

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни

**«Автоматизоване проектування елементів
автотранспортних засобів та засобів їх діагностування»**

та виконання контрольних завдань,

для студентів спеціальності

G 11.05 «Транспортні засоби»,

усіх форм навчання

2025

Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування» та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби», усіх форм навчання / Укл. : О. М. Артюх. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. 109 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;

Рецензент: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний за випуск: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри «Автомобілі,
теплові двигуни та гібридні
енергетичні установки»
Протокол № 1
від « 29 » серпня 2025.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету

Протокол № 1
від « 11 » вересня 2025.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Робоча програма дисципліни	8
2 Методичні вказівки.....	12
2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни.....	12
2.2 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни.....	12
2.3 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни	13
2.3.1 Тема 1. Методологія та етапи автоматизованого проектування АТЗ.....	14
2.3.2 Тема 2. Функціональні можливості сучасних САПР використовуваних у машинобудуванні.....	24
2.3.3 Тема 3. Загальні принципи створення твердотільних моделей, ескізів та креслень у САПР	30
2.3.4 Тема 4. Загальні принципи проведення інженерного аналізу проєктованих конструкцій у САПР	36
2.3.5 Тема 5. Основні методи роботи у системі NX Siemens ..	43
2.3.6 Тема 6. Робота у системі SolidWorks. Створення ескізів	48
2.3.7 Тема 7. Загальні принципи створення деталей	55
2.3.8 Тема 8. Робота з конфігураціями деталей	62
2.3.9 Тема 9. Створення деталей з листового матеріалу	68
2.3.10 Тема 10. Робота зі зварними конструкціями	75
2.3.11 Тема 11. Створення складань деталей	83
2.3.12 Тема 12. Робота з ливарними формами.....	90
3 Завдання на контрольні роботи	97
3.1 Список варіантів контрольних робіт.....	98
4 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни	104
5 Рекомендована література	105
Базова	106
Допоміжна	106
6 Інформаційні ресурси	108

ВСТУП

У сучасному світі автомобілебудування стоїть на порозі нової ери, де технології не просто доповнюють традиційні механічні конструкції, а радикально трансформують весь ланцюжок від ідеї до експлуатації. Дисципліна «Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування» є ключовим компонентом підготовки магістрів спеціальності «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою «Колісні та гусеничні транспортні засоби» в Національному університеті «Запорізька політехніка».

Вона спрямована на формування глибоких знань і практичних навичок у використанні систем автоматизованого проектування (САПР), таких як SolidWorks, Siemens NX та CATIA, для створення ефективних, надійних і стійких транспортних засобів. Курс охоплює 12 тем, розділених на три змістові модулі, і адаптовано до викликів сьогодення, враховуючи стрімкий розвиток галузі за останні 20 років – від 2005 до 2025 року. Цей період позначився переходом від традиційних двигунів внутрішнього згоряння до електрифікації, автономного керування, інтеграції штучного інтелекту (ШІ), що вимагає від інженерів не тільки технічного майстерності, але й системного мислення.

За останні два десятиліття автомобілебудування еволюціонувало від механічної до цифрової революції. У 2005 році галузь фокусувалася на оптимізації паливної ефективності та безпеки, з появою гібридних моделей на кшталт Toyota Prius, яка започаткувала масову електрифікацію. До 2025 року, за даними S&P Global Mobility, частка електромобілів (EV) на глобальному ринку перевищила 30%, завдяки проривам у твердотільних батареях, швидкій зарядці та державним програмам, таким як європейський Green Deal та американський Inflation Reduction Act. Компанії такі як Tesla та BYD перетворили EV на мейнстрім, інтегруючи ШІ для управління енергоспоживанням, що подовжує запас ходу до 600-800 км на одній зарядці.

Автономне водіння, яке в 2005 році було експериментальним (наприклад, DARPA Grand Challenge), до 2025 року досягло Level 4 за шкалою SAE, де транспортні засоби керують самостійно в обмежених умовах. Компанії Waymo та Cruise запустили комерційні сервіси роботаксі, використовуючи LiDAR, радари та камери, інтегровані зі ШІ для реального часу обробки даних. Згідно з доповіддю Future Agenda

(2020), до 2030 року автономні технології можуть зменшити аварії на 90%, але вимагають складних симуляцій у САПР для тестування сценаріїв руху.

Інтеграція ШІ та машинного навчання стала ключовим трендом. З 2010-х років алгоритми як TensorFlow та PyTorch почали застосовуватися для генеративного дизайну, де САПР автоматично створюють оптимальні форми деталей, зменшуючи вагу на 20-30% (наприклад, в проектах General Motors з Autodesk). Сталій розвиток (sustainability) набув пріоритету після Паризької угоди 2015 року: до 2025 року виробники як Volvo та Ford перейшли до циркулярної економіки, використовуючи перероблені матеріали та зменшуючи викиди CO₂. Адитивне виробництво (3D-друк) еволюціонувало від прототипів до серійних деталей, як у BMW, де воно скоротило час розробки на 50%. Технології IoT та V2X-комунікація (vehicle-to-everything) стали стандартом, дозволяючи підключеним автомобілям обмінюватися даними для підвищення безпеки та ефективності трафіку. Software-defined vehicles (SDV), де програмне забезпечення керує функціями, як у Tesla з OTA-оновленнями, перетворили ТЗ на «комп'ютери на колесах». Ці зміни вимагають від САПР не тільки моделювання, але й інтеграції з цифровими двійниками для прогнозування зносу та сервісу.

Сам лекційний курс змінюється паралельно з галуззю, адаптуючись до цих змін. У ранніх версіях (до 2010-х) акцент робився на базовому 2D-кресленні та простому моделюванні в AutoCAD. До 2025 року курс оновлено для фокусу на інтегрованих САПР важкого класу, з інтеграцією ШІ, CFD та віртуальних випробувань. Змістовий модуль 1 «Основи САПР та геометричне моделювання» вводить студентів у методологію автоматизованого проектування, охоплюючи життєвий цикл ТЗ від концепції до експлуатації. Тема 1 розглядає етапи проектування з акцентом на PLM-системи, які дозволяють керувати даними від дизайну до сервісу, враховуючи етичні аспекти як стійкість. Тема 2 знайомить з функціоналом NX та SolidWorks, включаючи гібридне моделювання для складних форм EV-кузовів. Тема 3 фокусується на твердотільному моделюванні, з переходом до 3D для оптимізації деталей під адитивне виробництво. Тема 4 присвячена спеціалізованим елементам, як листовий метал для легких конструкцій, що зменшують енергоспоживання.

Модуль 2 «Складання, конфігурації та випуск документації» ро-

звиває навички роботи з варіативним дизайном. Тема 5 вчить управління конфігураціями для модельних рядів, інтегруючи з PDM для ефективного виробництва. Тема 6 розглядає створення складань з аналізом колізій, актуальним для автономних систем з сенсорами. Тема 7 охоплює оформлення КД за стандартами ISO, з автоматичним генеруванням WOM для серійного випуску. Тема 8 вводить підготовку до виробництва, включаючи САМ для оптимізації процесів, що частково відповідає ПРН 7, забезпечуючи технологічну готовність.

Модуль 3 «Інженерний аналіз та спеціалізоване проектування АТЗ» інтегрує CAE для віртуальних тестів. Тема 9 пояснює методи аналізу, як МКЕ для міцності, з валідацією для підвищення довговічності. Тема 10 фокусується на CFD для аеродинаміки, критично для EV з низьким опором. Тема 11 вчить поверхневу моделюванню кузовів з ергономікою. Тема 12 розглядає динаміку та віртуальні випробування, моделюючи навантаження для прогнозування ресурсу.

Щодо ПРН 7 освітньо-професійної програми «Колісні та гусеничні транспортні засоби», даний курс забезпечує часткове покриття (до 80%) через акцент на підготовці виробництва (Тема 8: оптимізація процесів via САМ/DFM), життєвому циклі (Тема 1: PLM для експлуатації) та аналізі надійності (Тема 9: прогнозування ресурсу). Економічна ефективність інтегрується в оптимізацію конструкцій для зменшення витрат, а сервісне обслуговування – через віртуальні моделі для діагностики.

Завершальним етапом освоєння даного курсу є виконання курсової роботи, що дає студентові можливість самостійно застосувати отримані знання й навички при вирішенні конкретного проектного завдання по реальній тематиці. Для «імітування» роботи конструкторського бюро, у даній курсовій роботі передбачене виконання студентами одного з двох варіантів складності розрахункових моделей:

1-й варіант складності - передбачає виконання геометричного моделювання й розрахунків простої деталі (невеличкого вузла з декількох деталей), тобто об'єму роботи розрахований на одного студента;

2-й варіант складності - об'єму роботи розрахований на одночасну спільну роботу 3-х або 4-х студентів, які працюють у команді, тобто передбачено створення 3D-геометрії моделі підвищеної складності, з її наступним розрахунком й аналізом отриманих даних.

В якості прикладу, у методичних вказівках до курсової роботи,

розглянуто виконання декількох варіантів завдань «автомобільного напрямку», які є характерним об'єктом для моделювання в кінцево-елементних програмах:

- розглянута розрахункова модель трьох листової автомобільної ресори з наступним аналізом твердості й міцності в нелінійній постановці з урахуванням попереднього натягу;
- розглянута розрахункова модель гвинтової пружини;
- розглянута розрахункова модель автомобільного напівпричепи-цистерни (завдання підвищеної складності, яке потребує колективної роботи). Принциповою особливістю даного варіанта роботи є значний обсяг геометричного 3D-моделювання, а з погляду розрахунків на міцність конструкції, є труднощі поділу на вузли з наступним ізольованим аналізом.

1 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Наведені назви змістових модулів та найменування тем дисципліни для самостійного вивчення. Навчальним планом дисципліни, для самостійного вивчення тем лекцій, передбачено час для студентів денної форми навчання – 72 годин, заочної – 108 годин.

Далі для кожної теми вказано час самостійної роботи студентів денної форми навчання. Також наведений перелік питань, які повинні бути самостійно розглянуті студентом при вивченні обраної теми.

Змістовий модуль 1. Основи САПР та геометричне моделювання

Тема 1. Методологія та етапи автоматизованого проектування АТЗ

Життєвий цикл транспортного засобу та роль САПР. Структура інтегрованих CAD/CAE/CAM/PLM систем. Процес проектування автомобіля: від концепції до виробництва. Формування вихідних даних та технічних вимог. Розробка дизайн-проекту та компоновальних рішень. Конструювання, розробка та випуск конструкторської документації. Випробування, зворотний зв'язок та модифікація. Етичні та нормативні аспекти проектування транспортних засобів.

Тема 2. Функціональні можливості САПР важкого та середнього класу

Огляд сучасних САПР (NX, CATIA, SolidWorks, Creo) в машинобудуванні. Архітектура САПР: модулі CAD, CAE, CAM, PDM. Принципи роботи у САПР важкого класу (NX Siemens). Твердотільне моделювання: булеві операції та параметризація. Поверхневе та гібридне моделювання складних форм. Робота з бібліотеками стандартних елементів та матеріалів. Обмін графічною та конструкторською інформацією (формати даних). Основи Synchronous Technology та моделювання «в контексті».

Тема 3. Принципи створення твердотільних деталей та ескізів

Перехід від двомірного (2D) до тривимірного (3D) проектування. Загальні принципи 3D-моделювання на основі ескізів та операцій. Створення типових деталей: призматичних та тіл обертання. Побудова елементів по перетинах (loft, sweep) та кінематичних елементів. Робота з масивами, дзеркальним відображенням та допоміжними площинами. Застосування сплайнів та поверхонь для складних конфігурацій. Створення тривимірних ескізів для зварних конструкцій та трубопроводів. Оптимізація геометрії деталей для технологічності та виготовлення.

Тема 4. Проектування спеціалізованих елементів: листовий матеріал та зварні конструкції

Особливості моделювання деталей з листового матеріалу. Основні операції: згинання, розгортання, створення кромки, надрізів. Конструювання деталі з твердого тіла та її перетворення в листовий матеріал. Принципи створення зварних конструкцій (Weldments). Робота з профілями та створення зварної конструкції із 3D-ескізу. Моделювання та аналіз зварних швів. Оптимізація ваги та матеріалів листових та зварних конструкцій. Застосування технологій для проектування елементів рам та кузовів.

Змістовий модуль 2. Складання, конфігурації та випуск документації

Тема 5. Управління конфігураціями та сімействами деталей

Концепція конфігурацій деталей та складань (Design Tables). Створення та редагування конфігурацій вручну та за допомогою таблиці параметрів. Застосування конфігурацій для варіативного проектування (модельний ряд). Інтеграція конфігурацій з базами даних та PDM-системами. Оцінка впливу конфігурацій на масово-габаритні характеристики. Робота з сімействами отворів, елементів та компонентів. Автоматизація створення варіантів конструкції. Методи контролю версій та змін у конфігураціях.

Тема 6. Методи створення складальних одиниць (Assembly)

Основні принципи створення складань: «знизу-нагору» та «зверху-униз». Використання спряжень (mates) для визначення взаємного положення деталей. Типи спряжень: стандартні, механічні, розширені. Аналіз складань на наявність колізій та зазорів. Робота з великими складаннями (Large Assembly Mode). Створення рознесених видів та анімації складань. Використання логіки складань для автоматичного вибору компонентів. Проектування в контексті складальної одиниці та зовнішні посилання.

Тема 7. Оформлення конструкторської документації (КД) у САПР

Принципи та стандарти оформлення креслень (ЄСКД, ISO). Створення основних та додаткових видів, перерізів та виносних елементів. Нанесення розмірів, допусків та технічних вимог. Автоматичне створення складальних креслень. Формування та оформлення специфікацій (Bill of Materials, BOM). Використання шаблонів та форматів аркушів. Управління стилями та настроювання відображення тексту розміру. Процедура затвердження та внесення змін до КД.

Тема 8. Основи проектування ливарних форм та підготовка до виробництва

Вступ до адитивних та субтрактивних технологій виробництва. Принципи створення ливарних форм та їх структура. Оформлення порожнини ливарної форми та лінії рознімання. Проектування простішої та складної ливарної форми. Використання модулів САМ для підготовки керуючих програм. Оптимізація деталі для 3D-друку та лиття. Основи роботи з прес-формами та штампами. Інтеграція CAD-моделі з технологічним процесом (DFM/DFA).

Змістовий модуль 3. Інженерний аналіз та спеціалізоване проектування АТЗ

Тема 9. Загальні принципи та методи інженерного аналізу (CAE)

Мета та задачі інженерного аналізу в процесі проектування. Методи розв'язку рівнянь фізики в механічних САПР (MSC, MKE). Етапи кінцево-елементного аналізу (передобробка, розрахунок, постобробка). Структурна механіка: лінійна та нелінійна постановка задачі. Кінематичний та динамічний аналіз механічних систем. Аналіз втоми, стійкості та впливу зовнішніх факторів. Основи роботи у модулі SolidWorks Simulation (NX Advanced Simulation). Валідація результатів аналізу та їх використання для оптимізації конструкції.

Тема 10. Тепловий та гідрогазодинамічний аналіз (CFD)

Основи аерогідродинаміки та теплопередачі в транспортних засобах. Модулі Flow Simulation (CFD): постановка задачі та граничні умови. Розрахунки теплових полів та керування температурним режимом. Аеродинамічні дослідження моделі кузова автомобіля. Дослідження впливу елементів дизайну на коефіцієнт аеродинамічного опору. Аналіз потоків рідин та газів у елементах ДВЗ та систем охолодження. Моделювання вентиляції салону та комфорту. Використання результатів CFD для оптимізації форм кузова та теплообмінників.

Тема 11. Проектування та моделювання зовнішніх форм кузова та шасі

Методи поверхневого моделювання (Surface Modeling) для кузова автомобіля. Підготовка вихідних ескізів та створення «майстер-секцій» кузова. Створення кривизни класу G2 та забезпечення якості поверхонь. Проектування елементів шасі: рами, підвіски, трансмісії. Складання моделі: кузов-колеса-дорога (для симуляції). Розробка внутрішнього простору та ергономічних рішень. Світлотехнічний аналіз елементів освітлення (оптика, фари). Основи реверс-інжинірингу та роботи з даними сканування.

Тема 12. Моделювання динаміки та віртуальних випробувань АТЗ

Кінематика та динаміка: моделювання руху механізмів. Модуль Motion Simulation: створення рухомих з'єднань та приводів. Аналіз роботи підвіски, рульового керування та трансмісії. Моделювання навантажень та віртуальних випробувань (удари, перекидання). Розрахункові моделі пружин, ресор та інших пружних елементів (на прикладі автомобільної ресори). Аналіз твердості та міцності конструкцій у нелінійній постановці. Розрахункові моделі складних вузлів (напівпричепів-цистерн, ДВЗ). Інтеграція результатів симуляції для діагностування стану елементів.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни

Дисципліна «Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування» є ключовим компонентом підготовки магістрів за освітньою програмою «Колісні та гусеничні транспортні засоби». Вона є відповіддю на сучасні вимоги до інженерно-конструкторської діяльності, де швидкість виведення продукту на ринок, мінімізація вартості та забезпечення високої якості неможливі без застосування **систем автоматизованого проектування (САПР)**.

Основна мета курсу полягає у формуванні глибоких теоретичних знань та практичних навичок, необхідних майбутньому інженеро-конструкторові для вирішення комплексних завдань проектування елементів АТЗ із застосуванням передових інструментів CAD, CAE та CAM.

2.2 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни

Курс базується на знаннях з фундаментальних дисциплін, таких як «Вища математика», «Опір матеріалів» та «Деталі машин», інтегруючи їх із фаховими компетенціями з «Автомобілі. Основи конструкції» та «Основи САПР в автомобілебудуванні». Таким чином,

дисципліна перетворює теоретичну базу на прикладні інженерні рішення. Навчальна програма складається з дванадцяти логічно структурованих лекційних тем та дванадцяти лабораторних робіт, що охоплюють увесь процес розробки транспортного засобу, від концепції до віртуальних випробувань.

В процесі викладання дисципліни, в якості технічних засобів, використовується клас, обладнаний персональними комп'ютерами типу IBM PC, та матеріально-технічне забезпечення кафедри Автомобілі: розрізи двигунів автомобілів, дослідні стенди, вимірювальне обладнання та інструмент. Успішне вивчення дисципліни передбачає також використання сучасних інформаційних технологій (Internet).

2.3 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни

Викладання дисципліни передбачає наступні форми організації навчального процесу: лекції, практичні заняття, самостійну роботу студента, консультації. Робота на практичних заняттях передбачає активну участь студента в освоєнні поставлених завдань. Для підготовки до занять рекомендується звертати увагу на проблемні питання, що піднімаються викладачем під час лекції, і групувати інформацію навколо них. Бажано виділяти у використовуваній літературі постановки питань, на які різними авторами можуть бути дані різні оцінки. На підставі постановки таких питань слід обирати аргументи на користь різних варіантів вирішення поставлених проблем.

У текстах авторів, таким чином, слід виділяти наступні компоненти:

- постановка проблеми;
- варіанти рішень;
- аргументи на користь тих або інших варіантів рішень.

На основі виділення цих елементів простіше становити власну аргументовану позицію по розглянутому питанню. При роботі з невідомими термінами необхідно звертатися до словників, у тому числі доступних в Інтернеті.

При написанні рефератів (контрольних робіт), у матеріалі слід виділити невелику кількість (не більш 5) проблем, що зацікавили Вас, і згрупувати матеріал навколо них. Слід домагатися чіткого розмежування окремих проблем і виділення їх часткових моментів.

При підготовці до лабораторних занять Вам може знадобитися матеріал, що вивчався раніше, тому варто звертатися до відповідних джерел (підручників, монографій, статей). Письмова домашня робота й завдання можуть бути індивідуальними й загальними.

При підготовці до іспиту необхідно опиратися насамперед на лекційні заняття, а також на джерела, які розбиралися на заняттях протягом семестру.

Самостійна робота студента виконується за завданням і при методичному керівництві викладача, але без його особистої участі. Самостійна робота підрозділяється на самостійну роботу на аудиторних заняттях і на позааудиторну самостійну роботу.

Самостійна робота студента включає як повністю самостійне освоєння окремих тем (розділів) дисципліни, так і пророблення тем (розділів), освоюваних під час аудиторної роботи. Під час самостійної роботи, студенти читають і конспектують навчальну, наукову й довідкову літературу, виконують завдання, спрямовані на закріплення знань і відпрацьовування вмінь і навичок, готуються до поточного й проміжного контролю по дисципліні. При вивченні тем курсу наведених нижче, студентові необхідно повторити лекційний навчальний матеріал, вивчити рекомендовану літературу, а також навчальний матеріал, наявний в зазначених інформаційних ресурсах.

На завершальному етапі вивчення кожного модуля необхідно, скориставшись запропонованими питаннями для самоконтролю, перевірити якість засвоєння навчального матеріалу. У випадку утруднення у відповідях на поставлені питання рекомендується повторити навчальний матеріал. Після вивчення всіх модулів приступити до виконання контрольної роботи, керуючись методичними рекомендаціями з її виконання. По завершенню вивчення навчальної дисципліни в семестрі студент зобов'язаний пройти проміжну атестацію. Вид проміжної атестації визначається робочим навчальним планом. До проміжної атестації допускаються студенти, що виконали вимоги робочого навчального плану.

2.3.1 Тема 1. Методологія та етапи автоматизованого проектування АТЗ

1. Життєвий цикл транспортного засобу та роль САПР

При вивченні життєвого циклу транспортного засобу та ролі

САПР звернути увагу на основні етапи від концептуального проектування до утилізації, аналізуючи послідовність фаз: розробка технічної концепції, детальне конструювання, виробнича реалізація, експлуатація та післяпродажне обслуговування, з акцентом на те, як САПР забезпечує безперервність даних між етапами через інтеграцію модулів.

Рекомендується ознайомитися з принципами PLM-систем (Product Lifecycle Management), де САПР виступає центральним інструментом для управління інформацією, дозволяючи відстежувати зміни від початкової ідеї до кінцевого продукту, що зменшує дублювання робіт і помилки на 25-40%.

У дистанційному форматі пошукайте в відкритих джерелах схеми життєвого циклу автомобілів, звертаючи увагу на стандарти ISO 15288 для системного інжинірингу, та проаналізуйте, як CAD-модулі фіксують геометрію на етапі концепції, CAE – проводять віртуальні тести на стадії розробки, CAM – генерують керуючі програми для виробництва. Особливу увагу приділіть ролі САПР у забезпеченні traceability даних, де кожен етап циклу документується для сертифікації та аудиту, шукаючи приклади в технічних звітах про автомобільні проекти.

Рекомендується скласти блок-схему циклу з позначенням внеску САПР на кожному етапі, аналізуючи перехід від прототипування до серійного випуску, та вивчити, як інтеграція з ERP-системами оптимізує логістику виробництва. У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси з моделями життєвого циклу, фокусуючись на ролі САПР у скороченні часу розробки за рахунок паралельних процесів, та проаналізуйте вплив на економіку проекту через зменшення фізичних прототипів. Зверніть увагу на специфіку автотранспортних засобів, де цикл включає екологічні аспекти утилізації, і САПР допомагає моделювати reusable матеріали. Для закріплення перегляньте вебінари про PLM в автомобілебудуванні, складіть порівняльну таблицю традиційного та САПР-орієнтованого циклів, акцентуючи на ролі цифрових двійників для моніторингу експлуатації.

2. Структура інтегрованих CAD/CAE/CAM/PLM систем

При вивченні структури інтегрованих CAD/CAE/CAM/PLM систем звернути увагу на ієрархічну архітектуру, де CAD-модулі відповідають за геометричне моделювання та параметричне конструювання деталей автотранспортних засобів, CAE – за віртуальний

аналіз міцності, динаміки та теплотехніки, САМ – за генерацію керуючих програм для ЧПУ-верстатів і роботизованих ліній складання, а PLM забезпечує загальне управління даними через весь життєвий цикл. Рекомендується розібрати взаємозв'язки між модулями на прикладі Siemens Teamcenter або Dassault 3DEXPERIENCE, де єдиний data backbone дозволяє безшовну передачу геометрії від моделювання до виробництва без втрат точності.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних специфікаціях САПР схеми інтеграції, аналізуючи API-інтерфейси для кастомізації та розширення функціоналу під специфіку автомобілебудування. Особливу увагу приділіть ролі PDM-компонентів у контролі версій, workflow-автоматизації та колаборативній роботі розподілених команд, що критично для глобальних автоконцернів з заводами в різних країнах. Вивчіть стандарти обміну даними як STEP AP242 для автомобільної галузі, які забезпечують сумісність між різними САПР-платформами, і проаналізуйте виклики міграції даних при переході між системами.

Рекомендується скласти структурну схему інтегрованої системи з позначенням потоків даних між модулями, фокусуючись на тому, як CAE-результати повертаються в CAD для ітеративної оптимізації конструкції. У самостійній роботі використовуйте онлайн-демонстрації інтеграції, вивчаючи, як PLM-системи інтегруються з ERP для планування виробництва та управління ланцюгами постачань комплектуючих для АТЗ. Зверніть увагу на cloud-based рішення, де обчислювальна потужність CAE-модулів масштабується для складних симуляцій краш-тестів без локального обладнання. Для закріплення перегляньте технічну документацію інтеграторів САПР, складіть порівняльну таблицю модулів для різних платформ, акцентуючи на їх внесок у скорочення часу розробки автомобільних проектів на 30-50%.

3. Процес проектування автомобіля: від концепції до виробництва

При опрацюванні процесу проектування автомобіля від концепції до виробництва звернути увагу на поетапну методологію, починаючи від sketch phase з концептуальних ескізів та mood boards, через digital surfacing для створення Class-A поверхонь кузова, до детального інженерного конструювання з параметричним моделюванням у САПР. Рекомендується розібрати V-model підходу, де кожен етап ве-

рифікації відповідає етапу валідації, забезпечуючи traceability вимог від концепції до серійного випуску.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних звітах автовиробників хронологію розробки конкретних моделей, аналізуючи ключові milestones як concept freeze, design freeze та production release. Особливу увагу приділіть переходу від стилістичного моделювання в Alias до інженерного в CATIA або NX, де поверхневі моделі конвертуються в твердотільні з збереженням G2/G3 кривизни.

Вивчіть інтеграцію CAE-аналізу на етапі virtual prototyping, де FEA, CFD та NVH симуляції проводяться паралельно з конструюванням для одночасної оптимізації ваги, аеродинаміки та акустики. Рекомендується скласти timeline проектування з тривалістю етапів та ключовими deliverables, фокусуючись на тому, як agile методології скоротили традиційний 5-річний цикл до 2-3 років у сучасних EV-проектах.

У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси з кейсами від J.D. Power про benchmarking процесів, вивчаючи, як digital twin технології дозволяють continuous validation протягом усього циклу. Зверніть увагу на role-based workflows, де styling team, CAE analysts та manufacturing engineers працюють паралельно через PLM-платформу.

Для закріплення перегляньте вебіари про automotive development process, складіть flowchart від concept approval до SOP (Start of Production), акцентуючи на ролі САПР у забезпеченні design intent preservation та manufacturing feasibility на кожному етапі.

4. Формування вихідних даних та технічних вимог

При аналізі формування вихідних даних і технічних вимог зосередитися на системному підході до інженерії вимог, де потреби замовника перетворюються на чіткі технічні специфікації через матрицю відповідності, забезпечуючи узгодженість кінцевого продукту з ринковими та регуляторними стандартами.

Рекомендується вивчити структуру документа технічних специфікацій для автомобільних транспортних засобів, включаючи цільові показники продуктивності (розгін до 100 км/год, запас ходу), вимоги до безпеки (оцінка 5 зірок за Euro NCAP), критерії рівня шуму, вібрацій і жорсткості конструкції, а також обмеження виробництва.

У дистанційному форматі пошукайте у відкритих джерелах запити інформації чи пропозицій від автовиробників, аналізуючи, як дані маркетингових досліджень стають основою для проектування.

Особливу увагу приділити принципам проектування з урахуванням технологічності, складання, сервісного обслуговування та переробки, де вимоги до виробництва формуються на ранніх етапах для уникнення дорогих змін у проєкті.

Вивчити роль аналізу потенційних відмов і їх наслідків у визначенні критичних параметрів, де показник пріоритетності ризику допомагає виділити функції, важливі для безпеки. Рекомендується розробити шаблон вимог із категоризацією на функціональні, продуктивні, інтерфейсні та регуляторні, застосовуючи критерії чіткості, вимірюваності, досяжності, релевантності та обмеженості в часі до автомобільних специфікацій.

У самостійній роботі використовувати онлайн-інструменти управління вимогами, такі як Jira чи DOORS Next, досліджуючи зв'язки між загальними вимогами та деталями проектування. Звернути увагу на гармонізацію регіональних стандартів, де вимоги європейської сертифікації поєднуються з американськими та китайськими стандартами. Для закріплення вивчити стандарти функціональної безпеки ISO 26262, скласти структуру розподілу вимог для конкретного компонента, наприклад, акумуляторної батареї, акцентуючи на методах перевірки (симуляція, тестування, інспекція) та критеріях приймання.

5. Розробка дизайн-проєкту та компонувальних рішень

При дослідженні розробки дизайн-проєкту та компонувальних рішень зосередитися на поєднанні промислового дизайну з інженерним аналізом, де естетичні концепції перетворюються на реальні інженерні рішення через ітеративне цифрове прототипування в САПР. Рекомендується вивчити процес компонування, де колісна база, ширина колії, розташування двигуна та розміщення пасажирів оптимізуються з урахуванням обмежень простору, ваги та ергономіки. У дистанційному форматі пошукайте в технічних оглядах дані порівняльного аналізу компонування автомобілів конкурентів, досліджуючи, як їхні рішення впливають на проєктні рішення.

Особливу увагу приділити оптимізації компонування за допомогою інженерного аналізу, де симуляція динаміки руху визначає оптимальну геометрію підвіски та розташування силового агрегату для покращення керованості та зниження шуму. Вивчити роль цифрового макета у перевірці компонувальних рішень, де виявляються можливі перешкоди чи кінематичні проблеми для створення фізичних прото-

типів. Рекомендується розробити розгорнуту схему компоновання з розподілом простору для основних систем (силовий агрегат, шасі, кузов), акцентуючи на доступності для сервісу та послідовності складання.

У самостійній роботі використовувати безкоштовні САПР для базового аналізу компоновання, досліджуючи розрахунки центру мас і вплив розподілу ваги на динаміку автомобіля. Звернути увагу на стратегії модульних платформ, які дозволяють створювати різні моделі автомобілів із мінімальними змінами. Для закріплення вивчити технічні статті про оптимізацію компоновання, скласти матрицю компромісів між цільовими характеристиками та просторовими обмеженнями, акцентуючи на важливості співпраці між дизайнерами, інженерами та виробничими командами для створення збалансованих рішень.

6. Конструювання, розробка та випуск конструкторської документації

При дослідженні конструювання, розробки та випуску конструкторської документації звернути увагу на перехід від параметричного моделювання до генерації повного пакету креслень, специфікацій та технічних умов, де детальна геометрія деталей трансформується в стандартизовану документацію для виробництва автотранспортних засобів. Рекомендується розібрати етапи від 3D-моделі до 2D-проекцій з автоматичним нанесенням розмірів, допусків та поверхневих текстур, забезпечуючи відповідність державним стандартам ЄСКД та міжнародним нормам ISO.

У дистанційному форматі пошукайте в відкритих джерелах зразки конструкторської документації для автомобільних вузлів, аналізуючи структуру титульних аркушів, форматів та основних написів. Особливу увагу приділіть автоматизованому формуванню специфікацій комплектування з розбивкою по позиціях, де програмне забезпечення САПР генерує повний перелік матеріалів, норм витрат та технологічних маршrutів.

Вивчіть принципи GD&T (геометричного розмірного та допускового аналізу) для забезпечення взаємозамінності деталей на конвеєрі, з акцентом на допуски форми, розташування та профілю. Рекомендується скласти приклад оформлення креслення складального вузла трансмісії з позначенням посадочних розмірів та прилеглих повер-

хонь. У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси з шаблонами креслень, вивчаючи процедуру електронного підпису та обміну документацією через захищені платформи.

Зверніть увагу на інтеграцію з системами управління виробництвом для автоматичного оновлення документації при змінах конструкції. Для закріплення перегляньте методичні рекомендації по ЄСКД, складіть перелік основних елементів конструкторської документації для типового автомобільного компонента, акцентуючи на ролі цифрової верифікації та контролю якості перед випуском в серію.

7. Випробування, зворотний зв'язок та модифікація

При аналізі випробувань, зворотного зв'язку та модифікації звернути увагу на замкнений цикл верифікації конструкції, де результати стендових та дорожніх тестів повертаються в САПР для коригування параметрів моделі автотранспортного засобу. Рекомендується розібрати структуру тестових програм, включаючи динамічні випробування навантажень, аеродинамічні стенди, кліматичні камери та краш-тести, з фіксацією відхилень від розрахункових значень.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних звітах автовиробників протоколи випробувань, аналізуючи критерії приймання та відбраковки. Особливу увагу приділіть системі зворотного зв'язку через телеметрію та датчики, де дані реальної експлуатації порівнюються з прогнозами кінцево-елементного аналізу для уточнення моделей матеріалів та зносостійкості. Вивчіть процедуру модифікації конструкції з збереженням історії змін у PLM-системах, де engineering change orders документують кожну ітерацію.

Рекомендується скласти схему циклу «тест-аналіз-модифікація» з часовими рамками для типового автомобільного проекту. У самостійній роботі використовуйте онлайн-бази даних з результатами краш-тестів, вивчаючи кореляцію між віртуальними симуляціями та реальними результатами. Зверніть увагу на роль статистичних методів у обробці тестових даних для досягнення надійності 99,9%.

Для закріплення перегляньте стандарти автомобільних випробувань, складіть матрицю відповідності вимог та результатів тестів, акцентуючи на критичних параметрах безпеки та довговічності, що забезпечує безперервне вдосконалення конструкції.

8. Етичні та нормативні аспекти проектування транспорт-

них засобів

При вивченні етичних та нормативних аспектів проектування транспортних засобів звернути увагу на комплекс вимог безпеки, екології та соціальної відповідальності, що визначають допустимість конструкторських рішень для автотранспортних засобів. Рекомендується розібрати міжнародні стандарти безпеки як UN ECE regulations та FMVSS, аналізуючи вимоги до пасивної та активної безпеки, включаючи зонування кузова та інтеграцію систем аварійного гальмування.

У дистанційному форматі пошукайте в офіційних джерелах директиви ЄС щодо викидів CO₂ та електромобільної інфраструктури, вивчаючи вплив на компоновальні рішення. Особливу увагу приділіть етичним дилемам автономного керування, де алгоритми прийняття рішень у критичних ситуаціях потребують філософського обґрунтування. Вивчіть принципи екологічного проектування з урахуванням циклу життя матеріалів, де LCA (аналіз життєвого циклу) оцінює вплив від видобутку сировини до утилізації.

Рекомендується скласти перелік ключових нормативних актів для різних регіонів з аналізом їх конвергенції. У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси з етики ШІ в транспорті, вивчаючи кейси recall кампаній через конструктивні недоліки. Зверніть увагу на вимоги доступності для людей з обмеженими можливостями та гендерно-збалансований дизайн кабіни.

Для закріплення перегляньте кодекси етики інженерних асоціацій, складіть етичну матрицю для проектування автономного транспортного засобу, акцентуючи на балансі між безпекою, економікою та екологією, що формує відповідальне інженерне мислення.

Формулювання «Етичні та нормативні аспекти проектування транспортних засобів» охоплює два ключові аспекти, які враховуються під час розробки автомобілів: нормативні вимоги, що стосуються відповідності технічним стандартам і законодавству, та етичні принципи, які відображають відповідальність розробників перед суспільством, користувачами та навколишнім середовищем. Розглянемо детально, чому етичні аспекти є важливими в цьому контексті.

Етичні аспекти проектування транспортних засобів

Етичні аспекти стосуються моральної відповідальності інженерів і дизайнерів за наслідки їхньої роботи, що впливають на безпеку, здоров'я, добробут людей і екологію. У проектуванні транспорт-

них засобів етичні питання виникають через потенційний вплив автомобілів на життя користувачів, інших учасників дорожнього руху та довкілля. Ось ключові етичні аспекти:

1. **Безпека користувачів і пішоходів:** Інженери зобов'язані забезпечити максимальну безпеку транспортного засобу, враховуючи, що аварії можуть призвести до травм або загибелі людей. Наприклад, рішення щодо використання міцніших матеріалів для зон деформації чи впровадження систем активної безпеки (ABS, ESP, автоматичне гальмування) мають етичний вимір, оскільки від них залежить життя людей. Ігнорування цих аспектів заради зниження витрат може вважатися неетичним.
2. **Екологічна відповідальність:** Проектування автомобілів із високим рівнем викидів або неефективним споживанням палива може завдавати шкоди довкіллю. Етичний підхід передбачає розробку транспортних засобів із мінімальним впливом на екосистему, наприклад, використання електричних чи гібридних двигунів, матеріалів, що підлягають переробці, або зниження викидів CO₂ для відповідності екологічним стандартам, таким як Euro 6 чи 7.
3. **Соціальна справедливість:** Етичні аспекти включають доступність транспортних засобів для різних груп населення. Наприклад, проектування автомобілів із функціями для людей з обмеженими можливостями (адаптивні органи керування, полегшений доступ до салону) відображає турботу про інклюзивність. Ігнорування таких потреб може вважатися неетичним, оскільки обмежує доступність для певних груп.
4. **Прозорість і чесність:** Етичні принципи вимагають чесного інформування споживачів про характеристики автомобіля. Наприклад, маніпуляції з даними про викиди (як у скандалі з Volkswagen Dieselgate) є прикладом неетичної поведінки, що підриває довіру та завдає шкоди суспільству.
5. **Відповідальність перед суспільством:** Інженери повинні враховувати довгострокові наслідки своїх рішень, наприклад, вплив масового виробництва автомобілів на економіку, зайнятість і ресурси. Використання дешевих матеріалів або праці в умовах неналежних стандартів може порушувати етичні норми.

Нормативні аспекти

Нормативні аспекти стосуються відповідності транспортних засобів міжнародним і регіональним стандартам, таким як:

- **Безпека.** Стандарти Euro NCAP, FMVSS (США), ISO 26262 (функціональна безпека).
- **Екологія.** Норми викидів Euro 6/7, вимоги до переробки матеріалів.
- **Сертифікація.** Процедури типу EU Type Approval чи Chinese CCC для допуску до ринку.

Ці стандарти є обов'язковими й регулюють технічні характеристики, тоді як етичні аспекти ширші, охоплюючи моральні зобов'язання перед суспільством.

Чому етичні аспекти важливі?

Етичні аспекти тісно пов'язані з нормативними, оскільки стандарти часто базуються на суспільних цінностях, таких як безпека та захист довкілля. Проте етика виходить за межі законів, вимагаючи від розробників свідомого підходу до рішень, які можуть не регулюватися нормами, але впливають на якість життя. Наприклад, вибір між дорогим, але безпечним компонентом і дешевшим, але менш надійним, є етичним рішенням, яке може мати наслідки для репутації компанії та безпеки користувачів.

Рекомендації для вивчення:

- вивчіть кейси, як Dieselgate, для розуміння наслідків неетичних рішень;
- ознайомтеся з принципами ISO 26000 (соціальна відповідальність) для проектування;
- проаналізуйте, як етичні рішення впливають на стандарти безпеки та екології в автомобільній промисловості.

Питання для самоперевірки

1. Як життєвий цикл транспортного засобу впливає на вибір інструментів САПР на етапах від концепції до модифікації конструкції?
2. Порівняйте роль CAD і PLM модулів у структурі інтегрованих систем для оптимізації процесу проектування автомобіля.
3. Обґрунтуйте, чому формування вихідних даних є критичним для розробки компонувальних рішень у автоматизованому проектуванні.
4. Як етичні аспекти, такі як стійкість, інтегруються в процес випуску?

ку конструкторської документації для сучасних АТЗ?

5. Проаналізуйте вплив зворотного зв'язку від випробувань на модифікацію дизайн-проекту з урахуванням нормативних вимог.
6. Яким чином структура САМ/CAE систем сприяє скороченню часу від концепції до виробництва в автомобілебудуванні?
7. Оцініть, як технічні вимоги впливають на етичні рішення під час конструювання елементів транспортних засобів.
8. Поясніть логіку інтеграції PLM для управління зворотним зв'язком у життєвому циклі АТЗ.
9. Як нормативні аспекти, наприклад стандарти безпеки, модифікують етапи випробувань у автоматизованому проектуванні?
10. Обґрунтуйте необхідність етичного аналізу на етапі формування вихідних даних для забезпечення довговічності транспортних засобів.

2.3.2 Тема 2. Функціональні можливості сучасних САПР використовуваних у машинобудуванні

1. Огляд сучасних САПР (NX, CATIA, SolidWorks, Creo) в машинобудуванні

При вивченні огляду сучасних САПР звернути увагу на функціональні особливості систем NX, CATIA, SolidWorks та Creo, аналізуючи їх застосування для автомобільного машинобудування, де NX та CATIA використовуються для комплексних проектів повного циклу створення транспортних засобів, а SolidWorks та Creo – для середніх підприємств з акцентом на гнучкість та швидке освоєння. Рекомендується розібрати порівняльні характеристики за критеріями масштабу, інтеграції модулів, підтримки галузевих стандартів та продуктивності обчислень, з фокусом на специфіку автомобільної галузі.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних оглядах та довідкових матеріалах деталізовані специфікації кожної системи, вивчаючи приклади впровадження в автовиробництві для оцінки ефективності інвестицій. Особливу увагу приділіть підтримці форматів обміну даними та сумісності з допоміжним обладнанням як тривимірні принтери та сканери поверхонь.

Вивчіть еволюцію платформ: NX від систем важкого машинобудування, CATIA від авіаційних розробок з адаптацією для автомобілів, SolidWorks як доступний інструмент для малих та середніх

підприємств, Сгео з акцентом на параметричне моделювання складних конструкцій. Рекомендується скласти таблицю порівняння ключових функцій: підтримка поверхневого моделювання, можливості симуляції, інтеграція з технологічною підготовкою та розгортання в хмарних середовищах.

У самостійній роботі використовуйте демонстраційні версії або онлайн-переглядачі для ознайомлення з інтерфейсами, аналізуючи час освоєння та можливості налаштування. Зверніть увагу на ризики прив'язки до конкретного виробника та стратегії міграції між платформами. Для закріплення перегляньте плани розвитку продуктів та описи нових версій, складіть аналіз загальної вартості впровадження для типового автомобільного заводу, акцентуючи на масштабованості від прототипування до серійного виробництва та інтеграції з системами моніторингу виробничих процесів.

2. Архітектура САПР: модулі CAD, CAE, CAM, PDM

При аналізі архітектури САПР звернути увагу на модульну будову з чітким розподілом функцій: модуль геометричного моделювання для створення параметричних конструкцій, модуль віртуального аналізу для перевірки міцності та динаміки, модуль технологічної підготовки для програмування обробки та система управління даними для координації проектів, де інтеграція забезпечує безперервний процес від початкової ідеї до готового виробу. Рекомендується розібрати потоки даних між модулями, де геометрія з моделювання передається на віртуальні розрахунки міцності, результати яких повертаються для коригування форми, а готові моделі використовуються для створення програм обробки на верстатах. У дистанційному форматі пошукайте в технічній документації схеми програмних інтерфейсів та проміжні рішення для індивідуальних розробок. Особливу увагу приділіть ролі баз даних у системі управління проектами для контролю версій, автоматизації робочих процесів та ведення журналу змін, що необхідно для відповідності стандартам якості. Вивчіть архітектуру клієнт-сервер з гібридним розгортанням у хмарі, де ресурсоємні розрахунки проводяться на віддалених серверах. Рекомендується скласти блок-схему типового процесу з перетворенням даних на кожному етапі. У самостійній роботі використовуйте альтернативні безкоштовні системи для розуміння модульної структури, аналізуючи можливості розширення через додаткові компоненти. Зверніть увагу на засоби захи-

сту інформації для безпечної роботи розподілених команд та інтеграцію з системами планування виробництва. Для закріплення перегляньте схеми побудови від виробників, складіть специфікацію вимог для впровадження системи, акцентуючи на розширюваності, сумісності та витратах на підтримку для автомобільних застосувань.

3. Принципи роботи у САПР важкого класу (NX Siemens)

При дослідженні принципів роботи САПР важкого класу на прикладі NX Siemens звернути увагу на архітектуру високого рівня для обробки складних збірок з мільйонами компонентів та створення поверхневих моделей, де кероване середовище розробки забезпечує розширюваність від одного користувача до корпоративного рівня.

Рекомендується розібрати основні концепції як зв'язок геометрії для асоціативних оновлень та конструктор виразів для параметричних зв'язків у великих автомобільних проектах. У дистанційному форматі пошукайте в документації NX деталі інтеграції з системою управління проектами та формат JT для спрощеного перегляду.

Особливу увагу приділіть можливостям роботи з моделями від різних систем для інтеграції старих даних та робочим процесам з урахуванням результатів розрахунків. Вивчіть розширені інструменти поверхневого моделювання як глобальне формування форми для поверхонь класу А та засоби автоматизації на основі правил. Рекомендується скласти схему робочого процесу від ескізу концепції до технологічного випуску.

У самостійній роботі використовуйте академічні або виразні версії NX, фокусуючись на методах оптимізації продуктивності для великих збірок. Зверніть увагу на формат JT для співпраці та засоби візуального звітування для обговорення проектів. Для закріплення перегляньте модулі навчання від Siemens, складіть порівняння функцій з системами середнього рівня, акцентуючи на корпоративних можливостях як інтеграція з системою управління життєвим циклом та налаштування через програмування.

4. Твердотільне моделювання: булеві операції та параметризація

При вивченні твердотільного моделювання звернути увагу на булеві операції об'єднання, віднімання та перетину для створення складних елементів та параметричне моделювання через розмірні

зв'язки та збереження наміру конструкції. Рекомендується розібрати керування деревом елементів та стратегії перебудови для підтримки цілісності моделі при змінах.

У дистанційному форматі пошукайте навчальні матеріали з порівнянням моделювання з історією та без неї. Особливу увагу приділіть керуванню конфігураціями для створення варіантів та таблицями конструкцій для автоматичного перебору параметрів. Вивчіть розширені методи як шаблонні елементи, моделі з тонкими стінками та інтеграцію з поверхневим моделюванням. Рекомендується провести параметричне дослідження простої деталі з аналізом чутливості.

У самостійній роботі практикуйте придушення елементів та альтернативне розміщення для дослідження варіантів. Зверніть увагу на криві, визначені рівняннями, та користувацькі функції для математичних поверхонь. Для закріплення складіть параметричний шаблон для типової автомобільної кронштейна, акцентуючи на врахуванні умов виготовлення.

5. Поверхневе та гібридне моделювання складних форм

При аналізі поверхневого та гібридного моделювання звернути увагу на методи створення поверхонь на основі NURBS та умов меж для герметичної геометрії в автомобільному стилі. Рекомендуйте вивчити вимоги до безперервності другого та третього порядку для поверхонь класу A та інструменти аналізу як смуги зебри та гребені кривизни. У дистанційному форматі пошукайте матеріали з діагностики поверхонь та методів переналаштування параметрів.

Особливу увагу приділіть робочим процесам гібридного моделювання, де поверхні з'єднуються з твердими тілами для створення замкнених моделей. Вивчіть розширені інструменти як глобальна оптимізація форми та ізопараметричне картографування. Рекомендується скласти перелік критеріїв якості поверхонь для автомобільних панелей. У самостійній роботі практикуйте перетворення поверхонь у тверді тіла та аналіз товщини. Зверніть увагу на збереження картування UV для подальшої обробки. Для закріплення складіть робочий процес від концептуального ескізу до готових до виробництва поверхонь.

6. Робота з бібліотеками стандартних елементів та матеріалів

При дослідженні роботи з бібліотеками звернути увагу на системи керування контентом для кріплення, шестерень, пружин та баз даних матеріалів з перевіркою властивостей. Рекомендується розібрати організацію бібліотек за стандартами та робочі процеси створення власного контенту. У дистанційному форматі пошукайте бібліотеки від виробників та процедури перевірки.

Особливу увагу приділіть автоматичному призначенню матеріалів та зіставленню властивостей для розрахунків. Вивчіть фільтрацію контенту залежно від конфігурації. Рекомендується скласти специфікацію власної бібліотеки. У самостійній роботі систематизуйте стандартні автомобільні компоненти. Зверніть увагу на ліцензування та керування оновленнями. Для закріплення складіть матрицю вибору матеріалів для автомобільних застосувань.

7. Обмін графічною та конструкторською інформацією (формати даних)

При вивченні обміну графічною та конструкторською інформацією звернути увагу на нейтральні формати даних як STEP, IGES та JT, які забезпечують сумісність між різними системами автоматизованого проектування, дозволяючи передавати не тільки геометрію, але й параметри, допуски та примітки для автотранспортних конструкцій.

Рекомендується розібрати процедури перевірки даних після перекладу, де спеціальні інструменти відновлення геометрії виправляють розриви поверхонь, неточності кривих та помилки топології, що виникають при конвертації між платформами.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних довідниках таблиці порівняння можливостей форматів, аналізуючи збереження параметричної інформації, ієрархії складань та атрибутів матеріалів. Особливу увагу приділіть збереженню геометричного розмірного та допускового аналізу, де формати повинні передавати не тільки номінальні розміри, але й допуски форми, профілю та розташування для забезпечення точності на етапі виробництва.

Вивчіть стандарти довготривалого архівування конструкторської документації, де формати PDF/A та STEP AP242 Automotive гарантують читабельність даних через десятиліття. Рекомендується скласти детальний робочий процес перекладу даних з перевіркою на кожному етапі: валідація геометрії, тестування параметрів, верифікація допусків та контроль атрибутів.

У самостійній роботі використовуйте онлайн-конвертери форматів для тестування сумісності простих моделей, аналізуючи втрати інформації та методи їх мінімізації. Зверніть увагу на засоби захисту конструкторської інформації через цифрові водяні знаки та шифрування файлів для запобігання несанкціонованому доступу.

Для закріплення перегляньте специфікації стандартів обміну від міжнародних організацій, складіть специфікацію вимог до обміну даними для автомобільного проекту, акцентуючи на критичних параметрах як точність поверхонь класу А, збереження ієрархії складань та сумісність з системами технологічної підготовки, що забезпечить безперервність робочих процесів у глобальних командах розробників.

8. Основи Synchronous Technology та моделювання «в контексті»

При аналізі основ технології синхронного редагування та моделювання в контексті звернути увагу на принципи прямого моделювання без залежності від історії операцій, де геометрія редагується методом інтуїтивного поштовху-тяги поверхонь та граней, що значно прискорює ітеративні зміни в автомобільних проектах.

Рекомендується розібрати гібридні робочі процеси, де параметричне моделювання поєднується з прямим редагуванням для максимальної гнучкості, дозволяючи імпортувати геометрію з інших систем без втрати можливості подальших модифікацій. У дистанційному форматі пошукайте приклади міграції даних з традиційних САПР у синхронні платформи, аналізуючи переваги для зворотної інженерії та роботи з уламковими моделями від сканерів.

Особливу увагу приділіть посиланням у контексті, де зміни в одній частині складання автоматично адаптуються в пов'язаних компонентах, забезпечуючи цілісність великої збірки шасі чи кузова. Вивчіть адаптивні елементи, які зберігають зв'язок з оригінальною геометрією при імпорті, та інструменти розпізнавання форми для автоматичного виявлення параметрів.

Рекомендується скласти порівняльну таблицю традиційного параметричного підходу та синхронного редагування за критеріями швидкості, гнучкості та збереження інформації. У самостійній роботі практикуйте пряме редагування імпортованої геометрії, аналізуючи переваги продуктивності при роботі з великими збірками без перебудови дерева операцій. Зверніть увагу на можливості швидкого прото-

типування, де синхронна технологія дозволяє оперативно тестувати варіанти форми без тривалих перерахунків.

Для закріплення перегляньте демонстрації редагування складних поверхонь класу А, складіть план впровадження синхронного підходу для автомобільного бюро, акцентуючи на скороченні часу модифікацій, спрощенні колаборативної роботи та інтеграції з системами віртуального прототипування для прискорення циклу розробки транспортних засобів.

Питання для самоперевірки

1. Як архітектура САПР важкого класу інтегрує модулі CAD та PDM для оптимізації проектування АТЗ?
2. Порівняйте булеві операції в твердотільному моделюванні з параметризацією, поясніть їх роль у створенні деталей.
3. Обґрунтуйте переваги гібридного моделювання для складних форм кузовів автотранспортних засобів.
4. Як робота з бібліотеками матеріалів впливає на стандартизацію в машинобудуванні?
5. Проаналізуйте виклики обміну даними через формати як STEP у глобальному проектуванні АТЗ.
6. Яким чином Synchronous Technology спрощує моделювання «в контексті» порівняно з традиційними методами?
7. Оцініть роль CAE-модулів у архітектурі САПР для аналізу конструкцій АТЗ.
8. Поясніть логіку інтеграції CAM у САПР для підготовки виробництва елементів транспортних засобів.
9. Як поверхневе моделювання доповнює твердотільне в проектах з високою складністю форм?
10. Обґрунтуйте необхідність PDM для управління даними в САПР середнього класу на прикладі SolidWorks.

2.3.3 Тема 3. Загальні принципи створення твердотільних моделей, ескізів та креслень у САПР

1. Перехід від двомірного (2D) до тривимірного (3D) проектування

При вивченні переходу від двомірного до тривимірного проектування звернути увагу на фундаментальні переваги 3D-підходу, де повна геометрія дозволяє проводити віртуальні аналізи міцності, кінематики та взаємодії деталей автотранспортних засобів без фізичних прототипів, скорочуючи витрати на 40-60% порівняно з традиційним кресленням.

Рекомендується розібрати обмеження 2D-проектування, де ортогональні проекції не передають просторових зв'язків та ускладнюють виявлення колізій, проти повноти 3D-моделей з автоматичним генеруванням креслень. У дистанційному форматі пошукайте в технічних оглядах еволюцію CAD-систем від wireframe до solid modeling, аналізуючи ключові прориви як B-rep та CSG методи представлення.

Особливу увагу приділіть переходу даних з 2D-ескізів у параметричні 3D-моделі, де розмірні зв'язки зберігаються для подальшої модифікації. Вивчіть інструменти конвертації legacy 2D-документації в 3D через автоматичне розпізнавання контурів та реверсну інженерію. Рекомендується скласти порівняльну таблицю робочих процесів традиційного та сучасного підходів з часовими оцінками.

У самостійній роботі використовуйте безкоштовні 2D/3D конвертери для аналізу типових автомобільних креслень, вивчаючи втрати інформації при міграції. Зверніть увагу на стандартизовані формати обміну як DWG до STEP для збереження точності. Для закріплення перегляньте історичні огляди розвитку САПР, складіть план переходу архіву документації підприємства на 3D, акцентуючи на навчанні персоналу, валідації даних та інтеграції з системами виробничої підготовки.

2. Загальні принципи 3D-моделювання на основі ескізів та операцій

При аналізі загальних принципів 3D-моделювання на основі ескізів та операцій звернути увагу на базову парадигму feature-based design, де 2D-ескізи трансформуються в 3D-елементи через екструзію, обертання та революцію з автоматичним збереженням параметричних зв'язків. Рекомендується розібрати дерево моделі як історію операцій, де кожна команда створює залежності для associative updates при змінах базового ескізу.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми сіткоутворення та topological validation для забезпечення

якості В-гер моделей. Особливу увагу приділіть правилам створення ескізів: замкнутість контурів, мінімальна кількість елементів та геометричні зв'язки для стійкості моделі. Вивчіть типові операції як lofting по ребрах, sweeping вздовж траєкторій та boolean operations для складних форм. Рекомендується провести параметричне дослідження простої деталі з аналізом впливу базових розмірів.

У самостійній роботі практикуйте створення базових операцій у безкоштовних САПР, вивчаючи error recovery при порушенні зв'язків. Зверніть увагу на sketch diagnostics та constraint solver algorithms для автоматичного розв'язання надвизначених систем. Для закріплення складіть посібник з типових помилок моделювання та методів їх усунення, акцентуючи на best practices для автомобільних деталей з високими вимогами до точності.

3. Створення типових деталей: призматичних та тіл обертання

При дослідженні створення типових деталей звернути увагу на спеціалізовані інструменти для призматичних елементів через екструзію та лінійні шаблони, де параметризація дозволяє варіювати перерізи та довжину для сімейств деталей трансмісії. Рекомендується розібрати методи обертального моделювання для валів, фланців та корпусів, аналізуючи revolve operations з конусними та тороїдними поверхнями. У дистанційному форматі пошукайте каталоги стандартних автомобільних компонентів для вивчення типової геометрії.

Особливу увагу приділіть комбінованим операціям, де призматичні та обертальні елементи інтегруються в єдину деталь з fillet/round transitions. Вивчіть draft angles для лиття та технологічні отвори для зняття напружень. Рекомендується параметризувати типові кронштейни з variable hole patterns. У самостійній роботі створюйте бібліотеку базових форм з configurable parameters. Зверніть увагу на material thickness analysis для sheet metal integration. Для закріплення складіть guidelines для типового моделювання automotive brackets та shafts.

4. Побудова елементів по перетинах (loft, sweep) та кінематичних елементів

При вивченні побудови елементів по перетинах звернути увагу на методи lofting між ескізами різної конфігурації з провідними кри-

вими для створення плавних переходів у панелях кузова та дифузорах автомобіля, де контроль секцій забезпечує задану кривизну та товщину стінки. Рекомендується розібрати sweep-операції вздовж складних траєкторій для моделювання трубопроводів паливної системи, валах розподільного вала та важелів підвіски з урахуванням конусності та змінного перерізу.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми інтерполяції поверхонь та методи розв'язання систем для забезпечення G1 та G2 безперервності на стиках. Особливу увагу приділіть кінематичним елементам як шарніри, ковзання та циліндричні з'єднання, де визначення ступенів свободи дозволяє моделювати реальні механічні зв'язки в трансмісії та рульовому управлінні. Вивчіть інструменти обмеження руху та контактного аналізу для перевірки працездатності механізмів без фізичного прототипу.

Рекомендується скласти послідовність операцій для типового важеля підвіски з параметричним керуванням кутів нахилу. У самостійній роботі використовуйте онлайн-симулятори для тестування loft-параметрів та аналізу якості поверхонь, вивчаючи вплив кількості секцій на точність та продуктивність обчислень.

Зверніть увагу на методи усунення самоперетинів та розривів поверхонь при складних траєкторіях. Для закріплення перегляньте приклади автомобільного моделювання, складіть методичні рекомендації з побудови складних елементів, акцентуючи на інтеграції з подальшим аналізом міцності та технологічною підготовкою.

5. Робота з масивами, дзеркальним відображенням та допоміжними площинами

При аналізі роботи з масивами звернути увагу на лінійні, кільцеві та шаблонні розподіли для створення груп отворів кріплення, ребер жорсткості та вентиляційних решіток у корпусах агрегатів, де параметричне керування кількістю та кроком забезпечує адаптацію під різні типорозміри.

Рекомендується розібрати дзеркальне відображення з асоціативним оновленням для симетричних деталей кузова та шасі, де базова половина генерує повну конструкцію з автоматичним контролем зазорів. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми генерації масивів та методи оптимізації продуктивності при великих кількостях елементів.

Особливу увагу приділіть допоміжним площинам як базам для складних операцій, де зміщення та повороти створюють локальні системи координат для точного позиціонування елементів у просторі. Вивчіть комбіноване застосування масивів з дзеркальним відображенням для максимальної автоматизації моделювання. Рекомендується параметризувати типову панель з вентиляційними отворами для різних конфігурацій. У самостійній роботі практикуйте створення складних масивів із змінними параметрами, аналізуючи вплив на вагу та міцність конструкції.

Зверніть увагу на методи селективного придушення елементів масиву для створення варіантів. Для закріплення складіть посібник з оптимізації симетричних конструкцій автомобіля, акцентуючи на скороченні часу моделювання та забезпеченні технологічності.

6. Застосування сплайнів та поверхонь для складних конфігурацій

При дослідженні застосування сплайнів та поверхонь звернути увагу на методи створення кривих з контрольними точками для моделювання аеродинамічних обтічників, бамперів та елементів оптики, де ступінь сплайну визначає гладкість переходів. Рекомендується розібрати побудову поверхонь lofting та ruling для панелей кузова з контролем кривизни та безперервності.

У дистанційному форматі пошукайте інструменти аналізу якості поверхонь як карти кривизни та тестові смуги для виявлення дефектів. Особливу увагу приділіть гібридним методам, де сплайнові поверхні інтегруються з твердотільними елементами для створення монолітних конструкцій. Вивчіть методи обрізки та зшивання поверхонь з автоматичним усуненням зазорів. Рекомендується параметризувати типовий бампер з адаптивними формами.

У самостійній роботі практикуйте створення складних поверхонь з контролем параметрів, аналізуючи вплив на аеродинамічні характеристики. Зверніть увагу на стандарти якості поверхонь класу А для автомобільного дизайну. Для закріплення складіть методичні рекомендації з поверхневого моделювання, акцентуючи на інтеграції з подальшим аналізом та виробництвом.

7. Створення тривимірних ескізів для зварних конструкцій та трубопроводів

При вивченні створення тривимірних ескізів звернути увагу на просторові криві як каркаси для зварних рам та шасі, де 3D-маршрутизація визначає розміщення профілів та труб. Рекомендується розібрати генератори труб та профілів з автоматичним розрахунком вигинів та компенсацією подовження. У дистанційному форматі пошукайте бібліотеки стандартних перетинів та методи автоматичного розміщення кріплень.

Особливу увагу приділіть перевірці колізій та мінімальних радіусів вигину для технологічності. Вивчіть інтеграцію з модулями зварювання для автоматичного розміщення швів. Рекомендується параметризувати типову раму з адаптивними розмірами. У самостійній роботі практикуйте маршрутизацію складних трубопроводів, аналізуючи вплив на вагу та міцність. Зверніть увагу на стандарти розміщення труб у обмеженому просторі. Для закріплення складіть посібник з моделювання каркасних конструкцій, акцентуючи на технологічній підготовці.

8. Оптимізація геометрії деталей для технологічності та виготовлення

При аналізі оптимізації геометрії деталей для технологічності та виготовлення звернути увагу на комплексну перевірку конструкції на відповідність вимогам виробничих процесів, де аналіз нахилів випуску для лиття, штампування та механічної обробки визначає можливість бездефектного виймання деталі з форми чи інструменту. Рекомендується розібрати методи виявлення підрізів та замкнених порожнин, що ускладнюють технологію, з автоматичним генеруванням рекомендацій щодо модифікації форми для забезпечення вільного розширення. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми валідації товщини стінок з урахуванням мінімальних значень для лиття та максимальних для зварювання, аналізуючи градієнти зміни перерізу.

Особливу увагу приділіть визначенню умовних ліній рознімання для складних виливків, де програмне забезпечення САПР генерує оптимальне розміщення швів форми з мінімальним об'ємом присадного металу. Вивчіть методи упрощення геометрії для механічної обробки, де алгоритми доступності фрез та свердел визначають послідовність операцій та інструментальний парк. Рекомендується провести повний

аудит технологічності типової деталі трансмісії з генерацією звіту про критичні зони та рекомендаціями з модифікації.

У самостійній роботі використовуйте онлайн-інструменти DFM-аналізу для оцінки складності форми, вивчаючи вплив параметрів на собівартість одиниці. Зверніть увагу на оптимізацію допусків та посадок для балансу між точністю та економією на обробці, з автоматичним підбором класів точності. Для закріплення перегляньте стандарти технологічної підготовки автомобільного виробництва, складіть чек-лист оптимізації з критеріями приймання, акцентуючи на інтеграції результатів з модулями технологічної підготовки та прогнозуванні дефектів ливарного виробництва.

Питання для самоперевірки

1. Як перехід від 2D до 3D моделювання впливає на точність проектування деталей АТЗ?
2. Порівняйте створення призматичних деталей з тілами обертання в 3D-моделюванні на основі ескізів.
3. Обґрунтуйте роль loft та sweep у побудові елементів по перетинах для кінематичних конструкцій.
4. Як робота з масивами та дзеркальним відображенням оптимізує моделювання симетричних деталей?
5. Проаналізуйте застосування сплайнів для створення складних конфігурацій в автотранспортних елементах.
6. Яким чином тривимірні ескізи полегшують проектування зварних конструкцій та трубопроводів?
7. Оцініть вплив допоміжних площин на оптимізацію геометрії деталей для технологічності.
8. Поясніть логіку операцій у 3D-моделюванні для забезпечення виготовлення деталей АТЗ.
9. Як кінематичні елементи інтегруються в загальні принципи моделювання на основі перетинів?
10. Обґрунтуйте необхідність оптимізації геометрії для зменшення ваги в проектах транспортних засобів.

2.3.4 Тема 4. Загальні принципи проведення інженерного аналізу проєктованих конструкцій у САПР

1. Особливості моделювання деталей з листового матеріалу

При вивченні особливостей моделювання деталей з листового матеріалу звернути увагу на спеціалізовані модулі САПР, де базова товщина листа задається як фундаментальний параметр, а всі операції згинання, різання та формування враховують властивості матеріалу та технологічні можливості обладнання.

Рекомендується розібрати принципи flat pattern generation, де програмне забезпечення автоматично розгортає складну 3D-геометрію в плоску заготовку з урахуванням К-факторів згину, радіусів інструменту та компенсаторів подовження. У дистанційному форматі пошукіть в технічних посібниках алгоритми розрахунку розгорток для різних типів згинів: V-згин, U-згин, ролковий згин та обкатний метод, аналізуючи вплив товщини та типу листа на точність.

Особливу увагу приділіть моделюванню технологічних припусків на обрізку та отвори під кріплення, де автоматичний аналіз колізій верстатного інструменту запобігає дефектам. Вивчіть інтеграцію з системами керування листозгинальними верстатами, де 3D-модель генерує повний набір команд для прес-формувальних машин з урахуванням послідовності операцій.

Рекомендується параметризувати типову панель кузова з адаптивними згинами для різних товщин листа. У самостійній роботі використовуйте онлайн-симулятори листозгинання для тестування різних К-факторів, вивчаючи вплив на якість швів та деформації. Зверніть увагу на стандартизовані бібліотеки матеріалів з властивостями сталі, алюмінієвих сплавів та композитів для точного прогнозування поведінки. Для закріплення складіть методичні рекомендації з моделювання листових деталей автомобіля, акцентуючи на переході від дизайнерської форми до технологічно реалізованої конструкції з мінімальними відходами матеріалу.

2. Основні операції: згинання, розгортання, створення кромок, надрізів

При аналізі основних операцій з листовим матеріалом звернути увагу на послідовність згинання, де програмне забезпечення САПР генерує траєкторії руху пуансона та матриці з урахуванням springback ефекту та залишкових напружень у матеріалі. Рекомендується розібрати алгоритми автоматичного розгортання складних панелей з

множинними згинами, де система враховує послідовність операцій для уникнення деформацій та локальних зморщок.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах методи формування кромки подвійного та одинарного згину, а також технології фланцювання для посилення жорсткості. Особливу увагу приділіть операціям надрізів та висечок під кріплення, де автоматичний розрахунок технологічних зазорів забезпечує точність посадки болтів та заклепок. Вивчіть інтеграцію з САМ-модулями для генерації програм для координатно-пробивних пресів та лазерного різання.

Рекомендується моделювати типову дверну панель з повним циклом операцій від розгортання до готової деталі. У самостійній роботі використовуйте симулятори для аналізу впливу послідовності згинів на якість форми, вивчаючи методи компенсації пружинного ефекту. Зверніть увагу на стандартизовані таблиці К-факторів для різних матеріалів та товщин. Для закріплення складіть посібник з технології листового формування для автомобільних панелей, акцентуючи на оптимізації послідовності операцій та мінімізації відходів.

3. Конструювання деталі з твердого тіла та її перетворення в листовий матеріал

При дослідженні конструювання деталей з твердого тіла з перетворенням у листовий матеріал звернути увагу на алгоритми *shelling* та *surface offset*, де товщина твердотільної моделі перетворюється в листовий еквівалент з автоматичним визначенням внутрішніх та зовнішніх поверхонь. Рекомендується розібрати методи конвертації складних форм з підрізами в технологічно чисту геометрію, де програмне забезпечення видаляє самоперетини та створює правильну топологію для подальшої обробки.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках інструменти валідації після перетворення, аналізуючи збереження параметричних зв'язків та допусків. Особливу увагу приділіть автоматичному визначенню напрямку згинів та технологічних нахилів для лиття чи штампування. Вивчіть інтеграцію з модулями листового моделювання для *seamless transition* без втрати точності.

Рекомендується моделювати типовий кожух агрегату з повним циклом перетворення. У самостійній роботі використовуйте інструменти для тестування якості перетвореної геометрії, вивчаючи методи усунення дефектів поверхні. Зверніть увагу на збереження атрибутів

матеріалів та допусків при конвертації. Для закріплення складіть робочий процес перетворення твердотільних моделей кузовних елементів, акцентуючи на технологічній реалізації.

4. Принципи створення зварних конструкцій (Weldments)

При вивченні принципів створення зварних конструкцій звернути увагу на модулі Weldments, де 3D-ескізи профілів автоматично генерують геометрію ферм, рам та каркасів з урахуванням типорозмірів стандартних профілів та з'єднань. Рекомендується розібрати бібліотеки стандартних перетинів та методи автоматичного розміщення кутників, швелерів та двотаврів з end cuts для стикування.

У дистанційному форматі пошукайте інструменти аналізу колізій профілів та автоматичного згладжування кутів. Особливу увагу приділіть моделюванню зварних швів з атрибутами типу, довжини та підготовки кромок. Вивчіть інтеграцію з модулями міцнісного аналізу для розрахунку навантажень у зварних вузлах. Рекомендується параметризувати типову раму з адаптивними розмірами профілів.

У самостійній роботі практикуйте створення складних каркасів, аналізуючи технологію збирання. Зверніть увагу на стандарти розміщення зварних швів. Для закріплення складіть посібник моделювання зварних конструкцій автомобіля.

5. Робота з профілями та створення зварної конструкції із 3D-ескізу

При вивченні роботи з профілями та створення зварної конструкції із 3D-ескізу звернути увагу на методи побудови просторового каркаса, де тривимірний ескіз слугує скелетом для автоматичного розміщення стандартних профілів типу швелерів, двотаврів, кутників та труб з урахуванням їх типорозмірів та орієнтації в просторі. Рекомендується розібрати бібліотеки профілів стандартизованих за ГОСТ та EN, де програмне забезпечення САПР автоматично підбирає найближчий типорозмір з мінімальним відхиленням від розрахункових перетинів, генеруючи геометрію з урахуванням товщини стінок та радіусів заокруглень.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми автоматичного обрізання кінців профілів для стикування під заданими кутами з компенсацією зазорів та підготовкою фасків під зварювання. Особливу увагу приділіть інструментам перевірки колізій

між профілями на етапі розміщення, де система попереджає про перетинання елементів та пропонує альтернативні траєкторії.

Вивчіть методи параметричного керування довжиною та кутом нахилу профілів, де зміна базового ескізу автоматично перебудовує всю конструкцію з збереженням з'єднань. Рекомендується моделювати типову раму підвіски з інтеграцією гідравлічних контурів та кріпильних елементів. У самостійній роботі використовуйте онлайн-каталоги металопрокату для поповнення бібліотек, аналізуючи вплив вибору профілю на вагу та міцність конструкції.

Зверніть увагу на автоматичне генерування розгорток профілів для технологічної підготовки та розрахунок матеріалоемності. Для закріплення складіть методичні рекомендації з моделювання каркасних конструкцій, акцентуючи на інтеграції з модулями аналізу напружень та оптимізації перетинів для підвищення несучої здатності при мінімальній вазі.

6. Моделювання та аналіз зварних швів

При аналізі моделювання та аналізу зварних швів звернути увагу на спеціалізовані інструменти, де геометрія шва задається як поверхневий або об'ємний елемент з параметрами довжини, товщини та типу зварювання, з автоматичним розрахунком площі перерізу для визначення витрати присадного матеріалу.

Рекомендується розібрати бібліотеки типових швів: стикові, кутові, фаскові та точки контакту, де програмне забезпечення генерує 3D-геометрію з урахуванням підготовки кромки та геометрії зварного джгута. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках методи аналізу напружень у зварних зонах з урахуванням неоднорідності матеріалу та термічних деформацій. Особливу увагу приділіть інтеграції з модулями кінцевих елементів, де зварний шов дискретизується як окрема сітка з анізотропними властивостями для точного прогнозування концентрацій напружень.

Вивчіть автоматичне розміщення швів по контуру стикування з контролем мінімальної довжини та кроку для технологічності. Рекомендується моделювати зварний вузол рами з аналізом розподілу напружень. У самостійній роботі використовуйте симулятори зварювання для вивчення впливу параметрів на якість з'єднання, аналізуючи дефекти як пористість та непровари.

Зверніть увагу на стандартизовані таблиці витрат електродів та газів для різних типів швів. Для закріплення складіть посібник моделювання зварних конструкцій з акцентом на технологію та контроль якості, враховуючи інтеграцію з виробничими процесами та сертифікацію зварювальних робіт.

7. Оптимізація ваги та матеріалів листових та зварних конструкцій

При дослідженні оптимізації ваги та матеріалів листових та зварних конструкцій звернути увагу на методи топологічної оптимізації, де програмне забезпечення САПР генерує оптимальну розподіл матеріалу з мінімальною вагою при збереженні заданої жорсткості та міцності під дією навантажень. Рекомендується розібрати алгоритми генеративного дизайну, де вхідні параметри як граничні умови, допустимі напруги та виробничі обмеження трансформуються в легшу конструкцію з органічними формами ребер та порожнин.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах методи вибору композитних матеріалів та гібридних конструкцій, де алюмінієві панелі поєднуються зі сталевими елементами для оптимального співвідношення міцності та ваги. Особливу увагу приділіть аналізу зварних з'єднань на корозійну стійкість та втомну міцність, з автоматичним підбором захисних покриттів та методів з'єднання. Вивчіть принципи конструктивної оптимізації, де заміна суцільних профілів на порожнисті або сотові структури зменшує масу на 30-50%. Рекомендується провести оптимізацію типової дверної панелі з збереженням жорсткості.

У самостійній роботі використовуйте інструменти аналізу ваги для порівняння варіантів матеріалів, вивчаючи вплив на собівартість та перероблюваність. Зверніть увагу на стандарти вибору матеріалів для автомобільної галузі з урахуванням циклу життя. Для закріплення складіть матрицю оптимізації конструкцій, акцентуючи на балансі між вагою, міцністю та вартістю виробництва.

8. Застосування технологій для проектування елементів рам та кузовів

При аналізі застосування технологій для проектування елементів рам та кузовів звернути увагу на інтеграцію листового та зварного моделювання в єдину систему, де модульні рами поєднуються з

панелями кузова через гібридні з'єднання для забезпечення жорсткості та безпеки. Рекомендується розібрати методи створення монококових конструкцій, де програмне забезпечення оптимізує розподіл металу з урахуванням зон деформації при ударі.

У дистанційному форматі пошукайте технології лазерного зварювання та клепаання для легких кузовів, аналізуючи переваги гібридних методів. Особливу увагу приділіть моделюванню адгезивних з'єднань та самопробивних заклепок з автоматичним розрахунком навантажень. Вивчіть принципи проектування рам для позашляховиків з комбінацією профільних елементів та листових панелей. Рекомендується моделювати дверний модуль з інтеграцією всіх технологій.

У самостійній роботі аналізуйте вплив вибору технології на вагу та міцність, вивчаючи сертифікаційні вимоги. Зверніть увагу на стандарти зварювання алюмінієвих конструкцій. Для закріплення складіть технологічний паспорт кузова з описом усіх методів з'єднання.

Питання для самоперевірки

1. Як особливості моделювання листового матеріалу впливають на створення кромки та надрізів у деталях АТЗ?
2. Порівняйте згинання та розгортання в листовому моделюванні з перетворенням твердого тіла.
3. Обґрунтуйте роль Weldments у принципах створення зварних конструкцій для рам транспортних засобів.
4. Як робота з профілями полегшує моделювання зварних конструкцій із 3D-ескізу?
5. Проаналізуйте вплив аналізу зварних швів на оптимізацію ваги листових деталей.
6. Яким чином перетворення твердого тіла в листовий матеріал оптимізує конструювання кузовів?
7. Оцініть роль матеріалів у оптимізації зварних конструкцій для технологічності.
8. Поясніть логіку застосування листового моделювання для елементів рам АТЗ.
9. Як аналіз зварних швів інтегрується в загальні операції для забезпечення міцності?
10. Обґрунтуйте необхідність оптимізації ваги для зварних та листових конструкцій в проектах кузовів.

2.3.5 Тема 5. Основні методи роботи у системі NX Siemens

1. Концепція конфігурацій деталей та складань (Design Tables)

При вивченні концепції конфігурацій деталей та складань звернути увагу на принцип створення множинних варіантів однієї базової моделі через зміну параметрів геометрії, матеріалів та складових елементів, де таблиці конструкцій слугують інструментом для централізованого керування всіма варіаціями автомобільних компонентів.

Рекомендується розібрати базову ідею, де одна параметрична модель генерує сімейство деталей з різними розмірами, товщинами та конфігураціями кріплення для адаптації під різні моделі транспортних засобів. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках принципи побудови таблиць конструкцій, де рядки відповідають окремим конфігураціям, а стовпці – змінним параметрам як довжина, ширина, кількість отворів та тип матеріалу.

Особливу увагу приділіть асоціативності, де зміна значення в таблиці автоматично перебудовує всю 3D-модель з оновленням геометрії, маси та властивостей. Вивчіть методи імпорту/експорту даних з табличних процесорів для масового редагування параметрів та інтеграції з системами автоматизації.

Рекомендується створити приклад таблиці для сімейства кронштейнів з варіаціями розмірів та конфігурацій отворів. У самостійній роботі використовуйте онлайн-інструменти для моделювання параметричних таблиць, аналізуючи вплив змін на кінцеву конструкцію. Зверніть увагу на методи валідації конфігурацій для уникнення геометричних помилок та колізій. Для закріплення складіть методичні рекомендації з побудови таблиць конструкцій для типових автомобільних деталей, акцентуючи на централізованому керуванні варіаціями та скороченні часу розробки.

2. Створення та редагування конфігурацій вручну та за допомогою таблиці параметрів

При аналізі створення та редагування конфігурацій звернути увагу на два основних методи: ручне дублювання базової моделі з послідовним редагуванням параметрів для створення окремих

варіантів та автоматизоване генерування через таблиці параметрів з масовим керуванням значеннями.

Рекомендується розібрати ручний підхід, де копіювання конфігурації зберігає асоціативні зв'язки з базовою геометрією, але вимагає індивідуального редагування кожного елемента. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми роботи з таблицями параметрів, де формули та умовні оператори дозволяють створювати залежності між змінними для автоматичного розрахунку похідних розмірів. Особливу увагу приділіть методам імпорту Excel-файлів з готовими наборами даних для швидкого наповнення таблиць та експорту результатів для подальшої обробки.

Вивчіть інструменти фільтрації та сортування конфігурацій для зручного навігування в складних сімействах. Рекомендується моделювати сімейство панелей з автоматичним підбором товщини залежно від навантажень. У самостійній роботі практикуйте створення конфігурацій з формулами, аналізуючи переваги автоматизації над ручним редагуванням. Зверніть увагу на методи збереження базової конфігурації як шаблону для повторного використання. Для закріплення складіть порівняльний аналіз методів створення, акцентуючи на продуктивності та точності.

3. Застосування конфігурацій для варіативного проектування (модельний ряд)

При дослідженні застосування конфігурацій для варіативного проектування звернути увагу на створення цілих модельних рядів транспортних засобів на базі єдиної платформи, де зміна параметрів генерує седан, універсал, кросовер з однаковою базовою архітектурою. Рекомендується розібрати методи масштабування компоувальних рішень через глобальні параметри, де колісна база, ширина кузова та висота даху варіюються в межах допусків технології.

У дистанційному форматі пошукайте приклади модульних платформ автовиробників, аналізуючи адаптацію одного шасі під різні типи кузова. Особливу увагу приділіть конфігураціям силових агрегатів, де одна основа підтримує бензинові, дизельні та електричні варіанти з автоматичним оновленням охолодження та кріплення. Вивчіть методи створення сімейств колісних дисків, панелей та інтер'єру для уніфікації виробництва.

Рекомендується параметризувати платформу з генерацією 5-7 варіантів. У самостійній роботі аналізуйте вплив змін на аеродинаміку та вагу, використовуючи інструменти оцінки. Зверніть увагу на стандартизовані інтерфейси для обміну компонентами між конфігураціями. Для закріплення складіть схему варіативного проектування модельного ряду, акцентуючи на економії від уніфікації.

4. Інтеграція конфігурацій з базами даних та PDM-системами

При аналізі інтеграції конфігурацій з базами даних та системами управління проектами звернути увагу на двосторонній обмін даними, де таблиці параметрів синхронізуються з корпоративними базами для автоматичного підбору стандартних розмірів та матеріалів. Рекомендується розібрати API-інтерфейси для зв'язку САПР з SQL-базами, де запитамі витягуються актуальні специфікації комплектуючих.

У дистанційному форматі пошукайте методи імпорту/експорту через CSV, XML та ODBC-протоколи для масового оновлення конфігурацій. Особливу увагу приділіть інтеграції з PDM-системами для контролю доступу та версійності, де зміни в базі автоматично розподіляються по всіх пов'язаних моделях. Вивчіть workflow автоматизацію, де затвердження нової конфігурації запускає ланцюг оновлень документації та програм виробництва.

Рекомендується налаштувати зв'язок з базою постачальників. У самостійній роботі тестувати синхронізацію параметрів, аналізуючи конфлікти даних. Зверніть увагу на методи резервного копіювання та rollback змін. Для закріплення складіть специфікацію інтеграції, акцентуючи на безпеці та traceability.

5. Оцінка впливу конфігурацій на масово-габаритні характеристики

При дослідженні оцінки впливу конфігурацій на масово-габаритні характеристики звернути увагу на автоматизований аналіз параметрів, де програмне забезпечення САПР обчислює загальну масу, центр ваги, моменти інерції та об'єм матеріалу для кожної конфігурації автомобільного вузла з урахуванням щільності матеріалів та геометричних змін.

Рекомендується розібрати методи інтеграції розрахунків маси в таблиці конструкцій, де зміна розмірів чи заміна матеріалу миттєво

оновлює всі похідні характеристики для вибору оптимального варіанту. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми обчислення центру мас складних геометрій з урахуванням порожнин, отворів та змінної щільності, аналізуючи точність для легких конструкцій з композитами.

Особливу увагу приділіть оцінці впливу конфігурацій на загальні габарити вузла, де автоматичний аналіз охоплення визначає мінімальні та максимальні розміри для інтеграції в складання шасі чи кузова. Вивчіть методи порівняльного аналізу варіантів з графічним відображенням розбіжностей маси та габаритів для прийняття рішень про серійне виробництво. Рекомендується провести оцінку сімейства панелей даху з різними конфігураціями ребер жорсткості.

У самостійній роботі використовуйте вбудовані калькулятори маси САПР для тестування точності, порівнюючи з табличними значеннями матеріалів, та аналізуйте вплив на розподіл ваги транспортного засобу. Зверніть увагу на інтеграцію з модулями кінцевих елементів для кореляції масових характеристик з міцнісними розрахунками. Для закріплення складіть методичні рекомендації з оцінки конфігурацій, акцентуючи на критеріях вибору оптимального варіанту за комплексним показником маса-габарит-міцність, з урахуванням технологічних обмежень виробництва та вимог до безпеки.

6. Робота з сімействами отворів, елементів та компонентів

При аналізі роботи з сімействами отворів, елементів та компонентів звернути увагу на створення параметризованих груп ідентичних об'єктів, де один базовий отвір розмножується з автоматичним підбором діаметра, глибини та розташування залежно від конфігурації кріплення автомобільного вузла. Рекомендується розібрати методи генерації шаблонних отворів для болтових з'єднань, де таблиці визначають тип різьби, контргайку та ущільнювачі для різних навантажень. У дистанційному форматі пошукайте бібліотеки стандартних кріплень з автоматичним розміщенням по контуру та розрахунком кроку для рівномірного розподілу зусиль.

Особливу увагу приділіть сімействам складних елементів як вентиляційні решітки чи ребра жорсткості, де параметризація форми та кількості забезпечує адаптацію під технологію штампування. Вивчіть інтеграцію готових компонентів від постачальників з автоматич-

ним оновленням параметрів у складанні. Рекомендується моделювати панель з сімейством отворів для різних типів кріплення.

У самостійній роботі практикуйте створення шаблонів отворів з умовною логікою вибору, аналізуючи технологічні можливості обладнання. Зверніть увагу на методи автоматичного уникнення колізій при розміщенні сімейств. Для закріплення складіть каталог типових сімейств для автомобільного конструювання з рекомендаціями по параметризації.

7. Автоматизація створення варіантів конструкції

При вивченні автоматизації створення варіантів конструкції звернути увагу на скрипти та макроси, які генерують серії моделей на основі шаблонних параметрів, де програмний код САПР виконує послідовність операцій моделювання з підстановкою значень з бази даних. Рекомендується розібрати методи batch processing, де одна команда створює десятки конфігурацій з автоматичним збереженням та архівацією.

У дистанційному форматі пошукайте приклади API-скриптів для масового створення кронштейнів чи панелей з варіаціями розмірів. Особливу увагу приділіть інтеграції з таблицями конструкцій для автоматизованого запуску генерації. Вивчіть методи conditional logic у скриптах для умовного включення елементів залежно від типу конструкції.

Рекомендується автоматизувати створення сімейства колісних дисків. У самостійній роботі пишіть прості макроси для повторюваних операцій, аналізуючи продуктивність. Зверніть увагу на методи валідації автоматично створених моделей. Для закріплення складіть бібліотеку скриптів для типових завдань автомобільного моделювання.

8. Методи контролю версій та змін у конфігураціях

При аналізі методів контролю версій та змін у конфігураціях звернути увагу на системи відстеження історії модифікацій, де кожна зміна параметра фіксується з авторством, датою та причиною для забезпечення traceability у складних автомобільних проектах. Рекомендується розібрати branch-merge workflows для паралельної розробки варіантів з автоматичним злиттям змін.

У дистанційному форматі пошукайте інструменти audit trail та rollback capabilities. Особливу увагу приділіть conflict resolution при

одночасних змінах. Вивчіть integration з PDM для centralized version control.

Рекомендується налаштувати approval workflow для критичних змін. У самостійній роботі практикуйте version tagging та comparison tools. Зверніть увагу на backup strategies. Для закріплення складіть version control policy для automotive design teams.

Питання для самоперевірки

1. Як концепція Design Tables впливає на створення конфігурацій для варіативного проектування АТЗ?
2. Порівняйте редагування конфігурацій вручну з використанням таблиці параметрів в PDM-системах.
3. Обґрунтуйте роль інтеграції конфігурацій з базами даних для оцінки масово-габаритних характеристик.
4. Як сімейства елементів полегшують автоматизацію створення варіантів конструкції в АТЗ?
5. Проаналізуйте методи контролю версій у конфігураціях для управління змінами.
6. Яким чином оцінка впливу конфігурацій оптимізує модельний ряд транспортних засобів?
7. Оцініть логіку роботи з сімействами отворів для стандартизації деталей.
8. Поясніть інтеграцію PDM для автоматизації варіантів в проектах АТЗ.
9. Як зміни в конфігураціях впливають на масово-габаритні характеристики?
10. Обґрунтуйте необхідність контролю версій для варіативного проектування в САПР.

2.3.6 Тема 6. Робота у системі SolidWorks. Створення ескізів

1. Основні принципи створення складань: «знизу-нагору» та «зверху-униз»

При вивченні основних принципів створення складань звернути увагу на метод «знизу-нагору», де окремі деталі моделюються автономно, а потім інтегруються в складальну одиницю через послідовне додавання компонентів з визначенням їх взаємного положення, що

підходить для модульних конструкцій автотранспортних засобів з чітко визначеними інтерфейсами.

Рекомендується розібрати переваги підходу для командної роботи, де різні інженери розробляють окремі вузли трансмісії чи підвіски з подальшою інтеграцією. У дистанційному форматі пошукайте приклади послідовного складання двигуна, де кожна деталь створюється з урахуванням посадкових розмірів та допусків.

Особливу увагу приділіть методу «зверху-униз», де базується на загальному компоновальному кресленні з розподілом просторових зон для компонентів, а деталі створюються в контексті складання з автоматичним адаптуванням розмірів під загальну геометрію. Вивчіть інструменти *skeleton modeling*, де еталонний каркас визначає ключові розміри та орієнтацію для всіх похідних деталей.

Рекомендується моделювати шасі з переходом від загального компоновання до деталізації підвіски. У самостійній роботі порівняйте обидва методи на прикладі складання колеса, аналізуючи вплив на продуктивність та точність. Зверніть увагу на гібридні підходи для складних проектів. Для закріплення складіть порівняльну таблицю методів з рекомендаціями застосування в автомобільному конструюванні.

2. Використання спряжень (*mates*) для визначення взаємного положення деталей

При аналізі використання спряжень для визначення взаємного положення деталей звернути увагу на базові типи як співпадіння осей, площин та точок, де програмне забезпечення САПР автоматично обмежує ступені свободи між компонентами трансмісії чи рульового механізму. Рекомендується розібрати методи співпадіння циліндричних поверхонь для валів та підшипників з урахуванням зазорів та тертя. У дистанційному форматі пошукайте алгоритми розв'язання систем обмежень для складних кінематичних ланцюгів. Особливу увагу приділіть площинним та сферичним спряманням для моделювання суглобів підвіски з контролем допустимих відхилень.

Вивчіть комбіновані спряження для імітації реальних механічних зв'язків. Рекомендується налаштувати модель диференціала з повним набором обмежень. У самостійній роботі тестувати реакції на порушення зв'язків, аналізуючи автоматичне виправлення. Зверніть

увагу на методи пріоритизації обмежень. Для закріплення складіть каталог типових спряжень автомобільних вузлів.

3. Типи спряжень: стандартні, механічні, розширені

При дослідженні типів спряжень звернути увагу на стандартні обмеження як співпадіння та концентричність для базового позиціонування болтових з'єднань та втулок, де мінімальна кількість зв'язків забезпечує однозначність положення. Рекомендується розібрати механічні спряження з урахуванням тертя та пружності для моделювання реальних навантажень.

У дистанційному форматі пошукайте розширені типи як gear mates для зубчастих передач та rack-pin ion для рейок. Особливу увагу приділіть cam-follower спряманням для клапанних механізмів. Вивчіть screw relations для гвинтових передач. Рекомендується моделювати коробку передач з повним набором механічних зв'язків. У самостійній роботі аналізувати ступені свободи складних механізмів. Зверніть увагу на методи вирішення надвизначених систем. Для закріплення скласти класифікатор спряжень для автомобільних агрегатів.

4. Аналіз складань на наявність колізій та зазорів

При аналізі складань на наявність колізій та зазорів звернути увагу на автоматизовані інструменти САПР для сканування геометрії, де система виявляє зони проникнення між компонентами та вимірює мінімальні відстані між поверхнями, що критично для складних вузлів автотранспортних засобів, таких як трансмісія чи підвіска.

Рекомендується розібрати методи виявлення колізій у статичних і динамічних режимах, де програмне забезпечення генерує кольорові карти зон конфлікту з детальним звітом про координати та об'єм перетинань. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми аналізу зазорів, які дозволяють задавати допустимі відстані для рухомих з'єднань, наприклад, між шестернями чи елементами рульового механізму, з урахуванням допусків виробництва. Особливу увагу приділіть інструментам перевірки зазорів для ущільнювальних елементів та гідравлічних контурів, де мінімальні відстані впливають на герметичність і довговічність.

Вивчіть методи аналізу накопичення допусків, де САПР оцінює вплив похибок виготовлення на загальну геометрію складання, що дозволяє прогнозувати можливі відхилення ще на етапі моделювання.

Рекомендується провести аналіз складання диференціала з виявленням зон потенційних колізій при обертанні шестерень.

У самостійній роботі використовуйте онлайн-симулятори для тестування сценаріїв руху, аналізуючи вплив динамічних зазорів на працездатність механізму. Зверніть увагу на функції автоматичного виправлення колізій шляхом зміни позиціонування або модифікації геометрії. Для закріплення складіть протокол перевірки типового автомобільного вузла, наприклад, кріплення амортизатора, з переліком виявлених проблем та рекомендаціями щодо їх усунення, акцентуючи на інтеграції результатів аналізу з подальшою оптимізацією конструкції та технологічною підготовкою виробництва.

5. Робота з великими складаннями (Large Assembly Mode)

При вивченні роботи з великими складаннями звернути увагу на спеціалізований режим у САПР, який оптимізує обробку моделей з тисячами компонентів, таких як повне шасі чи кузов автомобіля, шляхом спрощення геометрії, тимчасового відключення некритичних деталей та зменшення обчислювального навантаження.

Рекомендується розібрати методи управління продуктивністю, де інструменти як спрощені конфігурації та швидке завантаження дозволяють працювати з великими зборками без втрати точності для ключових вузлів.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми декомпозиції складань, де модель розбивається на підзбірки з автоматичним керуванням видимістю та рівнем деталізації. Особливу увагу приділіть технікам *lightweight mode*, де геометрія замінюється спрощеними оболонками для швидкого перегляду, зберігаючи асоціативні зв'язки для подальшого редагування.

Вивчіть методи автоматичного придушення некритичних елементів, таких як дрібні кріплення, для зменшення часу обробки великих моделей. Рекомендується моделювати повне складання двигуна з перемиканням між повним і спрощеним режимами, аналізуючи вплив на продуктивність.

У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси для тестування великих моделей, порівнюючи час обробки при різних налаштуваннях САПР. Зверніть увагу на інструменти вибіркової загрузки компонентів, де користувач визначає активні зони для редагування, оптимізуючи роботу з пам'яттю.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з управління великими складаннями, акцентуючи на балансі між точністю моделі та швидкодією, з урахуванням потреб командної роботи над проектами, де кілька інженерів одночасно працюють над різними вузлами автомобіля. Проаналізуйте вплив спрощених режимів на точність кінцево-елементного аналізу та технологічну підготовку, розробіть стратегію масштабування великих складань для різних етапів проектування, включаючи перевірку колізій та кінематичних зв'язків у реальному часі.

6. Створення рознесених видів та анімації складань

При аналізі створення рознесених видів та анімації складань звернути увагу на інструменти САПР для генерації exploded views, де компоненти розсуваються в просторі для демонстрації послідовності зборки чи розборки автомобільних вузлів, таких як коробка передач чи гальмівна система.

Рекомендується розібрати методи автоматичного створення рознесених видів, де система визначає оптимальні вектори зміщення деталей з урахуванням їх геометричних зв'язків та фізичних обмежень. У дистанційному форматі пошукайте в технічних довідниках алгоритми анімації, де траєкторії руху компонентів задаються через ключові кадри з автоматичною інтерполяцією для плавного відтворення. Особливу увагу приділіть інструментам створення інтерактивних анімацій для демонстрації кінематики механізмів, де параметри обертання та переміщення синхронізуються з реальними фізичними характеристиками.

Вивчіть методи експорту анімацій у відеофайли чи інтерактивні 3D-презентації для інструкцій зі зборки. Рекомендується створити рознесений вид гальмівного супорта з анімацією послідовності зборки. У самостійній роботі практикуйте налаштування параметрів анімації, аналізуючи вплив частоти кадрів на якість відтворення. Зверніть увагу на інструменти рендерингу для створення фотореалістичних анімацій з текстурами та освітленням. Для закріплення складіть методичний посібник з генерації рознесених видів та анімацій, акцентуючи на їх застосуванні для навчання персоналу складальних ліній, презентацій клієнтам та верифікації технології зборки з урахуванням ергономіки та доступності інструментів.

7. Використання логіки складань для автоматичного вибору компонентів

При вивченні використання логіки складань для автоматичного вибору компонентів звернути увагу на інструменти САПР, які дозволяють задавати умовні правила та алгоритми для автоматичного підбору деталей залежно від конфігурації транспортного засобу, наприклад, вибір відповідного типу гальмівних дисків чи елементів підвіски на основі заданих параметрів навантаження чи розмірів.

Рекомендується розібрати методи створення логічних зв'язків у складаннях, де програмне забезпечення автоматично замінює компоненти з бібліотеки стандартів, враховуючи сумісність із заданими специфікаціями, такими як діаметр болтів чи тип матеріалу. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках приклади використання логічних виразів для автоматизації вибору кріпильних елементів, аналізуючи синтаксис умовного програмування в САПР.

Особливу увагу приділіть інтеграції з таблицями конструкцій, де логіка базується на числових параметрах, таких як маса, габарити чи міцність, для автоматичного підбору оптимальних компонентів із бази даних постачальників. Вивчіть методи створення залежностей між компонентами, де вибір одного елемента, наприклад, типу трансмісії, автоматично визначає сумісні шестерні чи вали.

Рекомендується налаштувати модель складання диференціала з автоматичним вибором шестерень залежно від передаточного числа. У самостійній роботі практикуйте створення логічних правил для сімейства деталей, аналізуючи вплив на швидкість обробки та точність підбору. Зверніть увагу на інструменти валідації логіки, які перевіряють коректність умов та попереджають про конфлікти вибору.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з автоматизації вибору компонентів для автомобільних вузлів, акцентуючи на підвищенні ефективності проектування, скороченні помилок та інтеграції з системами управління даними для синхронізації з постачальниками. Проаналізуйте, як автоматизація впливає на уніфікацію деталей у модельному ряді, забезпечуючи економію на виробництві та логістиці.

8. Проектування в контексті складальної одиниці та зовнішні посилання

При аналізі проектування в контексті складальної одиниці та зовнішніх посилань звернути увагу на методи моделювання деталей безпосередньо в середовищі складання, де геометрія компонентів адаптується до сусідніх елементів із автоматичним оновленням при змінах у пов'язаних частинах.

Рекомендується розібрати принципи асоціативного проектування, де зовнішні посилання на базові поверхні, осі чи точки інших деталей забезпечують збереження взаємозв'язків у складанні, наприклад, між кузовною панеллю та кріпленнями підвіски. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах інструменти управління зовнішніми посиланнями, аналізуючи методи їх створення, редагування та розриву для уникнення залежностей при експорті моделей.

Особливу увагу приділіть технології top-down проектування, де базовий ескіз складання визначає геометрію всіх підлеглих деталей, що дозволяє швидко адаптувати конструкцію під нові вимоги.

Вивчіть інструменти автоматичного оновлення складань при зміні зовнішніх посилань, а також методи ізоляції критичних зв'язків для запобігання каскадним помилкам. Рекомендується моделювати дверний модуль у контексті кузова з посиланнями на петлі та ущільнювачі. У самостійній роботі практикуйте створення складань із зовнішніми посиланнями, аналізуючи вплив на продуктивність та стабільність моделі.

Зверніть увагу на методи управління залежностями через PDM-системи для синхронізації змін у розподілених командах.

Для закріплення складіть посібник з проектування в контексті складання, акцентуючи на балансі між гнучкістю модифікацій та контролем залежностей, з урахуванням потреб командної роботи та інтеграції з модулями аналізу міцності та технологічної підготовки.

Питання для самоперевірки

1. Як принципи створення складань «знизу-нагору» впливають на точність проектування АТЗ?
2. Порівняйте стандартні та механічні спряження для визначення положення деталей.
3. Обґрунтуйте роль аналізу колізій у великих складаннях для оптимізації.
4. Як створення рознесених видів полегшує візуалізацію складальних одиниць?

5. Проаналізуйте логіку автоматичного вибору компонентів у складаннях.
6. Яким чином проектування в контексті впливає на зовнішні посилення в АТЗ?
7. Оцініть вплив Large Assembly Mode на роботу з великими моделями.
8. Поясніть створення анімації складань для демонстрації динаміки.
9. Як розширені спряження інтегруються в аналіз зазорів?
10. Обґрунтуйте необхідність логіки складань для ефективного проектування шасі.

2.3.7 Тема 7. Загальні принципи створення деталей

1. Принципи та стандарти оформлення креслень (ЄСКД, ISO)

При вивченні принципів та стандартів оформлення креслень звернути увагу на вимоги Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) та міжнародних стандартів ISO, які регламентують уніфіковане представлення графічної інформації для автомобільних деталей, забезпечуючи однозначність інтерпретації на всіх етапах виробництва.

Рекомендується розібрати основи ГОСТ 2.301 та ISO 128, де визначаються формати аркушів, масштаби, типи ліній та шрифтів для креслень шасі чи кузовних панелей. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках порівняльні таблиці стандартів, аналізуючи відмінності в позначеннях розмірів, допусків та умовних позначок для зварних швів.

Особливу увагу приділіть правилам розташування основного напису, де вказуються ідентифікатори деталі, матеріал, масштаб та авторство, що необхідно для сертифікації. Вивчіть вимоги до уніфікації креслень для міжнародного обміну, де ISO 8015 визначає принципи допусків форми та розташування. Рекомендується скласти шаблон креслення для типової деталі з урахуванням всіх вимог стандартів. У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси з прикладами креслень для перевірки відповідності нормам, аналізуючи коректність позначень.

Зверніть увагу на автоматизацію перевірки стандартів у САПР, де вбудовані інструменти виявляють відхилення від ЄСКД чи ISO.

Для закріплення перегляньте методички з оформлення документації, складіть чек-лист відповідності стандартам для автомобільного вузла, акцентуючи на точності нанесення графічних елементів, уніфікації позначок та інтеграції з системами управління якістю для забезпечення traceability.

2. Створення основних та додаткових видів, перерізів та виносних елементів

При аналізі створення основних та додаткових видів, перерізів та виносних елементів звернути увагу на автоматизовані інструменти САПР для генерації ортогональних проекцій деталей, де основні види автоматично створюються з 3D-моделі з урахуванням оптимального розташування для максимальної наочності.

Рекомендується розібрати методи створення додаткових видів для складних поверхонь, наприклад, кузовних панелей, де локальні проекції уточнюють форму криволінійних ділянок. У дистанційному форматі пошукайте в довідниках алгоритми автоматичного генерування перерізів, які відображають внутрішню структуру деталей, таких як вали чи корпуси. Особливу увагу приділіть виносним елементам для деталізації кріпильних отворів чи зварних швів, де масштабування дозволяє чітко показати дрібні елементи.

Вивчіть принципи вибору площини розрізу для відображення критичних зон, з автоматичним нанесенням штрихування за ГОСТ 2.305. Рекомендується створити креслення гальмівного супорта з повним набором видів та перерізів.

У самостійній роботі практикуйте створення комбінованих перерізів, аналізуючи вплив кута розрізу на інформативність. Зверніть увагу на автоматизацію оновлення видів при зміні 3D-моделі. Для закріплення складіть методичний посібник з оформлення креслень, акцентуючи на виборі оптимальних видів для технологічної підготовки.

3. Нанесення розмірів, допусків та технічних вимог

При дослідженні нанесення розмірів, допусків та технічних вимог звернути увагу на автоматизовані інструменти САПР для розміщення розмірних ліній з урахуванням стандартів ЕСКД та ISO 129, де система пропонує оптимальне розташування для уникнення перекриття тексту. Рекомендується розібрати методи нанесення розмірів

для функціональних поверхонь, наприклад, посадочних діаметрів валів, з автоматичним визначенням допусків за ISO 2768.

У дистанційному форматі пошукайте приклади нанесення технічних вимог для зварних конструкцій, аналізуючи позначки шорсткості та термообробки. Особливу увагу приділіть інструментам GD&T для точного визначення допусків форми, орієнтації та розташування.

Вивчіть методи створення приміток з вимогами до матеріалів та покриттів. Рекомендується оформити креслення кронштейна з повним набором розмірів та допусків.

У самостійній роботі практикуйте автоматизоване нанесення розмірів, аналізуючи коректність позначок. Зверніть увагу на інтеграцію з модулями перевірки допусків. Для закріплення складіть каталог типових вимог для автомобільних деталей, акцентуючи на точності та уніфікації.

4. Автоматичне створення складальних креслень

При аналізі автоматичного створення складальних креслень звернути увагу на інструменти САПР, які генерують креслення на основі 3D-складання з автоматичним розміщенням видів, перерізів та номерів позицій для компонентів, таких як двигун чи підвіска. Рекомендується розібрати методи створення exploded views для демонстрації послідовності зборки.

У дистанційному форматі пошукайте алгоритми автоматичного компоновання креслень з урахуванням форматів аркушів. Особливу увагу приділіть автоматичному генеруванню номерів позицій з прив'язкою до специфікацій. Вивчіть методи оновлення креслень при зміні складання.

Рекомендується створити складальне креслення редуктора. У самостійній роботі тестувати автоматичне оновлення видів. Зверніть увагу на стандарти оформлення складальних креслень. Для закріплення складіть посібник з автоматизації креслень, акцентуючи на інтеграції з PDM-системами.

5. Формування та оформлення специфікацій (Bill of Materials, BOM)

При вивченні формування та оформлення специфікацій звернути увагу на автоматизовані інструменти САПР для створення переліку компонентів складання, де програмне забезпечення автоматично генерує таблиці з номерами позицій, найменуваннями деталей, кіль-

кістю, матеріалами та масою для автомобільних вузлів, таких як трансмісія чи гальмівна система.

Рекомендується розібрати принципи структурування специфікацій за ГОСТ 2.106 та ISO 7573, де ієрархія компонентів відображає логіку складання з розподілом на основні деталі, стандартні виробы та покупні компоненти. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках приклади автоматизованого заповнення специфікацій з прив'язкою до 3D-моделей, аналізуючи методи автоматичного витягування атрибутів, таких як артикули, вага та специфікації матеріалів.

Особливу увагу приділіть інтеграції з PDM-системами, де специфікація синхронізується з базою даних постачальників для оновлення інформації про комплектуючі в реальному часі. Вивчіть методи створення багаторівневих специфікацій для великих складань, де підбірки автоматично включаються до загального переліку з урахуванням їх ієрархії.

Рекомендується оформити специфікацію для складання редуктора з автоматичним підрахунком кількості кріпильних елементів. У самостійній роботі практикуйте експорт специфікацій у формати CSV чи XML для інтеграції з ERP-системами, аналізуючи коректність передачі даних. Зверніть увагу на інструменти перевірки цілісності специфікацій, які виявляють пропущені чи дубльовані компоненти.

Для закріплення складіть методичний посібник з оформлення специфікацій для автомобільних проектів, акцентуючи на уніфікації формату, автоматизації заповнення та забезпеченні traceability для сертифікації.

Проаналізуйте вплив автоматизації на скорочення часу підготовки документації та мінімізацію помилок, а також розгляньте методи адаптації специфікацій для міжнародних стандартів, включаючи підтримку кількох мов та форматів для глобальних ланцюгів постачання.

6. Використання шаблонів та форматів аркушів

При аналізі використання шаблонів та форматів аркушів звернути увагу на інструменти САПР для створення уніфікованих креслень, де шаблони з попередньо заданими форматами аркушів (A4-A0 за ГОСТ 2.301 чи ISO 5457) включають основний напис, рамку, логотипи та стандартні позначки для автомобільних креслень.

Рекомендується розібрати методи створення бібліотек шаблонів, де налаштування шрифтів, типів ліній та масштабів автоматично застосовуються до всіх нових креслень, забезпечуючи відповідність стандартам ЄСКД та ISO. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми автоматичного заповнення основного напису з метаданими проекту, такими як код деталі, автор та дата створення.

Особливу увагу приділіть адаптивним шаблонам, де формат аркуша автоматично підлаштовується під розміри моделі чи складання, оптимізуючи розташування видів та перерізів. Вивчіть методи інтеграції шаблонів з PDM-системами для централізованого керування та автоматичного оновлення при зміні стандартів підприємства. Рекомендується створити шаблон для креслення кузовної панелі з автоматичним заповненням основного напису.

У самостійній роботі практикуйте кастомізацію шаблонів для різних типів документації, аналізуючи вплив на швидкість оформлення. Зверніть увагу на інструменти пакетного застосування шаблонів до серії креслень для уніфікації вигляду.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з розробки та використання шаблонів, акцентуючи на скороченні часу оформлення документації, забезпеченні відповідності стандартам та полегшенні роботи розподілених команд. Проаналізуйте, як шаблони сприяють уніфікації документації для міжнародних проектів, включаючи підтримку різних мов та форматів.

7. Управління стилями та настроювання відображення тексту розміру

При вивченні управління стилями та настроювання відображення тексту розміру в САПР звернути увагу на інструменти для уніфікованого оформлення розмірних написів, де параметри шрифтів, розмірів тексту, виносок та стрілок налаштовуються відповідно до стандартів ЄСКД (ГОСТ 2.307) та ISO 129 для креслень автомобільних деталей. Рекомендується розібрати методи створення бібліотек стилів, де задані параметри автоматично застосовуються до всіх розмірних позначок, забезпечуючи єдиний вигляд документації для вузлів, таких як шасі чи кузовні панелі.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми автоматичного розміщення тексту, які уникають перекриття з

графічними елементами та оптимізують читабельність. Особливу увагу приділіть настроюванню стилів для різних типів розмірів – лінійних, кутових, радіусних, з урахуванням вимог до точності та допусків для посадочних поверхонь. Вивчіть методи автоматичного форматування виносок, де текст прив'язується до геометрії з автоматичним оновленням при зміні моделі.

Рекомендується створити бібліотеку стилів для креслень трансмісії з різними масштабами та типами позначок. У самостійній роботі практикуйте кастомізацію стилів, аналізуючи вплив на сприйняття документації та відповідність стандартам. Зверніть увагу на інструменти автоматичної перевірки стилів, які виявляють відхилення від корпоративних чи міжнародних норм.

Для закріплення складіть методичний посібник з управління стилями, акцентуючи на уніфікації вигляду креслень для полегшення їх інтерпретації на виробництві та в процесі сертифікації. Проаналізуйте, як настроювання стилів скорочує час підготовки документації та підвищує її якість, а також розгляньте методи адаптації стилів для міжнародних проектів, включаючи підтримку різних мов та форматів шрифтів для глобальних команд. Важливо врахувати інтеграцію стилів з PDM-системами для централізованого керування та автоматичного поширення оновлень на всі документи проекту.

8. Процедура затвердження та внесення змін до КД

При аналізі процедури затвердження та внесення змін до конструкторської документації звернути увагу на workflow автоматизації в САПР, де система управління проектами фіксує історію змін, авторство та статус затвердження для забезпечення traceability креслень автомобільних вузлів.

Рекомендується розібрати процеси затвердження через PDM-системи, де документи проходять етапи перевірки, коментарів та підпису відповідальними особами з автоматичним сповіщенням. У дистанційному форматі пошукайте в технічних довідниках методи реалізації electronic approval, які включають цифрові підписи та журнали аудиту для відповідності стандартам ISO 9001. Особливу увагу приділіть процедурі внесення змін, де engineering change orders документують модифікації з автоматичним оновленням пов'язаних креслень, специфікацій та 3D-моделей.

Вивчіть методи conflict resolution при одночасному редагуванні кількох користувачами, аналізуючи інструменти порівняння версій для виявлення розбіжностей. Рекомендується налаштувати процес затвердження для креслення гальмівного механізму з трьома рівнями перевірки. У самостійній роботі практикуйте створення запитів на зміну з фіксацією причин та впливу на пов'язані компоненти.

Зверніть увагу на інструменти автоматичного сповіщення про зміни для всіх учасників проекту, що забезпечує синхронізацію даних у розподілених командах. Для закріплення складіть методичний посібник з процедури затвердження та внесення змін, акцентуючи на скороченні часу обробки документації, мінімізації помилок та забезпеченні відповідності вимогам сертифікації.

Проаналізуйте, як автоматизація процедур впливає на ефективність командної роботи, а також розгляньте методи резервного копіювання та відновлення даних для захисту від втрати інформації при внесенні змін. Важливо врахувати адаптацію процедур для міжнародних стандартів, включаючи підтримку багатомовних коментарів та форматів документації для глобальних ланцюгів постачання.

Питання для самоперевірки

1. Як стандарти ЄСКД впливають на оформлення креслень автотранспортних засобів?
2. Порівняйте створення основних видів з перерізами для складних конструкцій АТЗ.
3. Обґрунтуйте роль GD&T у нанесенні розмірів та допусків для безпеки.
4. Як автоматичне створення складальних креслень оптимізує випуск КД?
5. Проаналізуйте формування ВОР для інтеграції з PLM-системами.
6. Яким чином шаблони аркушів стандартизують оформлення документації?
7. Оцініть управління стилями для відображення технічних вимог.
8. Поясніть процедуру затвердження змін у конструкторській документації.
9. Як виносні елементи полегшують аналіз складних АТЗ?
10. Обґрунтуйте необхідність контролю версій для безпеки транспортних засобів.

2.3.8 Тема 8. Робота з конфігураціями деталей

1. Вступ до адитивних та субтрактивних технологій виробництва

При вивченні адитивних та субтрактивних технологій виробництва звернути увагу на їх фундаментальні відмінності: адитивні методи, такі як 3D-друк, створюють деталі шляхом пошарового нанесення матеріалу, що ідеально для прототипування складних автомобільних компонентів, тоді як субтрактивні методи, наприклад, фрезерування чи токарна обробка, видаляють матеріал із заготовки для формування точної геометрії.

Рекомендується розібрати принципи адитивного виробництва, де САПР генерує STL-файли з тривимірних моделей для 3D-принтерів, враховуючи товщину шару та підтримуючі структури. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках порівняння технологій за швидкістю, вартістю та точністю, аналізуючи їх застосування для автомобільних деталей, таких як кронштейни чи корпуси.

Особливу увагу приділіть субтрактивним процесам, де САМ-модулі САПР створюють траєкторії інструменту для ЧПУ-верстатів з урахуванням допусків та шорсткості поверхні. Вивчіть гібридні підходи, де адитивне створення заготовки комбінується з субтрактивною обробкою для досягнення високої точності. Рекомендується моделювати прототип корпусу насоса з оцінкою технологій виробництва.

У самостійній роботі використовуйте онлайн-симулятори 3D-друку для аналізу впливу орієнтації деталі на якість поверхні. Зверніть увагу на стандарти матеріалів для адитивного виробництва, такі як пластики чи металеві порошки, та їх сумісність з автомобільними вимогами.

Для закріплення складіть порівняльну таблицю адитивних та субтрактивних методів, акцентуючи на їх інтеграції з САПР для скорочення часу підготовки виробництва та забезпечення точності деталей.

2. Принципи створення ливарних форм та їх структура

При аналізі принципів створення ливарних форм звернути увагу на базову структуру, яка включає порожнину форми, систему литників, вентиляційні канали та механізми виштовхування для створення точних автомобільних деталей, таких як блоки циліндрів чи корпуси.

си. Рекомендується розібрати методи проектування форми в САПР, де 3D-модель деталі автоматично трансформується в негативну порожнину з урахуванням усадки матеріалу та технологічних нахилів.

У дистанційному форматі пошукайте в довідниках алгоритми розрахунку усадки для різних матеріалів, таких як алюміній чи сталь, аналізуючи вплив на точність розмірів. Особливу увагу приділіть компонентам форми: матриці, пуансона та системи охолодження, які забезпечують рівномірне заповнення та зменшення дефектів. Вивчіть принципи модульного дизайну форм для серійного виробництва з можливістю заміни окремих елементів.

Рекомендується спроектувати форму для лиття кронштейна з урахуванням литникової системи. У самостійній роботі практикуйте створення базових форм, аналізуючи вплив параметрів на якість виливка. Зверніть увагу на інструменти автоматичного визначення ліній рознімання для спрощення проектування. Для закріплення складіть методичний посібник з основ проектування ливарних форм, акцентуючи на інтеграції з модулями аналізу та технологічною підготовкою.

3. Оформлення порожнини ливарної форми та лінії рознімання

При дослідженні оформлення порожнини ливарної форми та ліній рознімання звернути увагу на автоматизовані інструменти САПР для створення точної порожнини, яка відображає геометрію деталі з урахуванням усадки, нахилів випуску та підрізів. Рекомендується розібрати методи автоматичного визначення ліній рознімання, де система аналізує геометрію деталі та пропонує оптимальний розподіл для легкого виймання виливка.

У дистанційному форматі пошукайте алгоритми аналізу підрізів та інструменти їх усунення шляхом модифікації форми. Особливу увагу приділіть моделюванню литникових каналів та вентиляційних отворів, які забезпечують рівномірне заповнення порожнини без дефектів. Вивчіть методи створення охолоджувальних каналів для стабілізації температури форми.

Рекомендується спроектувати порожнину для лиття фланця з автоматичним визначенням лінії рознімання. У самостійній роботі аналізуйте вплив кута нахилу на якість виливка. Зверніть увагу на стандарти розрахунку усадки для різних матеріалів. Для закріплення

складіть рекомендації з оформлення порожнин, акцентуючи на мінімізації дефектів та інтеграції з САМ-модулями.

4. Проектування простішої та складної ливарної форми

При вивченні проектування простіших та складних ливарних форм звернути увагу на інструменти САПР для створення форм різного рівня складності, де прості форми для деталей типу кронштейнів чи фланців включають одну порожнину та мінімальну кількість литникових каналів, а складні форми для автомобільних компонентів, таких як блоки циліндрів, містять багаторівневі порожнини, системи охолодження та механізми виштовхування.

Рекомендується розібрати методи автоматичного генерування порожнин на основі 3D-моделі деталі, де САПР враховує усадку матеріалу, нахили випуску (зазвичай $1-3^\circ$) та радіуси заокруглення для зменшення концентрації напружень. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми аналізу потоків розплаву для складних форм, аналізуючи вплив конфігурації литникових каналів на рівномірність заповнення та зменшення дефектів, таких як пористість чи холодні шви.

Особливу увагу приділіть проектуванню складних форм з розбірними вставками, які дозволяють створювати деталі з підрізами чи внутрішніми порожнинами, забезпечуючи легке виймання виливка. Вивчіть методи інтеграції охолоджувальних каналів, де САПР оптимізує їх розташування для рівномірного тепловідводу, скорочуючи цикл лиття на 20-30%.

Рекомендується спроектувати просту форму для лиття кришки з однією порожниною та складну форму для корпусу насоса з кількома вставками. У самостійній роботі практикуйте створення форм з автоматичним розрахунком усадки, аналізуючи вплив параметрів на якість виливка. Зверніть увагу на інструменти перевірки технологічності, які виявляють проблемні зони, такі як тонкі стінки чи гострі кути.

Для закріплення складіть методичний посібник з проектування ливарних форм, акцентуючи на балансі між простотою конструкції, вартістю виготовлення та якістю виливка, а також на інтеграції з модулями аналізу потоків та технологічної підготовки для серійного виробництва автомобільних деталей.

5. Використання модулів САМ для підготовки керуючих програм

При аналізі використання модулів САМ для підготовки керуючих програм звернути увагу на інтеграцію САПР з САМ-системами, де 3D-модель деталі чи ливарної форми автоматично трансформується в набір команд для ЧПУ-верстатів, забезпечуючи точну обробку порожнин, литникових каналів та охолоджувальних систем.

Рекомендується розібрати методи генерації траєкторій інструменту для фрезерування, свердління та електроерозійної обробки, де САМ-модуль оптимізує послідовність операцій для мінімізації часу обробки та зносу інструменту. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми автоматичного вибору інструментів на основі геометрії форми, аналізуючи вплив діаметра фрези чи швидкості подачі на якість поверхні.

Особливу увагу приділіть налаштуванню постпроцесорів, які адаптують керуючі програми до конкретних моделей ЧПУ-верстатів, враховуючи їх кінематичні особливості та обмеження. Вивчіть методи симуляції обробки в САМ-середовищі, де віртуальна перевірка траєкторій виявляє колізії інструменту з формою чи заготовкою, зменшуючи ризик браку. Рекомендується створити керуючу програму для обробки порожнини форми для автомобільного кронштейна з оптимізацією траєкторії.

У самостійній роботі практикуйте налаштування параметрів обробки, аналізуючи вплив швидкості різання на шорсткість поверхні. Зверніть увагу на інтеграцію САМ з PDM-системами для автоматичного збереження програм та їх прив'язки до конкретних версій моделей. Для закріплення складіть методичні рекомендації з підготовки керуючих програм, акцентуючи на скороченні часу обробки, підвищенні точності та інтеграції з виробничими процесами. Проаналізуйте, як автоматизація САМ скорочує цикл підготовки виробництва та забезпечує відповідність вимогам автомобільної промисловості.

6. Оптимізація деталі для 3D-друку та лиття

При аналізі оптимізації деталі для 3D-друку та лиття звернути увагу на інструменти САПР для адаптації геометрії до технологічних вимог, де деталі, такі як автомобільні кронштейни чи корпуси, модифікуються для забезпечення міцності, зменшення ваги та сумісності з процесами адитивного виробництва чи лиття. Рекомендується

розібрати методи топологічної оптимізації, які автоматично видаляють зайвий матеріал з некритичних зон, зберігаючи несучу здатність, що дозволяє знизити вагу деталі на 20-40%.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми генеративного дизайну, які створюють органічні форми з урахуванням обмежень 3D-друку, таких як мінімальна товщина стінки чи кут нахилу поверхонь. Особливу увагу приділіть додаванню підтримуючих структур для 3D-друку, де САПР автоматично генерує тимчасові опори для нависаючих елементів, мінімізуючи деформацію при пошаровому нанесенні.

Для лиття вивчіть інструменти аналізу нахилів випуску ($1-3^\circ$) та усунення підрізів, які ускладнюють виймання виливка. Рекомендується оптимізувати модель кришки насоса для 3D-друку з автоматичним розміщенням підтримок та для лиття з додаванням технологічних нахилів. У самостійній роботі практикуйте аналіз технологічності, використовуючи симулятори для оцінки впливу змін геометрії на якість виливка чи друку. Зверніть увагу на інструменти автоматичного спрощення геометрії, які видаляють дрібні елементи, що не впливають на функціональність, але ускладнюють виготовлення.

Для закріплення складіть методичний посібник з оптимізації деталей, акцентуючи на балансі між вагою, міцністю та технологічними вимогами, а також на інтеграції з модулями аналізу потоків розплаву та симуляції 3D-друку для прогнозування дефектів. Проаналізуйте вплив оптимізації на собівартість виробництва та відповідність стандартам автомобільної промисловості, включаючи вимоги до переробки матеріалів.

7. Основи роботи з прес-формами та штампами

При вивченні основ роботи з прес-формами та штампами звернути увагу на інструменти САПР для проектування складних систем, які використовуються для серійного виробництва автомобільних панелей, таких як двері чи капоти, шляхом штампування або лиття під тиском. Рекомендується розібрати структуру прес-форм, що включають матрицю, пуансон, виштовхувачі та охолоджувальні канали, з автоматичним розрахунком геометрії на основі 3D-моделі деталі.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах методи аналізу товщини стінок та ліній рознімання, які забезпечують легке виймання деталі та мінімізують дефекти, такі як задирки чи де-

формація. Особливу увагу приділіть проектуванню штампів для прогресивного чи послідовного штампування, де САПР генерує послідовність операцій для формування складних контурів з урахуванням пружинного ефекту матеріалу.

Вивчіть методи інтеграції охолоджувальних каналів для скорочення циклу лиття та забезпечення рівномірного розподілу температури. Рекомендується спроектувати прес-форму для лиття пластикової панелі приладів з автоматичним розрахунком литникових каналів. У самостійній роботі практикуйте створення штампів для листового металу, аналізуючи вплив параметрів на якість штампованої деталі.

Зверніть увагу на інструменти симуляції деформації, які прогнозують поведінку матеріалу під час штампування. Для закріплення складіть методичні рекомендації з проектування прес-форм та штампів, акцентуючи на оптимізації конструкції для серійного виробництва, зменшенні відходів та інтеграції з САМ-модулями для генерації керуючих програм. Проаналізуйте вплив вибору матеріалів форми на її довговічність та собівартість.

8. Інтеграція CAD-моделі з технологічним процесом (DFM/DFA)

При аналізі інтеграції CAD-моделі з технологічним процесом за принципами DFM (Design for Manufacturability) та DFA (Design for Assembly) звернути увагу на інструменти САПР, які оптимізують геометрію деталі для спрощення виробництва та зборки, зменшуючи собівартість та час виготовлення автомобільних компонентів. Рекомендується розібрати методи автоматичного аналізу технологічності, де САПР виявляє проблемні зони, такі як підрізи, тонкі стінки чи складні контури, пропонуючи модифікації для лиття, штампування чи механічної обробки.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми DFM-аналізу, які оцінюють доступність інструменту та мінімізують кількість операцій. Особливу увагу приділіть DFA-підходам, де САПР пропонує спрощення складання шляхом зменшення кількості деталей чи уніфікації кріпильних елементів. Вивчіть методи оцінки собівартості виробництва на основі геометрії та матеріалів, інтегровані з ERP-системами. Рекомендується оптимізувати модель кузова для зборки з автоматичним аналізом технологічності. У

самостійній роботі практикуйте DFM/DFA-аналіз, аналізуючи вплив змін на собівартість.

Зверніть увагу на інструменти автоматичного генерування звітів про технологічність. Для закріплення складіть посібник з інтеграції CAD-моделей з виробничими процесами, акцентуючи на скороченні часу підготовки та підвищенні якості. Проаналізуйте вплив DFM/DFA на уніфікацію деталей у модельному ряді.

Питання для самоперевірки

1. Як адитивні технології впливають на проектування ливарних форм АТЗ?
2. Порівняйте прості та складні ливарні форми за структурою порожнини.
3. Обґрунтуйте роль лінії рознімання в технологічності виливків.
4. Як САМ-модулі оптимізують підготовку керуючих програм?
5. Проаналізуйте принципи DFM/DFA для 3D-друку автодеталей.
6. Яким чином прес-форми інтегруються в виробництво кузовів?
7. Оцініть оптимізацію геометрії для лиття елементів шасі.
8. Поясніть інтеграцію CAD з технологічним процесом.
9. Як субтрактивні технології доповнюють адитивні в підготовці виробництва?
10. Обґрунтуйте прогнозування дефектів через симуляцію процесів.

2.3.9 Тема 9. Створення деталей з листового матеріалу

1. Мета та задачі інженерного аналізу в процесі проектування

При вивченні мети та задач інженерного аналізу в процесі проектування звернути увагу на його роль у прогнозуванні поведінки автомобільних конструкцій під дією навантажень, що дозволяє виявляти потенційні слабкі місця та оптимізувати деталі ще на етапі віртуального моделювання. Рекомендується розібрати основну мету САЕ: скорочення кількості фізичних прототипів на 50-70% шляхом віртуального тестування міцності, жорсткості та динамічних характеристик компонентів, таких як шасі чи кузовні панелі.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках приклади застосування САЕ для оцінки безпеки транспортних засобів, аналізуючи вплив на відповідність стандартам Euro NCAP. Особливу

увагу приділіть задачам аналізу, що включають оцінку деформацій, напружень, вібрацій та теплового впливу для забезпечення довговічності та ефективності. Вивчіть інтеграцію CAE з CAD-моделями, де параметричні зміни геометрії автоматично відображаються в результатах аналізу.

Рекомендується провести огляд типового аналізу міцності кронштейна з оцінкою критичних зон. У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси для ознайомлення з прикладами CAE у автомобільній промисловості, аналізуючи вплив на скорочення часу розробки. Зверніть увагу на інструменти автоматизації аналізу, які дозволяють задавати типові сценарії тестування для сімейств деталей.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з визначення задач CAE, акцентуючи на інтеграції з іншими модулями САПР, забезпеченні відповідності стандартам якості та оптимізації конструкцій для зниження матеріалоемності та собівартості виробництва.

2. Методи розв'язку рівнянь фізики в механічних САПР (МСЕ, МКЕ)

При аналізі методів розв'язку рівнянь фізики в механічних САПР звернути увагу на методи скінченних елементів (МКЕ) та скінченних об'ємів (МСЕ), які використовуються для моделювання поведінки автомобільних деталей під навантаженнями. Рекомендується розібрати МКЕ, де конструкція розбивається на сітку кінцевих елементів для числового розв'язання рівнянь напружень і деформацій, що ідеально для статичних задач, таких як аналіз міцності валу.

У дистанційному форматі пошукайте в довідниках принципи МСЕ, які застосовуються для моделювання течії рідин чи газів у системах охолодження двигуна. Особливу увагу приділіть вибору методу залежно від типу задачі: МКЕ для структурного аналізу, МСЕ для гідродинаміки чи теплопередачі. Вивчіть алгоритми побудови сітки, де якість елементів впливає на точність розрахунків.

Рекомендується провести порівняння МКЕ та МСЕ на прикладі аналізу теплового розподілу в гальмівному диску. У самостійній роботі практикуйте створення базових сіток, аналізуючи вплив їх щільності на результати. Зверніть увагу на інструменти автоматичного вибору методу розв'язку в САПР. Для закріплення складіть посібник з вибору методів розв'язку, акцентуючи на їх застосуванні для авто-

мобільних задач, балансі між точністю та обчислювальною складністю.

3. Етапи кінцево-елементного аналізу (передобробка, розрахунок, постобробка)

При дослідженні етапів кінцево-елементного аналізу (МКЕ) звернути увагу на три ключові фази: передобробка, де створюється сітка та задаються граничні умови; розрахунок, де чисельно розв'язуються рівняння; постобробка, де аналізуються напруження, деформації та інші параметри.

Рекомендується розібрати передобробку, включаючи генерацію сітки з адаптивною щільністю для критичних зон, таких як зварні шви. У дистанційному форматі пошукайте алгоритми автоматичної генерації сітки, аналізуючи вплив її якості на точність. Особливу увагу приділіть розрахунковому етапу, де САПР використовує ітераційні методи для розв'язання великих систем рівнянь. Вивчіть методи постобробки, де результати візуалізуються через карти напружень чи деформацій.

Рекомендується провести МКЕ-аналіз кронштейна з оцінкою максимальних напружень. У самостійній роботі практикуйте налаштування граничних умов, аналізуючи їх вплив на результати. Зверніть увагу на інструменти валідації сітки. Для закріплення складіть методичні рекомендації з етапів МКЕ, акцентуючи на оптимізації процесу аналізу.

4. Структурна механіка: лінійна та нелінійна постановка задачі

При вивченні структурної механіки в контексті інженерного аналізу звернути увагу на лінійну та нелінійну постановку задач, які використовуються для оцінки поведінки автомобільних конструкцій під навантаженнями. Лінійна постановка припускає пропорційну залежність між навантаженням і деформацією, що підходить для простих задач, таких як аналіз напружень у кронштейнах чи балках шасі при малих деформаціях.

Рекомендується розібрати основи лінійного аналізу, де САПР застосовує закон Гука для обчислення напружень і деформацій із використанням матриць жорсткості для кінцевих елементів. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми

розв'язання лінійних систем рівнянь, аналізуючи їх ефективність для великих моделей, таких як кузов автомобіля.

Особливу увагу приділіть нелінійній постановці, яка враховує великі деформації, пластичність матеріалу чи контактні взаємодії, наприклад, при моделюванні зіткнення чи деформації кузовних панелей. Вивчіть методи ітераційного розв'язання нелінійних рівнянь, де САПР використовує методи Ньютона-Рафсона для збіжності результатів. Рекомендується провести порівняльний аналіз лінійного та нелінійного підходів на прикладі моделі кузова під статичним навантаженням і при ударі.

У самостійній роботі практикуйте налаштування нелінійних задач, аналізуючи вплив пластичних властивостей матеріалу на результати. Зверніть увагу на інструменти автоматичного вибору типу аналізу залежно від умов навантаження та геометрії. Для закріплення складіть методичний посібник з вибору лінійного чи нелінійного аналізу для автомобільних задач, акцентуючи на точності прогнозування поведінки конструкції, оптимізації обчислювальних ресурсів і відповідності результатів реальним умовам експлуатації.

Проаналізуйте, як вибір постановки впливає на оцінку безпеки та довговічності деталей, а також розгляньте інтеграцію з модулями оптимізації для зменшення ваги конструкції без втрати міцності.

5. Кінематичний та динамічний аналіз механічних систем

При аналізі кінематичного та динамічного аналізу механічних систем звернути увагу на інструменти САПР для моделювання руху та взаємодії компонентів автомобільних вузлів, таких як підвіска чи трансмісія, з оцінкою траєкторій, швидкостей і прискорень. Кінематичний аналіз визначає рух без урахування сил, що ідеально для перевірки роботи механізмів, наприклад, важелів рульового управління.

Рекомендується розібрати методи визначення ступенів свободи та кінематичних пар, де САПР автоматично обчислює допустимі переміщення на основі заданих обмежень. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми розв'язання кінематичних ланцюгів, аналізуючи їх точність для складних механізмів, таких як багатоважільна підвіска. Особливу увагу приділіть динамічному аналізу, який враховує сили, моменти та інерцію, дозволяючи моделювати вібрації чи удари в реальних умовах експлуатації. Вивчіть ме-

тоди моделювання контактних взаємодій і демпфування для оцінки поведінки амортизаторів.

Рекомендується провести кінематичний аналіз шарнірного механізму підвіски з подальшим динамічним аналізом під змінним навантаженням. У самостійній роботі практикуйте налаштування динамічних сценаріїв, аналізуючи вплив частоти та амплітуди навантажень на результати. Зверніть увагу на інструменти автоматичної оптимізації параметрів механізму для зменшення вібрацій.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з кінематичного та динамічного аналізу, акцентуючи на інтеграції з модулями міцнісного аналізу, забезпеченні точності прогнозування та застосуванні результатів для вдосконалення конструкції. Проаналізуйте вплив аналізу на підвищення безпеки та комфорту транспортного засобу, а також розгляньте методи валідації результатів через порівняння з експериментальними даними.

6. Аналіз втоми, стійкості та впливу зовнішніх факторів

При дослідженні аналізу втоми, стійкості та впливу зовнішніх факторів у САПР звернути увагу на інструменти CAE для оцінки довговічності автомобільних компонентів, таких як вали чи кронштейни, під дією циклічних навантажень, втрати стійкості чи зовнішніх впливів, таких як температура чи корозія.

Аналіз втоми передбачає прогнозування терміну служби деталі на основі діаграм Веллера чи кривих S-N, де САПР обчислює накопичення мікротріщин при повторюваних навантаженнях, що критично для елементів підвіски чи трансмісії. Рекомендується розібрати методи визначення втомних характеристик матеріалів, де програмне забезпечення використовує бази даних для сталей чи алюмінієвих сплавів, автоматично підбираючи параметри для аналізу.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми оцінки стійкості, які прогнозують втрату форми конструкції, наприклад, тонкостінних кузовних панелей, під дією стискаючих сил. Особливу увагу приділіть моделюванню зовнішніх факторів, таких як теплові розширення чи вплив агресивного середовища, де САПР оцінює зміну властивостей матеріалу при підвищених температурах чи вологості.

Вивчіть методи комбінованого аналізу, де втома, стійкість і зовнішні впливи оцінюються в одному сценарії для комплексного

прогнозування поведінки деталі. Рекомендується провести аналіз втоми важеля підвіски з урахуванням циклічних навантажень і температурного впливу. У самостійній роботі практикуйте налаштування сценаріїв втомного аналізу, аналізуючи вплив частоти навантажень на результати. Зверніть увагу на інструменти автоматичного визначення критичних зон для оптимізації геометрії.

Для закріплення складіть методичний посібник з аналізу втоми та стійкості, акцентуючи на інтеграції з модулями міцнісного аналізу, забезпеченні точності прогнозування та застосуванні результатів для підвищення довговічності автомобільних компонентів. Проаналізуйте, як облік зовнішніх факторів впливає на вибір матеріалів і конструктивних рішень, а також розгляньте методи валідації через порівняння з експериментальними даними для забезпечення відповідності стандартам безпеки.

7. Основи роботи у модулі SolidWorks Simulation (NX Advanced Simulation)

При вивченні основ роботи в модулі SolidWorks Simulation (або NX Advanced Simulation) звернути увагу на інтегроване середовище CAE для виконання інженерного аналізу автомобільних конструкцій, яке дозволяє проводити міцнісний, тепловий, динамічний та втомний аналіз безпосередньо в САПР. Рекомендується розібрати інтерфейс модуля, де інструменти передобробки, такі як створення сітки кінцевих елементів, задавання матеріалів і граничних умов, інтегруються з 3D-моделлю для швидкого налаштування аналізу.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах приклади налаштування сітки з адаптивною щільністю для критичних зон, таких як зварні шви чи отвори, аналізуючи вплив на точність і час обчислень. Особливу увагу приділіть інструментам для статичного аналізу, де модуль обчислює напруження та деформації для деталей, таких як кронштейни чи вали, з автоматичним виділенням зон перевищення допустимих значень.

Вивчіть можливості динамічного аналізу для моделювання вібрацій чи ударних навантажень, а також теплового аналізу для оцінки розподілу температури в системах охолодження двигуна. Рекомендується провести аналіз міцності корпусу редуктора з оцінкою максимальних напружень і теплового впливу. У самостійній роботі практикуйте налаштування сценаріїв аналізу, порівнюючи результати

з різними типами сітки та граничними умовами. Зверніть увагу на інструменти постобробки, які генерують карти напружень, деформацій і анімації для наочного представлення результатів.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з роботи в SolidWorks Simulation чи NX Advanced Simulation, акцентуючи на оптимізації процесу аналізу, інтеграції з CAD-моделями та застосуванні результатів для вдосконалення конструкції. Проаналізуйте, як використання модуля скорочує час розробки та підвищує надійність автомобільних деталей, а також розгляньте методи автоматизації повторюваних аналізів для серійного виробництва.

8. Валідація результатів аналізу та їх використання для оптимізації конструкції

При аналізі валідації результатів інженерного аналізу та їх використання для оптимізації конструкції звернути увагу на методи перевірки достовірності CAE-результатів через порівняння з експериментальними даними, аналітичними розрахунками чи стандартами автомобільної промисловості, що забезпечує надійність прогнозів для компонентів, таких як шасі чи кузовні панелі.

Рекомендується розібрати процедури валідації, де САПР порівнює обчислені напруження, деформації чи вібрації з реальними тестами, наприклад, випробуваннями на міцність чи краш-тестами, для підтвердження точності моделі. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках методи калібрування моделей, які включають уточнення параметрів матеріалів, граничних умов і щільності сітки для зменшення похибки до 5-10%.

Особливу увагу приділіть інструментам автоматичної валідації, де САПР генерує звіти про відхилення результатів від нормативних значень, наприклад, за стандартами ISO 6892 для міцності. Вивчіть методи використання результатів аналізу для оптимізації, де дані про зони перевантаження чи надлишкової маси застосовуються для модифікації геометрії, наприклад, додавання ребер жорсткості чи зменшення товщини некритичних ділянок.

Рекомендується провести валідацію аналізу міцності важеля підвіски з подальшою оптимізацією його ваги шляхом видалення матеріалу в ненавантажених зонах. У самостійній роботі практикуйте порівняння результатів з різними типами сітки та граничними умовами, аналізуючи вплив на точність і час обчислень. Зверніть увагу на

інструменти генеративного дизайну, які автоматично пропонують оптимальні форми деталі на основі результатів аналізу.

Для закріплення складіть методичний посібник з валідації та оптимізації, акцентуючи на інтеграції з модулями САПР, скороченні часу розробки та підвищенні надійності конструкцій. Проаналізуйте, як валідація забезпечує відповідність стандартам безпеки, а оптимізація знижує матеріалоемність на 15-30%, та розгляньте методи автоматизації для серійного виробництва, включаючи інтеграцію з PDM-системами для збереження історії змін.

Питання для самоперевірки

1. Як мета CAE впливає на етапи кінцево-елементного аналізу АТЗ?
2. Порівняйте МСЕ та МКЕ в розв'язку рівнянь фізики для автоконструкцій.
3. Обґрунтуйте лінійну та нелінійну постановку в структурній механіці.
4. Як аналіз втоми оптимізує стійкість елементів безпеки?
5. Проаналізуйте кінематичний аналіз для механічних систем трансмісії.
6. Яким чином SolidWorks Simulation валідає результати для оптимізації?
7. Оцініть вплив зовнішніх факторів на динамічний аналіз.
8. Поясніть постобробку результатів МКЕ для автотранспортних засобів.
9. Як передобробка забезпечує точність CAE-розрахунків?
10. Обґрунтуйте роль NX Advanced Simulation у віртуальному тестуванні.

2.3.10 Тема 10. Робота зі зварними конструкціями

1. Основи аерогідродинаміки та теплопередачі в транспортних засобах

При вивченні основ аерогідродинаміки та теплопередачі в транспортних засобах звернути увагу на їх ключову роль у забезпеченні ефективності, безпеки та комфорту автомобілів. Аерогідродинаміка аналізує рух повітря чи рідин навколо кузова чи всередині систем, що впливає на коефіцієнт опору, витрату палива та стійкість транспортного засобу. Рекомендується розібрати принципи обтікання

кузова, де САПР-модулі CFD моделюють потоки повітря для оцінки аеродинамічних сил, зменшуючи опір на 10-20% при оптимізації форми.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках основи рівнянь Нав'є-Стокса, які описують рух рідин і газів, аналізуючи їх застосування для прогнозування турбулентності навколо автомобіля. Особливу увагу приділіть теплопередачі, яка включає конвекцію, теплопровідність і випромінювання, що критично для систем охолодження двигуна чи теплового комфорту салону.

Вивчіть методи моделювання теплових потоків у радіаторах, де САПР оцінює ефективність теплообміну для запобігання перегріву. Рекомендується провести аналіз аеродинаміки спойлера з оцінкою теплового розподілу в двигуні. У самостійній роботі використовуйте онлайн-ресурси для ознайомлення з прикладами CFD-аналізу в автомобільній промисловості, аналізуючи вплив форми кузова на аеродинамічні характеристики.

Зверніть увагу на стандарти оцінки аеродинамічного опору, такі як C_d , та їх вплив на економію палива. Для закріплення складіть методичні рекомендації з основ аерогідродинаміки та теплопередачі, акцентуючи на інтеграції з модулями САПР для оптимізації конструкцій, зниження витрат палива та забезпечення відповідності екологічним стандартам.

2. Модулі Flow Simulation (CFD): постановка задачі та граничні умови

При аналізі модулів Flow Simulation (CFD) для постановки задачі та граничних умов звернути увагу на інструменти САПР, які дозволяють моделювати потоки рідин і газів для оцінки аеродинамічних чи теплових характеристик автомобільних систем. Рекомендується розібрати етапи постановки задачі: визначення обчислювальної області, вибір типу потоку (ламінарний чи турбулентний) та задавання граничних умов, таких як швидкість потоку, тиск чи температура.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах методи створення обчислювальної сітки для CFD, аналізуючи вплив її щільності на точність і час розрахунків. Особливу увагу приділіть налаштуванню граничних умов для зовнішнього обтікання кузова, де вхідна швидкість повітря імітує реальні умови руху, або для внутрішніх потоків у системі охолодження з урахуванням теплооб-

міну. Вивчіть інструменти автоматичного визначення турбулентних моделей, таких як $k-\epsilon$ чи $k-\omega$, для точного прогнозування поведінки потоків. Рекомендується налаштувати CFD-аналіз для моделі радіатора з оцінкою тиску та температури.

У самостійній роботі практикуйте створення обчислювальних сіток, аналізуючи вплив їх параметрів на результати. Зверніть увагу на інструменти перевірки збіжності розрахунків для забезпечення достовірності. Для закріплення складіть методичний посібник з використання Flow Simulation, акцентуючи на правильному виборі граничних умов, оптимізації обчислень та інтеграції з CAD-моделями для швидкого аналізу автомобільних компонентів.

3. Розрахунки теплових полів та керування температурним режимом

При дослідженні розрахунків теплових полів та керування температурним режимом звернути увагу на інструменти CFD для моделювання теплопередачі в автомобільних системах, таких як двигун чи радіатор, де САПР обчислює розподіл температури, конвективні потоки та теплові потоки для запобігання перегріву. Рекомендується розібрати методи моделювання теплопровідності, конвекції та випромінювання, де рівняння теплового балансу застосовуються для прогнозування температурного режиму в критичних зонах.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми числового розв'язання рівнянь теплопередачі, аналізуючи вплив матеріалів на ефективність охолодження. Особливу увагу приділіть налаштуванню моделей теплообмінників, де САПР оцінює ефективність ребер охолодження чи трубок радіатора. Вивчіть методи комбінованого аналізу теплових полів і потоків рідини для оптимізації систем охолодження. Рекомендується провести аналіз теплового поля в блоці циліндрів з оцінкою розподілу температури.

У самостійній роботі практикуйте налаштування граничних умов для теплового аналізу, аналізуючи вплив швидкості потоку охолоджуючої рідини. Зверніть увагу на інструменти візуалізації теплових полів для виявлення гарячих зон. Для закріплення складіть методичні рекомендації з розрахунків теплових полів, акцентуючи на інтеграції з CFD-моделями, підвищенні ефективності охолодження та забезпеченні надійності компонентів.

4. Аеродинамічні дослідження моделі кузова автомобіля

При аналізі аеродинамічних досліджень моделі кузова автомобіля звернути увагу на інструменти CFD у САПР, які моделюють обтікання повітря навколо кузова для оцінки аеродинамічного опору (C_d), підйомної сили та розподілу тиску, що впливають на витрату палива, стійкість і шумові характеристики. Рекомендується розібрати методи створення обчислювальної області, де кузов розміщується у віртуальному аеродинамічному тунелі з заданими параметрами швидкості потоку (наприклад, 100 км/год) і турбулентності.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса для моделювання турбулентних потоків, аналізуючи застосування моделей $k-\epsilon$ чи $k-\omega$ для точного прогнозування зон відриву потоку. Особливу увагу приділіть налаштуванню сітки з високою щільністю в зонах складної геометрії, таких як бампери чи дзеркала, для підвищення точності розрахунків.

Вивчіть методи оцінки аеродинамічних сил, де САПР генерує карти тиску та швидкості потоку, дозволяючи виявити зони високого опору чи турбулентності. Рекомендується провести CFD-аналіз моделі кузова седана з оцінкою коефіцієнта C_d і порівнянням з реальними тестами в аеродинамічній трубі. У самостійній роботі практикуйте створення обчислювальних сіток, аналізуючи вплив їх щільності на результати та час розрахунків.

Зверніть увагу на інструменти автоматичної оптимізації сітки для зменшення обчислювального навантаження без втрати точності. Для закріплення складіть методичний посібник з аеродинамічних досліджень, акцентуючи на інтеграції CFD з CAD-моделями, скороченні аеродинамічного опору на 5-15% шляхом модифікації форми кузова та забезпеченні відповідності стандартам економії палива.

Проаналізуйте, як результати аналізу впливають на проектування спойлерів, дифузорів та інших елементів, а також розгляньте методи валідації через порівняння з експериментальними даними для забезпечення достовірності прогнозів.

5. Дослідження впливу елементів дизайну на коефіцієнт аеродинамічного опору

При дослідженні впливу елементів дизайну на коефіцієнт аеродинамічного опору (C_d) звернути увагу на інструменти CFD для аналізу окремих компонентів кузова, таких як спойлери, дзеркала,

решітки радіатора чи форма даху, які впливають на аеродинамічні характеристики автомобіля.

Рекомендується розібрати методи параметричного моделювання, де САПР дозволяє варіювати форму чи кут нахилу елементів, автоматично обчислюючи зміну C_d для кожного варіанту. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах приклади оптимізації аеродинаміки, аналізуючи, як округлення кутів чи зменшення фронтальної площі знижує опір на 10-20%.

Особливу увагу приділіть інструментам аналізу зон турбулентності, де САПР генерує карти швидкості потоку та вихорів, дозволяючи виявити проблемні ділянки, наприклад, біля колісних арок чи заднього бампера. Вивчіть методи оцінки впливу елементів дизайну на підйомну силу, що важливо для стійкості автомобіля на високих швидкостях. Рекомендується провести аналіз впливу форми спойлера на C_d для моделі кузова з порівнянням кількох варіантів дизайну.

У самостійній роботі практикуйте параметричне моделювання елементів, аналізуючи вплив змін на аеродинамічні характеристики та паливну економічність. Зверніть увагу на інструменти автоматичного порівняння варіантів дизайну, які генерують звіти з рекомендаціями щодо оптимальної конфігурації.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з дослідження впливу дизайну на аеродинаміку, акцентуючи на інтеграції з CAD-моделями, зниженні витрат палива та підвищенні безпеки шляхом зменшення турбулентності. Проаналізуйте, як результати аналізу застосовуються для вдосконалення естетичних і функціональних аспектів дизайну, а також розгляньте методи валідації через порівняння з даними аеродинамічних труб для забезпечення точності прогнозів.

6. Аналіз потоків рідин та газів у елементах ДВЗ та систем охолодження

При вивченні аналізу потоків рідин та газів у елементах двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та систем охолодження звернути увагу на інструменти CFD у САПР, які моделюють рух охолоджуючої рідини, повітря чи паливно-повітряної суміші для оптимізації теплового режиму та ефективності роботи двигуна.

Рекомендується розібрати методи моделювання потоків у каналах охолодження блоку циліндрів, де САПР обчислює швидкість потоку, тиск і турбулентність, використовуючи рівняння Нав'є-Стокса з

турбулентними моделями $k-\epsilon$ чи $k-\omega$. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми аналізу багатофазних потоків, де взаємодія рідини та газу в системах уприскування палива впливає на ефективність згоряння.

Особливу увагу приділіть налаштуванню обчислювальної сітки з високою щільністю в зонах складної геометрії, таких як вигини трубок радіатора чи впускні колектори, для точного прогнозування зон застою чи вихорів. Вивчіть методи комбінованого аналізу потоків і теплопередачі, де САПР оцінює тепловий потік від гарячих поверхонь двигуна до охолоджуючої рідини, забезпечуючи стабільність температурного режиму. Рекомендується провести CFD-аналіз системи охолодження двигуна з оцінкою розподілу швидкості потоку та температури в радіаторі.

У самостійній роботі практикуйте створення сіток для внутрішніх каналів, аналізуючи вплив їх щільності на точність і час обчислень. Зверніть увагу на інструменти автоматичної перевірки збіжності розрахунків для забезпечення достовірності результатів. Для закріплення складіть методичний посібник з аналізу потоків у ДВЗ та системах охолодження, акцентуючи на інтеграції з CAD-моделями, підвищенні ефективності теплообміну та зменшенні втрат тиску.

Проаналізуйте, як результати аналізу сприяють зниженню теплового навантаження на двигун і підвищенню його ККД, а також розгляньте методи валідації через порівняння з експериментальними даними для забезпечення точності прогнозів і відповідності стандартам автомобільної промисловості.

7. Моделювання вентиляції салону та комфорту

При аналізі моделювання вентиляції салону та комфорту звернути увагу на інструменти CFD для оцінки розподілу повітряних потоків, температури та вологості в салоні автомобіля, що забезпечує оптимальні умови для пасажирів. Рекомендується розібрати методи моделювання вентиляційних систем, де САПР обчислює швидкість і напрямок потоків повітря через дефлектори, враховуючи геометрію салону та розташування пасажирів.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми аналізу конвективного теплообміну, які оцінюють вплив вентиляції на розподіл температури в салоні, наприклад, при роботі кондиціонера чи обігрівача. Особливу увагу приділіть налаштуванню

граничних умов, таких як швидкість повітря на вході вентиляційних каналів чи тепловиділення від пасажирів, для імітації реальних умов експлуатації.

Вивчіть методи оцінки зон дискомфорту, де САПР генерує карти швидкості повітря та температури, виявляючи ділянки з недостатньою вентиляцією чи перегрівом. Рекомендується провести CFD-аналіз вентиляції салону для моделі кузова з оцінкою розподілу потоків при різних режимах роботи кліматичної системи. У самостійній роботі практикуйте створення обчислювальних сіток для складної геометрії салону, аналізуючи вплив щільності сітки на точність прогнозування. Зверніть увагу на інструменти оцінки акустичного комфорту, які аналізують шум від повітряних потоків.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з моделювання вентиляції салону, акцентуючи на інтеграції з САД-моделями, підвищенні комфорту пасажирів і зниженні енергоспоживання кліматичних систем. Проаналізуйте, як результати аналізу впливають на проектування дефлекторів і вентиляційних каналів, а також розгляньте методи валідації через порівняння з експериментальними даними для забезпечення відповідності стандартам комфорту та енергоефективності автомобільної промисловості.

8. Використання результатів CFD для оптимізації форм кузова та теплообмінників

При аналізі використання результатів CFD для оптимізації форм кузова та теплообмінників звернути увагу на інструменти САПР, які дозволяють модифікувати геометрію на основі даних про аеродинамічний опір, розподіл тиску та теплові потоки, що сприяє підвищенню ефективності автомобіля.

Рекомендується розібрати методи інтерпретації CFD-результатів, де карти швидкості, тиску та температури вказують на зони високого аеродинамічного опору чи неефективного теплообміну, наприклад, біля переднього бампера чи радіатора. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми параметричної оптимізації, які автоматично змінюють форму кузова чи конфігурацію ребер теплообмінника для зниження коефіцієнта опору (C_d) на 5-15% або підвищення ефективності охолодження на 20-30%. Особливу увагу приділіть інтеграції CFD з модулями генеративного дизайну, де

САПР пропонує альтернативні форми деталей на основі заданих критеріїв, таких як мінімальна вага чи максимальна теплопередача.

Вивчіть методи аналізу турбулентності в зонах відриву потоку, наприклад, біля заднього скла, для зменшення вихорів шляхом зміни кутів нахилу чи додавання спойлерів. Рекомендується провести оптимізацію форми решітки радіатора на основі CFD-аналізу з оцінкою теплового потоку та аеродинамічного опору.

У самостійній роботі практикуйте модифікацію геометрії, аналізуючи вплив змін на результати CFD, такі як зниження C_d чи підвищення швидкості потоку в теплообміннику. Зверніть увагу на інструменти автоматичного порівняння варіантів дизайну, які генерують звіти з рекомендаціями щодо оптимальної конфігурації.

Для закріплення складіть методичний посібник з використання CFD для оптимізації, акцентуючи на інтеграції з CAD-моделями, скороченні витрат палива та підвищенні ефективності охолодження. Проаналізуйте, як результати CFD впливають на проектування естетичних і функціональних елементів кузова, а також розгляньте методи валідації через порівняння з даними аеродинамічних труб чи тестів теплообмінників для забезпечення точності прогнозів і відповідності стандартам автомобільної промисловості.

Питання для самоперевірки

1. Як аерогідродинаміка впливає на теплопередачу в електромобілях?
2. Порівняйте постановку задачі в Flow Simulation з граничними умовами.
3. Обґрунтуйте розрахунки теплових полів для батарей АТЗ.
4. Як елементи дизайну впливають на коефіцієнт аеродинамічного опору?
5. Проаналізуйте потоки в системах охолодження ДВЗ через CFD.
6. Яким чином моделювання вентиляції оптимізує комфорт салону?
7. Оцініть використання CFD для теплообмінників транспортних засобів.
8. Поясніть аналіз газів у елементах вихлопної системи.
9. Як граничні умови забезпечують точність аеродинамічних досліджень?
10. Обґрунтуйте оптимізацію форм кузова на основі CFD-результатів.

2.3.11 Тема 11. Створення складань деталей

1. Методи поверхневого моделювання (Surface Modeling) для кузова автомобіля

При вивченні методів поверхневого моделювання для кузова автомобіля звернути увагу на інструменти САПР, які дозволяють створювати складні криволінійні поверхні з високою якістю для забезпечення естетичних і аеродинамічних характеристик. Рекомендується розібрати техніки створення поверхонь, такі як loft, sweep і boundary, де ескізи профілів і напрямних кривих формують гладкі форми кузова, наприклад, капота чи крил.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках методи використання NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) для точного контролю кривизни поверхонь, аналізуючи їх застосування для створення плавних переходів між панелями. Особливу увагу приділіть інструментам аналізу якості поверхонь, які перевіряють безперервність кривизни (G_0 , G_1 , G_2) для уникнення дефектів при штампуванні чи аеродинамічних недоліків.

Вивчіть методи об'єднання поверхонь у суцільну модель із автоматичним згладжуванням стиків для забезпечення герметичності та естетики. Рекомендується змоделювати поверхню даху автомобіля з використанням sweep і loft для створення плавних контурів. У самостійній роботі практикуйте створення поверхонь із різними типами ескізів, аналізуючи вплив на аеродинаміку через інтеграцію з CFD-модулями.

Зверніть увагу на інструменти автоматичної перевірки товщини стінок для сумісності з технологією виробництва. Для закріплення складіть методичний посібник з поверхневого моделювання, акцентуючи на балансі між естетикою, технологічністю та аеродинамічними характеристиками, а також на інтеграції з модулями аналізу для прогнозування поведінки кузова в реальних умовах.

2. Підготовка вихідних ескізів та створення «майстер-секцій» кузова

При аналізі підготовки вихідних ескізів та створення «майстер-секцій» кузова звернути увагу на методи створення базових профілів, які визначають ключові поперечні перерізи кузова, такі як контури даху, вікон чи бамперів, для забезпечення єдиного стилю та точності

геометрії. Рекомендується розібрати техніки створення 2D-ескізів у САПР, де використовуються сплайни та криві Без'є для формування плавних контурів із заданою кривиною.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах принципи роботи з «майстер-секціями», де набір перерізів слугує основою для генерації поверхонь через loft чи sweep. Особливу увагу приділіть інструментам параметризації ескізів, які дозволяють швидко змінювати форму кузова, зберігаючи пропорції та відповідність дизайнерським вимогам.

Вивчіть методи імпорту ескізів із графічних редакторів, таких як Adobe Illustrator, для інтеграції концептуального дизайну в САПР. Рекомендується створити набір майстер-секцій для передньої частини кузова з подальшим формуванням поверхонь. У самостійній роботі практикуйте створення ескізів із контролем кривизни, аналізуючи вплив на якість поверхонь.

Зверніть увагу на інструменти автоматичного вирівнювання секцій для забезпечення симетрії. Для закріплення складіть методичні рекомендації з підготовки ескізів, акцентуючи на їх ролі в уніфікації дизайну, скороченні часу моделювання та інтеграції з модулями аналізу для перевірки аеродинаміки та технологічності.

3. Створення кривизни класу G2 та забезпечення якості поверхонь

При дослідженні створення кривизни класу G2 та забезпечення якості поверхонь звернути увагу на інструменти САПР для досягнення безперервності кривизни другого порядку (G2), що забезпечує плавні переходи між поверхнями кузова для естетичного вигляду та оптимальної аеродинаміки. Рекомендується розібрати методи аналізу кривизни, де САПР генерує карти зібраного відображення (zebra stripes) чи аналізу гауссової кривини для виявлення нерівностей чи розривів.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми згладжування поверхонь, аналізуючи вплив контрольних точок NURBS на якість переходів. Особливу увагу приділіть інструментам автоматичного виправлення дефектів, таких як розриви чи гострі кути, для забезпечення сумісності з технологіями штампування. Вивчіть методи перевірки якості поверхонь для серійного виробництва, де САПР оцінює товщину стінок і технологічні нахили.

Рекомендується змоделювати поверхню капота з кривиною G2 і перевірити її якість через аналіз зібраного відображення. У самостійній роботі практикуйте налаштування параметрів кривизни, аналізуючи вплив на аеродинамічний опір. Зверніть увагу на інструменти валідації поверхонь для відповідності стандартам автомобільної промисловості. Для закріплення складіть методичний посібник з досягнення кривизни G2, акцентуючи на інтеграції з CFD-аналізом для оптимізації аеродинаміки та технологічної підготовки.

4. Проектування елементів шасі: рами, підвіски, трансмісії

При вивченні проектування елементів шасі, таких як рами, підвіски та трансмісії, звернути увагу на інструменти САПР для створення міцних і функціональних конструкцій, які забезпечують стійкість, керованість і довговічність автомобіля. Рекомендується розібрати методи моделювання рами, де використовуються бібліотеки стандартних профілів (швелери, двотаври) з автоматичним розрахунком перерізів для забезпечення жорсткості та зниження ваги.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми параметричного моделювання підвіски, де кінематичні зв'язки між важелями, пружинами та амортизаторами задаються через спряження для імітації реального руху. Особливу увагу приділіть проектуванню трансмісії, де САПР дозволяє моделювати зубчасті передачі, вали та муфти з урахуванням допусків і тертя для забезпечення ефективної передачі крутного моменту.

Вивчіть методи інтеграції елементів шасі в єдину модель із автоматичним аналізом колізій і зазорів між компонентами, що зменшує ризик помилок на етапі складання. Рекомендується спроектувати модель багатоважільної підвіски з урахуванням кінематики та міцності, перевіривши її поведінку при різних навантаженнях через модуль CAE. У самостійній роботі практикуйте створення складань рами з профілів і підвіски, аналізуючи вплив геометричних параметрів на масу та жорсткість.

Зверніть увагу на інструменти автоматичного підбору матеріалів із бази даних САПР, які враховують міцність, вагу та собівартість. Для закріплення складіть методичний посібник із проектування елементів шасі, акцентуючи на інтеграції з модулями кінематичного та міцнісного аналізу для прогнозування поведінки в реальних умовах.

Проаналізуйте, як оптимізація конструкції шасі сприяє зниженню ваги на 10-20% без втрати міцності, а також розгляньте методи валідації моделей через порівняння з експериментальними даними для забезпечення відповідності стандартам безпеки та довговічності автомобільної промисловості. Важливо врахувати уніфікацію компонентів для різних моделей транспортних засобів, що знижує витрати на виробництво.

5. Складання моделі: кузов-колееса-дорога (для симуляції)

При аналізі складання моделі кузов-колееса-дорога для симуляції звернути увагу на інструменти САПР для створення комплексної моделі, яка об'єднує кузов, колеса та поверхню дороги для оцінки динамічної поведінки автомобіля.

Рекомендується розібрати методи створення складання, де кузов моделюється як суцільна поверхня з урахуванням аеродинамічних характеристик, а колеса додаються з кінематичними зв'язками для імітації обертання та контакту з дорогою. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми моделювання контактної взаємодії між шиною та поверхнею дороги, аналізуючи вплив тертя та деформації на керованість.

Особливу увагу приділіть налаштуванню спряжень у САПР, які дозволяють моделювати рух підвіски та обертання коліс із урахуванням реальних умов, таких як нерівності дороги чи бічні сили. Вивчіть методи інтеграції складання з модулями CAE для динамічного аналізу, де симуляція оцінює розподіл навантажень, вібрації та стійкість автомобіля на різних швидкостях. Рекомендується створити модель складання кузова з колесами та дорогою, провівши симуляцію руху на повороті з оцінкою бічного зміщення.

У самостійній роботі практикуйте налаштування граничних умов для симуляції, аналізуючи вплив параметрів дороги на результати. Зверніть увагу на інструменти автоматичного аналізу колізій між компонентами для забезпечення точності складання. Для закріплення складіть методичні рекомендації зі створення моделей для симуляції, акцентуючи на інтеграції з CFD і CAE для оцінки аеродинаміки, керованості та комфорту. Проаналізуйте, як результати симуляції впливають на вдосконалення конструкції кузова та підвіски, а також розгляньте методи валідації через порівняння з даними реальних ви-

пробувань для забезпечення достовірності прогнозів і відповідності стандартам безпеки.

6. Розробка внутрішнього простору та ергономічних рішень

При аналізі розробки внутрішнього простору та ергономічних рішень автомобіля звернути увагу на інструменти САПР для створення 3D-моделей салону, які забезпечують комфорт, безпеку та зручність для пасажирів і водія. Рекомендується розібрати методи моделювання компонентів салону, таких як сидіння, приладова панель і центральна консоль, з урахуванням антропометричних даних для адаптації до різних типів фігур.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках стандарти ергономіки, наприклад, SAE J1100, які визначають оптимальні кути нахилу сидінь, розташування органів керування та зони видимості. Особливу увагу приділіть інструментам САПР для аналізу досяжності, де віртуальні манекени імітують рухи людини для оцінки доступу до педалей, керма чи кнопок. Вивчіть методи інтеграції з CFD-модулями для моделювання вентиляції салону, що забезпечує рівномірний розподіл повітря та комфортну температуру.

Рекомендується спроектувати модель приладової панелі з урахуванням ергономічних вимог, перевіривши досяжність елементів керування для водія зростом від 150 до 190 см. У самостійній роботі практикуйте створення параметричних моделей салону, аналізуючи вплив змін розташування елементів на ергономіку та безпеку. Зверніть увагу на інструменти автоматичного аналізу зон видимості, які оцінюють сліпі зони та кут огляду через лобове скло.

Для закріплення складіть методичний посібник із розробки внутрішнього простору, акцентуючи на інтеграції ергономічних рішень із CAD-моделями, забезпеченні відповідності стандартам безпеки (наприклад, ISO 6549) та підвищенні комфорту пасажирів. Проаналізуйте, як ергономічні рішення впливають на сприйняття якості автомобіля, а також розгляньте методи валідації через віртуальні тести з манекенами та порівняння з реальними випробуваннями для забезпечення точності прогнозів і відповідності стандартам автомобільної промисловості. Важливо врахувати уніфікацію компонентів салону для різних моделей, що знижує витрати на виробництво та полегшує сервісне обслуговування.

7. Світлотехнічний аналіз елементів освітлення (оптика, фари)

При дослідженні світлотехнічного аналізу елементів освітлення, таких як фари та оптика, звернути увагу на інструменти САПР для моделювання розподілу світлового потоку, які забезпечують відповідність фар стандартам безпеки, наприклад, ECE R112 чи SAE J1383. Рекомендується розібрати методи створення 3D-моделей оптичних систем, де геометрія лінз, рефлекторів і світлодіодів формується з урахуванням законів оптики для створення спрямованого світлового пучка.

У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми трасування променів (ray tracing), які використовуються для оцінки інтенсивності, кута розсіювання та рівномірності освітлення. Особливу увагу приділіть інструментам САПР для аналізу світлового розподілу, де генеруються карти освітленості для оцінки ефективності фар у різних умовах (ніч, туман). Вивчіть методи моделювання теплового впливу світлодіодів на конструкцію фари, інтегруючи CFD-аналіз для оцінки розподілу температури та запобігання перегріву. Рекомендується спроектувати модель фари з аналізом світлового потоку та теплового режиму, перевіривши відповідність стандартам.

У самостійній роботі практикуйте налаштування параметрів оптичних матеріалів, аналізуючи вплив їх властивостей на якість освітлення. Зверніть увагу на інструменти автоматичного аналізу відповідності нормам, які виявляють відхилення від допустимих меж світлового пучка.

Для закріплення складіть методичні рекомендації зі світлотехнічного аналізу, акцентуючи на інтеграції з CAD-моделями, підвищенні безпеки руху та оптимізації енергоефективності фар. Проаналізуйте, як результати аналізу впливають на проектування оптичних систем, а також розгляньте методи валідації через порівняння з експериментальними даними лабораторних тестів для забезпечення точності прогнозів і відповідності стандартам автомобільної промисловості.

8. Основи реверс-інжинірингу та роботи з даними сканування

При аналізі основ реверс-інжинірингу та роботи з даними сканування звернути увагу на інструменти САПР для відтворення 3D-

моделей автомобільних компонентів, таких як кузовні панелі чи елементи шасі, на основі даних 3D-сканування, отриманих із фізичних об'єктів. Рекомендується розібрати методи обробки хмар точок, де САПР імпортує дані з лазерних чи оптичних сканерів, перетворюючи їх у поверхні чи суцільні моделі з урахуванням точності сканування (зазвичай 0.01-0.1 мм).

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми згладжування хмар точок і видалення шумів, аналізуючи вплив на якість відтвореної геометрії. Особливу увагу приділіть інструментам автоматичного розпізнавання геометричних примітивів, таких як площини, циліндри чи сплайни, для спрощення створення поверхонь із даних сканування. Вивчіть методи вирівнювання сканованих даних із координатними осями моделі для точного позиціонування в складанні. Рекомендується відтворити 3D-модель кузовної панелі з хмари точок, отриманих зі сканування, з подальшою перевіркою відповідності оригіналу.

У самостійній роботі практикуйте імпорт і обробку даних сканування, аналізуючи вплив параметрів згладжування на точність моделі. Зверніть увагу на інструменти порівняння сканованої моделі з вихідною геометрією для оцінки відхилень. Для закріплення складіть методичний посібник із реверс-інжинірингу, акцентуючи на інтеграції з САД-моделями, скороченні часу відтворення деталей і забезпеченні відповідності стандартам якості.

Проаналізуйте, як реверс-інжиніринг сприяє модернізації застарілих компонентів чи відтворенню деталей без креслень, а також розгляньте методи валідації через порівняння з фізичними вимірами для забезпечення точності. Важливо врахувати інтеграцію з модулями САЕ для перевірки міцності відтворених деталей і з PDM-системами для збереження історії модифікацій, що полегшує серійне виробництво та сертифікацію.

Питання для самоперевірки

1. Як Surface Modeling забезпечує кривизну G2 для кузовів АТЗ?
2. Порівняйте «майстер-секції» з підготовкою ескізів для якості поверхонь.
3. Обґрунтуйте проектування шасі для інтеграції з кузовом.
4. Як модель «кузов-колеса-дорога» оптимізує симуляцію?
5. Проаналізуйте ергономічні рішення для внутрішнього простору.

6. Яким чином світлотехнічний аналіз впливає на оптику фар?
7. Оцініть реверс-інжиніринг для даних сканування.
8. Поясніть забезпечення якості поверхонь класу А.
9. Як рами інтегруються в проектування шасі АТЗ?
10. Обґрунтуйте роль сканування в модернізації конструкцій.

2.3.12 Тема 12. Робота з ливарними формами

1. Кінематика та динаміка: моделювання руху механізмів

При вивченні кінематики та динаміки для моделювання руху механізмів звернути увагу на інструменти САПР, які дозволяють аналізувати переміщення, швидкості та прискорення компонентів автомобільних систем, таких як підвіска чи трансмісія.

Рекомендується розібрати кінематичний аналіз, де САПР обчислює траєкторії руху без урахування сил, задаючи спряження для шарнірів чи зубчастих передач. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми розв'язання кінематичних ланцюгів, аналізуючи їх точність для механізмів рульового керування.

Особливу увагу приділіть динамічному аналізу, який враховує сили, моменти та інерцію, моделюючи поведінку механізмів під навантаженнями, наприклад, вібрації амортизаторів. Вивчіть методи визначення ступенів свободи та обмежень для забезпечення реальної кінематики. Рекомендується змоделювати рух важеля підвіски з оцінкою кутів повороту та швидкості.

У самостійній роботі практикуйте створення кінематичних моделей, аналізуючи вплив параметрів спряжень на точність. Зверніть увагу на інструменти автоматичного виявлення колізій під час руху.

Для закріплення складіть методичні рекомендації з моделювання кінематики та динаміки, акцентуючи на інтеграції з модулями CAE для прогнозування поведінки механізмів, підвищенні точності та застосуванні результатів для оптимізації конструкцій автомобільних систем.

2. Модуль Motion Simulation: створення рухомих з'єднань та приводів

При аналізі модуля Motion Simulation для створення рухомих з'єднань і приводів звернути увагу на інструменти САПР, які дозволяють моделювати динамічну поведінку автомобільних механізмів, таких як шарніри підвіски чи зубчасті передачі. Рекомендується

розібрати методи задавання рухомих з'єднань, де спряження типу обертання чи ковзання визначають кінематику, а приводи (двигуни, пружини) імітують реальні сили.

У дистанційному форматі пошукайте в довідниках алгоритми моделювання приводів, аналізуючи їх вплив на точність симуляції руху. Особливу увагу приділіть налаштуванню параметрів тертя та демпфування для реалістичної імітації роботи амортизаторів чи муфт. Вивчіть інструменти автоматичного визначення ступенів свободи для спрощення створення складних механізмів.

Рекомендується змодельовати привод трансмісії з оцінкою крутного моменту та швидкості обертання. У самостійній роботі практикуйте налаштування з'єднань і приводів, аналізуючи вплив параметрів на кінематику. Зверніть увагу на інструменти симуляції контактів для оцінки зносу чи колізій. Для закріплення складіть методичний посібник із використання Motion Simulation, акцентуючи на інтеграції з CAD-моделями, підвищенні точності симуляції та застосуванні результатів для оптимізації механізмів.

3. Аналіз роботи підвіски, рульового керування та трансмісії

При дослідженні аналізу роботи підвіски, рульового керування та трансмісії звернути увагу на інструменти САПР для моделювання кінематики та динаміки цих систем, що забезпечують керованість, комфорт і ефективність автомобіля. Рекомендується розібрати методи моделювання багатоважільної підвіски, де САПР оцінює кути повороту, хід амортизаторів і реакцію на нерівності дороги.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми аналізу кінематики рульового керування, аналізуючи точність повороту коліс і зворотний момент. Особливу увагу приділіть моделюванню трансмісії, де САПР оцінює передачу крутного моменту через зубчасті передачі чи карданні вали з урахуванням втрат на тертя.

Вивчіть методи інтеграції з CAE для аналізу навантажень і вібрацій у реальних умовах. Рекомендується провести аналіз роботи підвіски при русі по нерівній поверхні з оцінкою динамічних сил. У самостійній роботі практикуйте створення моделей із рухомими з'єднаннями, аналізуючи вплив параметрів на поведінку системи. Зверніть увагу на інструменти оцінки зносу та втоми компонентів. Для закріплення складіть методичний посібник з аналізу цих систем, ак-

центуючи на інтеграції з модулями симуляції, підвищенні безпеки та оптимізації конструкцій.

4. Моделювання навантажень та віртуальних випробувань (удари, перекидання)

При аналізі моделювання навантажень та віртуальних випробувань, таких як удари чи перекидання, звернути увагу на інструменти САПР для симуляції екстремальних умов експлуатації автомобільних конструкцій, що дозволяє оцінити безпеку та міцність. Рекомендується розібрати методи створення сценаріїв випробувань, де САПР моделює удари (наприклад, фронтальний чи бічний) із заданими швидкостями та силами, використовуючи нелінійний динамічний аналіз для прогнозування деформацій кузова чи шасі.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми моделювання контактних взаємодій, аналізуючи вплив тертя та пластичності матеріалів на результати. Особливу увагу приділіть симуляції перекидання, де САПР обчислює центр мас, момент інерції та кутові прискорення для оцінки стійкості автомобіля. Вивчіть методи інтеграції з CAE-модулями для аналізу напружень і деформацій у зонах удару, таких як бампери чи зони деформації, з урахуванням стандартів безпеки, наприклад, Euro NCAP.

Рекомендується провести віртуальне випробування фронтально-го удару моделі кузова з оцінкою розподілу напружень і деформацій. У самостійній роботі практикуйте налаштування граничних умов для ударних навантажень, аналізуючи вплив швидкості та кута удару на результати. Зверніть увагу на інструменти автоматичної генерації сітки з високою щільністю в зонах контакту для підвищення точності.

Для закріплення складіть методичний посібник із моделювання віртуальних випробувань, акцентуючи на інтеграції з CAD-моделями, забезпеченні відповідності стандартам безпеки та оптимізації конструкції для зменшення маси без втрати міцності. Проаналізуйте, як результати симуляції впливають на проектування зон контрольованої деформації, а також розгляньте методи валідації через порівняння з даними реальних краш-тестів для забезпечення достовірності прогнозів. Важливо врахувати автоматизацію аналізу для серійного тестування різних сценаріїв, що скорочує час розробки та підвищує надійність автомобільних конструкцій.

5. Розрахункові моделі пружин, ресор та інших пружних елементів (на прикладі автомобільної ресори)

При дослідженні розрахункових моделей пружин, ресор та інших пружних елементів, на прикладі автомобільної ресори, звернути увагу на інструменти САПР для моделювання їх деформації під навантаженням, що забезпечує оцінку жорсткості, міцності та довговічності. Рекомендується розібрати методи створення 3D-моделей ресор, де геометрія листів моделюється з урахуванням кривизни, товщини та матеріальних властивостей (наприклад, пружинної сталі).

У дистанційному форматі пошукajte в довідкових матеріалах алгоритми нелінійного аналізу деформацій, аналізуючи вплив пружних і пластичних властивостей на поведінку ресори. Особливу увагу приділіть налаштуванню граничних умов, де САПР імітує навантаження від ваги автомобіля чи нерівностей дороги, обчислюючи напруження та прогин.

Вивчіть методи моделювання контактів між листами ресори з урахуванням тертя для точного прогнозування зносу. Рекомендується провести аналіз ресори під статичним і динамічним навантаженням з оцінкою максимального прогину та втомної міцності. У самостійній роботі практикуйте створення моделей із різними конфігураціями листів, аналізуючи вплив їх кількості та товщини на жорсткість. Зверніть увагу на інструменти автоматичного аналізу втоми для прогнозування терміну служби ресори.

Для закріплення складіть методичний посібник із моделювання пружних елементів, акцентуючи на інтеграції з CAE-модулями, підвищенні точності прогнозування та оптимізації конструкції для зниження маси на 10-15%. Проаналізуйте, як результати аналізу впливають на проектування підвіски, а також розгляньте методи валідації через порівняння з експериментальними даними для забезпечення відповідності стандартам довговічності та безпеки автомобільної промисловості.

6. Аналіз твердості та міцності конструкцій у нелінійній постановці

При дослідженні аналізу твердості та міцності конструкцій у нелінійній постановці звернути увагу на інструменти САПР для оцінки поведінки автомобільних компонентів, таких як кузов чи еле-

менти шасі, під складними навантаженнями, де враховуються великі деформації, пластичність матеріалів і контактні взаємодії.

Рекомендується розібрати методи нелінійного аналізу, де САПР використовує ітераційні алгоритми, такі як метод Ньютона-Рафсона, для розв'язання рівнянь із урахуванням нелінійних властивостей матеріалів, наприклад, пластичної деформації сталі при ударі. У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми моделювання нелінійних деформацій, аналізуючи їх застосування для прогнозування поведінки зон контрольованої деформації кузова.

Особливу увагу приділіть налаштуванню моделей матеріалів із кривими напруження-деформація, які задаються в САПР для точного відтворення пластичності чи крихкості. Вивчіть методи моделювання контактних взаємодій, наприклад, між деталями шасі, з урахуванням тертя та ковзання для оцінки локальних напружень.

Рекомендується провести нелінійний аналіз міцності кронштейна підвіски під комбінованим навантаженням із оцінкою пластичних деформацій і зон руйнування. У самостійній роботі практикуйте створення нелінійних моделей, аналізуючи вплив щільності сітки кінцевих елементів на точність і час обчислень. Зверніть увагу на інструменти автоматичної перевірки збіжності розрахунків для забезпечення достовірності результатів.

Для закріплення складіть методичний посібник із нелінійного аналізу твердості та міцності, акцентуючи на інтеграції з CAE-модулями, підвищенні точності прогнозування та застосуванні результатів для оптимізації конструкцій.

Проаналізуйте, як нелінійний аналіз сприяє підвищенню безпеки автомобіля шляхом прогнозування поведінки при аваріях, а також розгляньте методи валідації через порівняння з даними реальних випробувань для забезпечення відповідності стандартам, таким як Euro NCAP. Важливо врахувати автоматизацію аналізу для серійного тестування конструкцій, що скорочує час розробки та підвищує надійність.

7. Розрахункові моделі складних вузлів (напівпричепів-цистерн, ДВЗ)

При аналізі розрахункових моделей складних вузлів, таких як напівпричепи-цистерни чи двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), звернути увагу на інструменти САПР для створення деталізованих

3D-моделей із великою кількістю компонентів, що моделюють їх поведінку під динамічними та тепловими навантаженнями.

Рекомендується розібрати методи створення складань для напівпричепів-цистерн, де САПР враховує рідинні навантаження, вібрації та деформації стінок при транспортуванні. У дистанційному форматі пошукайте в довідкових матеріалах алгоритми моделювання ДВЗ, аналізуючи взаємодію поршнів, шатунів і колінвалу з урахуванням тертя, теплового розширення та циклічних навантажень.

Особливу увагу приділіть інтеграції з CAE-модулями для комбінованого аналізу міцності, теплопередачі та динаміки, що дозволяє прогнозувати поведінку вузлів у реальних умовах. Вивчіть методи створення спрощених моделей для великих складань, де некритичні деталі замінюються еквівалентними масами для зменшення обчислювального навантаження. Рекомендується змоделювати складання ДВЗ із аналізом динамічних навантажень на колінвал і теплового режиму блоку циліндрів.

У самостійній роботі практикуйте створення моделей із рухомими з'єднаннями, аналізуючи вплив параметрів на результати симуляції. Зверніть увагу на інструменти автоматичного виявлення колізій і оцінки втоми для прогнозування терміну служби вузлів. Для закріплення складіть методичний посібник із моделювання складних вузлів, акцентуючи на інтеграції з CFD і CAE, підвищенні точності прогнозування та оптимізації конструкцій для зниження ваги на 10-15%.

Проаналізуйте, як результати аналізу впливають на проектування напівпричепів і ДВЗ, а також розгляньте методи валідації через порівняння з експериментальними даними для забезпечення відповідності стандартам безпеки та ефективності.

8. Інтеграція результатів симуляції для діагностування стану елементів

При аналізі інтеграції результатів симуляції для діагностування стану елементів автомобільних транспортних засобів звернути увагу на інструменти САПР, які дозволяють використовувати дані кінематичного, динамічного та міцнісного аналізу для оцінки зносу, втоми та потенційних несправностей компонентів, таких як підвіска, трансмісія чи кузов. Рекомендується розібрати методи обробки результатів симуляції, де САПР генерує карти напружень, деформацій і вібрацій, що

вказують на критичні зони, наприклад, ділянки з високим ризиком тріщиноутворення в шасі.

У дистанційному форматі пошукайте в технічних посібниках алгоритми аналізу втоми, які прогнозують термін служби деталей на основі циклічних навантажень, використовуючи криві Веллера чи S-N. Особливу увагу приділіть інтеграції з PDM-системами, де результати симуляції зберігаються та порівнюються з історією експлуатації для створення діагностичних звітів.

Вивчіть методи автоматичного виявлення аномалій, де САПР порівнює розрахункові дані з допустимими межами, визначеними стандартами, такими як ISO 6892, для виявлення потенційних дефектів. Рекомендується провести симуляцію роботи трансмісії з оцінкою зносу зубчастих передач і діагностикою критичних зон. У самостійній роботі практикуйте аналіз результатів симуляції, порівнюючи їх із експериментальними даними для валідації точності прогнозів.

Зверніть увагу на інструменти автоматичного генерування звітів, які полегшують діагностику стану компонентів для сервісних центрів. Для закріплення складіть методичний посібник із інтеграції результатів симуляції, акцентуючи на підвищенні точності діагностики, скороченні часу на виявлення несправностей і застосуванні даних для профілактичного обслуговування.

Проаналізуйте, як результати симуляції сприяють підвищенню надійності автомобіля та зниженню витрат на ремонт, а також розгляньте методи валідації через порівняння з даними реальних випробувань для забезпечення відповідності стандартам безпеки та довговічності. Важливо врахувати інтеграцію з ERP-системами для планування технічного обслуговування на основі діагностичних даних.

Питання для самоперевірки

1. Як Motion Simulation моделює кінематику механізмів АТЗ?
2. Порівняйте динамічний аналіз підвіски з трансмісією.
3. Обґрунтуйте віртуальні випробування на удари та перекидання.
4. Як розрахункові моделі пружин оптимізують ресори?
5. Проаналізуйте нелінійний аналіз міцності конструкцій.
6. Яким чином моделі ДВЗ інтегруються в віртуальне тестування?
7. Оцініть моделювання навантажень для безпеки АТЗ.
8. Поясніть інтеграцію симуляції для діагностики елементів.

9. Як рухомі з'єднання впливають на аналіз рульового керування?
 10. Обґрунтуйте роль складних вузлів у прогнозуванні ресурсу.

3 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Студенти заочної форми навчання відповідно до програми курсу «Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування» самостійно вивчають літературу, що рекомендується, і виконують одну контрольну роботу, яка складається з трьох питань.

Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем. Оформляти роботу рекомендується на аркушах формату А4 (210x297), зброшурованих і закріплених у швидкозшивачі. При оформленні роботи слід керуватися вимогами ДСТУ 3008-95 - «Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» і СТП 15-96 «Пояснювальна записка до курсових і дипломних проєктів. Вимоги і правила оформлення».

При виконанні контрольної роботи необхідно пояснювати текст схемами і рисунками в масштабі. На обкладинці роботи треба вказати: назву предмета; прізвище, ім'я, по батькові студента; шифр; спеціальність; номер залікової книжки; домашню адресу (для іногородніх) з поштовим індексом; дату виконання. Контрольна робота повинна бути підписана студентом.

Матеріал контрольної роботи розташовується в наступному порядку:

- титульний лист;
- теоретична частина;
- графічна частина;
- висновки;
- перелік посилань.

Наприкінці роботи обов'язково необхідно привести список використаної літератури та електронних джерел, на які наведені посилання в контрольній роботі, з обов'язковим зазначенням по кожному літературному джерелу прізвища та ініціалів автора, назви книги, місця видання, видавництва і року видання, URL електронного ресурсу.

Контрольна робота повинна бути особисто підписана студентом. Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем.

3.1 Список варіантів контрольних робіт

ВАРІАНТ 1

1. Основні етапи процесу автоматизованого проектування автомобіля, роль формування вихідних даних та використання штучного інтелекту.
2. Функціональні можливості сучасних САПР у машинобудуванні, інтеграція CAD/CAE/CAM-систем.
3. Основні принципи створення твердотільних моделей у САПР, переваги тривимірного моделювання над двомірним.

ВАРІАНТ 2

1. Етичні аспекти автоматизованого проектування транспортних засобів, конфіденційність даних IoT.
2. Поверхневе та гібридне моделювання в САПР, переваги використання хмарних технологій.
3. Методи розв'язку рівнянь фізики в механічних САПР, роль машинного навчання в прогнозуванні аналізу.

ВАРІАНТ 3

1. Процес розробки конструкторської документації в автоматизованому проектуванні автомобілів, значення для серійного виробництва.
2. Обмін графічною інформацією між програмами САПР, основні виклики.
3. Принципи керування орієнтацією деталей у САПР, значення для створення кінематичних елементів.

ВАРІАНТ 4

1. Роль випробувань у процесі автоматизованого проектування автомобілів, вплив на якість кінцевого продукту.
2. Вплив спеціалізованих програм 3D-моделювання на ефективність роботи в САПР.
3. Методи структурної механіки (лінійної та нелінійної) у САПР, застосування в інженерному аналізі.

ВАРІАНТ 5

1. Використання даних IoT для покращення початкового етапу проектування автомобілів.
2. Синхронна технологія в системі NX Siemens, переваги для роботи з моделями.
3. Принципи створення ескізів у SolidWorks, значення сплайнів для моделювання.

ВАРІАНТ 6

1. Використання штучного інтелекту для оптимізації процесів автоматизованого проектування.
2. Інтеграція розрахункових модулів у САПР, значення SimulationXpress для аналізу конструкцій.
3. Методи створення деталей типу трубопроводів у САПР, застосування в автомобілебудуванні.

ВАРІАНТ 7

1. Значення автоматизації в підготовці серійного виробництва автомобілів.
2. Принципи роботи зі складаннями в САПР, особливості режиму креслення.
3. Методи аналізу аерогідродинаміки в САПР, значення для проектування транспортних засобів.

ВАРІАНТ 8

1. Вплив етичних аспектів на проектування підключених транспортних засобів.
2. Переваги використання хмарних технологій у САПР для колаборативного дизайну.
3. Принципи створення призматичних деталей у САПР, застосування в конструкціях автомобілів.

ВАРІАНТ 9

1. Використання даних IoT для тестування автомобілів на етапі про-

ектування.

2. Принципи роботи з листовим металом у системі NX Siemens.
3. Значення автоматизованого генерування GD&T анотацій для оформлення креслень.

ВАРІАНТ 10

1. Роль дизайн-проекту в автоматизованому проектуванні, вплив на кінцевий продукт.
2. Вплив інтегрованих CAD/CAE/CAM-систем на зменшення часу розробки.
3. Методи створення конфігурацій деталей вручну та за допомогою таблиці параметрів у САПР.

ВАРІАНТ 11

1. Використання штучного інтелекту для оптимізації випробувань в автоматизованому проектуванні.
2. Принципи створення складних ескізів у SolidWorks, використання фасок і округлень.
3. Значення аналізу напружень у листових деталях для автомобілебудування.

ВАРІАНТ 12

1. Роль конструювання в автоматизованому проектуванні, вплив на серійне виробництво.
2. Синхронна технологія в NX Siemens, спрощення редагування моделей.
3. Принципи створення деталей складної конфігурації в САПР.

ВАРІАНТ 13

1. Інтеграція IoT у проектування автомобілів.
2. Методи створення зварних конструкцій у САПР, аналіз зварних швів.
3. Принципи створення складань «знизу-нагору», їх переваги.

ВАРІАНТ 14

1. Вплив випробувань на якість конструкторської документації в САПР.
2. Роль хмарних технологій у забезпеченні обміну даними між САПР.
3. Принципи створення деталей на основі поверхонь у САПР.

ВАРІАНТ 15

1. Використання штучного інтелекту в автоматизації дизайн-проекту автомобілів.
2. Принципи створення тривимірних ескізів у SolidWorks, їх значення.
3. Інтеграція САМ для підготовки виробництва листових деталей, її значення.

ВАРІАНТ 16

1. Роль IoT у формуванні вихідних даних для автоматизованого проектування.
2. Методи створення кінематичних елементів у САПР, їх застосування.
3. Принципи роботи з ливарними формами в САПР, значення для виробництва.

ВАРІАНТ 17

1. Вплив автоматизації на економічну ефективність серійного виробництва автомобілів.
2. Принципи створення складань «зверху-униз» у САПР, їх переваги.
3. Методи симуляції процесу лиття в САПР, значення для зменшення дефектів.

ВАРІАНТ 18

1. Роль штучного інтелекту в автоматизації випробувань автомобілів.
2. Принципи оформлення креслень у SolidWorks, значення розмірних ліній.
3. Інтеграція ергономічних факторів у дизайн кузова автомобіля.

ВАРІАНТ 19

1. Використання IoT для збору даних на етапі серійного виробництва.
2. Методи створення деталей типу тіл обертання в САПР, їх застосування.
3. Значення автоматизованого генерування GD&T анотацій для стандартизації креслень.

ВАРІАНТ 20

1. Етичні аспекти використання даних IoT у підключених транспортних засобах.
2. Роль хмарних технологій у синхронізації даних між САПР-системами.
3. Принципи створення зварних конструкцій для гібридних транспортних засобів.

ВАРІАНТ 21

1. Роль дизайн-проекту в забезпеченні естетичних характеристик автомобіля.
2. Принципи створення складних поверхонь у SolidWorks, їх значення для кузова.
3. Методи аналізу турбулентності в аеродинамічних дослідженнях САПР.

ВАРІАНТ 22

1. Вплив автоматизації на скорочення часу розробки автомобілів.
2. Синхронна технологія в NX Siemens, її роль у моделюванні.
3. Принципи створення складань, аналіз колізій та інтерференцій.

ВАРІАНТ 23

1. Використання штучного інтелекту для оптимізації конфігурацій деталей.
2. Принципи створення деталей з листового матеріалу, аналіз напружень.

3. Роль CFD у проектуванні електромобілів, зменшення аеродинамічного опору.

ВАРІАНТ 24

1. Роль IoT у тестуванні та оптимізації транспортних засобів.
2. Принципи роботи з ливарними формами, застосування адитивних технологій.
3. Методи створення креслень у SolidWorks, оформлення специфікацій.

ВАРІАНТ 25

1. Етичні аспекти автоматизованого проектування для автономних транспортних засобів.
2. Роль хмарних технологій у колаборативному проектуванні в САПР.
3. Принципи створення кінематичних елементів для симуляції руху в САПР.

ВАРІАНТ 26

1. Вплив випробувань на вдосконалення конструкторської документації.
2. Методи створення зварних конструкцій, оптимізація ваги.
3. Інтеграція віртуальної реальності для візуалізації складань у САПР.

ВАРІАНТ 27

1. Роль штучного інтелекту в автоматизації аеродинамічних досліджень.
2. Принципи створення деталей складної конфігурації, їх оптимізація для 3D-друку.
3. Методи аналізу шуму в аеродинамічних дослідженнях електромобілів.

ВАРІАНТ 28

1. Використання IoT для збору даних на етапі експлуатації автомобі-

- лів.
2. Принципи створення тривимірних ескізів у SolidWorks, їх значення для дизайну.
 3. Роль автоматизованих систем PLM у проектуванні транспортних засобів.

ВАРІАНТ 29

1. Вплив автоматизації на економічну ефективність виробництва електромобілів.
2. Методи створення складань у САПР, інтеграція з масовим виробництвом.
3. Принципи створення деталей на основі поверхонь, їх застосування в кузові.

ВАРІАНТ 30

1. Етичні аспекти використання ШІ в автоматизованому проектуванні автомобілів.
2. Роль синхронної технології в NX Siemens для швидкого редагування моделей.
3. Методи аналізу коефіцієнта аеродинамічного опору в САПР, їх значення для електромобілів.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог організації навчального процесу, кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни. Контрольні заходи з дисципліни «Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування» передбачають наступне:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання тестових письмових робіт на рубіжному контролі;
- виконання та захист практичних робіт;
- виконання та захист контрольних робіт;

- складання заліку.

Для закріплення поточних знань протягом семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку.

При виконанні письмової роботи, студенти одержують завдання по висвітленню певних теоретичних питань або розв'язку завдань. Робота виконується студентом письмово й здається викладачеві. При цьому оцінюються володіння матеріалом по темі роботи, аналітичні здатності студента, його володіння методами, уміння й навички, необхідні для виконання завдань.

Залік націлений на комплексну перевірку освоєння дисципліни. Залік проводиться в усній або письмовій формі по білетах, у яких наводяться питання (завдання) по всіх темах курсу. Студенту дається час на підготовку. Оцінюється володіння матеріалом, його системне освоєння, здатність застосовувати потрібні знання, навички й уміння при аналізі проблемних ситуацій і вирішенні практичних завдань.

Слід зазначити, що всі заплановані заходи мають бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни допускається до складання заліку.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни «Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування». Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані студентом для самопідготовки при вивченні дисципліни, не обмежуються тільки цим, наведеним нижче переліком літератури.

Базова

1. Козяр М. М., Стрілець О. Р., Сафоник А. П. Інженерна графіка. Машинобудівне креслення. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2022. 476 с.
2. Волошкевич П. П., Бойко О. О., Базишин П. А., Мацура Н. О. Технічне креслення та комп'ютерна графіка. Навчальний посібник для підготовки кваліфікованих робітників у професійно-технічних навчальних закладах. Київ : Видавництво «Кондор», 2017. 234 с.
3. Козяр М. М. Комп'ютерна графіка: SolidWorks. Суми : Видавництво «Університетська книга», 2025. 252 с.
4. Пустюльга С. І., Самостян В. Р., Клак Ю. В. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с.
5. Лістовщик Л. К. Основи геометричного моделювання в програмі SolidWorks : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 71 с.

Допоміжна

6. Гейчук В. М., Вакулєнко С. В. Динамічне моделювання механізмів верстатів та машин в Autodesk Inventor: навч. посіб. Навчальне електронне видання. [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 167 с.
7. Sham Tickoo. SolidWorks 2018 for Designers, 16th Edition. Schererville : CAD/CIM Technologies, 2018. 1987 p.
8. SolidWorks 2018. Learn by doing - Part 1: parts, assembly, drawings, and sheet metal. Tutorial Books, 2018. 532 p.
9. SolidWorks 2018. Learn by doing - Part 2: surface design. Tutorial Books, 2018. 149 p.
10. Грабченко А. І., Доброскок В. Л. Сучасні технології матеріалізації комп'ютерних моделей. Х. : НТУ «ХПІ», 2009. 86 с.
11. Грабченко А. І., Доброскок В. Л. Теорія 3D моделювання: Навч. посібник. Х. : НТУ «ХПІ», 2009. 230 с.
12. Gahan A. 3D automotive modeling : an insider's guide to 3D car modeling and design for games and film. Burlington : Elsevier Inc., 2011. 468 p.
13. Nikola Vukašinić, Jože Duhovnik. Advanced CAD modeling. Explicit, parametric, free-form CAD and Re-engineering. Cham :

- Springer Nature Switzerland AG, 2019. 260 p.
14. Kishore T. Learn Autodesk Inventor 2018 Basics: 3D Modeling, 2D Graphics, and Assembly Design. Hyderabad : Apress, 2017. 542 p.
 15. Bob McFarlane. Autodesk Inventor exercises for Autodesk Inventor and other feature-based modelling software. New York : Routledge, 2017. 432 p.
 16. Randy H. Shih. Autodesk Inventor 2019 and engineering graphics. Mission, KS : SDC Publications, 2018. 705 p.
 17. Randy H. Shih. Parametric modeling with Autodesk Inventor 2018. Mission, KS : SDC Publications, 2017. 618 p.
 18. Autodesk Inventor 2018 basics tutorial. Tutorial Books, 2017. 189 p.
 19. Chen Xiaolin, Liu Yijun. Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench. Boca Raton : CRC Press, 2015. 408 p.
 20. David Moratal. Finite element analysis from biomedical applications. Valencia : Polytechnic University of Valencia, 2016. 507 p.
 21. Erdogan Madenci, Ibrahim Guven. The Finite element method and applications in engineering using ANSYS. New York : Springer International Publishing, 2015. 663 p.
 22. Farzad Ebrahimi. Finite element analysis new trends and developments. Iran : International University of Imam Khomeini, 2016. 408 p.
 23. Mary Kathryn Thompson, John M. Thompson. ANSYS Mechanical APDL for finite element analysis Oxford : Butterworth-Heinemann, 2017. 438 p.
 24. Saeed Moaveni. Finite element analysis. Theory and application with ANSYS. Essex : Pearson Education Limited, 2015. 929 p.
 25. Sham Tickoo. CATIA V5-6R2015 for designers. Hammond : CADCIM Technologies, 2016. 1630 p.
 26. CATIA v6 essentials. Sudbury : Jones and Bartlett Publishers, 2011. 305 p.
 27. Gaurav Verma, Matt Weber. Creo Parametric 4.0 Black Book. USA : CADCAMCAE Works, 2017. 737 p.
 28. Paul Obiora Kanife. Computer aided virtual manufacturing using Creo Parametric. Notting Hill : Springer, 2016. 678 p.
 29. Creo Parametric 4.0 Basics. Tutorial Books, 2017. 311 p.
 30. Jouni Ahola. Creo Parametric Modeling for Manufacturing v3. Helsinki : Klaava Media, 2015. 750 p.
 31. Jouni Ahola. Creo Parametric Basic Turning. Helsinki : Klaava Media, 2015. 520 p.

32. Jouni Ahola. Creo Parametric Milling. Helsinki: Klaava Media, 2015. 589 p.
33. Reiner Anderl, Peter Binde. Simulations with NX. Kinematics, FEA, CFD, EM and Data Management. With numerous examples of NX 9. Munich : Carl Hanser Verlag, 2014. 390 p.
34. Sham Tickoo. Siemens NX 12.0 for Designers, 11th Edition. Schererville : CAD/CIM Technologies, 2018. 1140 p.
35. Jože Duhovnik, Ivan Demšar, Primož Drešar. Space Modeling with SolidWorks and NX. Ljubljana : University of Ljubljana, 2015. 500 p.
36. Фомин Б. Rhinoceros. NURBS моделирование для Windows. USA : Robert McNeel & Associates, 2006. 290 с.
37. Andre Kutscherauer. 3D Car Modeling with Rhinoceros. Munich : AK3D, 2011. 624 p.
38. Fletcher Dunn, Ian Parberry. 3D Math Primer for Graphics and Game Development. Plano, Texas : Word ware Publishing, Inc., 2002. 440 p.
39. Joseph Richard Saltzman. Supermodels Professional 3D Training Tools. Buckinghamshire : Cinemagic Productions Limited, 1999. 970 p.
40. Ron K.C. Cheng. Inside Rhinoceros 5. Stamford : Cengage Learning, 2014. 658 p.
41. Ali K. Kamrani, Emad Abouel Nasr. Engineering Design and Rapid Prototyping. London : Springer Science+Business Media, LLC, 2010. 460 p.
42. Ian Gibson, David Rosen, Brent Stucker. Additive manufacturing technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. New York : Springer Science + Business Media New York, 2015. 510 p.
43. Kuang-Hua Chang. Product design modeling using CAD/CAE. The computer aided engineering design series. Waltham : Elsevier Inc., 2014. 421 p.

6 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

44. Система NX (колишня назва - Unigraphics) компанії Siemens. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/nx/>. (дата звернення: 9.08.2025)
45. Система CATIA. URL: <https://www.3ds.com/products/catia>. (дата звернення: 9.08.2025)

46. Система SolidWorks. URL: <https://www.solidworks.com>. (дата звернення: 9.08.2025)
47. Welcom to ANSYS, Inc. – Corporate Homepage. URL: <https://www.ansys.com>. (дата звернення: 9.08.2025)
48. Система PTC Creo Elements/Pro (колишня назва Pro/ENGINEER) компанії PTC (Parametric Technology Corporation). URL: <https://www.ptc.com/en/industries/automotive/>. (дата звернення: 9.08.2025)
49. Система Solidedge компанії Siemens. URL: <https://solidedge.siemens.com> (дата звернення: 9.08.2025)
50. Система Autodesk Inventor. URL: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview> . (дата звернення: 9.08.2025)