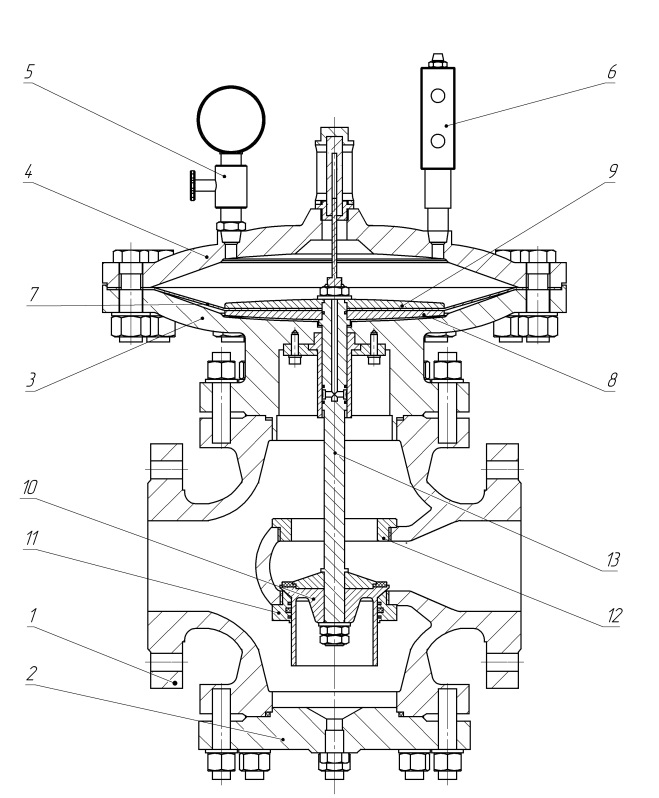


Рисунок 1- Регулятор тиску РД-80 (прототип):

1 – корпус; 2 – нижня кришка; 3 – нижній корпус мембранного приводу; 4 – верхній корпус мембранного приводу; 5 – манометр; 6 – редуктор - задатчик; 7 – мембрана; 8 і 9 – нижній та верхній затискні диски; 10 – клапан; 11 і 12 – нижнє та верхнє сідла клапана; 13 – шток.

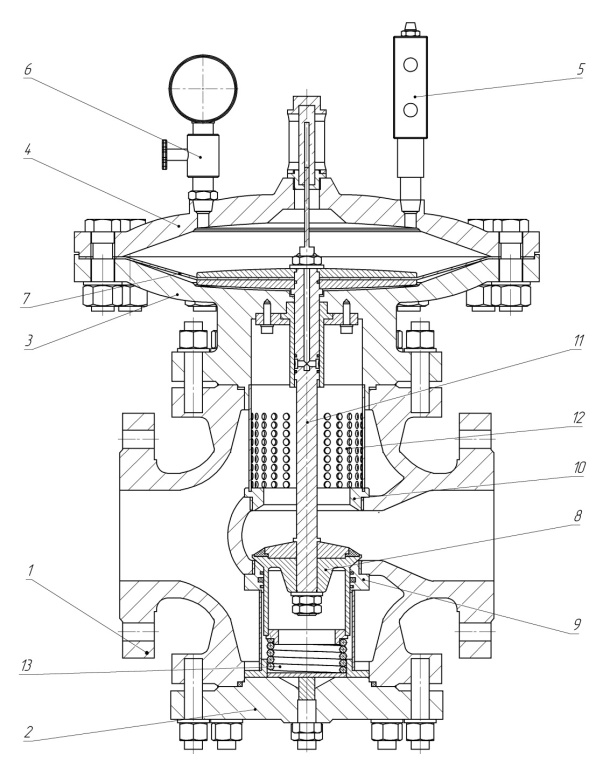


Рисунок 2 - Регулятор тиску РД-80 (модернізований):

1 – корпус; 2 – нижня кришка; 3 – нижній корпус мембранного приводу; 4 – верхній корпус мембранного приводу; 5 – редуктор – задатчик; 6 – манометр; 7 – мембрана; 8 – клапан; 9 і 10 – нижнє та верхнє сідла клапана; 11 – шток; 12 – фільтраційна сітка; 13 – пружина.

Проведення дослідів здійснено за такими параметрами:

1. для максимально відкритого положення клапана;
2. для довільного положення клапана.

Задані термодинамічні параметри навколишнього середовища, приймаємо стандартні умови:

* тиск – 101325Па (1атм);
* температура – 293,2К.

Параметри робочого середовища:

* об’ємна витрата газу на вході регулятора – 3,368 м3/с;
* Об’ємна витрата газу на виході регулятора – 1,736 м3/с;
* Робоче середовище – природний від сепарований газ;
* Тиск на вході регулятора – 0,6 МПа;
* Тип потоку – ламінарний і турбулентний.

Результати моделювання регулятора тиску РД-80 Flow Simulation зведені в табл.. 1.

Таблиця 1. Результати моделювання регулятора тиску РД-80 Flow Simulation

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № досліду | Опис конструкції | | Параметр | Min  значен-ня | Маx  Значен-ня |
| Моделі поля тиску та швидкості | Графік зміни тиску та швидкості |
| 1 | Базовий варіант регулятора,  максимальне відкриття клапана | | | | |
| Давление аналог | Новый точечный рисунок (6) | Тиск, Па | 248036 | 692030 |
| Скорость аналог | Новый точечный рисунок (6) | Швид-кість, м/с | 171,7 | 388,4 |
| Модернізований варіант регулятора, максимальне відкриття клапана | | | | |
| Давление модернизированый | Новый точечный рисунок (6) | Тиск, Па | 229683 | 691590 |
| Скорость модернизированый | Новый точечный рисунок (6) | Швид-кість, м/с | 105,3 | 357,2 |
| 2 | Базовий варіант регулятора, довільне положення клапана | | | | |
| Давление аналог полуоткрытый | Новый точечный рисунок (6) | Тиск, Па | 238745 | 656447 |
| Скорость аналог полуоткрытый | Новый точечный рисунок (6) | Швид-кість, м/с | 191,3 | 590,2 |
| Модернізований варіант регулятора, довільне положення клапана | | | | |
| Давление модернизированый полуоткрытый | Новый точечный рисунок (6) | Тиск, Па | 230006 | 700289 |
| Скорость аналог полуоткрытый | Новый точечный рисунок (6) | Швид-кість, м/с | 87,2 | 550,1 |

З проведених дослідів модернізованої конструкції регулятора для випадків як максимально так і довільного положення клапана слід констатувати незначне збільшення тиску в перші моменти руху потоку, що спричинено появою фільтраційної сітки. Але після проходження через неї, тиск різко падає і набуває менших значень, порівняно з аналогом. Крім того, у модернізованій конструкції потік газу став більш рівномірний та стабільний, що обумовлює зменшення навантаження на клапанну групу, позитивно відображатиметься на роботі регулятора.

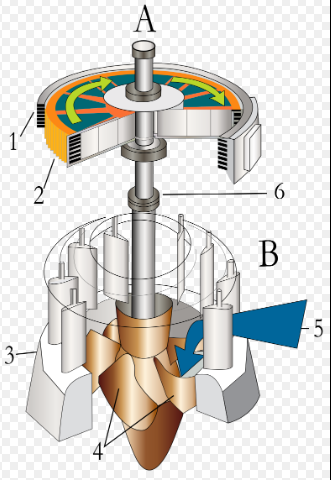
Аналізуючи результати дослідів стосовно швидкості потоку в модернізованій конструкції регулятора, для випадків як максимально так і довільного положення клапана, зафіксовано значне зниження показника швидкості в критичних точках зміни напрямку потоку газу. Це було досягнуто завдяки покращенню геометричної форми клапана.

**Висновки.**

Модуль Flow Simulation дозволяє одержати картину тисків і швидкостей в робочому просторі регулятора до і після модернізації і за рахунок цього цілеспрямовано вдосконалювати його конструкцію.

Зафіксована зміна перепадів тиску, під час проходження газом робочої порожнини модернізованого регулятора. Вони стали більш плавними, без різких змін, що позитивно впливає на роботу клапанної групи, зменшивши критичні напруження. Також зменшились показники тиску в робочій зоні клапана, за рахунок фільтраційної сітки.

У даній роботі зафіксований результат комплексної модернізації регулятора тиску, яка включає: зміну форми клапана, встановлення фільтраційної сітки та додаткової пружини зворотнього ходу клапана. У подальших дослідженнях доцільно виділити ефекти впливу кожної із зазначених змін конструкції.



**Рисунок 6. – Тривимірна модель турбіни**

14 хв. Турбіна 3 D моделювання в SOLIDWORKS

<https://www.youtube.com/watch?v=h96la-MHkoY>