

*Колесніков В. О., к.т.н., доц.;
Ставицький О. В.; Єльбакієв Д. Г.; Шматко О. Е.*

ОГЛЯД КОМП'ЮТЕРНИХ ПАКЕТІВ ТА ПРОГРАМ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

В роботі в стислій формі зроблено огляд деяких комп'ютерних пакетів та програм, що застосовуються в автомобільній галузі.

В даній роботі продовжено розвиток наукового напрямку пов'язаного з ІТ технологіями з в аспекті автомобільної галузі [1-5]. Мета роботи полягає в продовженні систематизації інформації стосовно впровадження та застосування нових технологій в автомобільній промисловості, а саме тих, що пов'язані з ІТ сферою.

У наші дні існує досить багато технічних засобів, які допомагають побудувати моделі транспортного потоку. Велика частина цих пакетів спрямована на створення мікрорівневих моделей. Для побудови дорожніх ситуацій, включаючи транспортні вузли, широко відомо кілька десятків відповідних програм. Прикладами можуть служити AIMSUN, AUTOBANH, IHSDM, INTEGRATION, FLEXSYT-II, MITSIM, PARAMICS, PLANSIM-T, TRANSIMS, SimTraffic 6, VISSIM, та ін. [6, 7].

Комп'ютерна програма PC-Crash одна з найбільш популярних і багатофункціональних на сьогоднішній день програм для аналізу і моделювання механізму дорожньо-транспортних пригод (ДТП), творець якої - фірма Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H (DSD). У програмі PC-Crash, використовуються різні модифікації розрахунку зіткнень: традиційна модель удару, а крім того вдосконалена силова і сіткова моделі зіткнення. Перевагою даної програми є можливість здійснювати розрахунок характеристик руху в динаміці - з урахуванням реальних характеристик транспортних засобів, навколишнього середовища і керуючих впливів [8, 9].

Для візуалізації служать 2D анімація (вигляд зверху на робочий стіл) і 3D анімація (вигляд в просторі). Внаслідок чого, дане моделювання можна прикріпити до експертного висновку у вигляді проекту.

Програма PC-Crash базується на загальноприйнятих і практичних наукових даних:

1. Початкові відомості - маса, розміри, твердість конструкції транспортного засобу;
2. Завершення виміру транспортного засобу - дефекти, виміряні від певної бази таким чином, щоб на масштабному макеті робочого транспортного засобу можливо було відновити його деформований профіль;
3. Характеристики удару - скріншоти екрану програми, з яких видно значення EES, імпульсу удару, плече імпульсу, період удару.

Для моделювання та реконструкції місця аварії використовуються наступні комп'ютерні програми: CarSim, TruckSim, CARAT, MADYMO, Virtual Crash та ін [10, 11].

Нові інструменти для моделювання безпілотних автомобілів надає універсальна програмна система кінцево-елементного (МСЕ) аналізу ANSYS [12]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я в автокатастрофах в усьому світі щорічно гине 1,25 мільйона чоловік. Кожні дві хвилини хтось гине через автомашин. Але для деяких інженерів, що намагаються спроектувати автопілотуємі машини - ця частота не стільки вражаюча: причина в тому, що сумарний кілометраж пробігу між послідовними ДТП досить значний. Відповідно до недавнього дослідження Randin «Водіння до безпеки», передбачувана відстань зареєстрованого пробігу, достатня для того, щоб переконати громадськість і законодавців у тому, що автомобілі досить безпечні, становить 14,17 мільярдів км.

Google - лідеру дорожньо - автодромних випробувань самоврядних автомобілів - вдалося накатати тільки 3,22 мільйона км виключно в режимі автономного управління: за 6 років, протягом яких випробують автомобілі, вони потрапили в 14 аварій. Це не наша вина, стверджує Google. Але при таких темпах буде потрібно понад 2000 років, щоб вийти на позначку 14,17 мільярдів км.

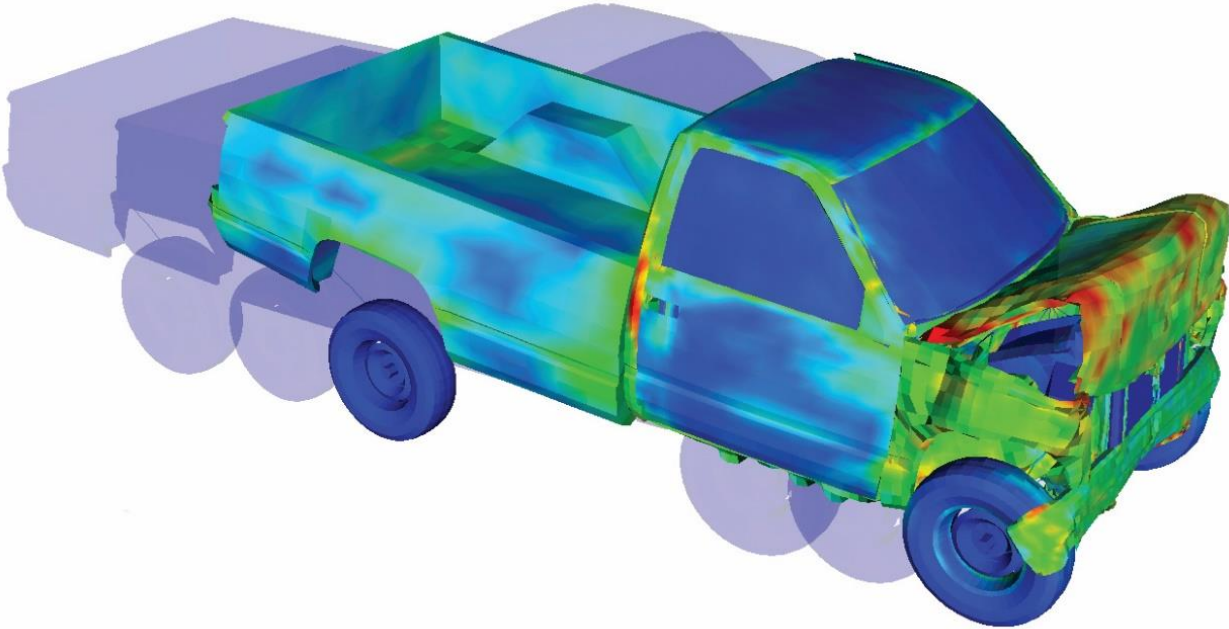


Рисунок 1 – Віртуальне моделювання в системі ANSYS

Очевидно, що стільки часу у нас немає. Сандип Совани (Sandeep Sovani), директор з розробок для автомобілебудування в фірмі ANSYS, стверджує, що більшу частину всіх цих мільярдів кілометрів можна змоделювати [12].

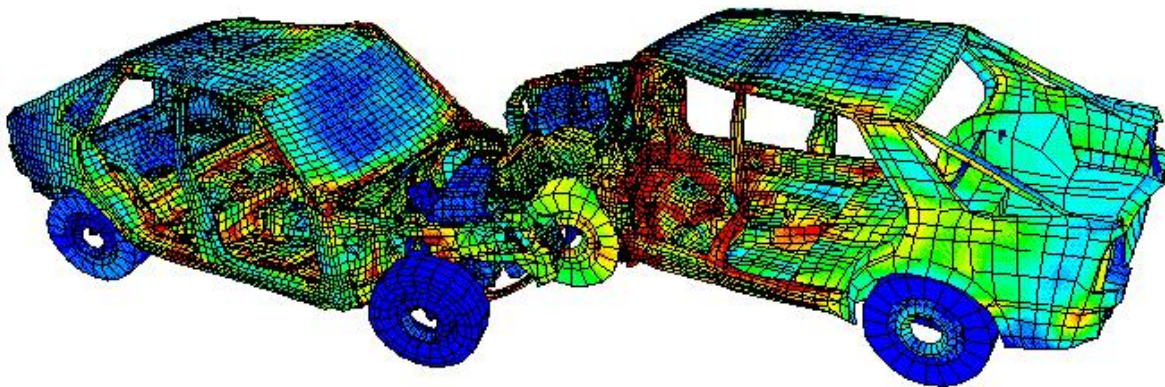


Рисунок 2 – Віртуальне моделювання в системі ANSYS

Хоча в самоврядних автомобілях всього лише близько 12 датчиків: радар, камери, лідар (LIDAR англ. Light Identification Detection and Ranging - світлове виявлення і визначення дальності) і ін.), комбінації комплексних входних сигналів і ситуацій, в яких машина може виявитися, просто приголомшують.

Системи для моделювання різних середовищ автомобіля повинні формувати віртуальні дерева, бордюри і навіть людей. Потрібно моделювати умови, іноді безжальні, для

тестування меж можливостей професійних пілотів-автогонщиків. Наприклад, коли під колесами гоночного автомобіля виявляється полії!

Добре відома розробками в області моделювання механічних систем для автомобілебудування, фірма ANSYS спочатку пропонувала рішення для деформацій, напруги і зносу кузова і запчастин легкових автомобілів. Після придбання в 2006 році Fluent за 398 мільйонів доларів, ANSYS почала аналізувати, як автомобілі переміщуються в повітряному потоці. Однак моделювання руху машин в потоці транспорту вимагає професійної майстерності в іншій області: електромагнетизмі.

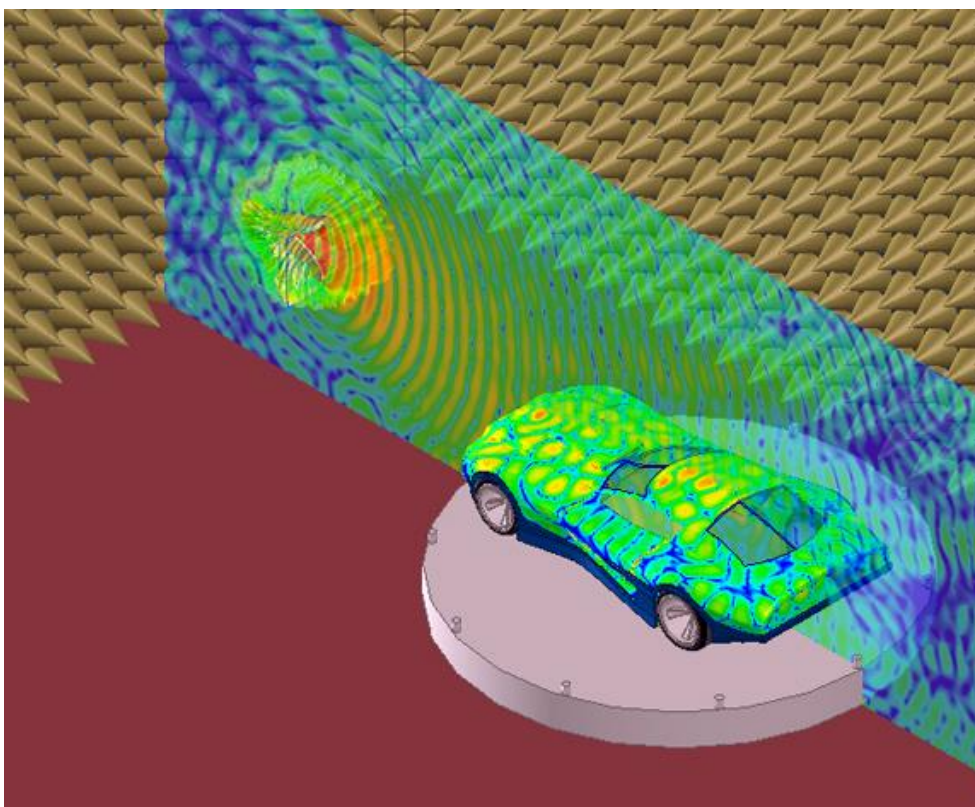


Рисунок 3 – Віртуальне моделювання в системі ANSYS

Індикація близькості до інших об'єктів при рухомому автомобілі здійснюється шляхом відображення від них електромагнітних хвиль. Це те, як працює зоровий апарат і мозок людини з магнітними хвилями у видимій частині спектру. І те, що радары, лідары і комп'ютери здійснюють в іншій частині спектра.

У 2008 році ANSYS купує Ansoft за 832 мільйони доларів. І завдяки основній продукції Ansoft (Maxwell і Simplorer) ANSYS миттєво перетворилася в постачальника рішень в сфері моделювання електроніки та електромагнетизму. Ці напрацювання застосовують і для розробки інших сфер в автомобілебудуванні.

У той час ці дві компанії не знали, наскільки важливим виявиться дане придбання для позиціонування ANSYS в плані розвитку самоврядних транспортних засобів. Шляхом додаткових придбань ANSYS отримала інструментарій для проектування і аналізу автопілотуємих автомобілів. Так, в 2012 році Esterel Technologies купили заради програмного забезпечення SCADe. Тепер ANSYS SCADe розробляє керуючі програми на базі рішень системного проектування, заснованого на моделі (MBSE). SCADe Suite, SCADe Display, SCADe Test і SCADe LifeCycle також сприятимуть подальшому проектуванню і оптимізації вбудованих систем, які перетворили сучасний автомобіль в комп'ютерну систему на колесах.

А придбання Delcross Technology в 2015 р відбулося для отримання технології, трансформованої потім в ANSYS HFSS SBR + (збудження і відображення променів), за

допомогою якої розробляються рішення для тривимірних антен і електромагнітного випромінювання від радіолокаційних станцій.

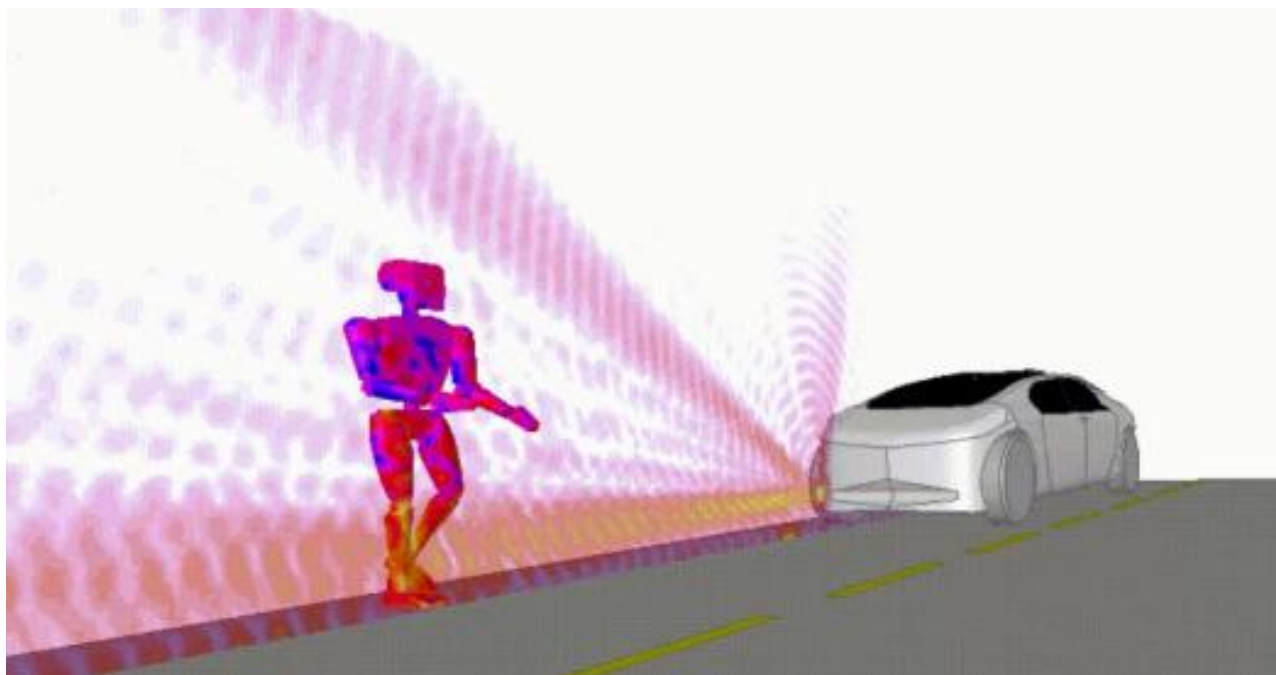


Рисунок 4 – Віртуальне моделювання радара самоврядного автомобіля в системі виявлення пішоходів на основі HFSS (в системі ANSYS)

Для радарних датчиків виявлення положення сусідніх машин ANSYS пропонує ANSYS HFSS, назва якого розшифровується як моделювання високочастотних електронних полів. HFSS, поряд з HBR +, забезпечує тривимірне прогнозування сили і форми електромагнітних хвиль безпосередньо при проходженні і відображенні від тих що є поруч об'єктів, для забезпечення адекватного покриття простору встановленими на автомобілі датчиками і відсутності «мертвих зон».

ANSYS Electronics Desktop є комплексною платформою для аналізу електромагнітного випромінювання. За допомогою звичайного інтерфейсу користувача для первинного та заключного опрацювання використовується комплект інструментів ANSYS з електронних обчислювачів, наприклад, ANSYS HFSS, Maxwell, Q3D Extractor і Simplorer.

Програмне забезпечення ANSYS Simplorer дозволяє застосовувати модельно-орієнтоване проектування в різних галузях, в тому числі, промислового обладнання, авіакосмічній промисловості, електроніці - і в автомобілебудуванні. Simplorer може служити платформою для моделювання транспортних засобів. При моделюванні самоврядного автомобіля інженер буде працювати в Simplorer, виконуючи MBSE, а потім за допомогою SCADE зможе написати код для встановлених на машині керуючих програм.

Існує цілий ряд потужних програм моделювання автопілотуємих автомобілів, включаючи PreScan від TASS International і CarSim від Mechanical Simulation. Ця область швидко розвивається. ANSYS тепер володіє повним набором інструментів електромагнітного аналізу. По мірі того, як автомобіль все більше нашпигований електронікою, зростає важливість моделювання електронних пристроїв.

Поки інші компанії пропонують програмне забезпечення для моделювання самоврядних автомобілів на базі простих аналітичних або емпіричних моделей, ANSYS спирається на свою перевагу в області глибокого комп'ютерного аналізу структурних елементів: датчиків, встановлених в автопілотуємих автомобілях.

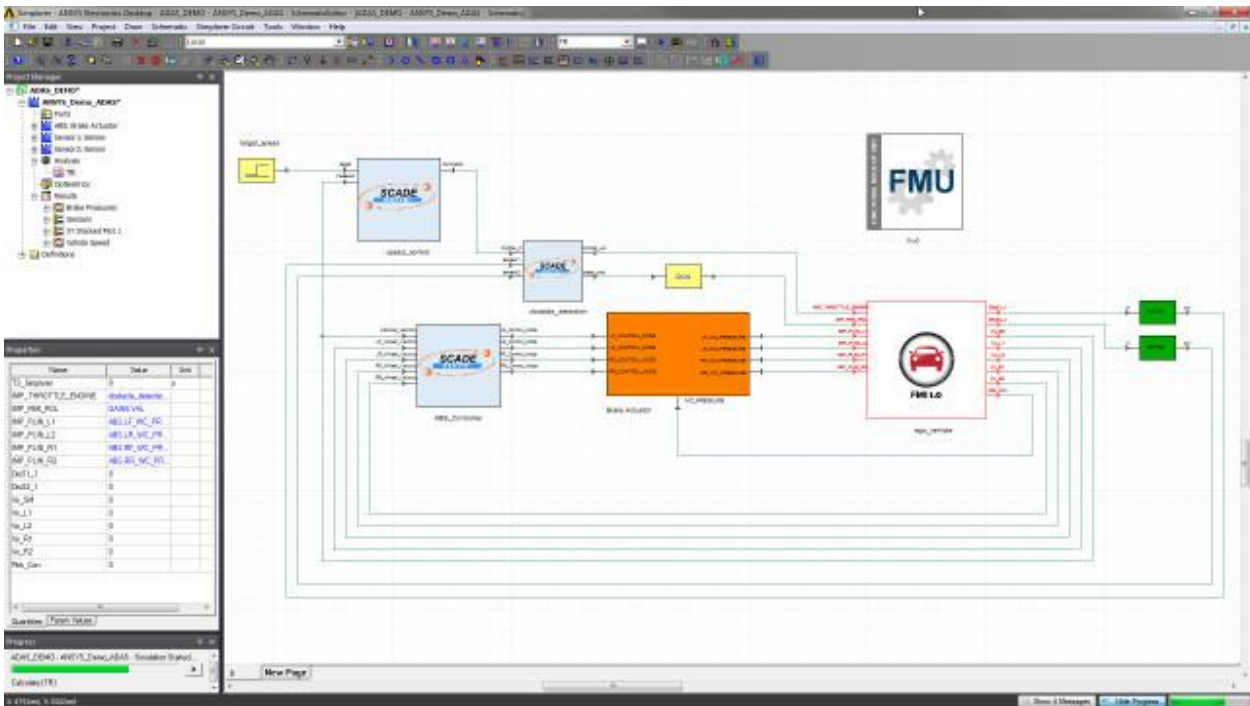


Рисунок 5 – Системна модель автопілотуємого автомобіля ANSYS Simplorer

Моделювання гальмування автобуса, можна отримати з використанням програми SDK Simulation, з даними дорожніх випробувань. Для визначення параметрів руху автобуса використовувалася сучасна вимірювальна система RaceLogic VB20 SL3 20Hz GPSTracker WithSlip, Pitch and Roll Angle. Принцип роботи системи заснований на використанні GPS технологій. На дах автомобіля встановлюються магнітні антени, які забезпечують зв'язок із супутником і дозволяють зафіксувати швидкість транспортного засобу, прискорення (по двом осях), траєкторію руху, кут нахилу і кутову швидкість повороту [13].

Удосконалення комп'ютерної техніки відкрило широкі можливості для імітаційного моделювання робочих процесів механічної обробки методом кінцевих елементів.

Для розрахунку оптимальних режимів різання, точіння, свердління, фрезування та інших технологічних операцій, в т. ч. для автомобільних деталей можна застосувати методи скінченних елементів для моделювання високонелінійних швидких процесів пластичної деформації і руйнування, які можна реалізувати в пакеті LS-DYNA [14, 15].

Роботи в області чисельного моделювання спрямовані на оптимізацію алгоритмів рішення, граничних умов і програмного забезпечення. Вирішення різних задач можна здійснювати в наступних пакетах: ANSYS, COSMOSWorks, ABAQUS, LS-DYNA і ін. Розвиток комп'ютерної техніки надав можливість вирішення пов'язаних нестационарних теплових задач моделювання процесів різання інструментом з покриттям і розрахунку температурного поля в ньому, процесів врізання і виходу інструменту з ладу [16].

Важливим принципом практичної реалізації скінченних-елементних моделей процесів різання є принцип порівняності умов віртуального і натурального робочих процесів, який полягає в необхідності забезпечення геометричної подібності, подібності між граничними і початковими умовами скінченно-елементної моделі і реальним процесом. Зокрема, дослідження показали важливість відповідності ширини зрізу в натурному експерименті граничним умовам у віртуальному [15].

На рисунках 6-9 наведені приклади візуалізації комп'ютерного моделювання, зроблені за допомогою пакету LS-DYNA.

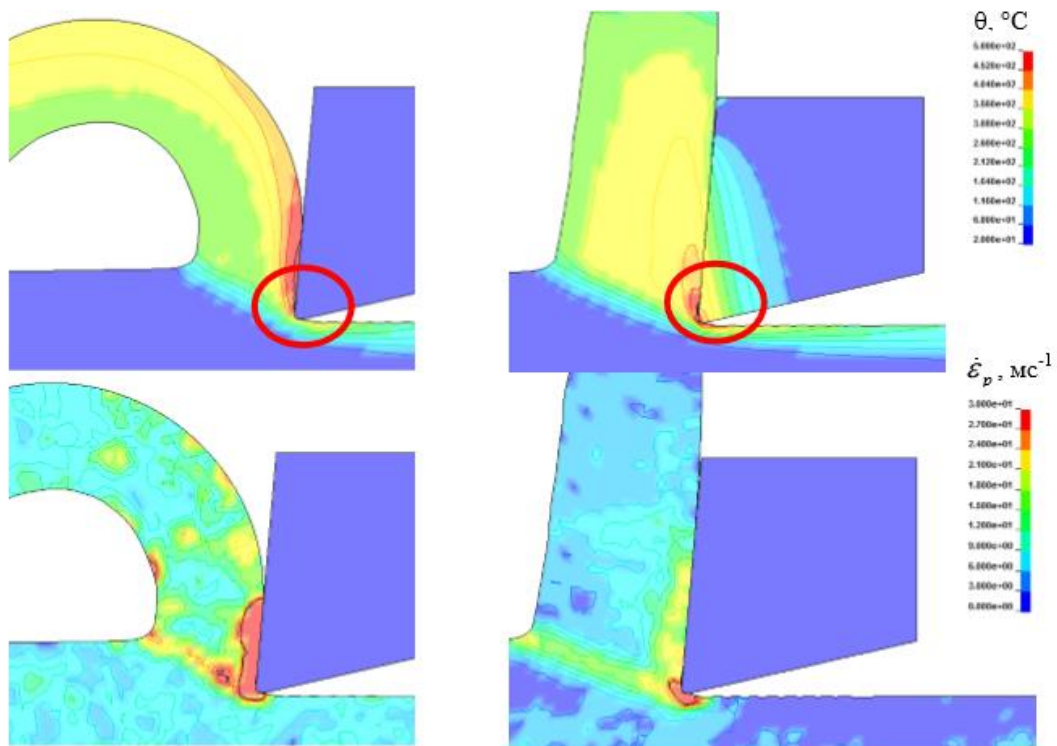


Рисунок 6 – Поля показників процесу різання, визначенні в результаті 2D моделювання

Створення контактної взаємодії, теплопередача, орієнтація твердотільних моделей інструменту і заготовки, вибір кінцевих елементів і настройка симуляції виробляються автоматично. Це дозволяє використовувати даний пакет програм інженерам, які не є спеціалістами в області скінченно-елементного моделювання, і швидко створювати і змінювати моделі механічної обробки. При моделюванні в LS - Dyna PrePost геометрію також можна експортувати з будь-якого CAD-продукту.

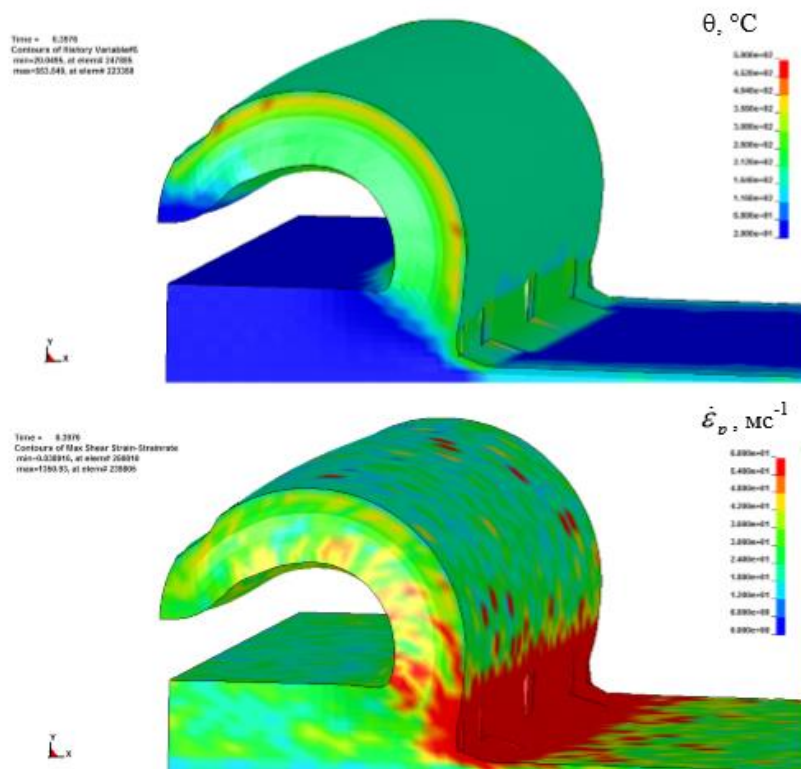


Рисунок 7 – Поля показників процесу різання, визначенні в результаті 3D моделювання

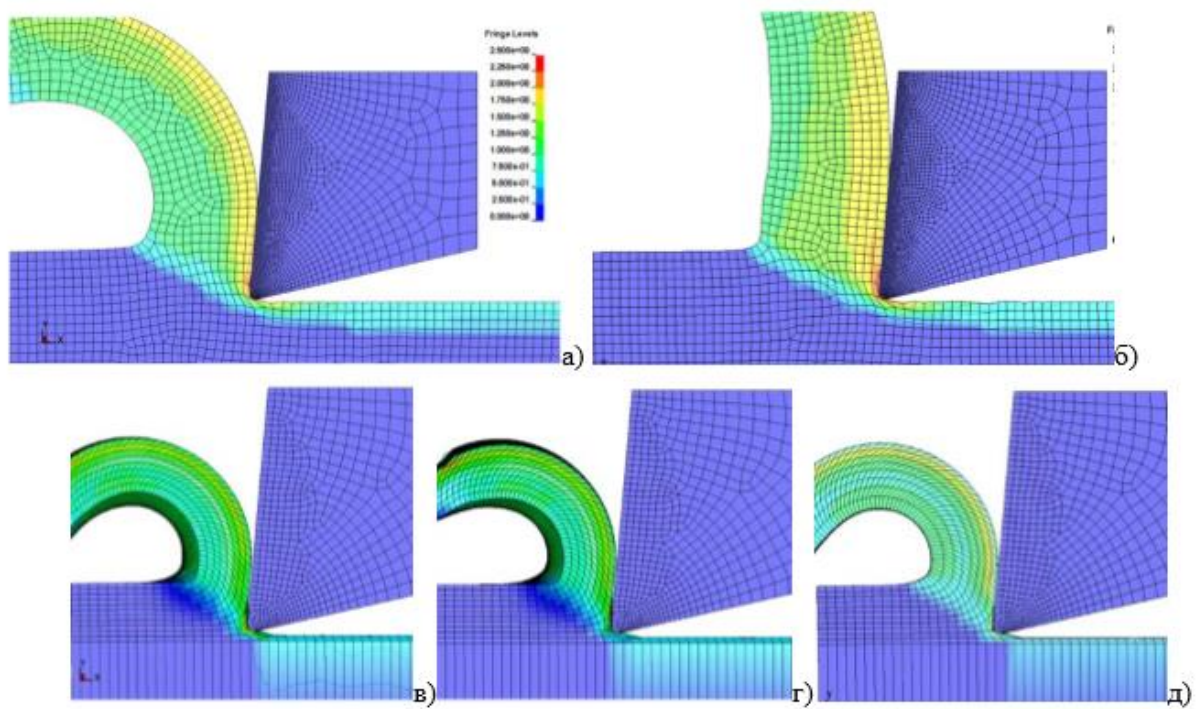


Рисунок 8 – Прогнозована форма стружки [14]

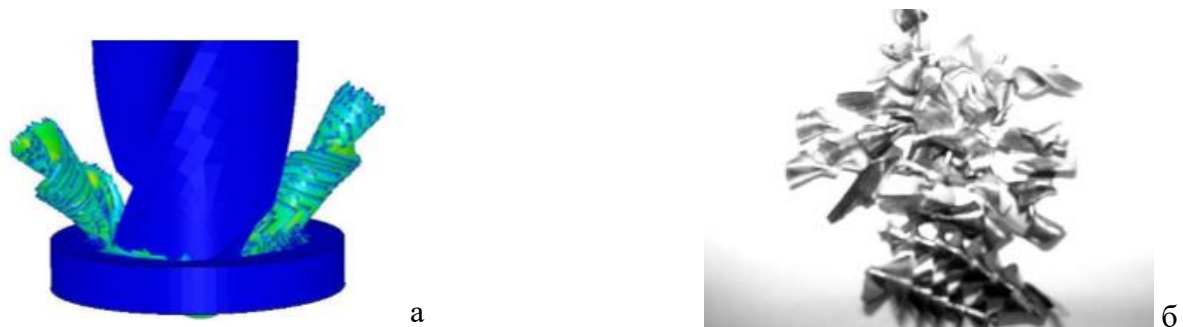


Рисунок 9 – Порівняння стружок, отриманих у віртуальному (а) і натурному експериментах (б) [14]

Метод SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics - гідродинаміка згладжених частинок) є безсітковим Лагранжевим методом, в якому локальні системи координат рухаються разом з SPH частинками. Згідно з методом SPH заготовка представляється дискретними елементами, так званими частинами. Ці частинки характеризуються просторовим елементом відстанню або «довжиною згладжування», зазвичай подаються в рівняннях параметром h . Величина h характеризує відстань, на якому властивості частинок «згладжуються». Це означає, що будь-який фізичний параметр будь-якої частинки виходить підсумовуванням відповідних величин всіх частинок, розташованих від неї на відстані $2h$.

Для створення об'єкта методом SPH необхідно знати особливості цього методу і принципи його роботи для завдання його параметрів. Крім цього необхідно знати і інші значення для завдання умов контакту інструменту і заготовки, типи матеріалів і інші параметри. Наприклад, при моделюванні в DEFORM процесу свердління крок між витками стружки збільшувався до кінця розрахунку. На 15470 кроці відстань між витками становило близько 2,3 мм (рис. 10), а на 77578 кроці - близько 4,2 мм (рис. 11). Діаметр конуса стружки був приблизно однаковий - 1,5-1,7 мм [17].

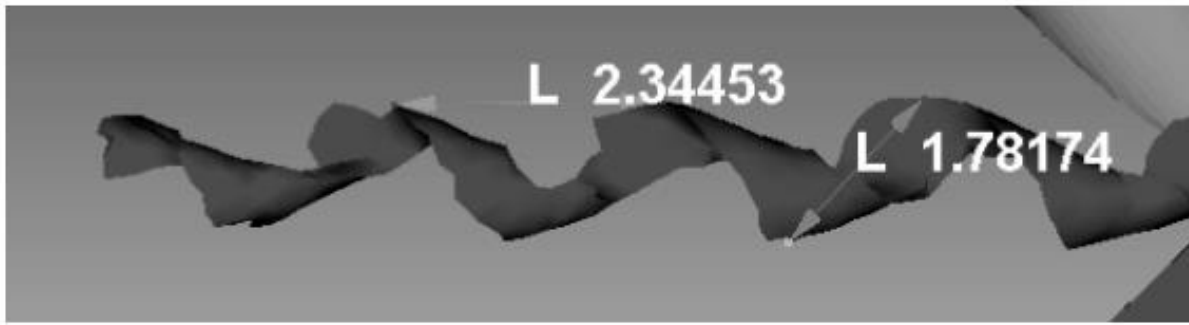


Рисунок 10 – Вид і геометричні параметри стружки на 15470 кроці [17]

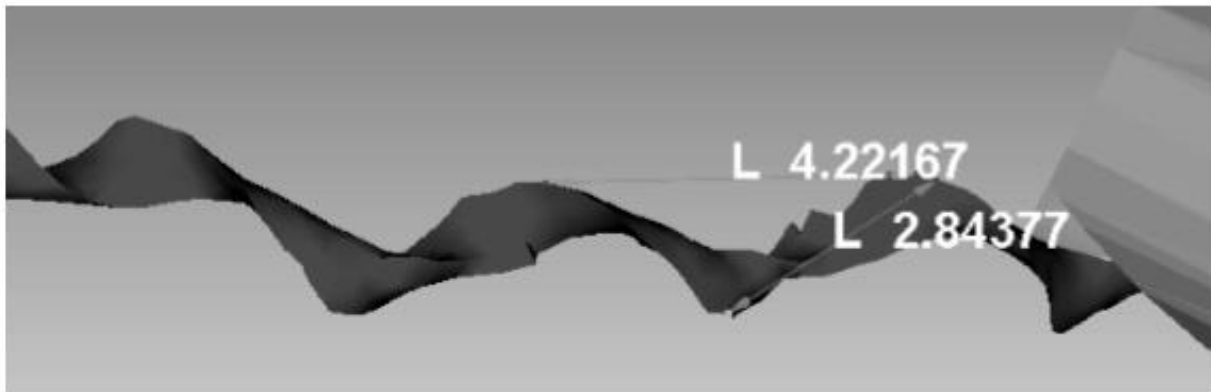


Рисунок 11 – Вид і геометричні параметри стружки на 77578 кроці [17]

Можна одні і теж параметри розраховувати в різних комп'ютерних пакетах програм, а потім їх порівнювати.

Можна виділити кілька етапів моделювання механічної обробки, мають свої особливості в різних CAE системах:

- створення геометрії;
- завдання матеріалів;
- завдання композиційного матеріалу (якщо треба);
- накладення сітки;
- завдання граничних і початкових умов;
- виведення і аналіз результатів.

Головною перевагою DEFORM і ANSYS Workbench, в порівнянні з іншими CAE-системами, є великі бібліотеки матеріалів з можливістю редагування фізичних властивостей існуючих матеріалів і створення нових. Бібліотека DEFORM більше бібліотеки ANSYS Workbench за кількістю матеріалів, особливо, використовуваних при механообробці, але ANSYS Workbench містить гнучку систему завдання властивостей матеріалів. Це дозволяє створювати всілякі матеріали з різними видами і типами фізичних властивостей [18].

Відмінною особливістю LSDYNA є те, що в даній системі не існує бібліотеки матеріалів. Замість цього, існує можливість вибору типу матеріалу з заданими параметрами з більш ніж 260 типів. Це дозволяє створювати моделі матеріалів з мінімумом відомих параметрів, такими як щільність, плинність, модуль Юнга і іншими.

З кожним роком більшість існуючих комп'ютерних пакетів та програм удосконалюються та здобувають нові можливості, тому кваліфікованим інженерним кадрам необхідно слідкувати за поновленнями в цьому напрямку. Ознайомитись з іншими різними можливостями комп'ютерних програм, що застосовуються в автомобільній галузі можна за наступними посиланнями [19-29].

Висновок. В роботі надведено деякий перелік комп'ютерних програм та пакетів, які використовуються в сучасному автомобілебудуванні та інших галузях.

Список літературних джерел

1. Колесніков В. О., Нестеров А. О., Глюзицький О. О. Застосування можливостей обчислювального матеріалознавства та ІТ технологій для розробки автомобільних деталей // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця, с. 6-12.
2. Колесніков В. О., Глюзицький О. О. Застосування можливостей нових технологій та прикладного матеріалознавства для впровадження автомобільних матеріалів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця, с.49-57.
3. Савінова В. В., Колесніков В. О. Застосування методів комп'ютерного зору в автомобільній індустрії // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. С. 113 -120.
4. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. С. 121 -124.
5. Панайотов К. К., Колесников В. А., Подинский Е. С. Алгоритм имитационного моделирования управления обслуживанием технологического маршрута // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 квітня 2012 р. С. 32 - 35.
6. Основные современные инструменты имитационного моделирования транспортных потоков / Ю. И. Захаров, Е. С. Карнаух // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2014. – № 1. – С. 46 – 51.
7. The Federal Highway Administration (FHWA) Web Site. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fhwa.dot.gov>.
8. Корольова Л. А., Кущенко С.В. PC-CRASH програма для моделювання і аналізу дорожньо транспортних пригод. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.scienceforum.ru/2018/pdf/423.pdf>.
9. Программный комплекс PC-CRASH. Программа для моделирования ДТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://70region.tomsk.ru/?p=6_22.
10. В. С. Вайда. Сучасні комп'ютерні програми для моделювання та реконструкції обставин дорожньо-транспортних пригод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.institutemvd.by/components/com_chronofoms5/chronofoms/uploads/2017060808583_7_Vaida.pdf.
11. Применение компьютерного моделирования при проведении автотехнических экспертиз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://avtotrasolog.ru/content/view/25/5/>.
12. Нові інструменти ANSYS для моделювання безпілотних автомобілів <http://integral-russia.ru/2017/01/05/novye-instrumenty-ansys-dlya-modelirovaniya-bespilotnyh-avtomobilej>.
13. Дослідження гальмових властивостей автобуса за результатами комп'ютерного моделювання та даних дорожніх випробувань // А. М. Грошев, С. Ю. Костін, Ю. П. Трусов, Г. А. Конікова, П. В. Середа [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nntu.ru/trudy/2012/03/157-161.pdf>.
14. Криворучко Д. В., Залога В. О., Корбач В. Г. Основи 3D- моделювання процесів механічної обробки методом скінченних елементів: навчальний посібник. Суми: Вид-во СумДУ, 2009. - 208 с.
15. Криворучко Д. В. Моделирование процессов резания методом конечных элементов : методологические основы : монография /Д. В. Криворучко, В. А. Залога. Под общей редакцией В. А. Залоги – Сумы : Университетская книга, 2012. – 450 с.
16. Основы теории резания материалов: учебник [для высш. учебн. заведений] / Мазур Н.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И. и др. ; под общ. ред. Н.П. Мазура и А.И. Грабченко. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2013. – 534 с.

17. І. В. Горбунов, І. В. Ефременков, В. Л. Леонтьєв. Моделювання процесу свердління за допомогою SPH і скінченно елементного методів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2014.pdf>.
18. Особливості моделювання процесів механічної обробки в САЕ – системах // І.В. Горбунов, І.В. Ефременков, В.Л. Леонтьєв, А.Р. Гісметулін [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_4_846_853.pdf.
19. Air flow analysis on a racing car using Ansys Fluent tutorial Must Watch [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=9NG3Qc5f68U>.
20. Інжиніринговий центр "Центр комп'ютерного інжиніринга". Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://fea.ru/news/5004>.
21. WEBINAR 1: ANSYS Workbench Explicit Dynamics FEA of a car-body crash [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.youtube.com/watch?v=uRC3b47_tY/.
21. ANSYS CFX. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cae-expert.ru/product/ansys-cfx>.
22. ANSYS TUTORIAL 4: FINITE ELEMENT ANALYSIS of a Car body crash [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.youtube.com/watch?v=mFl6_bwPxnA/
23. Проектування надійних конструкцій з композиційних матеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ansys.soften.com.ua/blog/127-proektirovanie-nadezhnykh-konstruktsij-iz-kompozitsionnykh-materialov.html/>
24. Meshing large and complex geometries with ansys fluent [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ozeninc.com/meshing-large-and-complex-geometries-with-ansys-fluent>.
25. Аналіз статичної та динамічної міцності кронштейна захисту ременя генератора автомобілів Peugeot для ТПП «Рівалом» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cae-expert.ru/projects/analiz-staticheskoy-i-dinamicheskoy-prochnosti-kronshteyna-zashchity-remnya-generatora/>
26. ANSYS FLUENT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cae-expert.ru/product/ansys-fluent/>
27. Simulating Lightweight Solar-Powered Race Cars [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ansys-blog.com/simulating-lightweight-solar-powered-race-cars>.
28. Volero Car Analysis in Ansys \ CFD Analysis Easy Tutorial New Episode. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=uaHPn53xCbQ>.

Колесніков Валерій Олександрович – к.т.н., м.н.с. лабораторії водневої стійкості конструкційних сплавів відділу фізичних основ руйнування та міцності матеріалів в агресивних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України; доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ

Ставицький Олександр Володимирович – магістрант кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ

Єльбакієв Дмитро Геннадійович – магістрант кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ

Шматко Олександр Едуардович – магістрант кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ