

# Ferodo: У пошуках формули успіху

дата публікації: 2024.07.10



**Від фрикційних матеріалів, винайдених у лабораторії, до виробничого процесу і навіть пакування, Ferodo пристосовується до низки викликів, що постають перед індустрією гальм.**

УЯВІТЬ собі на одну сюрреалістичну, жахливу мить, що ваші руки стали гальмівними колодками автомобіля LMGT3. Я знаю, що це натяжка, але спробуйте.

Ви летите по прямій Mulsanne зі швидкістю 175 миль/год. Наближаючись до першого крутого повороту, гірчичні стіни Aubege промайнуть повз ліворуч, і в полі зору вимальовуються вказівні щити. Гальмівний диск обертається зі швидкістю 1150 об/хв, маючи температуру 400 °С. І ваше завдання — схопити це надгаряче марево й стиснути його якнайсильніше.

Коли тиск зростає, температура піднімається до 750 °С, змушуючи диски світитися вишнево-червоним. Потім ви повторюєте цю процедуру при кожному повороті на кожному колі протягом наступних 12 годин або більше.

У деяких аспектах це надмірне спрощення ролі гальмівних колодок. Необхідно враховувати відчуття, модуляцію, роботу ABS, рівень зносу, стійкість до втрати первинних показників та цілу низку інших факторів. Але суть полягає в тому, що ці, здавалося б, прості каучукові блоки

повинні витримувати одне з найбільш агресивних навантажень на автомобілі. Якщо вони працюють добре, то можуть потенційно забезпечити перевагу у перегонях; якщо ж ні, ви можете опинитися у кюветі або застрягти в огорожі.

Перегони у розробці кращих гальмівних колодок ніколи не закінчуються, пояснює Генеральний Директор Ferodo Racing Сержіо Бонфанті: *“Все дуже змінилося за останні 30 років. Тепер вже недостатньо лише розбиратися у гальмах, треба розуміти динаміку автомобіля в цілому. І темпи розвитку зараз такі, що, як тільки ви зупинитесь у розвитку, хтось обов’язково вас пережене. Це не спринт, це – безупинний марафон.”*

LMGT3 тепер фактично є найвищою сходинкою міжнародних гонок GT. За останнє десятиліття або близько того автомобілі перетворилися на дуже складні гоночні машини, але вони все ще продовжують служити як професійним водіям, так і водіям-аматорам. Згідно з правилами Чемпіонату світу з перегонів на витривалість, кожен автомобіль повинен мати принаймні одного бронзового гонщика та ще одного бронзового або срібного водія в екіпажі з трьох осіб. На іншому кінці шкали може бути багаторазовий переможець Ле-Ману або колишній водій IndyCar, який сяде за кермо.

Ширша система перегонів GT3 також охоплює численні різноманітні події, починаючи від коротких спринтерських перегонів і регіональних чемпіонатів до 24-годинних авторитетних гонок, таких як Ле-Ман і Дайтона. Так само рівень інженерного досвіду коливається від невеликих незалежних підрозділів до повністю укомплектованих робочих груп.

*“Події SRO все ще залишаються найвищим рівнем гонок GT, тому що ви можете мати повністю професійні команди водіїв. У WEC у вас повинна бути суміш водіїв, а це означає, що ви не можете взагалі налаштувати машину на саму межу її можливостей,”* коментує Бонфанті. *“Також існує велика різниця в командах. GT3, як правило, орієнтований на клієнта, тому вони зазвичай зосереджуються на тому, як водій хоче, щоб автомобіль поведився. Деякі починають використовувати підхід, більш керований даними, коли інженери розглядають дані, а потім вирішують, які зміни зроблять автомобіль швидшим, а водій повинен адаптуватися”.*

### **Для максимальної стабільності**

Ferodo консультується з командами, переглядаючи інформацію, як-от коефіцієнти ковзання, графіки G-G і графіки ефективності гальм, щоб дати поради щодо потенційних налаштувань. Там, де це доступно, інфрачервоне вимірювання температури також є надзвичайно корисним.



*Науково-дослідна команда Ferodo каталогізувала поведінку всіх фрикційних матеріалів, які вона протестувала. Тепер інженери можуть користуватися бібліотекою з приблизно 200 різних матеріалів*

*“Вже недостатньо просто знати про гальма, потрібно розуміти динаміку всього автомобіля”*

*“Навіть протягом одного укенду на тому самому автомобілі зчеплення з дорогою може змінитися. Тому ви маєте змінити спосіб налаштування гальм для максимального підвищення ефективності автомобіля,”* додає Бонфанті.

Гальмування ніколи не є цілком лінійною подією. Незважаючи на те, що виробники гальмівних колодок докладають чимало зусиль, щоб забезпечити стабільну роботу в будь-яких умовах, реальність така, що колодки нагріваються під час гальмування, і це, як правило, призводить до висхідної кривої зі збільшенням гальмівної сили, коли автомобіль сповільнюється. (Це той самий ефект, який зазвичай змушує гальма автомобіля злегка схоплюватися, коли автомобіль зупиняється.)

### **Критичні стадії**

І навпаки, рівень аеродинамічної притискної сили знижується на низьких швидкостях (хоча це не такий значний фактор у гонках GT, як це може бути в однісісних автомобілях). Професійні



водії, як правило, краще адаптуються до цих змін у зоні гальмування та оптимізують уповільнення.

*“Ми виконали велику роботу, щоб максимізувати стабільність фрикційного матеріалу. Чим більш полого крива, тим легше регулюються гальма, що полегшує менш досвідченим водіям гальмування без втручання ABS”, — пояснює Бонфанті. “Одним з найбільш критичних етапів є комбіноване гальмування, коли ви все ще гальмуєте, але починаєте повертати. Втручання ABS під час цієї фази призводить до недостатньої керованості автомобіля, що означає, що водієві потрібно більше часу, щоб знизити швидкість”.*

Зрештою, зазначає він, обмежуючим фактором завжди буде зчеплення шини з дорогою. Дуже високий коефіцієнт тертя між диском і колодкою не буде перевагою, якщо шина не зможе ним скористатися.



*Підхід, більш керований даними, починає помічатися в рядах GT3. Це Akkodis Lexus у дії*

Це особливо вірно для автомобілів, обладнаних ABS (наприклад, сучасних машин GT3), де більш агресивний матеріал може викликати передчасне спрацювання системи. Знову ж таки, професійні водії, як правило, краще утримують автомобіль близько до цього порогу, не перевищуючи його, тому вони зазвичай можуть використовувати вищий рівень тертя. Бонфанті каже, що мета завжди полягає в тому, щоб рухатися з таким сильним тертям, яке можуть використовувати автомобіль і шина, але для менш досвідчених водіїв, які відчувають труднощі, також доступні накладки з меншим коефіцієнтом тертя.

*“Навіть відносно мінімалістична накладка містить приблизно 15 інгредієнтів, і всі вони взаємодіють один з одним”*



### **Вимоги, що змінюються**

Підрозділ досліджень та розробок Ferodo, що базується в містечку Шапел-ан-ле-Фріт у графстві Дербішир, очолює технічний керівник Edward Little. Він зазначає, що підхід до розробки також кардинально змінився за лаштунками.

*“Раніше розробкою керувала наша команда, що працювала в лабораторії. У нас була досить гарна ідея, що може стати хорошим фрикційним матеріалом - загалом, потрібно було отримати якомога більше тертя з децю зростаючим профілем і відповідним зносом. Ми повинні були підійти до Sergio та його колег на трасі і сказати: «Ми думаємо, що це спрацює, будь ласка, спробуйте». Зараз все навпаки - трекова команда визначає характеристики, які їм потрібні, а потім запитує нас, чи можемо ми їх надати.”*

Приблизно десять років тому команда досліджень і розробок Ferodo розпочала тривалий процес каталогізації поведінки всіх фрикційних матеріалів, які вона перевірила. За цією ініціативою наразі була створена бібліотека з приблизно 200 різних матеріалів, з яких інженери можуть вибирати потрібне, а нові дані продовжують додаватися.

Процес розробки не завжди йде лінійним шляхом, коли старі матеріали замінюються новими та принципово кращими.

Зміни в характеристиках автомобілів можуть спричинити переоцінку старих матеріалів відповідно до нових вимог.

Запровадження ABS є особливо значущим прикладом, пояснює Little: *“Тепер, коли автомобілі GT оснащені ABS, прямий рівень тертя не завжди є таким важливим. Йдеться про те, як ABS вмикається і вмикається, зменшуючи кількість втручань як на початку, так і в кінці гальмування.”*

*“Два з наших найкращих матеріалів для задніх гальм на даний момент є сполуками, від яких ми спочатку відмовилися після тестування. Тертя було не дуже високим, і вони досить сильно зношувалися під час випробувань на динамометрі, де машина притискається сильніше, щоб компенсувати відсутність тертя. Але коли ми почали розуміти важливість поведінки ABS для динаміки автомобіля на вході в поворот, ми повернулися назад і зрозуміли, що крива тертя була майже абсолютно плоскою, і вони, ймовірно, є найкращими матеріалами для задніх гальм на ринку гонок GT на даний момент.”*

В іншому прикладі матеріал, який продемонстрував значно нижчі очікування під час оригінальних тестів компанії в застосуванні для передніх гальм, пізніше виявився переможним складом для задніх гальм.

*“Зміни в характеристиках автомобілів можуть спричинити перегляд можливості використання старих матеріалів у нових умовах”*

За розробкою гальмівних колодок стоїть багато наукового досвіду, але також і значний ступінь експериментування. Навіть відносно мінімалістична колодка для змагань має десь 15 різних інгредієнтів, і всі вони взаємодіють один з одним, що ускладнює передбачення точної поведінки матеріалу на основі його складових частин. Натомість увага зосереджена на каталогізації поведінки повної сполуки в цілому.

*“Ви можете використовувати своє судження як той, що створює формулу, щоб спрямувати матеріал у правильному, на вашу думку, напрямку. Можливо, чотири рази з п'яти не спрацьовують, але п'ятий може дати нам щось, що є покращенням для певної програми - навіть якщо це не те, що ми спочатку мали на увазі” , - коментує Little.*



*Matmut Evolution використовує колодки Ferodo для гонок GT на двійнику Toyota GR Supra GT4*

### **Прогностичне програмне забезпечення**

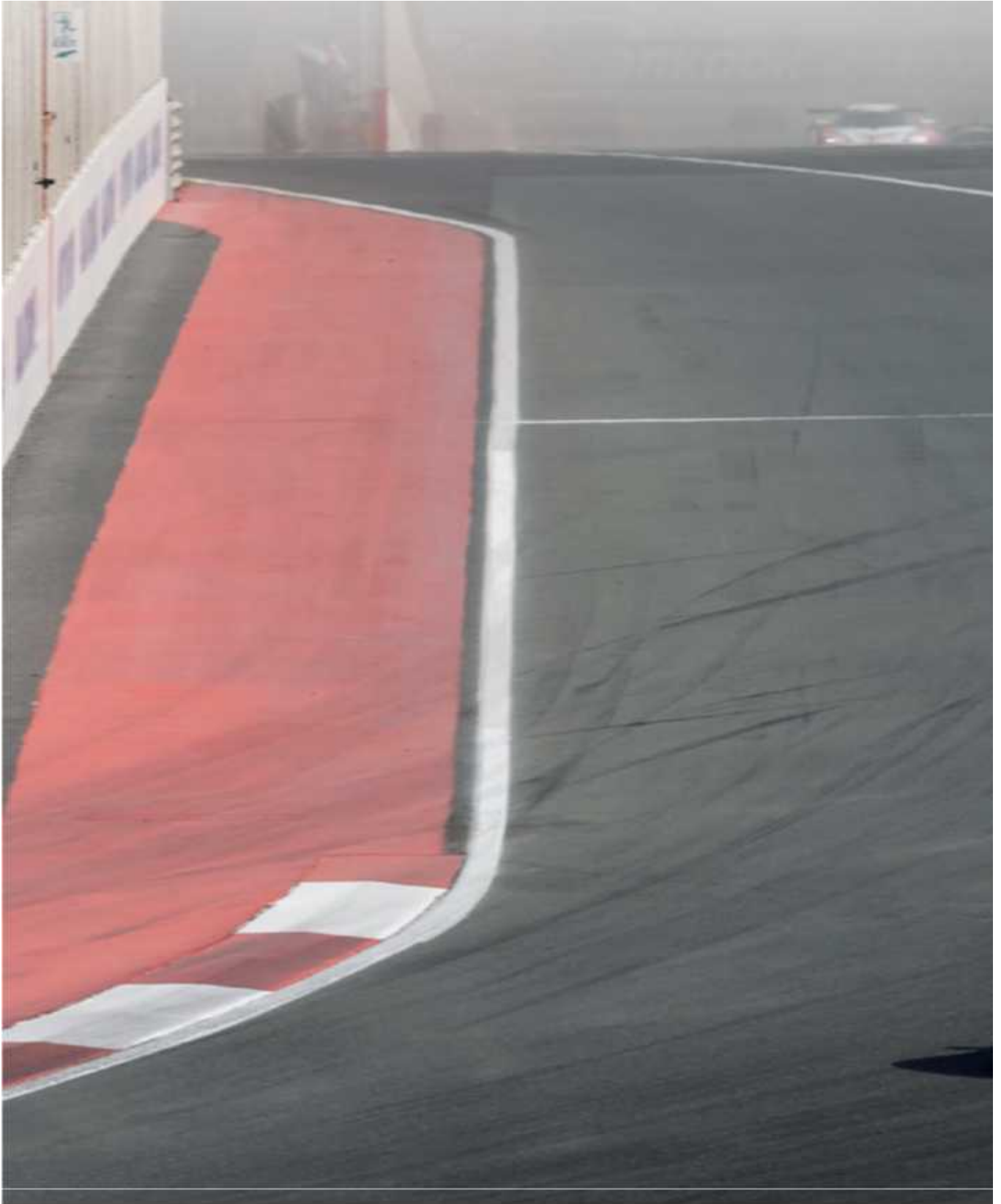
Компанія Ferodo досягла певного успіху з програмним забезпеченням прогнозування на основі даних. Однак Little зазначає, що для виявлення кореляцій потрібна величезна кількість експериментальних даних: *“Ви можете отримати 30 різних сполук, які вам потрібно перевірити, щоб заповнити цей експериментальний простір. Навіть якщо проводити всі внутрішні тестування, кожен тест коштує приблизно 2000 євро, тож тепер ми використовуємо децю інший підхід, оцінюючи ключові компоненти окремо.”*

Цей підхід до каталогізації навіть змінив стратегію найменування продуктів. Раніше інженери Ferodo використовували власні внутрішні коди розробки, а успішні матеріали отримували окрему торгову назву, коли вони випускалися на ринок, наприклад DS3000 або DSUNO. Зараз продукти надходять на ринок під кодами їхньої розробки.

Наприклад, матеріали TL180 і TL163, призначені для передньої та задньої осі автомобілів GT відповідно, були 180-м і 163-м матеріалами, що випробовувались.

*“Іноді ми випускаємо зразки матеріалів для тестування клієнтами, і це часом виникає плутанина, якщо клієнт тестував щось, що ідентифікувалося за номером TL на початку року, а потім він знаходив це під іншою назвою, коли приходив, щоб купити це протягом сезону”,* – коментує Little.





*Сезон 2024 тільки розпочався, але Ferodo вже отримала 24-годинне задоволення від тріумфу команди Eastalent Racing на Audi R8 LMS GT3 EVO у перегонах Hankook 24H Dubai*

### **Стаємо більш екологічними**

Зміни матеріалів гальмівних колодок викликані не лише зміною вимог до автомобіля. Екологічні норми змінюють формули гальм у світі дорожніх автомобілів. Використання міді, яка є потенційно токсичною, якщо накопичується в навколишньому середовищі, буде заборонено в гальмівних колодках дорожніх автомобілів у США з наступного року. Цілков



можливо, що автоспорт вирішить відобразити ці правила. Крім того, з 2030 року згідно з нормами щодо викидів Euro 7 планується запровадити обмеження гальмівних частинок, що також може вплинути на тенденції в автоспорті.

*“Усі виробники в автоспорті можуть сприяти зменшенню впливу спорту на навколишнє середовище”, — коментує Bonfanti. “Зі свого боку, ми вже намагаємося споживати менше енергії під час виробництва та використовувати менше упаковки, а також шукаємо інші способи зробити продукцію більш екологічною.”*

Електрифікація є ще однією важливою тенденцією галузі в ширшому розумінні, хоча важко точно передбачити, який вплив це матиме на формулу гальмівних колодок, пояснює Little: *“Електричні та гібридні силові агрегати можуть впливати на такі речі, як маса та центр ваги автомобіля, але, окрім цього, немає фундаментальних причин, чому це має змінювати ситуацію. Кілька років тому ми робили колодки для Jaguar I-Pace eTrophy, який на той час був серією підтримки для Формули E, і ми використовували точно такі ж колодки на задній осі цього автомобіля, так само, як і для гоночних автомобілів GT з двигуном IC.”*

Існує також синергія з існуючими проблемами дизайну. Він зазначає, що стабільність характеристик у широкому діапазоні температур дуже важлива для автомобілів з електричним гальмівним приводом, так само як і для ABS.

Які б виклики не ставило майбутнє, Ferodo обов'язково знайде щось у своєму постійно зростаючому каталозі матеріалів, що відповідатиме новим вимогам.

*Автор Chris Pickering*



Джерело: <https://automaster.net.ua/drukujpdf/artukul/55917>