

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація конструкції скло підйомника автомобіля RENAULT

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-41

спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Євгеній
СИНЕНЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Тетяна НАВРОЦЬКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Марія СПРАВСЬКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«29» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Синенькому Євгенію Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація конструкції скло підйомника автомобіля RENAULT

Керівник роботи Навроцька Т.Д., к.т.н., ст. викл.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» січня 2024 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 червня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базова конструкція скло підйомника автомобіля RENAULT

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Огляд підйимальних механізмів скло підйомників – А1;

Схематичне зображення різних типів механізмів та кінематичний синтез – А1;

Кінематичний синтез – А1;

Кінематичний синтез та аналіз механізму – А1;

Схематичне зображення отриманого механізму – А1;

Зображення отриманого механізму – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 29.січня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	14.02.2024	
2	Технологічний розділ	13.03.2024	
3	Конструкторський розділ	17.04.2024	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	09.05.2024	
5	Оформлення графічної частини	21.05.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	27.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Євгеній СИНЕНЬКИЙ

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тетяна НАВРОЦЬКА

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Модернізація конструкції скло підйомника автомобіля RENAULT».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра к.т.н., старший викладач Навроцька Т.Д.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 51 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова: аналіз, технічні характеристики, модернізація, інновація, оптимізація.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Формування концепції та її демонстрація.....	7
1.2 Аналіз та оцінка концепцій.....	11
1.3 Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра...	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Синтез типу скло підйомника.....	15
2.2 Кінематичний синтез механізму.....	17
2.3 Кінематичний аналіз механізму.....	26
2.4 Ключові обмеження у дизайні механізму.....	28
2.5 Аналіз сил механізму.....	30
2.6 Розробка спіральної пружини.....	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	35
3.1 Кінематичне проектування.....	35
3.2 Втілення проекту.....	37
3.3 Аналіз силових взаємодій та дизайн спіральної пружини.....	39
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	44
4.1 Повітря робочої зони.....	44
4.2 Вентиляція приміщення.....	46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	49
БІБЛІОГРАФІЯ	50
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Одним із ключових аспектів забезпечення комфорту та безпеки є надійність систем, таких як склопідйомники. Модернізація склопідйомників в автомобілях, зокрема в моделях RENAULT, є актуальним напрямком удосконалення автомобільних технологій. В цьому контексті, значне місце займає оптимізація конструкцій і механізмів склопідйомників, яка може вплинути на зниження енергоспоживання, підвищення довговічності механізмів та поліпшення загальних експлуатаційних характеристик.

Ця кваліфікаційна робота має на меті розробку та впровадження конструктивних удосконалень для склопідйомника автомобіля RENAULT, що відповідають сучасним тенденціям автомобільної індустрії та вимогам споживачів. Робота включає аналіз існуючих конструкцій, розробку пропозицій щодо їхньої модернізації, а також практичне тестування нововведень.

Мета дослідження полягає в підвищенні ефективності, надійності та безпеки склопідйомника через впровадження інноваційних рішень, які базуються на сучасних матеріалах та технологіях. В результаті цієї роботи очікується зменшення вартості обслуговування та ремонту склопідйомників, а також забезпечення вищого рівня задоволення потреб користувачів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Формування концепції та її демонстрація

Аналіз джерел стає основою для створення концепцій. Так, з огляду на варіативність систем підйому скла, знайдених під час аналізу джерел, було розроблено п'ять унікальних концепцій.

Концепція I. Перше запропоноване рішення базується на використанні гвинтової системи підйому скла. У цьому випадку, переміщення віконного скла здійснюється за рахунок використання гвинта. Гвинт міцно встановлено на дверному отворі авто. Додатково, гайка закріплена на гвинті у захисному кожусі і керується електричним мотором за допомогою передавальної системи. Мотор разом із передавальною системою закріплені у кожусі. Гайка має можливість вільно обертатися всередині кожуха. Водночас, скло надійно фіксоване до кожуха гайки та направляється віконною рамою. Отже, активація гайки двигуном ініціює лінійний рух скла по рамі.

На малюнку 1.1 представлено наочний ескіз Концепції I. Враховуючи, що двері автомобілів в наш час мають вигнуту форму, скло також виконує вигнуті рухи усередині рами. Тому, гвинт показаний у вигнутому стані.

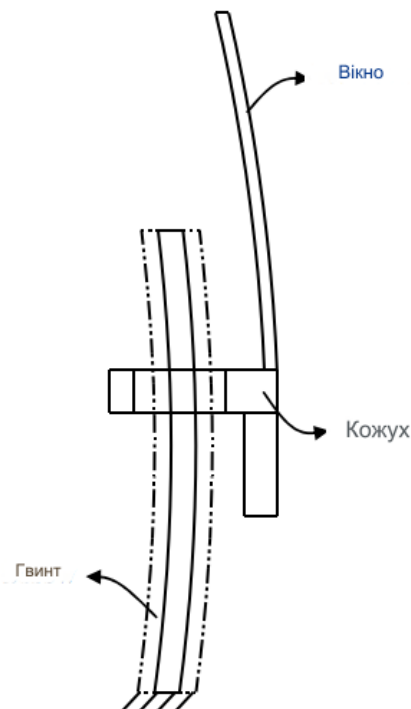


Рис. 1.1. Ілюстративний ескіз концепції I.

Концепція II. Друга концепція використовує систему з рейкою та шестернею. В цьому варіанті рейка твердо прикріплена до дверей авто. Шестерня монтується на рейку всередині корпусу, що гарантує міцне сполучення між елементами. Окрім того, шестерня приводиться в дію за допомогою передавального механізму, який отримує енергію від електромотора, встановленого в одному корпусі з ними. Водночас, склопакет фіксується до корпусу. В результаті обертання шестерні, скло переміщається вздовж рейки.

На ілюстрації 1.2 зображено концепції II. Варто звернути увагу на те, що рейка повинна мати вигнуту форму в бічному вигляді, аби забезпечити описаний криволінійний рух вікна.

Концепція III. Третя концепція втілює застосування троса і шківів. У цьому рішенні трос приєднаний до головного шківів, який приводиться в рух за допомогою електричного двигуна. Цей двигун інтегрований із шасі дверцят авто. Додатково, трос пов'язаний з опорою, що ковзає по рейці, закріпленій на шасі дверцят. Віконне скло твердо фіксується до цієї опори. В результаті, коли головний шків обертається, опора переміщується уздовж рейки за допомогою ще двох шківів.

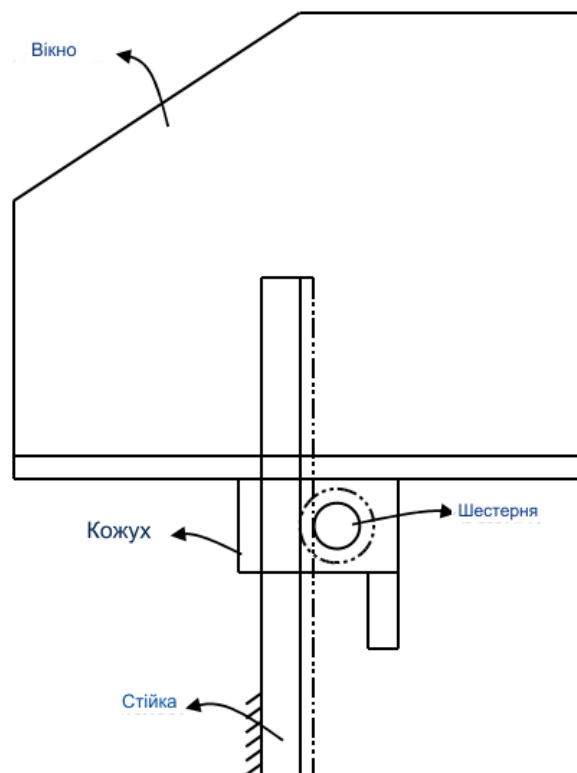


Рис. 1.2. Детальний ескіз концепції II.

На ілюстрації 1.3 зображено графічне пояснення концепції III. Важливо зазначити, що рейка має бути виконана з криволінійним контуром у бічному профілі, аби забезпечити зазначений криволінійний рух скла.

Концепція IV. Четверта концепція охоплює використання механізму з рукояткою. У даній концепції рукоятка твердо сполучена з зубчастим колесом, яке приводиться в рух за допомогою маленької шестерні. На краю рукоятки розміщено ковзаючий елемент, який з'єднаний з рухомою шиною. Скло, що керується в рамці вікна, встановлене на цій шині. Додатково, мала шестерня активується електричним двигуном. В результаті, коли мала шестерня рухається за допомогою двигуна, скло здійснює лінійний рух уздовж рамки вікна.

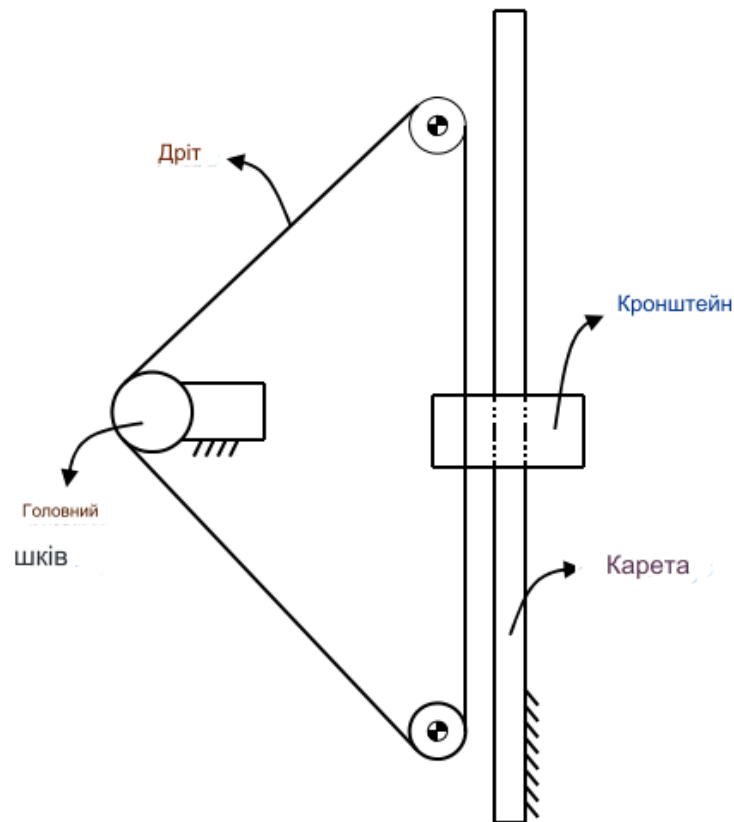


Рис. 1.3. Пояснювальний ескіз концепції III.

На ілюстрації 1.4 демонструється концепції IV. Відзначимо, що рукоятка має можливість згинатися, що дозволяє склу виконувати раніше зазначений криволінійний рух.

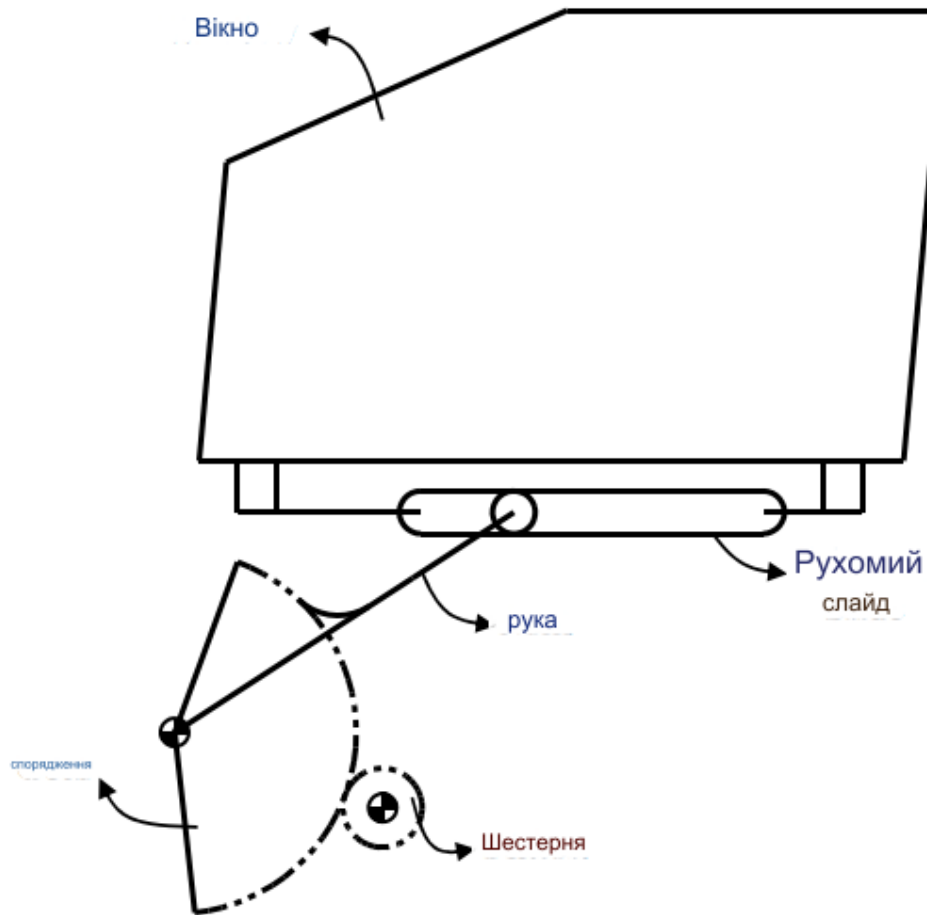


Рис. 1.4. Ілюстративний ескіз концепції IV.

Концепція V. Фінальна концепція застосовує механізм з перехресними або ножицеподібними ручками. Драйвер цього механізму прикріплений до зубчастого колеса, яке обертається за допомогою пінйона. Вікно міцно з'єднане з рухомим елементом керування перехресного механізму і направляється в рамі. Додатково, пінйон рухається завдяки електричному двигуну. В результаті, коли приводний зв'язок включений, вікно пересувається лінійно у рамі.

На ілюстрації 1.5 зображено детальний рис концепції V. Варто зазначити, що, подібно до концепції IV, ручки можуть згинатися, аби забезпечити криволінійне переміщення вікна.

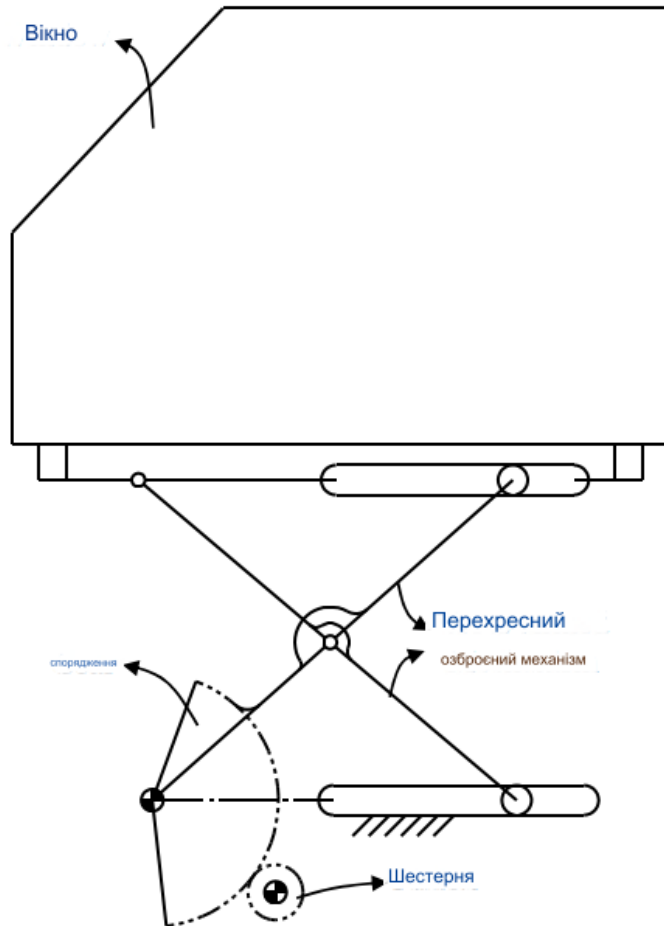


Рис. 1.5. Детальний ескіз концепції V.

1.2 Аналіз та оцінка концепцій

Після уточнення критеріїв для аналізу концепцій можлива їх оцінка. На початку процесу потрібно встановити відповідні вагові коефіцієнти для цих критеріїв.

У таблиці 1.1 представлено розподіл вагових коефіцієнтів для критеріїв аналізу концепцій. Спочатку ці ваги визначаються в діапазоні від нуля до десяти залежно від їхньої значимості для проекту. Варто зазначити, що таке призначення є суб'єктивним. Далі ці коефіцієнти коригуються так, щоб їхня загальна сума складала одиницю.

Таблиця 1.1 Встановлені вагові коефіцієнти для критеріїв аналізу концепцій.

Критерій оцінки	Вага (0-10)	Перерозподілена вага
Мала кількість компонентів	8	0,145
Низька складність компонентів	8	0,145
Низька складність концепції	8	0,145
Тривалий термін служби	7	0,127
Регулярна передача сили	7	0,127
Низький рівень шуму при роботі	7	0,127
Проста збірка	5	0,091
Мінімальне використання простору	5	0,091
ЗАГАЛОМ	55	1

Після встановлення вагових коефіцієнтів для критеріїв оцінювання концепцій, можливе проведення аналізу цих концепцій. Присвоєні значення концепціям мають бути обґрунтованими, а не випадковими. Фактично, ці значення мають бути визначені відповідно до встановленої шкали оцінювання.

У таблиці 1.2 представлена використана шкала оцінок для аналізу концепцій.

Зауважте, що оцінювання концепцій має суб'єктивний характер, і досвід дизайнера має ключове значення під час цього процесу. Проте, можливі відхилення внаслідок цього суб'єктивного підходу можна згладити, повторно виконавши оцінювання. Після цього, відповідно, можна визначити найкращу з концепцій.

В кінцевому підсумку, концепції були оцінені та результати викладені у таблиці 1.3. Згідно таблиці, концепція V (рис. 1.5), яка передбачає механізм з перехресними ручками для керування вікном, стала переможцем.

Таблиця 1.2 Використана шкала оцінок для аналізу концепцій.

Бали	Значення
0	Абсолютно непридатне рішення
1	Дуже недостатнє рішення
2	Слабке рішення
3	Прийнятне рішення
4	Достатнє рішення
5	Задовільне рішення
6	Добре рішення з деякими недоліками
7	Добре рішення
8	Дуже добре рішення
9	Рішення, що перевищує вимоги
10	Ідеальне рішення

Таблиця 1.3. Оцінювання концепцій.

Оцінка критерію	Вага	Конц.	Конц.	Конц.	Конц.	Конц.
		I	II	III	IV	V
Мала кількість компонентів	0,145	6	4	6	8	6
Низька складність компонентів	0,145	2	2	6	8	8
Низька складність концепції	0,145	4	2	8	8	6
Тривалий термін служби	0,127	6	6	4	2	8
Регулярна передача сили	0,127	4	4	6	2	8
Низький рівень шуму під час роботи	0,127	4	4	8	6	8
Проста збірка	0,091	4	4	6	8	6
Мінімальне використання простору	0,091	4	4	6	8	4
ЗАГАЛОМ	1	4,25	3,67	6,29	6,22	6,87

1.3 Постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Здійснити огляд існуючих типів склопідйомників, визначте їх переваги та недоліки. Обрати тип склопідйомника, який буде розроблено в даній роботі, з обґрунтуванням вибору з погляду технічних характеристик та можливостей виробництва. Розробити механічну схему склопідйомника, вибравши тип приводу та основні вузли. Описати логіку вибору компонентів та їх взаємодії у механізмі. Виконати кінематичний аналіз розробленого механізму, використовуючи відповідне програмне забезпечення. Аналізувати можливі траєкторії руху, швидкості та прискорення важливих точок механізму. Визначити обмеження, які накладаються на дизайн склопідйомника, такі як розміри, матеріали, витривалість і безпека. Розглянути ергономічні та екологічні фактори, що впливають на конструкцію. Визначити сили, що діють у різних частинах механізму під час його роботи. Провести аналіз навантажень і оптимізуйте деталі для мінімізації зносу та витрат. Проектувати спіральну пружину для балансування та підтримки руху склопідйомника. Розрахувати параметри пружини для оптимальної працездатності механізму.

Детально розробити кінематичну схему механізму, включаючи всі рухомі та нерухомі частини. Оформити конструкторські креслення та схеми з усіма технічними даними. Виконати моделювання склопідйомника з використанням САД програм, перевірте збірку та функціонування всіх частин. Здійснити виробництво прототипу, описуючи використані технології та матеріали. Провести аналіз сил, які впливають на роботу механізму, зокрема, на спіральну пружину. Оптимізувати дизайн спіральної пружини на основі отриманих даних для забезпечення стабільності та надійності.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Синтез типу склопідйомника

Після вибору оптимальної концепції у процесі концептуального дизайну наступним кроком є вибір типу механізму, адже доступно декілька варіантів механізмів, що відповідають вибраній концепції. Відтак, здійснюється визначення типу для вибраної концепції, аби обрати найадекватніший тип механізму.

Для обраної концепції можливе використання трьох різних типів механізмів для регулювання вікна (див. рисунок 2.1).

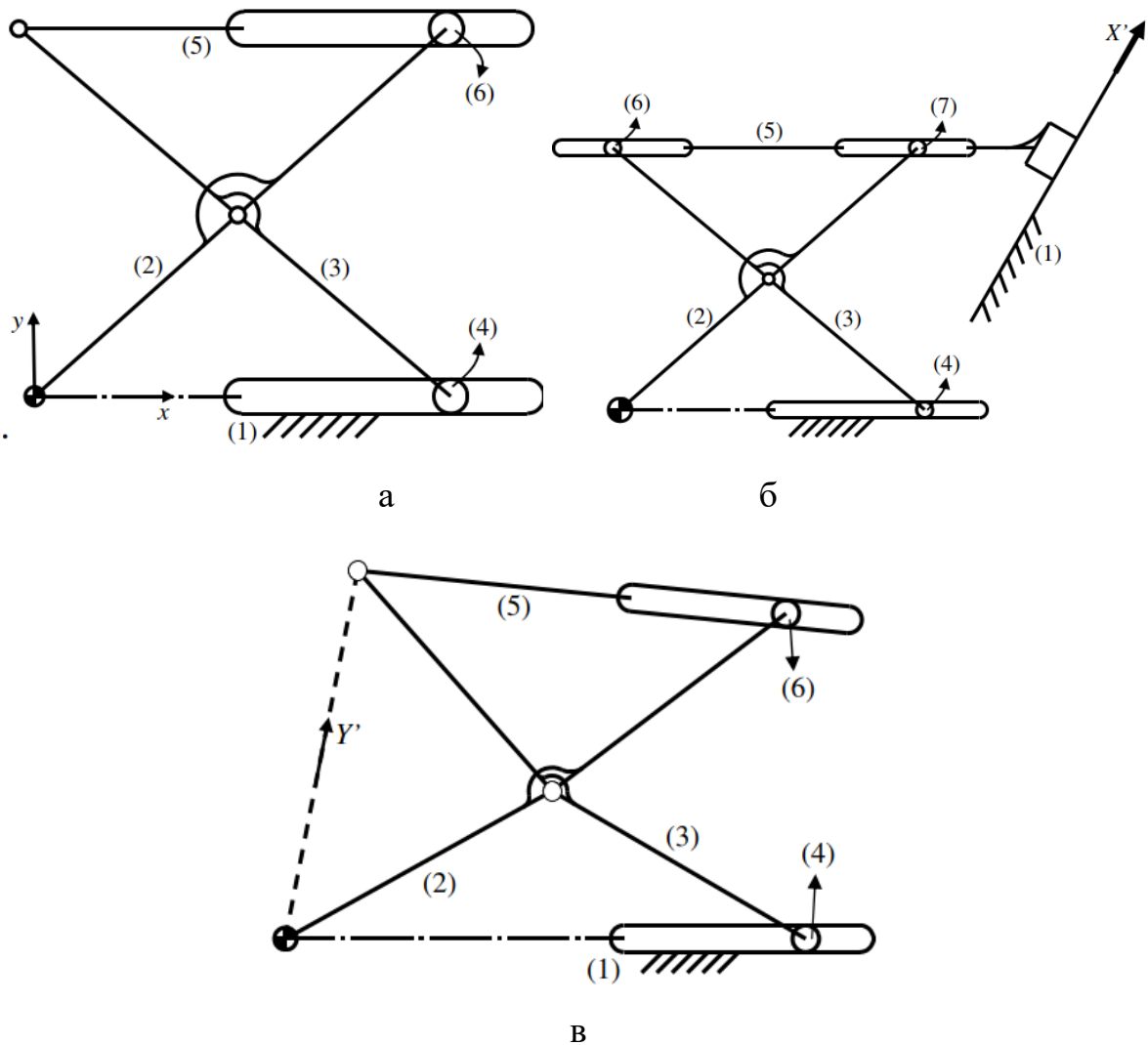


Рис. 2.1 Схематичне зображення різних типів механізмів, які можуть бути використані як механізм регулювання вікна; а. Тип I, б. Тип II, в. Тип III.

На рис. 2.1.а показано механізм регулювання вікна, відомий як "Тип I".

Цей тип включає в себе конструкцію з ножичним механізмом та прямими елементами з'єднання. Елемент (5) у даній конструкції, що приєднаний до вікна порту автомобіля, здійснює рух по осі y (згідно з рисунком 2.1.а).

Наступна версія механізму для регулювання вікон називається "Тип II" (рисунок 2.1.б). Вона також базується на ножичному механізмі з прямими елементами. Тут елемент (5), прикріплений до віконної рами, напрямлений за допомогою пластикових компонентів, що оточують вікно, забезпечуючи рух уздовж осі X' (рисунок 2.1.б).

Останньою моделлю є "Тип III" (рисунок 2.1.в), який також базується на ножичному механізмі, але з кутовими з'єднаннями. Залежно від розміщення елементів механізму, елемент (5) переміщується уздовж осі Y' (рисунок 2.1.в).

Оцінка цих конструкцій проводиться за двома ключовими параметрами. Перший критерій стосується адаптивності конструкції при встановленні стаціонарних деталей. Другий критерій включає оцінку простоти використання, яка визначається рівнем тертя в місцях з'єднань.

З огляду на перший критерій, адаптивність "Типу I" менша в порівнянні з іншими двома моделями, оскільки траєкторія пересування (по осі y на ілюстрації 2.1.а) обов'язково має бути перпендикулярною до осі закріпленої направляючої (ось x на рисунку 2.1.а). Таке обмеження призводить до додаткових умов розташування сталого обладнання. У свою чергу, "Тип II" та "Тип III" володіють ідентичною адаптивністю, оскільки розміщення стаціонарних елементів не залежить від напрямку руху.

Можливо стверджувати, що простота управління "Типу II" є найнесприятливішою згідно з другим критерієм. Під час активності цього механізму вектор руху зв'язка (5) керований за допомогою пластикової направляючої, яка обрамляє скло, таким чином виникає тертя між зв'язком (5) і зв'язком (1), що ускладнює дію механізму. У той же час, "Тип I" та "Тип III" мають порівняльну легкість управління, оскільки основна відмінність між ними - наявність кутових з'єднань у "Типу III" проти прямих з'єднань у "Типу I".

При спільному розгляді двох критеріїв, "Тип III" виокремлюється як найоптимальніший варіант механізму для даного проекту, адже в обох випадках він перевершує інші типи.

2.2 Кінематичний синтез механізму

Аналіз розпочинається з кінематичного синтезу механізму. Цей процес спрямований на створення механізму, який забезпечує певну функцію, шлях руху або, як у цьому випадку, виконує визначене керування рухом. На стадії кінематичного синтезу всі сталі параметри з'єднань встановлюються за допомогою параметричного методу.

Спочатку визначаються необхідні рухи і геометричні обмеження проекту. Залежно від цих обмежень здійснюється синтез механізму. У процесі синтезу спершу визначається потрібний рух для вікна, а потім обираються відповідні довжини з'єднань.

Як зазначено, ціль роботи полягає у створенні механізму регулятора вікна, котрий дозволяє вікну автомобільних дверей рухатися лінійно. Зазвичай геометрія дверей та вікна авто розробляється до механізму регулятора. Тому необхідний рух для вікна вже прописаний. Так, перед початком синтезу механізму потрібно чітко визначити передбачуваний лінійний рух.

На ілюстрації 3.2 наведено діаграматичне зображення автомобільних дверей. На цьому зображенні вказані максимальне та мінімальне положення вікна. В ілюстрації показана глобальна система вісей X-Y, при цьому вісь Y орієнтована в напрямку, протилежному до гравітації. Вихідне з'єднання механізму регулювання вікна нерухомо закріплене на вікні за допомогою пластикових утримувачів (точки A та C на зображенні 2.2).

Для точного встановлення трансляційного руху вікна застосовуються параметричні обмеження. Кут, обертанням проти годинникової стрілки від осі Y до осі трансляційного руху, визначається як Φ . Кут, обертанням проти годинникової стрілки від осі X до осі кріплення (стягується від точки A до точки C на ілюстрації 2.2), позначається як Γ .

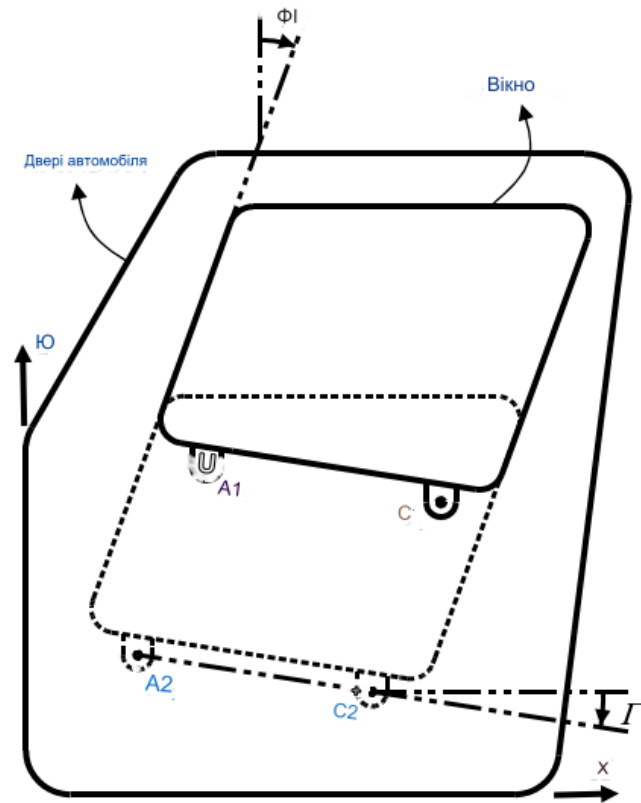


Рис. 2.2 Схематичне зображення дверей автомобіля з вікном.

Для визначення потрібного зсуву вікна аналізується бічний вигляд дверей автомобіля (ілюстрація 2.3).

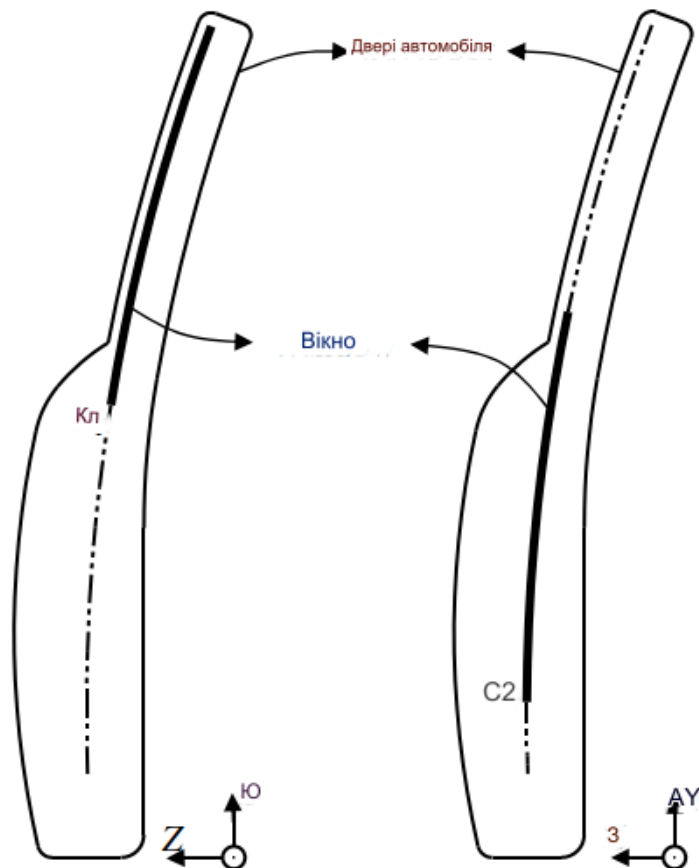


Рис. 2.3 Бічний вигляд дверей автомобіля.

Сучасні автомобільні двері мають вигнуту форму. Це забороняє вікну рухатися прямо, через що його траєкторія в боковому вигляді не є лінійною. В дійсності, вікно вимушено здійснює обертовий рух, і його траєкторія формує частину великого кола (див. рисунок 2.3).

На рисунку 2.4 представлено перебільшений зображення траєкторії руху вікна.

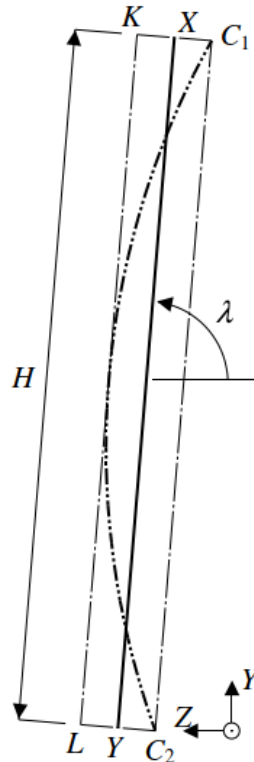


Рис. 2.4 Перебільшене зображення траєкторії вікна.

C_1 вказує на верхнє, а C_2 на нижнє положення кріплення вікна. Лінія KL намальована так, що вона торкається траєкторії вікна і паралельна лінії C_1C_2 . Лінія XY рівновіддалена від KL та C_1C_2 . Кут між оссю Z і лінією XY позначено як λ . Відстань між XY та лініями KL та C_1C_2 встановлена як δ .

Робоча зона механізму розташована вздовж лінії XY . Конструктивне з'єднання механізму твердо закріплене на тримачі вікна, тому потрібне переміщення цього з'єднання дорівнює H .

Крім того, робоча зона механізму має згинатися до максимального значення δ на верхньому та нижньому кінцях. Оскільки траєкторія вікна формує частину великого кола, δ залишається відносно невеликим, тому згинання деталей механізму не викликає значних проблем.

Вікно нерухомо з'єднане з вихідним ланцюгом механізму. Отже, вихідний ланцюг також має виконувати аналогічний прямолінійний рух.

Процес синтезу механізму можна провести, вважаючи механізм шатуна-манівця інтегральною частиною системи регулювання вікна. В інших словах, конструкцію регулятора вікна можна розробити, використовуючи механізм шатуна-манівця. На рисунку 2.5 демонструється такий метод синтезу механізму.

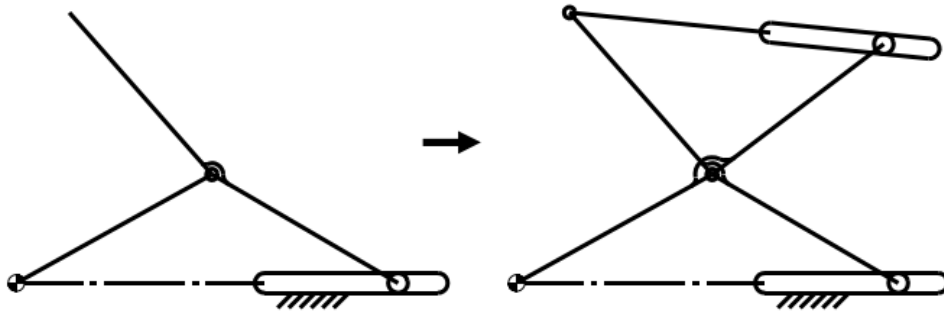


Рис. 2.5 Підхід до синтезу механізму.

Таким чином, процес синтезу руху ділиться на два основні етапи. Спочатку визначається напрям руху за допомогою шатунно-манівцевого сегменту механізму. Далі, здійснюється отримання трансляційного переміщення вихідного ланцюга за допомогою повної системи механізму.

Курс руху окреслено з урахуванням геометричних обмежень. Завданням є визначення цього курсу, використовуючи шатунно-манівцевий елемент механізму відповідно до встановлених обмежень (див. рисунок 2.6).

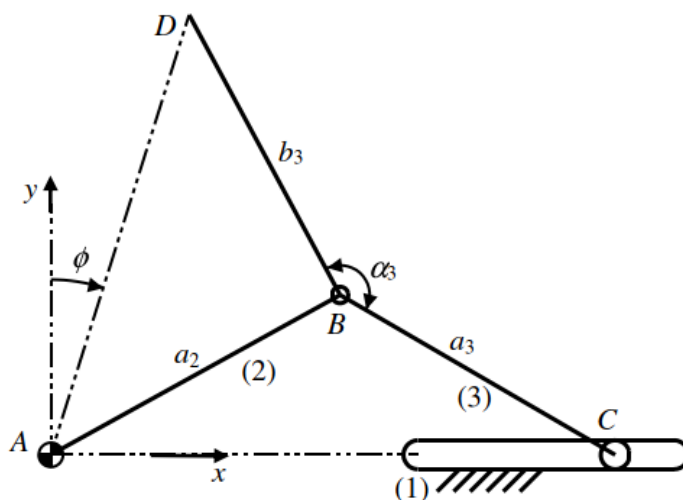


Рис. 2.6 Частина механізму кривошип-шатун.

Бажаний напрям руху забезпечується через кардановий рух. У даному випадку, під час функціонування механізму, передбачається, що шлях точки D

буде представляти пряму лінію. Отже, відповідно до карданового руху, вимога для переміщення точки D уздовж лінії AD визначається наступним чином:

$$|AB| = |BC| = |BD| \quad 2.1$$

Крім того, фіксований кут з'єднання ланцюга (3), α_3 , обчислюється з використанням формули (1.1).

$$\alpha_3 = \pi - 2 \cdot \phi \quad 2.2$$

На рисунку 2.7 аналізується типове розташування механізму у дверцятах автомобіля для встановлення зв'язків із геометричними обмеженнями. Координатна система X-Y виступає як глобальна координатна система, як вказано на рисунку 2.2. З іншого боку, у координатній системі x-y, ось x направлена до фіксованої напрямної (від точки A до точки C на рисунку 2.7).

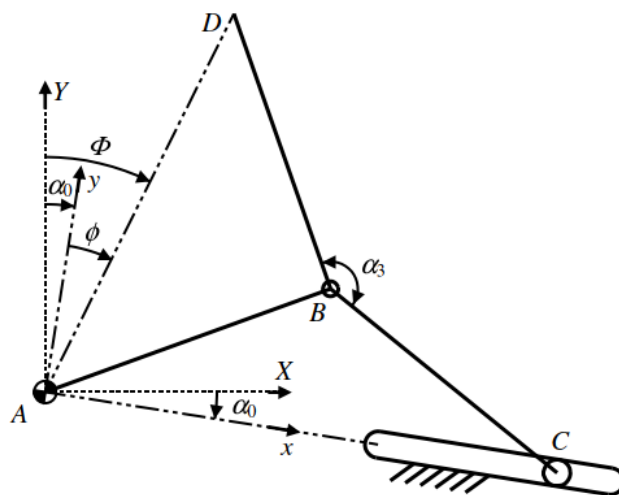


Рис. 2.7 Загальне положення механізму кривошип-шатун у двері автомобіля.

Кут α_0 можна визначити як кут повороту від системи координат X-Y до системи координат x-y. Важливо зазначити, що α_0 не є геометричним обмеженням, тому його можна використовувати як параметр конструкції.

Отже,

$$\Phi = \phi + \alpha_0 \quad 2.3$$

Використовуючи рівняння (3.2) та (3.3), α_3 може бути виведено як,

$$\alpha_3 = \pi - 2 \cdot (\Phi - \alpha_0) \quad 2.4$$

Отже, застосувавши рівняння (2.1) та (2.3), можна визначити потрібний напрям руху. Цей рух механізму шатуна-манівця є фундаментом для механізму регулятора вікна.

Під час визначення трансляційного руху вихідного ланцюга аналізується вся конструкція механізму (див. рисунок 3.8). В цьому випадку інша частка механізму з'єднується з раніше створеним механізмом шатуна-манівця.

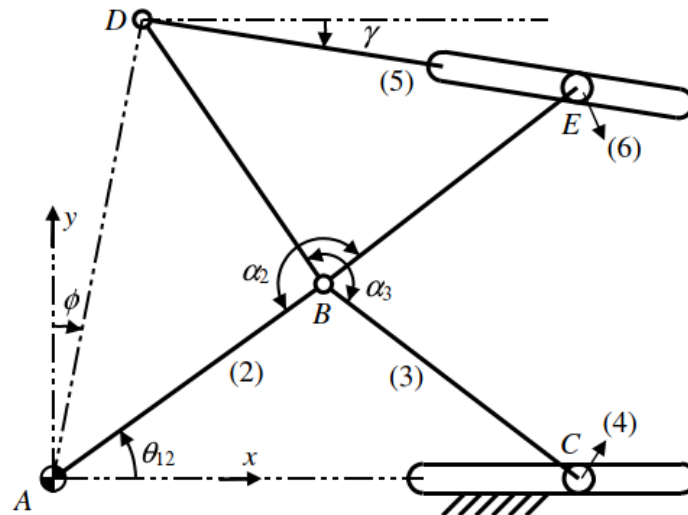


Рис. 2.8 Механізм регулювання вікна.

Кут γ визначено як кут за годинниковою стрілкою від осі x до ланки (5). Кут кривошипу, θ_{12} , описується як кут проти годинникової стрілки від осі x до ланки (2). Для здійснення трансляційного руху ланки (5) застосовується геометрія (див. рисунок 2.9).

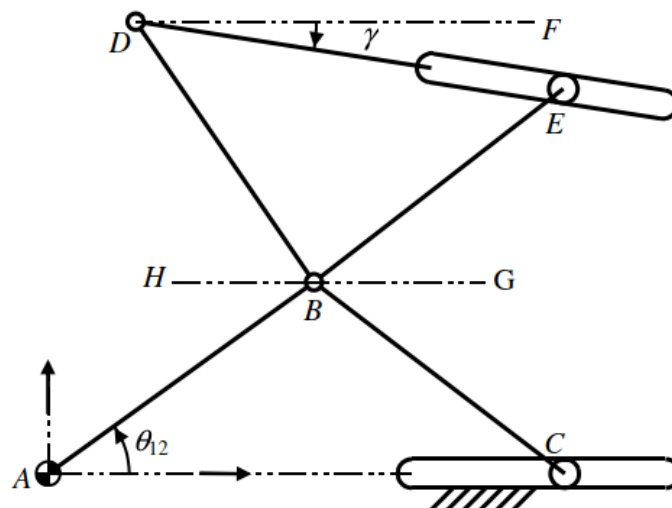


Рис. 2.9 Отримання поступального руху.

Раніше було встановлено, що $|AB| = |BC|$, отже;

$$\angle CAB = \angle ACB = \theta_{12} \quad 2.5$$

З іншого боку, HG паралельно AC , отже;

$$\angle ABH = \angle CAB = \theta_{12} \quad 2.6$$

$$\angle CBG = \angle ACB = \theta_{12} \quad 2.7$$

Також, використовуючи рівняння (2.6) та (2.7);

$$\angle GBD = \angle CBD - \angle CBG = \alpha_3 - \theta_{12} \quad 2.8$$

$$\angle HBE = \angle ABE - \angle ABH = \alpha_2 - \theta_{12} \quad 2.9$$

Після цього, з використанням рівнянь (2.8) та (2.9);

$$\angle HBD = \pi - \angle GBD = \pi - \alpha_3 + \theta_{12} \quad 2.10$$

$$\angle GBE = \pi - \angle HBE = \pi - \alpha_2 + \theta_{12} \quad 2.11$$

Далі, кут $\angle DBE$ визначається за допомогою (2.10) та (2.11) як;

$$2.12$$

Потім, якщо $|BD| = |BE|$, трикутник BDE стає рівнобедреним. Отже, кут $\angle BDE$ визначається за допомогою (2.12) як;

$$\angle BDE = \frac{\pi - \angle DBE}{2}$$

$$\angle BDE = \pi + \theta_{12} - \frac{\alpha_3 + \alpha_2}{2} \quad 2.13$$

Відомо, що HG паралельно DF, отже;

$$\angle BDF = \angle HBD = \pi - \alpha_3 + \theta_{12} \quad 2.14$$

Нарешті, кут γ визначається за допомогою рівнянь (2.13) та (2.14) як;

$$\gamma = \angle BDF - \angle BDE$$

$$\gamma = \frac{\alpha_2 - \alpha_3}{2} \quad 2.15$$

За допомогою рівняння (2.15) виявлено, що кут γ незалежний від вхідного кута кривошипа θ_{12} та визначається тільки за допомогою сталого кута з'єднань. В результаті, кут γ є незмінним для будь-яких значень вхідного кута кривошипа. Відтак, ланка (5) реалізує трансляційний рух під час обертання кривошипа.

У процесі виведення формули використовується припущення, що $|BD|$ дорівнює $|BE|$. Крім того, використовуючи рівняння (2.1), отримано загальний критерій для вихідної ланки щодо виконання необхідного трансляційного руху;

$$|AB| = |BC| = |BD| = |BE| \quad 2.16$$

На ілюстрації 2.10 знову аналізується стандартне розташування механізму у автомобільних дверях для визначення відносин з геометричними обмеженнями.

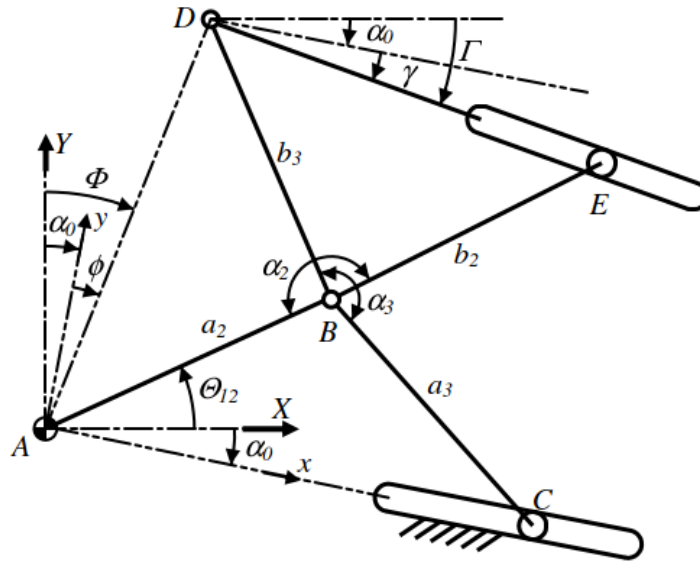


Рис. 2.10 Загальне положення механізму регулювання вікна у двері автомобіля.
З рисунка 2.10;

$$\Gamma = \gamma + \alpha_0 \quad 2.17$$

Використовуючи рівняння (2.15) та (2.17) разом із (2.4), кут α_2 визначається в залежності від сталих параметрів як;

$$\alpha_2 = \pi + 2 \cdot (\Gamma - \Phi) \quad 2.18$$

Зауважте, що α_2 визначається виключно на основі геометричних умов, тому можливо встановити α_2 , коли задані Γ та Φ .

Завершальним етапом у створенні механізму є вимірювання довжин ланок. Для цього необхідно знати позиції відкритого та закритого станів вікна (див. рисунок 2.2), що відповідають верхньому та нижньому положенням вихідної ланки механізму.

Наступно, потрібно визначити оптимальне розташування механізму у дверях автомобіля. Це досягається шляхом встановлення положення фіксованої осі (точка A на рисунку 2.10) та напрямку фіксованої напрямної (кут α_0). Далі, використовуючи верхнє і нижнє положення вихідної ланки (рисунок 2.11), встановлюються довжини ланок та повний кут кривошипа, $\theta_{12, \text{total}}$.

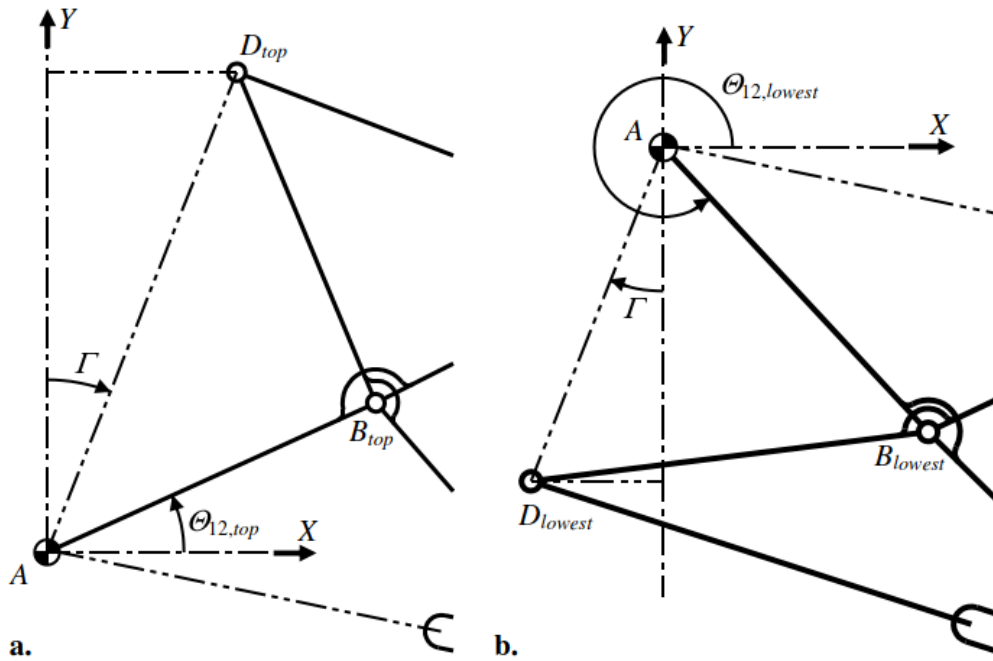


Рис. 2.11 Деякі частини механізму регулювання вікна а. у верхньому положенні
б. у нижньому положенні.

Раніше з'ясовано, що усі ланки ножичного механізму мають однакову довжину (згідно з рівнянням 2.16). Ці сегменти мають довжину r . Координати точки D по осі Y означені як Y_{top} в верхній позиції та Y_{lowest} в нижній позиції. Додатково, кут кривошипа означений як $\Theta_{12,top}$ у верхній позиції та $\Theta_{12,lowest}$ у нижній. Далі, з використанням тригонометрії формулюються два рівняння:

$$Y_{top} = 2 \cdot r \cdot \cos(\pi/2 - \Theta_{12,top} - \Gamma) \cdot \cos(\Gamma) \quad 2.19$$

$$Y_{lowest} = 2 \cdot r \cdot \cos(\Theta_{12,lowest} + \Gamma - 3 \cdot \pi/2) \cdot \cos(\Gamma) \quad 2.20$$

У цих двох формулах присутні три змінні: r , $\Theta_{12,top}$ і $\Theta_{12,lowest}$. Один з цих елементів можна обрати як дизайнерський параметр, а решту два визначити на основі цього параметра. Відповідно, якщо обрати $\Theta_{12,top}$ як дизайнерський параметр, то r та $\Theta_{12,lowest}$ можуть бути обчислені за допомогою рівнянь (2.19) та (2.20);

$$r = \frac{Y_{top}}{2 \cdot \cos(\pi/2 - \Theta_{12,top} - \Gamma) \cdot \cos(\Gamma)} \quad 2.21$$

$$\Theta_{12,lowest} = 3 \cdot \pi/2 - \Gamma + \cos^{-1}\left(\frac{Y_{lowest}}{2 \cdot r \cdot \cos(\Gamma)}\right) \quad 2.22$$

Також можна обчислити повний кут повороту кривошипа як;

$$\Theta_{12,total} = \Theta_{12,top} + \Theta_{12,lowest}$$

2.23

Варто зауважити, що при обрахунках Y_{top} і Y_{lowest} необхідно застосовувати кінематичне обмеження, тобто потрібно виконати наступне рівняння;

$$H = Y_{top} + Y_{lowest}$$

2.24

Що позиціонування фіксованого півоту (точка А на рисунку 2.11) та орієнтація фіксованої напрямної (кут α_0) також є параметрами дизайну, які можна змінювати. Загалом, змінювані параметри дизайну охоплюють A_x , A_y , α_0 та $\Theta_{12,top}$. Проте, змінюючи ці параметри, важливо враховувати обмеження, спричинені наявністю перешкод у двері автомобіля.

2.3 Кінематичний аналіз механізму

Після створення механізму необхідно визначити його рух.

Тому проводиться кінематичний аналіз, щоб встановити положення механізму для кожної вказаної вхідної змінної сполучення.

Спершу призначаються змінні сполучень та символічне зображення довжин зв'язків (рисунок 2.12).

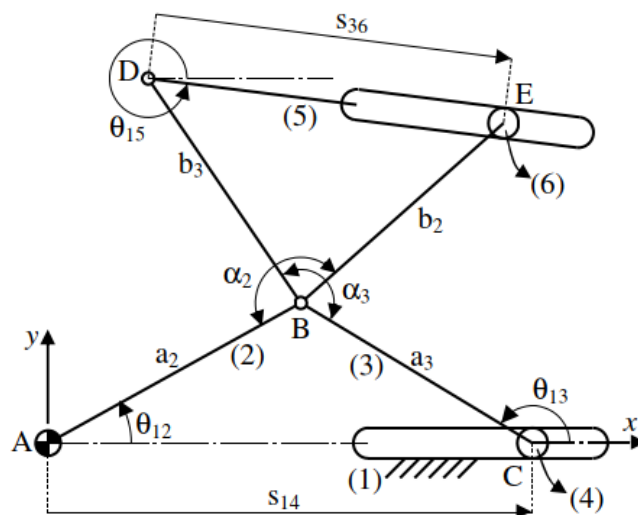


Рис. 2.12 Схематичне зображення механізму регулювання вікна зі змінними з'єднаннями.

Механізм регулювання вікна є механізмом з одним ступенем свободи. Тому змінна вхідного з'єднання вибрана як θ_{12} , а інші залежні змінні з'єднань визначаються на основі цієї вхідної змінної.

У механізмі регулювання вікна є два незалежні контури. Тому слід вирішити два рівняння замикання контурів по порядку. Перше рівняння замикання контуру може бути написано з використанням центричної частини механізму ковзного кривошипа.

$$\overline{AB} = \overline{AC} + \overline{CB} \quad 2.25$$

$$a_2 \cdot e^{i\theta_{12}} = s_{14} + a_3 \cdot e^{i\theta_{13}} \quad 2.26$$

Рівняння (2.26) є векторним рівнянням і може бути вирішене так:

$$s_{14} = a_2 \cdot \cos \theta_{12} + \sqrt{a_2^2 \cdot \cos^2 \theta_{12} + a_3^2 - a_2^2} \quad 2.27$$

$$\theta_{13} = \text{atan}_2(a_2 \cdot \cos \theta_{12} - s_{14}, a_2 \cdot \sin \theta_{12}) \quad 2.28$$

Коли $a_2 = a_3 = r$, рівняння (2.27) та (2.28) стають:

$$s_{14} = 2 \cdot r \cdot \cos \theta_{12} \quad 2.29$$

$$\theta_{13} = \pi - \theta_{12} \quad 2.30$$

Другий контур може бути записаний з верхньої частини механізму (рисунок 2.13).

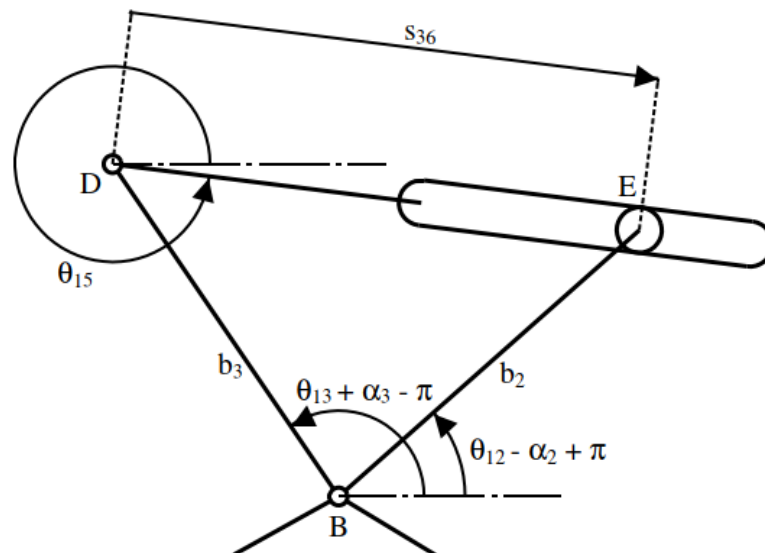


Рис. 2.13 Схематичне зображення верхньої частини механізму регулювання вікна.

$$\overline{BD} + \overline{DE} = \overline{BE} \quad 2.31$$

$$b_3 \cdot e^{i(\theta_{13} + \alpha_3 - \pi)} + s_{36} \cdot e^{i\theta_{15}} = b_2 \cdot e^{i(\theta_{12} - \alpha_2 + \pi)} \quad 2.32$$

Рівняння (2.32) може бути вирішене для невідомих так:

$$s_{36} = \sqrt{b_2^2 + b_3^2 - 2 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot \cos(\theta_{13} + \alpha_3 - \theta_{12} + \alpha_2)} \quad 2.33$$

$$\theta_{15} = \operatorname{atan}_2 \left[\begin{array}{l} b_2 \cdot \cos(\theta_{12} - \alpha_2 + \pi) - b_3 \cdot \cos(\theta_{13} + \alpha_3 - \pi), \\ b_2 \cdot \sin(\theta_{12} - \alpha_2 + \pi) - b_3 \cdot \sin(\theta_{13} + \alpha_3 - \pi) \end{array} \right] \quad 2.34$$

Коли $a_2 = a_3 = r$, рівняння (2.33) та (2.34) стають:

$$s_{36} = \sqrt{2 \cdot r^2 \cdot [1 - \cos(\theta_{13} + \alpha_3 - \theta_{12} + \alpha_2)]} \quad 2.35$$

$$\theta_{15} = \operatorname{atan}_2 \left[\begin{array}{l} r \cdot [\cos(\theta_{12} - \alpha_2 + \pi) - \cos(\theta_{13} + \alpha_3 - \pi)], \\ r \cdot [\sin(\theta_{12} - \alpha_2 + \pi) - \sin(\theta_{13} + \alpha_3 - \pi)] \end{array} \right] \quad 2.36$$

Ці формули можуть застосовуватися для розрахунку параметрів зчеплень при будь-якому нахилі кривошипа.

2.4 Ключові обмеження у дизайні механізму

Додатково до геометричних обмежень, існують ключові обмеження у дизайні механізму для регулювання вікна. Вони включають обмеження на позиціонування стаціонарної напрямної відносно шасі дверей та обмеження на динамічні характеристики вікна.

Механізм кріпиться до шасі дверей через стаціонарну ось та стаціонарну напрямну (рисунок 2.14). Через специфіку конструкції автомобільних дверей та наявні перешкоди, можуть виникнути певні обмеження щодо розміщення стаціонарної напрямної відносно шасі дверей. Отже, розрахунок відстані стаціонарної напрямної від стаціонарної осі є важливим у процесі проектування механізму.

Відстань стаціонарної напрямної від стаціонарної осі можна визначити на основі максимальних та мінімальних значень параметра з'єднання s_{14} (АС на рисунку 2.12). Максимальне s_{14} , $s_{14,\max}$, спостерігається у витягнутому стані центричної частини ковзного кривошипного механізму. Тому,

$$s_{14,\max} = |AB| + |BC|$$

$$s_{14,\max} = a_2 + a_3 \quad 2.37$$

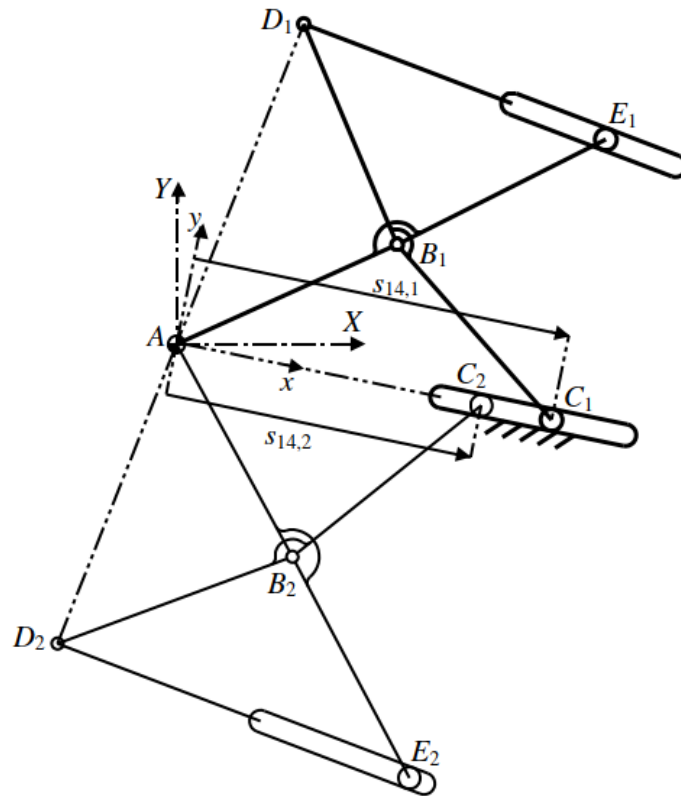


Рис. 2.14 Схематичне зображення механізму регулювання вікна у верхньому та нижньому положеннях.

Мінімальне значення s_{14} , $s_{14,\min}$, з'являється у вищій або нижчій точці механізму, залежно від його конструкції (рисунок 2.14). На даному рисунку $s_{14,\min}$ спостерігається в нижчій точці механізму. Значення $s_{14,\min}$ можливо розрахувати за формулою s_{14} , (рівняння 2.29).

$$s_{14,\min} = \min(2 \cdot r \cdot \cos \theta_{12}) \quad 2.38$$

Слід пам'ятати, що як $s_{14,\max}$, так і $s_{14,\min}$ пов'язані з конструктивними параметрами механізму. Отже, модифікуючи проектні параметри, можливо адаптувати $s_{14,\max}$ та $s_{14,\min}$ для оптимального розміщення стаціонарної напрямної.

Важливість швидкісних характеристик вікна не можна недооцінювати для користувача. Зазвичай, швидкість переміщення вікна повинна бути стабільною протягом усього процесу використання. Таке обмеження необхідно враховувати при розробці механізму.

Відомо, що вікно нерухомо закріплене до ланки (5) механізму. Тому потрібно встановити швидкість цієї ланки. Оскільки ланка (5) виконує трансляційний рух, її швидкість можна обчислити на основі будь-якої точки

ланки. Додатково, релевантною є вертикальна швидкість вікна у глобальному масштабі (уздовж осі Y на рисунку 2.2). Таким чином, компонент осі Y для позиції точки D , Y_D , може бути виражений наступним чином (рисунок 2.10),

$$Y_D = 2 \cdot r \cdot \cos(\pi/2 - \Phi - \Theta_{12}) \cdot \cos(\Phi) \quad 2.39$$

Зверніть увагу, довжини компонентів ножиць відповідають одна одній відповідно до формули (2.16).

Обчислення вертикальної швидкості вікна проводиться за допомогою похідної від рівняння (2.39) по часу наступним чином:

$$\dot{Y}_D = 2 \cdot r \cdot \sin(\pi/2 - \Phi - \Theta_{12}) \cdot \cos(\Phi) \cdot \dot{\Theta}_{12} \quad 2.40$$

У рівнянні (2.40), Θ_{12} є кутовою швидкістю ланки (2). Припускаючи постійну швидкість вхідного кута кривошипа, Θ_{12} може бути визначений використовуючи загальний час відкривання або закривання вікна, t_{total} , таким чином:

$$\dot{\Theta}_{12} = \Theta_{12, total} / t_{total} \quad 2.41$$

З рівняння (3.40) можна помітити, що Y_D є частиною синусоїдальної функції, оскільки механізм не працює при повному обертанні кривошипа. Також, ця синусоїдальна функція змінюється від максимуму до мінімуму вхідного кута кривошипа Θ_{12} .

Зверніть увагу, що з рівняння (2.40) вертикальна швидкість вікна залежить від параметрів конструкції механізму. В результаті, змінюючи параметри дизайну, можна налаштувати вертикальну швидкість вікна бажаним чином.

2.5 Аналіз сил механізму

Виконується аналіз сил у механізмі регулювання вікна з метою визначення моменту сили, який передається на вхідне звено. Для цього застосовується метод віртуальної роботи. Цей метод уможлиблює обходити потребу в розрахунках численних рівнянь, які виникають та дозволяє безпосередньо визначати діючі на систему зовнішні сили та моменти.

Додатково, метод віртуальної роботи впроваджується без урахування динамічних сил на зв'язках. Оскільки прискорення зв'язкових змінних є відносно малими, динамічні сили вважаються незначними порівняно з іншими силами, які впливають на механізм. Також ігнорується маса ковзунів, оскільки їх вага є дуже малою у порівнянні з вагою інших елементів.

Формула для віртуальної роботи може бути представлена наступним чином:

$$\delta U_{total} = \sum_j \bar{F}_j \cdot \delta \vec{r}_j + \sum_j \bar{T}_j \cdot \delta \bar{\theta}_j = 0 \quad 2.42$$

У рівнянні (2.38); F_j та T_j є зовнішніми силами та моментами, що діють на механізм, δr_j та $\delta \theta_j$ є віртуальними переміщеннями.

На рисунку 2.15 показано схематичне зображення механізму з зовнішніми силами та моментами.

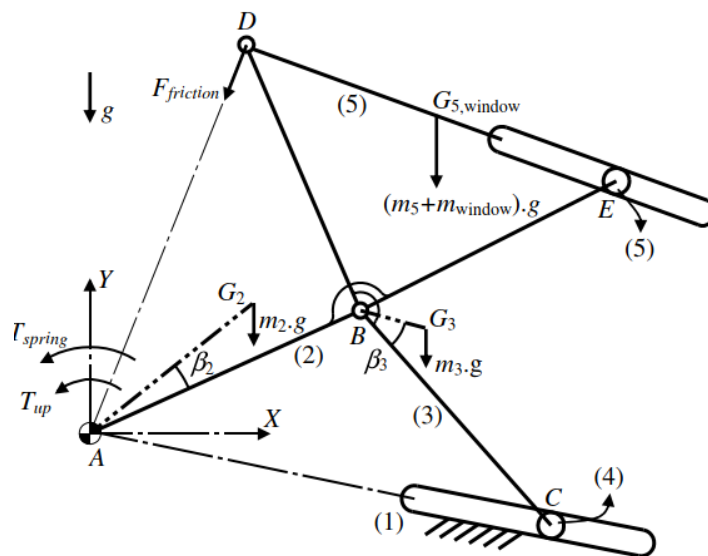


Рис. 2.15 Зовнішні сили та моменти, що діють на механізм регулювання вікна, під час руху механізму вгору.

G_2 та G_3 визначаються як центри мас ланок (2) та (3), а m_2 та m_3 представляють маси цих ланок. Оскільки ланка (5) та вікно є нероз'ємно з'єднаними, вони вважаються одним елементом. Відповідно, $G_{5,window}$ вказує на центр маси комбінованої ланки (5) і вікна, а m_5 та m_{window} вказують на маси цих компонентів.

Сила $F_{friction}$ представляє загальну силу тертя, яку вікно отримує від пластикових напрямних. Ця сила розглядається як окрема сила тертя в точці D.

Також, ігноруються тертя у з'єднаннях, припускаючи, що вони незначні порівняно з силами тяжіння.

T_{up} - це крутний момент, який мотор застосовує до ланки (2) під час підняття механізму. T_{down} - крутний момент, який мотор застосовує до ланки (2) під час спускання механізму, який є протилежним до T_{up} .

Щоб урівноважити крутний момент, можливе використання спіральної пружини на ланці (2) в сталій точці. Отже, T_{spring} - це момент, що накладається на ланку (2) за допомогою спіральної пружини. Деталі використання цієї пружини будуть представлені в подальших главах.

На ілюстрації 2.16 демонструються віртуальні зміщення точок прикладення зовнішніх сил і моментів.

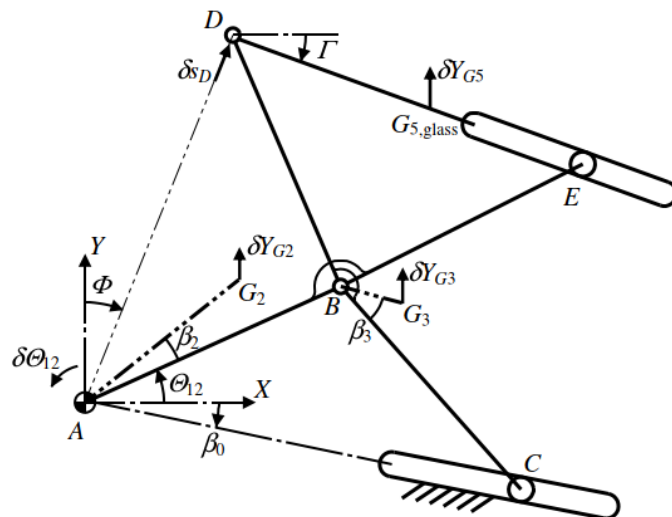


Рис. 2.16 Віртуальні переміщення точок прикладення зовнішніх сил та моментів.

Використовуючи рівняння (2.38), під час підйому механізму вираз для віртуальної роботи може бути переписаний так:

$$0 = T_{up} \cdot \delta \Theta_{12} + T_{spring} \cdot \delta \Theta_{12} - m_2 \cdot g \cdot \delta Y_{G2} - m_3 \cdot g \cdot \delta Y_{G3} - (m_5 + m_{glass}) \cdot g \cdot \delta Y_{G5} - F_S \cdot \delta s_D \quad 2.43$$

Використовуючи рівняння (2.43), T_{up} можна знайти так:

$$T_{up} = -T_{spring} + m_2 \cdot g \cdot \frac{\delta Y_{G2}}{\delta \Theta_{12}} + m_3 \cdot g \cdot \frac{\delta Y_{G3}}{\delta \Theta_{12}} + (m_5 + m_{glass}) \cdot g \cdot \frac{\delta Y_{G5}}{\delta \Theta_{12}} + F_S \cdot \frac{\delta s_D}{\delta \Theta_{12}} \quad 2.44$$

Аналогічно, коли механізм опускається;

$$0 = -T_{down} \cdot \delta \Theta_{12} + T_{spring} \cdot \delta \Theta_{12} - m_2 \cdot g \cdot \delta Y_{G2} - m_3 \cdot g \cdot \delta Y_{G3} - (m_5 + m_{glass}) \cdot g \cdot \delta Y_{G5} + F_S \cdot \delta s_D \quad 2.45$$

Використовуючи рівняння (2.45), T_{down} можна знайти так:

$$T_{down} = T_{spring} - m_2 \cdot g \cdot \frac{\delta Y_{G2}}{\delta \Theta_{12}} - m_3 \cdot g \cdot \frac{\delta Y_{G3}}{\delta \Theta_{12}} - (m_5 + m_{glass}) \cdot g \cdot \frac{\delta Y_{G5}}{\delta \Theta_{12}} + F_S \cdot \frac{\delta s_D}{\delta \Theta_{12}} \quad 2.46$$

Щоб отримати віртуальні переміщення, спочатку записуються переміщення відповідних точок,

$$Y_{G2} = |AG_2| \cdot \sin(\Theta_{12} + \beta_2) \quad 2.47$$

$$Y_{G3} = |AB| \cdot \sin \Theta_{12} - |BG_3| \cdot \sin(\Theta_{12} + 2 \cdot a_0 - \beta_3) \quad 2.48$$

$$Y_{G5} = |AB| \cdot \sin \Theta_{12} + |BD| \cdot \sin(a_3 - \Theta_{12} - 2 \cdot a_0) - |DG_5| \cdot \sin \Gamma \quad 2.49$$

$$s_D = 2 \cdot |AB| \cdot \cos(\pi/2 - \Theta_{12} - \Phi) \quad 2.50$$

Потім віртуальні переміщення отримуються так:

$$\delta Y_{G2} = |AG_2| \cdot \cos(\Theta_{12} + \beta_2) \cdot \delta \Theta_{12} \quad 2.51$$

$$\delta Y_{G3} = (|AB| \cdot \cos \Theta_{12} - |BG_3| \cdot \cos(\Theta_{12} + 2 \cdot a_0 - \beta_3)) \cdot \delta \Theta_{12} \quad 2.52$$

$$\delta Y_{G5} = (|AB| \cdot \cos \Theta_{12} - |BD| \cdot \cos(a_3 - \Theta_{12} - 2 \cdot a_0)) \cdot \delta \Theta_{12} \quad 2.53$$

$$\delta s_D = 2 \cdot |AB| \cdot \sin(\pi/2 - \Theta_{12} - \Phi) \cdot \delta \Theta_{12} \quad 2.54$$

Після перестановки рівнянь (2.51) до (2.54),

$$\frac{\delta Y_{G2}}{\delta \Theta_{12}} = |AG_2| \cdot \cos(\Theta_{12} + \beta_2) \quad 2.55$$

$$\frac{\delta Y_{G3}}{\delta \Theta_{12}} = |AB| \cdot \cos \Theta_{12} - |BG_3| \cdot \cos(\Theta_{12} + 2 \cdot a_0 - \beta_3) \quad 2.56$$

$$\frac{\delta Y_{G5}}{\delta \Theta_{12}} = |AB| \cdot \cos \Theta_{12} - |BD| \cdot \cos(a_3 - \Theta_{12} - 2 \cdot a_0) \quad 2.57$$

$$\frac{\delta s_D}{\delta \Theta_{12}} = 2 \cdot |AB| \cdot \sin(\pi/2 - \Theta_{12} - \Phi) \quad 2.58$$

Використовуючи рівняння (2.44) та (2.46) спільно з рівняннями (2.55) до (2.58), можливо визначити T_{up} та T_{down} .

2.6 Розробка спіральної пружини

Спіральна пружина монтується на сталому шарнірі та слугує для згладжування крутного моменту приводу. У зв'язку з тим, що при маніпуляціях із віконною рамою (відкриттям або закриттям) проявляються два різноманітні типи крутного моменту (згідно з рівняннями (2.44) та (2.46)), впровадження спіральної пружини допомагає коригувати ці моменти до прийнятних рівнів.

Виходячи з припущення, що реакція спіральної пружини лінійна, момент, який генерує пружина, може бути описаний так:

$$T_{spring} = k_T \cdot (\Theta_{initial} + (\Theta_{12,top} - \Theta_{12})) \quad 2.59$$

У формулі (2.59) k_T визначає торсійну жорсткість спіральної пружини, $\Theta_{initial}$ - первісне здавлювання пружини, $\Theta_{12,top}$ - задане найвище значення кута обертання кривошипа, а Θ_{12} - кут обертання кривошипа в наразі наявному стані механізму. Прямолінійну поведінку спіральної пружини ілюструє малюнок (2.17).

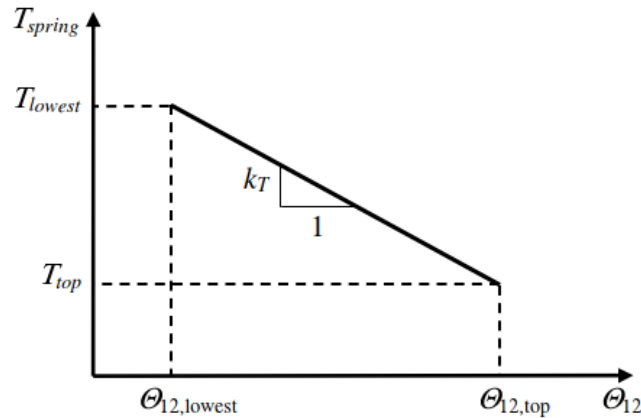


Рис. 2.17 Поведінка спіральної пружини.

Зауважте, що торсійна жорсткість і первісне здавлення спіральної пружини виступають як проектні змінні. Таким чином, модифікація цих двох змінних дозволяє досягти бажаних параметрів крутного моменту приводу.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Кінематичне проектування

На початковому етапі кінематичного проектування встановлюються геометричні вимоги до механізму згідно з CAD-даними. Додатково, здійснюється вибір підходящого сталого положення шарніра та ковзання в конструкції дверей автомобіля, з огляду на наявні перепони. Далі відповідно до основних обмежень механізму, вільний параметр проектування встановлюється для створення механізму регулятора вікна. Схематичне зображення отриманого механізму представлено на рисунку 3.1.

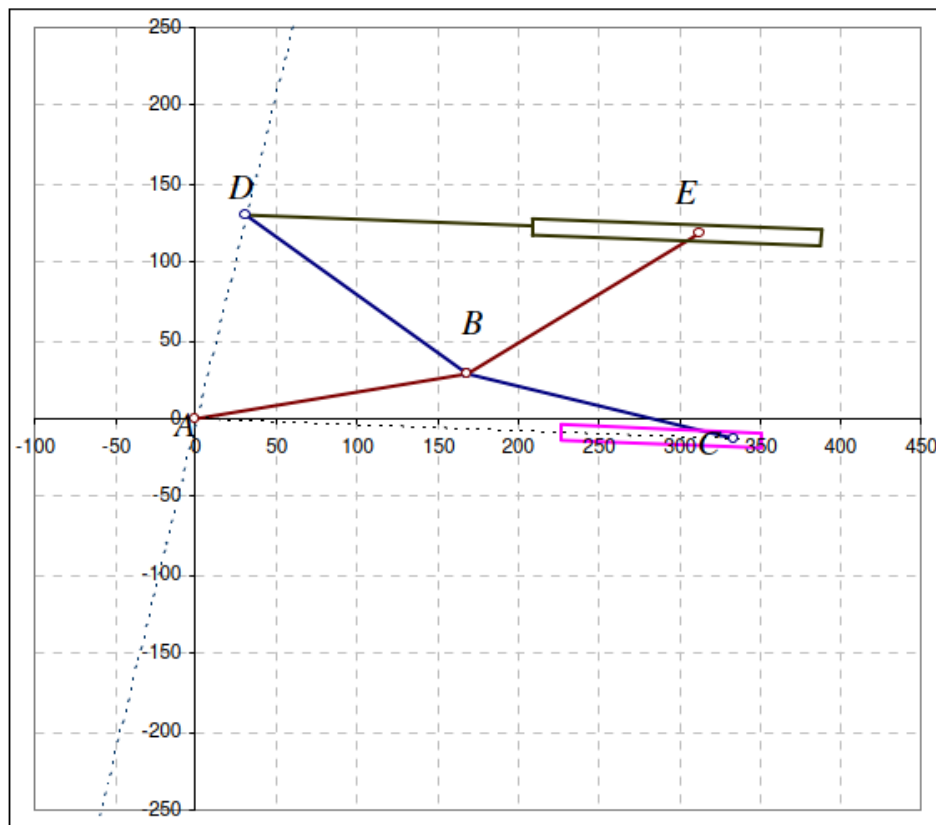


Рис. 3.1 Схема отриманого механізму.

На рисунку 3.2 представлена схема отриманого механізму в максимальному та мінімальному положеннях.

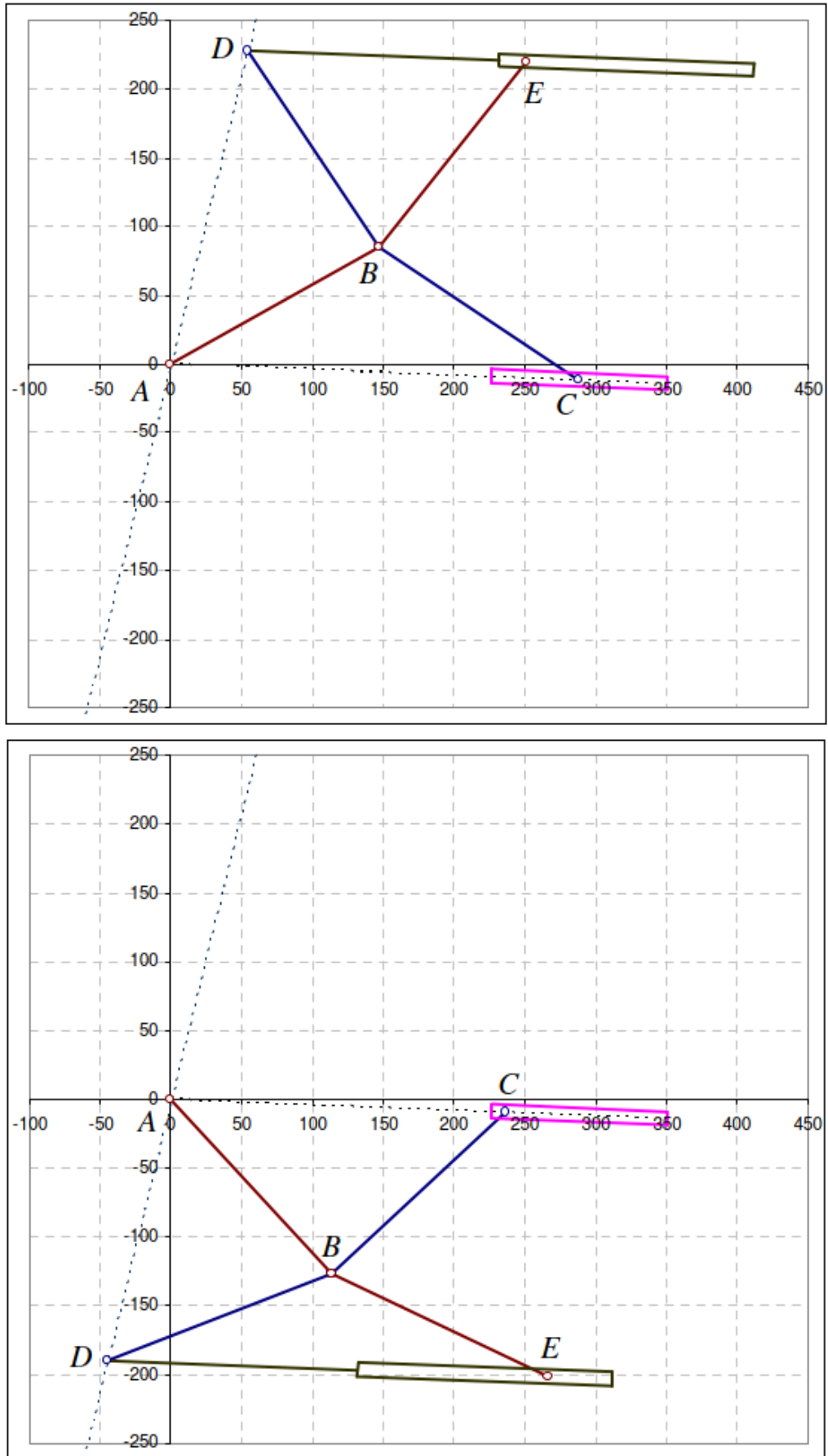


Рис. 3.2. Схематичне зображення отриманого механізму у верхньому та нижньому положеннях.

Кутова швидкість вхідного кута кривошипа встановлюється відповідно до обраного часу повного відчинення вікна. Згодом, швидкість та прискорення віконної рами розраховуються з використанням цієї кутової швидкості, і показано результати на рисунку 4.3. Як спостерігається, прискорення вікна відносно мале.

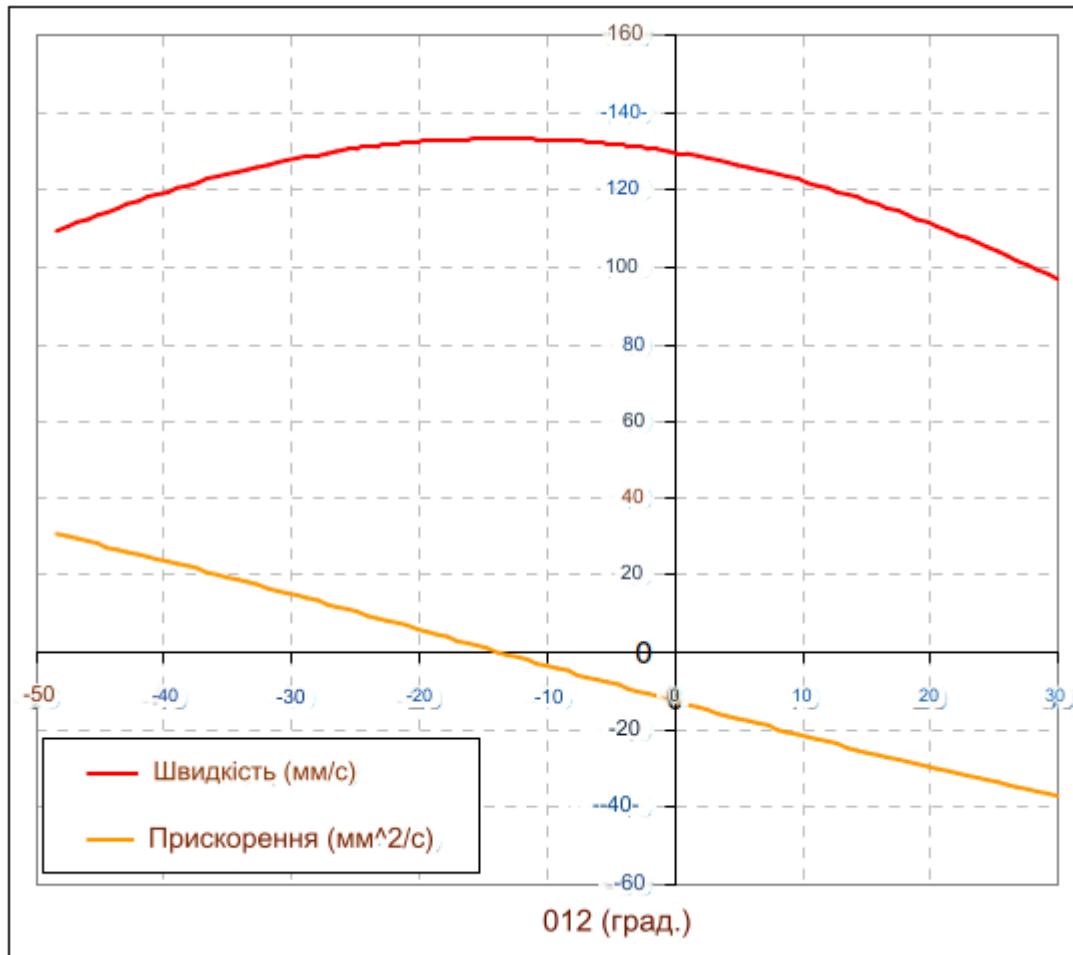


Рис. 3.3 Швидкість (мм/с) та прискорення (мм²/с) вікна за кутом кривошипа (град.).

3.2 Втілення проекту

Після створення механізму регулювання вікна, ключові компоненти деталізуються за допомогою програмного забезпечення САД. При розробці необхідних з'єднань першочерговою є міцність компонентів. Проте, враховуючи, що механізм функціонує без впливу значних сил, глибокий аналіз міцності не здійснюється. Також передбачається фізична взаємодія між елементами з'єднання у конструкції. Шарніри регулюються для мінімізації

тертя між компонентами прототипу. Обмеження виробничих процесів істотно впливають на конфігурацію деталей. Через це кілька розмірів були змінені. На завершення, нерухомі частини розроблені відповідно до потенційних точок з'єднань з рамою автомобільних дверей. На рисунку 3.4 демонструється вид зібраного регулятора вікна в CAD-програмі.

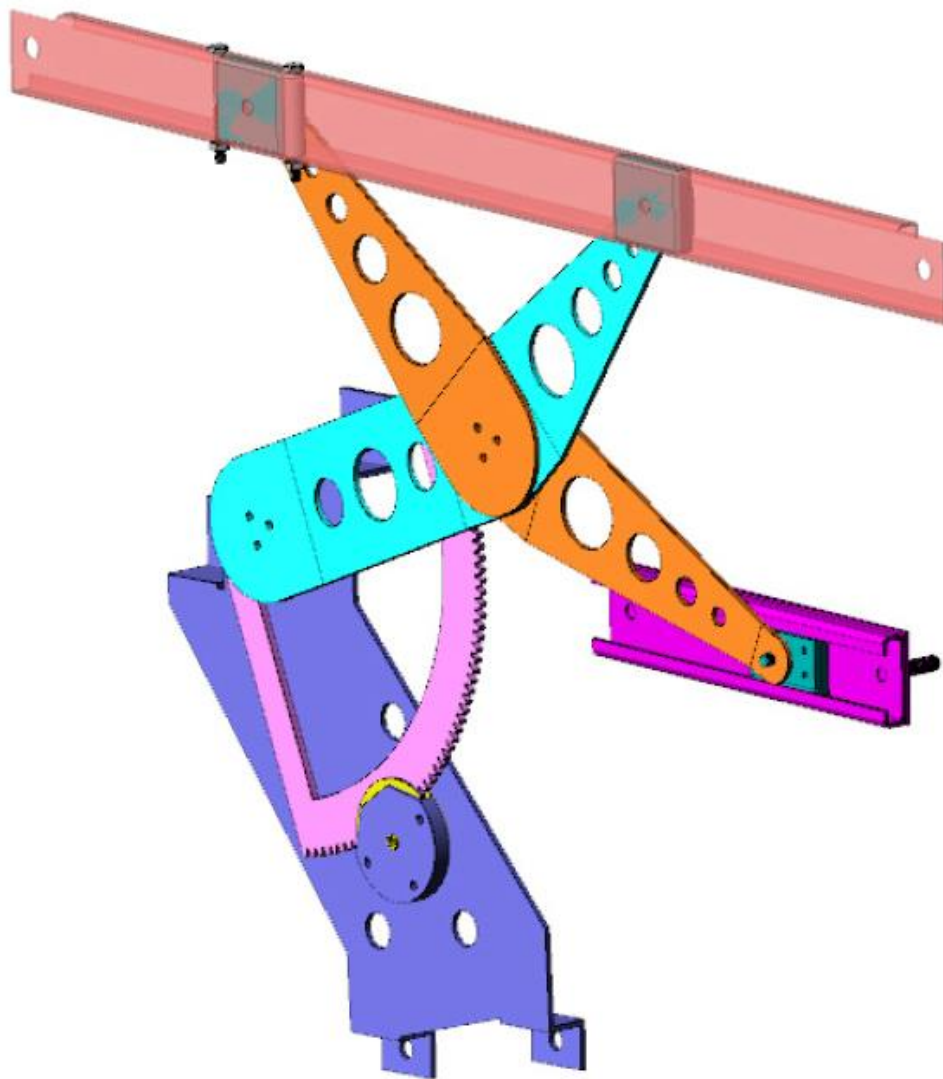


Рис. 3.4 Зображення змонтованого регулятора вікна у CAD-програмі.

Додатково, демонстрація анімації зібрання здійснюється за допомогою CAD-програми для верифікації проекту. На рисунку 3.5 показано зображення верхніх та нижніх позицій регулятора вікна в CAD-програмі.

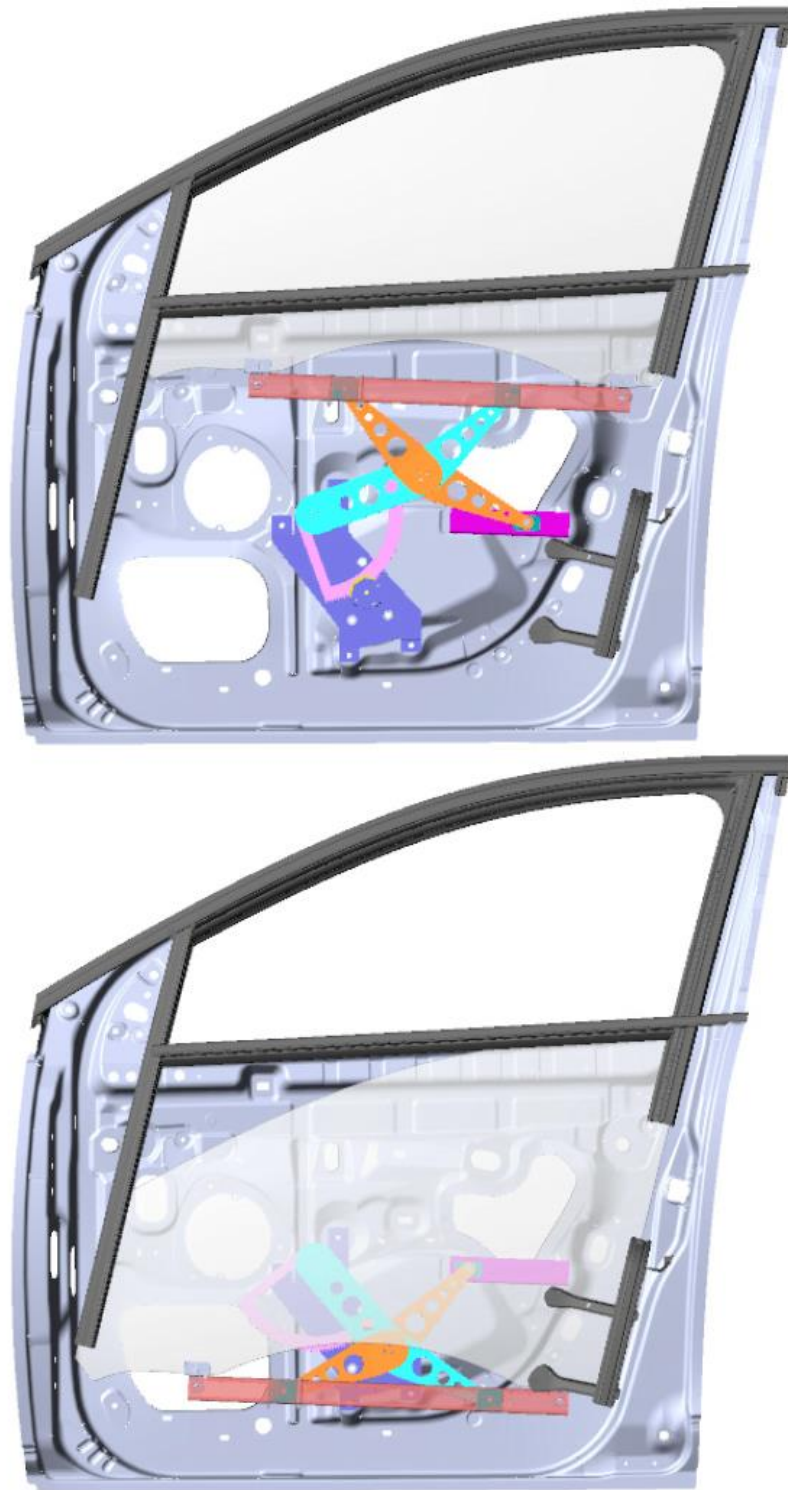


Рис. 3.5 Зображення в CAD-програмі верхніх та нижніх положень регулятора вікна.

3.3 Аналіз силових взаємодій та дизайн спіральної пружини

Після розробки конструкції встановлюються маси з'єднувальних елементів. Також проводиться аналіз сил для розрахунку крутного моменту

механізму. Проте, насамперед потрібно визначити силу тертя, що впливає на вікно. Силу тертя визначають на основі базових експериментів.

На рисунку 3.6 демонструється потрібний крутний момент механізму в залежності від кута вхідного кривошипа, без застосування спіральної пружини.

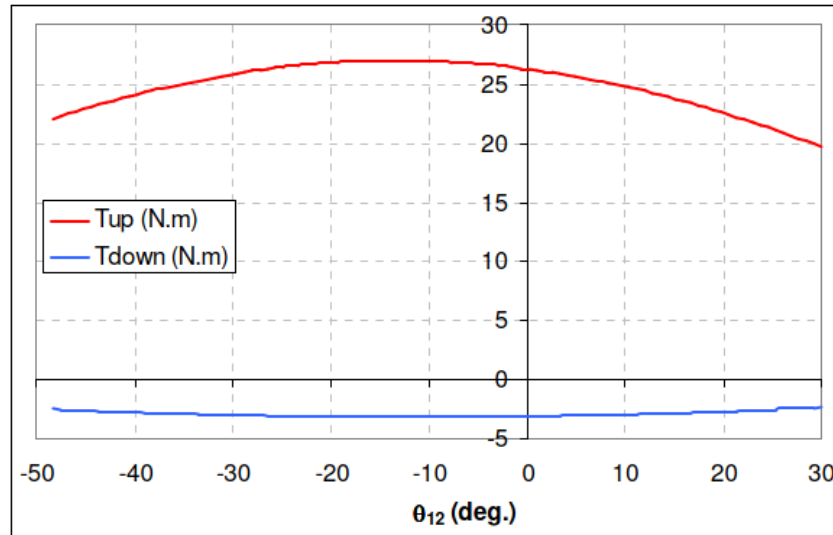


Рисунок 3.6 Крутний момент (Н·м) без застосування спіральної пружини в залежності від кута вхідного кривошипа (град,) коли вікно переміщується вгору або вниз.

Згідно з рисунком 3.6, під час опускання вікна, потрібний крутний момент є від'ємним. Отже, для забезпечення балансу крутного моменту було сконструйовано спіральну пружину, а потрібний крутний момент механізму з врахуванням кута вхідного кривошипа наведено на рисунку 3.7.

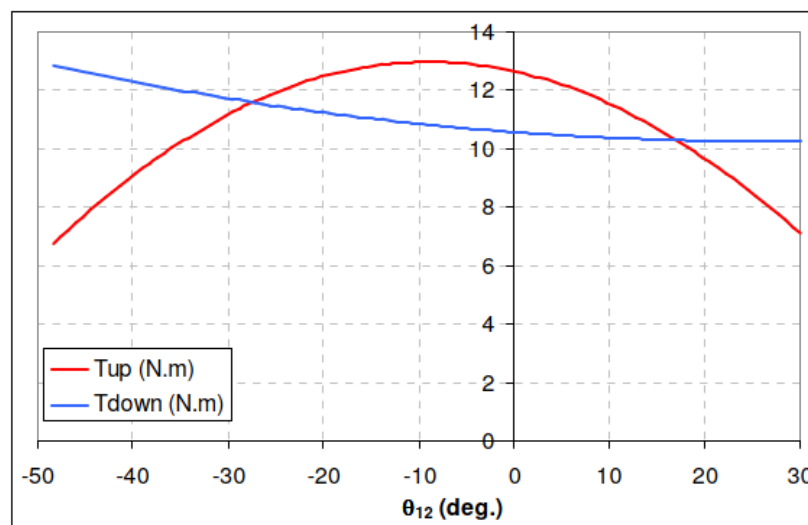


Рис. 3.7 Крутний момент (Н·м) із застосуванням спіральної пружини в залежності від кута вхідного кривошипа (град,) коли вікно переміщується вгору або вниз.

Після інтеграції спіральної пружини, максимально необхідний момент знижено до приблизно половини первісного значення. Отже, вибір двигуна проводиться на основі цих даних про крутний момент.

Конструкція регулятора вікна включає понад 60 компонентів, у тому числі болти та гайки (рисунок 3.8). Як зазначалося раніше, більшість компонентів спеціалізовано розроблені і виготовлені за допомогою відповідних технологій виробництва.

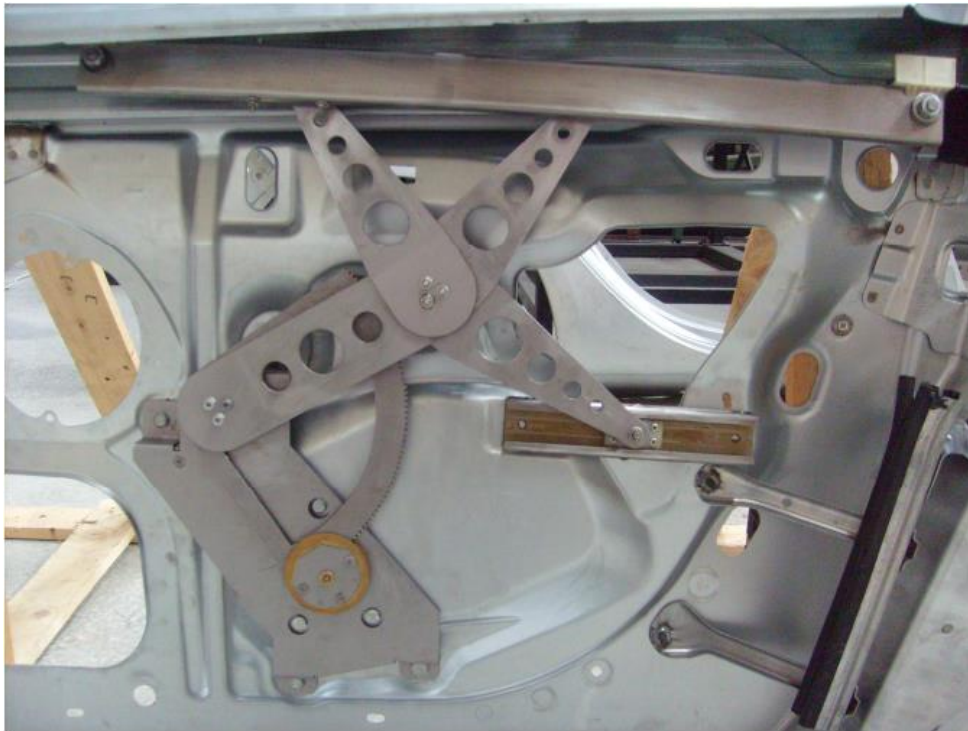


Рис. 3.8. Прототип регулятора вікна, встановлений на шасі двері автомобіля.

Для забезпечення високої точності виробів, більшість компонентів виробляється методом лазерної різки. Згинання елементів виконується за допомогою автоматизованих машин для згинання. Крім того, на цих компонентах проводяться додаткові обробки, такі як свердління отворів. Виробництво деяких простіших деталей здійснюється з використанням традиційних методів обробки. Також, ЧПУ обробка використовується для створення більш складних елементів, таких як напрямні механізму.

Переважає більшість компонентів виконана зі сталі, однак для зменшення тертя у шарнірах застосовані латунні елементи. Направні зроблені з поліаміду, що допомагає знизити тертя в ковзних з'єднаннях.

Змонтовані компоненти об'єднуються в механізм регулятора вікна, який після цього тестується на шасі дверей за допомогою стандартного двигуна

регулятора вікна. Результати тестування задовільні, і регулятор вікна функціонує коректно на дверях автомобіля.

На рисунку 3.9 показано зібраний прототип у верхньому та нижньому положеннях. Також, на рисунку 3.10 демонструється детальний вид у верхньому та нижньому положеннях.



Рис. 3.9. Зібраний прототип регулятора вікна на шасі дверей автомобіля у верхньому та нижньому положеннях.

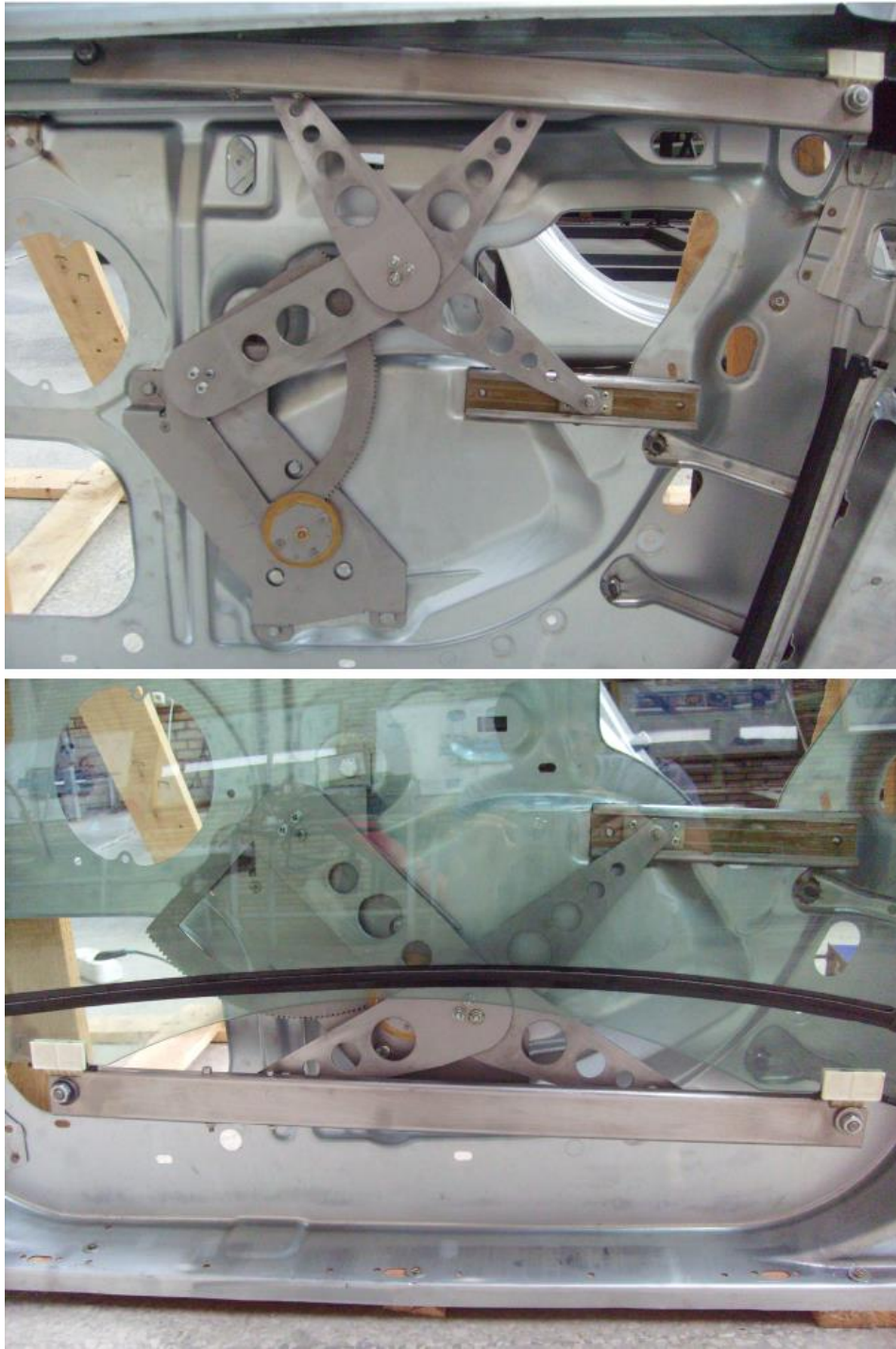


Рис. 3.10. Детальний вигляд зібраного прототипу регулятора вікна на шасі дверей автомобіля у верхньому та нижньому положеннях.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Повітря робочої зони

Повітряне середовище характеризується мікрокліматом у вузькому значенні (метеорологічні умови і склад повітря). Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, який визначається поєднаними діями на організм людини, температури, вологості, швидкості руху повітря та теплових випромінювань. Отже, основними параметрами мікроклімату є: температура, відносна вологість, швидкість переміщення повітря та інтенсивність теплового випромінювання.

Значне відхилення параметрів мікроклімату від оптимальних або допустимих може спричинитися до ряду фізіологічних порушень в організмі людини, до різкого зниження її працездатності і навіть до професійних захворювань. Наприклад, тривалий вплив низьких температур може викликати місцеве та загальне охолодження організму і стати причиною таких захворювань, як ангіна, катар верхніх дихальних шляхів, неврит, радикуліт та ряд інших простудних захворювань і навіть смерті. Під впливом високих температур можливий перегрів організму, який характеризується підвищенням температури тіла людини, підвищенням частоти пульсу та дихання, слабкістю, а в тяжких випадках – появою судорог та теплового удару. Тепловий удар та судорожна хвороба (порушення водяного та сольового обміну) можуть закінчитися смертю.

Абсолютна вологість – це маса водяної пари, яка міститься в даний момент у повітрі.

Підвищення вологості повітря (понад 75%) у поєднанні з низькими температурами значно впливає на охолодження, а в поєднанні з високими температурами сприяє перегріву організму.

Людина починає відчувати рух повітря за швидкості 0,1 м/с. Незначне переміщення повітря за звичайних температур сприяє доброму самопочуттю.

Великі швидкості повітря, особливо за низьких температур, збільшують теплові втрати організму та сприяють сильному його охолодженню.

Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на створення несприятливих мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях. Крім того, теплові (інфрачервоні) випромінювання також впливають на організм людини. Ефективність такого впливу залежить від густини потоку енергії інфрачервоних випромінювань, довжини хвилі, тривалості і зони (області) впливу. Останній може бути загальним і локальним.

Крім цих основних параметрів мікроклімату, слід враховувати атмосферний тиск, який впливає на парціальний тиск основних складових повітря (кисню та азоту, наприклад), і впливати таким чином на процес дихання людини. Життєдіяльність людини може відбуватися в широкому діапазоні змін тиску.

Допустимі мікрокліматичні умови поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепло відчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі параметри мікрокліматичних умов встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю.

Ступінь впливу пилу (аерозолі з розміром твердих часточок 0,1-200 мкм) на організм людини залежить не тільки від хімічного складу, але й розмірів часток (дисперсного складу), форми порошин і їхніх електричних властивостей.

Найбільшу небезпеку являють частки розміром 1-2 мкм, тому що ці фракції в значній мірі осідають у легенях при диханні. Дослідження так само показують, що електрзаряджений пил у 2-3 рази інтенсивніше осідає в організмі в порівнянні з нейтральним по заряду пилом. Гігієністи за характером

дії на організм виділяють специфічну групу пилу – пил фіброгенних речовин. Особливість дії такого пилу на організм полягає в тому, що при попаданні у легені такий абразивний нерозчинний пил спричинює утворення в легеневій тканині фіброзних вузлів – ділянок затверділої легеневої тканини, в результаті чого легені втрачають можливість виконувати свої функції.

Шляхи і методи регулювання якості повітряного середовища.

Заходи та засоби попередження забруднення повітряного середовища на виробництві та захисту працюючих включають у себе:

вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими і т.п.;

удосконалення технологічних процесів та устаткування;

автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами та обладнанням; герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням,

локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспіраційних укриттів;

попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;

контроль за вмістом шкідливих речовин в повітрі робочої зони;

використання засобів індивідуального захисту;

засоби вентиляції.

4.2 Вентиляція приміщення

Найбільш поширеним і ефективним засобом регулювання якостю повітря робочої зони є вентиляція.

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам.

Вентиляція класифікується за такими ознаками:

за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена; за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливновитяжна;

за місцем дії – Загальнообмінна, місцева, комбінована; за часом дії – робоча та аварійна.

Природна вентиляція – система вентиляції, переміщення повітря при якій здійснюється завдяки виникаючій різниці тисків усередині і зовні приміщення.

Природна вентиляція відбувається в результаті теплового і вітрового напору.

Тепловий напір обумовлений різницею температур, а значить і густини внутрішнього і зовнішнього повітря. Вітровий напір обумовлений тим, що при обдуванні вітром будівлі, з її навітряної сторони утворюється підвищений тиск, а підвітряної – розріджений. Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. При неорганізованій вентиляції об'єми повітря, що надходять та вилучаються із приміщення, є не регламентованими, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря). Неорганізована природна вентиляція включає інфільтрацію – просочування повітря через нещільності у вікнах, дверях, перекриттях та провітрювання, що здійснюється при відкриванні вікон та квартир. Організована природна вентиляція називається аерацією. Для аерації в стіні будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній частині будівлі встановлюють спеціальні пристрої (ліхтарі) для видалення відпрацьованого повітря. Для регулювання надходження та видалення повітря передбачено перекидання на необхідну величину аераційних отворів та ліхтарів. Це особливо важливо в холодну пору року. Перевагою природної вентиляції є її дешевизна та простота експлуатації. Основний її недолік в тому, що повітря надходить в приміщення без попереднього очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює довкілля.

Неорганізована природна вентиляція – інфільтрація (природне провітрювання) – здійснюється зміною повітря в приміщеннях через нещільності в елементах будівельних конструкцій завдяки різниці тиску зовні й

усередині приміщення. Такий повітрообмін залежить від ряду випадкових факторів (сили і напрямку вітру, різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря, площі, через яку відбувається інфільтрація). Для житлових будинків інфільтрація досягає 0,50,75, а в промислових будинках 1-1,5 обсягу приміщень у годину.

Штучна (механічна) вентиляція дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону.

Загальнообмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення. В умовах промислового виробництва найбільш розповсюджена припливно-витяжна система вентиляції із загальним припливом в робочу зону та місцевою витяжкою шкідливих речовин безпосередньо з місць їх утворення.

Місцева вентиляція може бути припливною і витяжною. Місцева припливна вентиляція, виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітрянотеплових завіс. Забезпечує створення потрібних параметрів повітряного середовища в обмеженому просторі.

Природна та штучна вентиляції повинні відповідати наступним санітарногігієнічним вимогам: створювати в робочій зоні приміщень нормовані параметри повітряного середовища;

не вносити в приміщення забруднене повітря ззовні або шляхом засмоктування забрудненого повітря з суміжних приміщень;

не створювати на робочих місцях протягів чи різкого охолодження; бути доступними для управління та ремонту під час експлуатації;

не створювати під час експлуатації додаткових незручностей, бути економічними, вибухопожежобезпечними, не заважати використовувати технологічні операції, не створювати перешкоди внутрицеховому транспорту, не впливати на якість продукції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота процес розробки та оптимізації механічного склопідйомника, фокусуючись на концептуальному формуванні, технологічному виконанні та конструкторській деталізації. Робота структурована на чотири основні розділи, які охоплюють загально-технічні питання, специфікацію та аналіз механізму, конструкторські аспекти, а також безпеку і охорону праці на виробництві.

У першому розділі обговорюються основні концепції та методологія роботи, включаючи аналіз та оцінку варіантів розробки, виходячи з поставлених завдань. Другий розділ зосереджений на технологічному аспекті, включаючи синтез типу склопідйомника та його кінематичний аналіз, а також аналіз сил, що діють у механізмі, і розробку компонентів, таких як спіральні пружини. Третій розділ поглиблюється у кінематичне проектування та реалізацію дизайну, включаючи деталізацію силових взаємодій і дизайну компонентів.

Четвертий розділ розглядає питання, пов'язані з безпекою життєдіяльності та основами охорони праці, зокрема, вентиляцію та якість повітря в робочій зоні.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Лисенко Г. О. "Основи конструкції автомобілів: Підручник для вузів". – К.: Вища школа, 2016.
3. Петренко А. В., Шевченко С. Л. "Сучасні технології в автомобільній промисловості". – Львів: Афіша, 2019.
4. Коваленко І. І. "Автомобільна електроніка та електрообладнання". – Харків: Фоліо, 2021.
5. Мельник В. Ю. "Механізми і машини в автомобілебудуванні". – К.: Техніка, 2018.
6. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
7. Куценко А. К., Павленко О. В. "Інноваційні матеріали в автомобільній промисловості". – К.: Наукова думка, 2022.
8. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
9. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
10. Конспект лекцій (частина II) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.

11. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

12. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с

13. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.

14. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.

15. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

16. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

17. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

18. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

19. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Курс лекцій: Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів всіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем "бакалавр" / А.І. Ткачук, О.В. Пуляк. – Перевидання, доповнене та перероблене. – Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард". – 2017. – 184с.