

Полімери для оборонно-промислових компонентів

Практичний каталог інженерних полімерів для БПЛА, електроніки, наземних станцій, приладових і силових вузлів.

Підбір починається з функції вузла, режиму роботи та маршруту перевірки; назва матеріалу фіксується після інженерного звуження кандидатів.

Examid® PA

PA610

PA GF / CF

PPA

Exaflex® TPU/TPV/TPEE

Exablend® POK

PBT / PC

Ultraplen® PP

PPS / PSU / PEEK

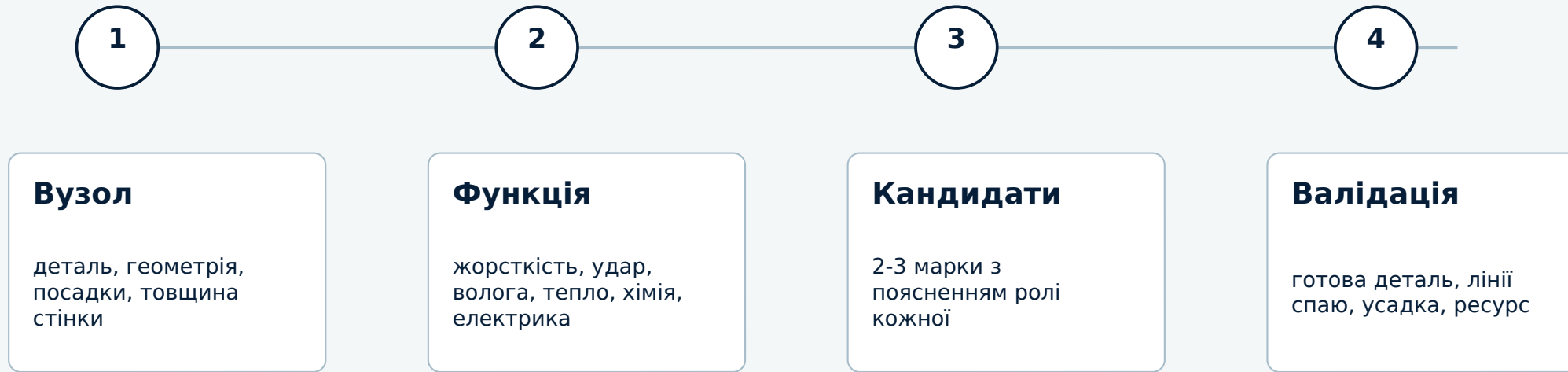
Структура каталогу

- прикладні карти по вузлах
- матеріальні групи та критерії вибору
- порівняльні інженерні індикатори
- маршрут валідації перед серією

Орієнтир для першого інженерного відбору: вузол, режим роботи, матеріал-кандидат, перевірка.

Від вузла до матеріалу-кандидата: короткий маршрут інженерного відбору

Каталог побудований для швидкого первинного відбору матеріалу під конкретний вузол. Логіка сторінок допомагає перейти від функції деталі до кандидатів, режиму переробки та плану перевірки.



Для конструктора

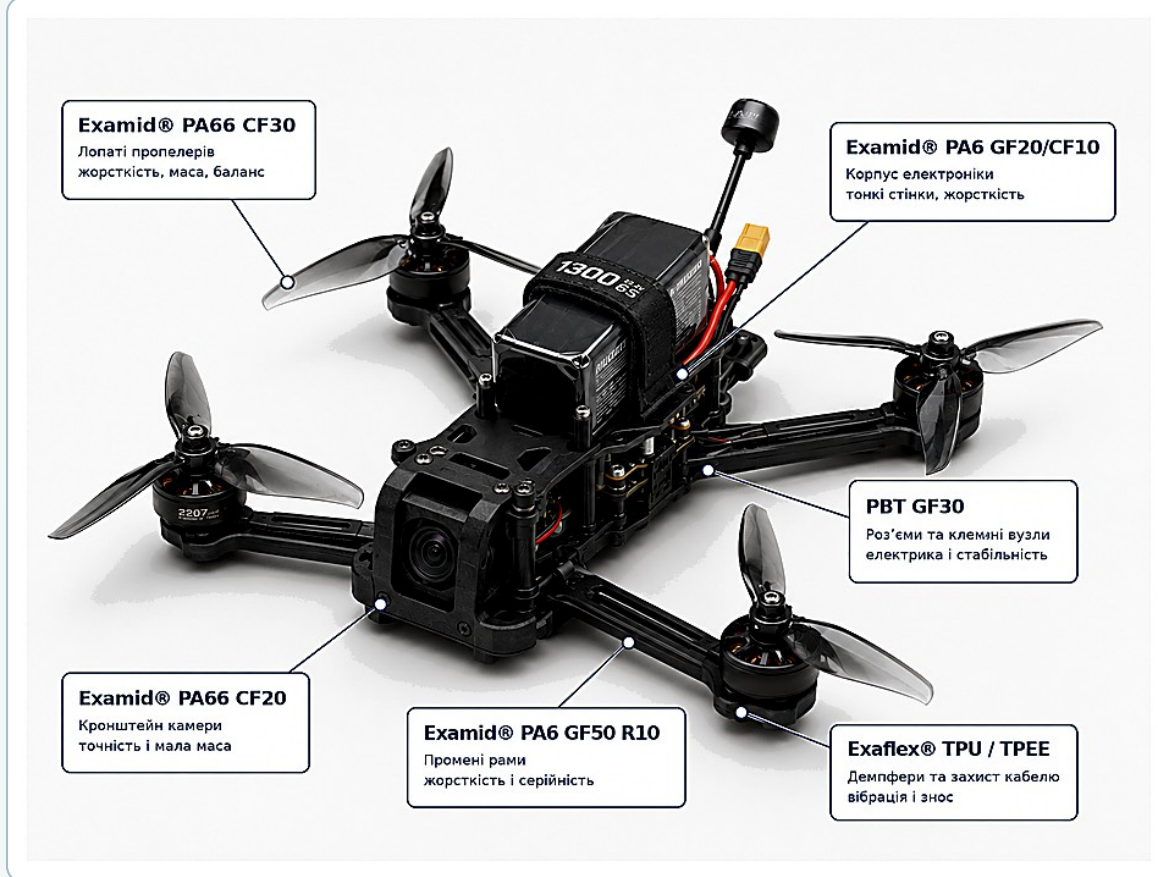
Швидкий перехід від функції деталі до матеріалів-кандидатів і критичних перевірок.

Для технолога й закупівельника

Зрозуміла логіка вибору класу матеріалу, технологічних ризиків і наступного кроку перед серією.

Малий FPV-дрон - матеріали за вузлами

Показані вузли наведені лише як наочні приклади можливого підбору матеріалу під типові елементи. Фінальна специфікація визначається вимогами конкретного вузла, процесу та випробувань.



КЛЮЧОВИЙ КЕЙС

Малий FPV-дрон

Виноски показують стартову логіку підбору матеріалу під вузол і режим роботи.

- лопаті пропелерів - PA66 CF30 після перевірки
- промені рами - PA6 GF50 R10
- корпус електроніки - PA6 GF20/CF10
- демпфери та захист кабелю - TPU / TPPE

Фокус перевірки: баланс, втома, вібрація, складання, усадка та лінії спаю.

Важкий БПЛА - матеріали за вузлами

Показані вузли наведені лише як наочні приклади можливого підбору матеріалу під типові елементи. Фінальна специфікація визначається вимогами конкретного вузла, процесу та випробувань.



КЛЮЧОВИЙ КЕЙС

Важкий БПЛА

Для більшого класу БПЛА важливі жорсткість, ресурс, температурний запас і контрольована маса.

- силові елементи - PA66 GF50 / PPA GF
- корпуси та кронштейни - PA6 GF30/50
- нагріті вузли - PPA CF/GF
- ущільнення та демпфери - TPU/TPEE

Фокус перевірки: баланс, втома, вібрація, складання, усадка та лінії спаю.

Наземна станція керування - матеріали за вузлами

Показані вузли наведені лише як наочні приклади можливого підбору матеріалу під типові елементи. Фінальна специфікація визначається вимогами конкретного вузла, процесу та випробувань.



КЛЮЧОВИЙ КЕЙС

Наземна станція

Портативні станції потребують ударної в'язкості, стабільної геометрії та контрольованої маси.

- корпуси - PC-ABS / PA GF
- петлі та фіксатори - POK / PA GF
- ущільнення - TPU / TPV
- панелі та кришки - PP GF / PBT

Фокус перевірки: баланс, втома, вібрація, складання, усадка та лінії спаю.

Оптико-електронний модуль - матеріали за вузлами

Показані вузли наведені лише як наочні приклади можливого підбору матеріалу під типові елементи. Фінальна специфікація визначається вимогами конкретного вузла, процесу та випробувань.



КЛЮЧОВИЙ КЕЙС

Оптико-електронний модуль

Для приладових вузлів критичні посадки, стабільність, електроізоляція та температурний режим.

- корпус - PBT GF / PC-ABS
- посадки оптики - PBT GF / PPA
- захисні екрани - PC
- кабельні елементи - TPU / TPEE

Фокус перевірки: баланс, втома, вібрація, складання, усадка та лінії спаю.

Тактичний автомобіль - матеріали за вузлами

Показані вузли наведені лише як наочні приклади можливого підбору матеріалу під типові елементи. Фінальна специфікація визначається вимогами конкретного вузла, процесу та випробувань.



КЛЮЧОВИЙ КЕЙС

Тактичний автомобіль

Наземні платформи дають ширший діапазон вузлів: від кожухів до силових кронштейнів.

- великі кожухи - PP GF / PC-ABS
- силові кронштейни - PA GF/CF
- тертя і ролики - POK
- гарячі вузли - PPA / PPS

Фокус перевірки: баланс, втома, вібрація, складання, усадка та лінії спаю.

Матеріальні групи: робочі зони полімерних груп

Кожна група закриває свою робочу зону. Порівняння нижче допомагає швидко звизити вибір перед TDS і тестом деталі.

PA / PA66

універсальні конструкційні поліаміди: удар, жорсткість, серійність

PA GF / CF

жорсткі корпуси, кронштейни, опорні елементи

PPA

гарячі та навантажені вузли з кращою стабільністю

TPU / TPEE / TPV

демпфери, кабель, ущільнення, удар і вібрація

POK

тертя, знос, ролики, втулки, шестерні

PBT / PC

електроніка, корпуси, прозорі екрани, FR-рішення

PP GF

великі легкі кожухи, панелі, транспортні елементи

PPS / PSU / PEEK

температура, хімія, довготривалі навантаження

Кандидати в каталозі - це старт для інженерного відбору. Фінальна марка залежить від геометрії, литникової системи, режиму роботи та тесту деталі.

Відома деталь визначає клас матеріалу

Спочатку описуємо функцію вузла, потім звужуємо вибір до 2-3 матеріальних кандидатів і перевірок.

Тип вимоги	Можливий кандидат	Ключова причина	Критична перевірка
удар / падіння	PA HI, PC-ABS, TPU	в'язкість і енергоємність	удар, мороз, старіння
жорсткість / форма	PA GF, PBT GF, PP GF	модуль і контроль усадки	короблення, лінії спаю
тертя / знос	POK, POM, PA+PTFE	низький коефіцієнт тертя	PV-limit, пил, температура контакту
гарячий вузол	PPA, PPS, PEEK	теплостійкість і creep	HDT, ресурс під навантаженням
електроніка	PBT FR, PC-ABS, PC	ізоляція, корпус, прозорість	горіння, посадки, удар
ущільнення / кабель	TPU, TPEE, TPV	еластичність і вібрація	ресурс, паливо, температура

На технічних сторінках матеріали не є остаточною специфікацією. Це інженерна гіпотеза для першої проби.

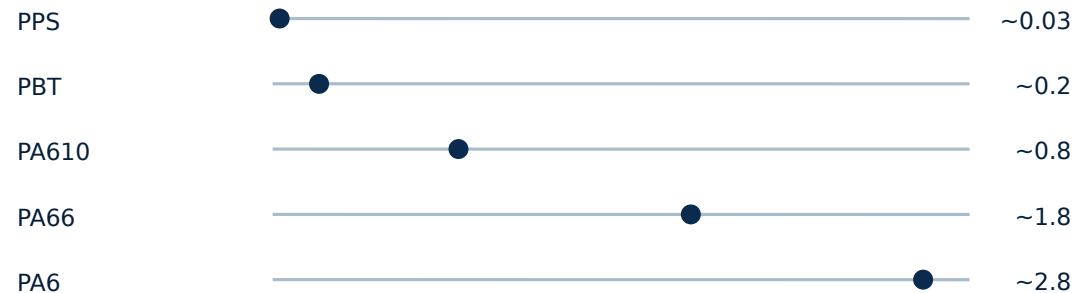
Індикатори первинного інженерного відбору

Показники нижче є орієнтовними діапазонами для швидкого звуження вибору. Фінальний матеріал підтверджується TDS конкретної марки та перевіркою у готовій деталі.

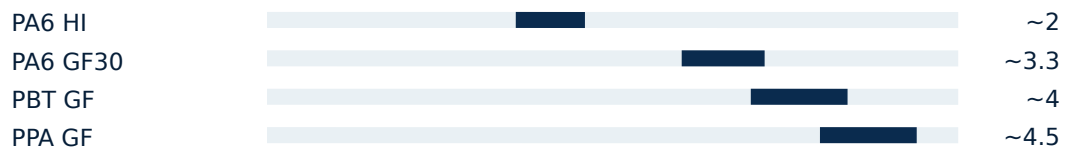
Модуль пружності, GPa



Водопоглинання, %



Геометрична стабільність, індекс 1-5



Тривала робоча температура, °C



Ненаповнені та ударомодифіковані поліаміди для засувок, фіксаторів і корпусних деталей

Коли потрібна в'язкість, удар і технологічність тонких стінок.

Типові вузли

пряжки, кліпси, засувки, тонкостінні корпуси, фіксатори, захисні кришки

Інженерна роль

забезпечити ударну в'язкість, пружний хід, живучість після падіння або локального удару

Важливо перевірити

удар після старіння, мороз, лінії спаю, ресурс циклів, сгеер у защіпці

Матеріал	Коли доречний	Основний ризик	Перевірка
PA6 HI	ударні корпуси, фіксатори	водопоглинання та геометрія	удар + розмір після кондиціювання
PA66 HI	гарячіші вузли, кращий температурний запас	ціна та переробка	ресурс циклів, мороз
PA6 / PA66 base	коли удар не критичний	крихкість у тонких місцях	готова деталь, лінії спаю

Для тонких і ударних деталей максимальна жорсткість не є головним критерієм. Часто потрібен баланс: в'язкість + лиття + ресурс циклів.

Склонаповнені поліаміди для серійних жорстких корпусів і опорних елементів

GF- і LGF-модифікації застосовують, коли потрібні жорсткість, стабільна форма, серійна технологічність і контрольована економіка виробу.

Матеріал	Типові вузли	Інженерна роль	Перевірка
PA6 GF30	базові корпуси, кришки, кронштейни	жорсткість + технологічність	усадка, короблення, лінії спаю
PA6 GF50 R10	промені, опори, силові елементи	вищий модуль і стабільність	баланс жорсткості та удару
PA66 GF30/50	гарячіші вузли та навантаження	кращий температурний запас	сгеер, втома, посадки
PA LGF	великі деталі, панелі, кронштейни	опір деформації і повзучості	орієнтація волокон, короблення

Приклад вузла



Турнікет: силова пряжка, фіксатори, елементи ручки та жорсткі вставки можуть виконуватися зі склонаповнених PA після перевірки удару, посадок і втоми.

Підсилення скловолокном підвищує жорсткість, але робить геометрію залежною від орієнтації волокон. Форма деталі, литникова система та лінії спаю мають розглядатися разом із вибором марки.

Вугленаповнені поліаміди для лопатей БПЛА, легких жорстких вузлів і зменшення маси

Для лопатей і тонких швидкісних деталей критичне поєднання жорсткості, в'язкості, балансу, втомної міцності та стабільного лиття.

Кандидат	Де розглядати	Чому може працювати	Що обов'язково перевірити
PA66 GF30 / CF40	жорсткі або навантажені лопаті після перевірки	модуль, стабільність, маса	удар, баланс, втома, вібрація
PPA CF33	гарячіші та навантажені вузли, не як автоматичний вибір	температурний запас, стабільність	крихкість, креер, ресурс після ударів
PA6 GF/CF	тонкі корпусні та рамні елементи	лиття, жорсткість, економіка	лінії спаю, усадка, повторюваність

Для чого потрібні CF/GF

CF/GF-кандидати доречні там, де після проби підтверджено баланс жорсткості, удару, маси та стабільності тонкої лопаті.

Критерії допуску до серії

Для малих швидкісних FPV-пропелерів кандидат розглядається тільки після перевірки балансу, втоми, вібрації та стабільності після ударів.

Логіка для стандартних FPV-пропелерів

Не "максимальна жорсткість", а комбінація: жорсткість + ударна в'язкість + стабільне лиття тонкої лопаті + повторюваний баланс.

Критичні ризики

балансування, втома, креер, вібрація, стабільність після ударів, розкид маси, якість литникової системи.

Тепло, волога і тонкі посадки без переходу до PPS або PEEK

PA610, PA612, PA66 та PPA можуть закрити середню зону між базовими PA і high-performance класами.

PA610 / PA612

нижче водопоглинання, краща стабільність розмірів, корисно для посадок і вологих середовищ

PA66 / PA66 GF

кращий температурний запас порівняно з PA6, придатний для гарячіших вузлів

PPA GF / CF

для вузлів, де потрібні температура, модуль і стабільність, але ще не потрібен PPS/PEEK

Питання

Посадки

Що підтвердити

розмір після кондиціювання; сгеер; температурний цикл

Тонка стінка

заповнення, лінії спаю, локальна крихкість

Волога

водопоглинання, зміна модуля, стабільність геометрії

Серійність

вікно переробки, повторюваність партії, економіка

Середній клас може закрити вимоги до стабільності без переходу до дорожчих high-performance полімерів.

Еластомерні рішення для демпфування, герметизації та циклічної деформації

TPU, TPEE, TPV і PA12 використовують для вузлів, де жорсткий пластик не повинен бути єдиним рішенням.

Матеріал	Де застосувати	Інженерна роль	Перевірка
TPU	демпфери, кабельні вводи, захист	удар, еластичність, стирання	твердість, паливо, холод
TPEE	пружні елементи, гофри, цикли	кращий ресурс циклів і температура	втома, сгеер, температура
TPV	ущільнення, накладки, м'які корпусні елементи	еластичність і хімія	стискання, масло, старіння
PA12	трубки, гофри, пневмолінії	низьке водопоглинання, гнучкість	радіус вигину, тиск, холод

Коли еластомер кращий

Коли жорсткий пластик передає удар або вібрацію в конструкцію, еластомер може зменшити шум, ризик тріщин і перевантаження.

Критерії вибору

Для TPU/TPEE/TPV важливі ресурс циклів, стискання, паливо/оливи, холод, старіння і стабільність властивостей.

Еластомер не “додається в кінці”. Його краще розглядати на етапі архітектури вузла: він може зменшити шум, вібрацію і ризик руйнування жорсткої деталі.

Полікетон для тертя, втулок, роликів і рухомих траєкторій

POK доречний там, де важливі тертя, знос, хімічна стійкість і стабільна робота рухомого контакту.

Вузол	Матеріал-кандидат	Інженерна роль	Перевірити
втулки / ролики	POK M330A, POK WR	низьке тертя, знос, ресурс	коєф. тертя, PV-limit
шестерні	POK GF / WR	тиха робота, стабільність зуба	сухе/змащене тертя, шум
контакт із пилом	POK WR / GF	опір абразивному зносу	абразивний пил, температура контакту
вологе середовище	POK base / GF	гідролітична стабільність	волога, хімія, ресурс
паливо / олива	POK WR / GF	стійкість до середовищ	паливо, оливи, набухання

Для вузлів тертя недостатньо перевірити тільки "знос". Критичні параметри: коефіцієнт тертя, PV-limit, сухе/змащене тертя, абразивний пил, температура в контактї та вологе середовище.

PBT і PC для електротехніки, роз'ємів, захисних екранів і приладових корпусів

У електроніці важливо розділити роль матеріалу: посадки, ізоляція, удар, прозорість або горіння.

Матеріал	Основна роль	Типові вузли	Перевірка
PBT GF	розмірна стабільність, електроізоляція, low moisture	роз'єми, посадки плат, корпуси електроніки	посадки, волога, лінії спаю
PBT FR V0	електротехнічні корпуси, де потрібне горіння	корпуси, роз'єми, електромодулі	UL94, CTI, горіння
PC	прозорість, удар, захисні екрани	вікна, екрани, кришки	удар, подряпини, UV
PC-ABS	корпуси з ударною в'язкістю та кращою переробкою	панелі, приладові корпуси	удар, температура, переробка



Інженерна логіка

PBT GF - точні посадки та ізоляція. PC - удар/прозорість. PC-ABS - корпус із кращою переробкою. PBT FR V0 - коли потрібне горіння.

Поліпропіленові компаунди для великих легких деталей і контрольованої собівартості

PP доцільний у вузлах, де пріоритетом є маса, габарит і економіка, а не високі температури, точні посадки чи довготривале навантаження.

PP-рішення	Де доречно	Перевага	Обмеження
PP GF30	великі легкі кожухи, внутрішні панелі	вага, ціна, жорсткість	сгеер, температура, точність
PP talc / mineral	панелі, транспортні елементи, кришки	стабільність, економіка	удар і довготривале навантаження
PP impact	захисні кришки, пакувальні елементи	удар і ціна	температура, посадки
PP custom	великі деталі без високої температури	контроль властивостей під задачу	потребує перевірки ресурсу



PP GF30 хороший за вагою та ціною, але може програвати PA/PBT/PC-ABS по сгеер, температурі, точності та довготривалій стабільності. Для defense-вузлів його краще позиціонувати там, де немає високої температури, точних посадок і тривалого навантаження.

High-performance полімери для температури, хімічної стійкості та довготривалої стабільності

PPS, PSU, PEEK і сусідні класи використовують тоді, коли стандартні інженерні полімери вже не дають запасу.

Клас	Сильна зона	Обмеження / уточнення	Перевірка
PPS	температура, хімія, стабільність	часто більш крихкий, вища ціна	удар, температура, хімія
PEEK	максимальний ресурс, температура, хімія	дуже висока вартість	ресурс, знос, точність
PSU	теплостійкість, прозорість, гідроліз у певних умовах	не універсальний для жорсткої хімії та UV/зовнішньої експлуатації	хімія, UV, волога
PPSU / PEI / PES	сусідні high-performance класи для окремих задач	не обов'язково складська позиція MW	TDS, доступність, тест вузла

Чому не один кошик

PPS, PSU, PEEK, PPSU, PEI і PES мають різні сильні зони. Їх не варто подавати як взаємозамінні без уточнення середовища.

Що вирішує вибір

температура, хімія, UV, волога, ресурс під навантаженням, удар, доступність марки і економіка проекту.

Для оборонних вузлів важливо не змішувати high-performance класи в один кошик. PSU може бути доречний у частині тепла та гідролізу, але його хімічна стійкість і зовнішня експлуатація потребують окремої перевірки.

Матеріал-кандидат і перевірка для типових вузлів

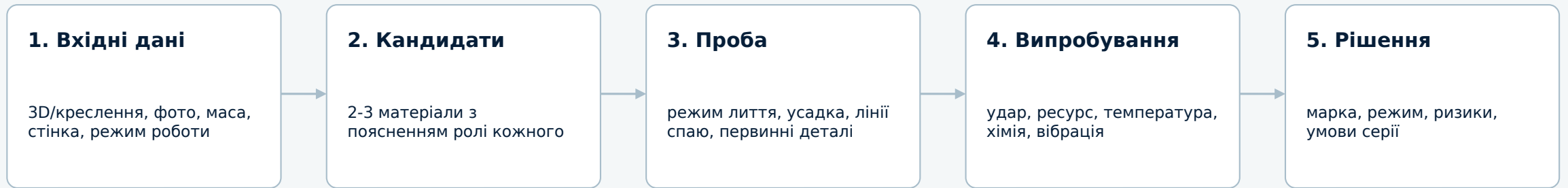
Таблиця допомагає перевести технічний опис вузла в список кандидатів і перший план перевірки.

Вузол	Перший кандидат	Чому саме	Перевірити
защіпка / кліпса	PA6 HI / PA66 HI	удар і ресурс циклів	удар, мороз, лінії спаю
жорсткий корпус	PA6 GF30 / PBT GF	модуль, геометрія	усадка, посадки, короблення
гарячий кронштейн	PA66 GF / PPA GF	температурний запас	creep, втома, ресурс
ролик / втулка	POK WR / POK GF	тертя і знос	PV-limit, пил, шум
захисний екран	PC / PC-ABS	удар, прозорість або корпус	удар, UV, подряпини
великий кожух	PP GF / PC-ABS	вага, ціна, площа деталі	creep, температура, посадки

Один і той самий вузол може мати різні матеріальні рішення залежно від товщини стінки, способу кріплення, навантаження і серійності.

Інженерний маршрут від креслення до тестової партії

Перед серією матеріал-кандидат проходить TDS-порівняння, пробу у геометрії конкретної деталі та перевірку критичних режимів.



Результат етапу

Короткий технічний висновок: чому обрано саме ці кандидати, які ризики залишилися та що треба підтвердити перед серією.

Контроль серії

Після вибору марки важливо зафіксувати режим переробки, стабільність партій, допуски, критичні параметри та допустимі відхилення.

Передсерійна готовність: гранула, процес і властивості деталі

Оцінка матеріалу поєднує дані гранули, TDS і поведінку готової деталі в реальному режимі експлуатації.

Блок	Що фіксуємо	Навіщо
Гранула	MVR/MFI, вологість, партія, колір	стабільність переробки
Переробка	температури, тиск, час циклу, сушіння	повторюваність деталей
Геометрія	усадка, короблення, лінії спаю	посадки і складання
Випробування	удар, ресурс, температура, середовища	підтвердження ризиків
Серія	допуски, контроль партій, критерії приймання	стабільний запуск

Перед серією фіксують не лише властивості, а й технологічне вікно: сушіння, лиття, стабільність партії та контроль готової деталі.

Які дані прискорюють підбір матеріалу й першу пробу

Чим точніше описаний вузол, тим менше циклів проб і тим швидше можна перейти до тестової партії.

Геометрія вузла

3D, креслення, товщина стінки, ребра, посадки, допуски

Режим роботи

температура, волога, УФ, хімія, навантаження, вібрація

Процес і обмеження

лиття/екструзія, серійність, колір, ціна, потрібні сертифікати



Надіслати ТЗ



Отримати 2-3 кандидати



Провести пробу



Зафіксувати режим.

Мета першої проби - не "вгадати матеріал", а швидко звузити вибір і виявити критичні ризики деталі.

Що підтверджується лише випробуваннями

Первинний підбір визначає матеріали-кандидати та план перевірки. Фінальна специфікація формується після проби в геометрії деталі та узгоджених тестів.

Потребує підтвердження	Метод перевірки	Інженерна причина
балістика / бронезахист	стандарт випробування, геометрія, товщина	результат залежить від матеріалу, геометрії та умов випробування
ресурс і втома	цикли, навантаження, температура	TDS не замінює циклічні та ресурсні випробування
flame rating	UL94 / інший стандарт, товщина зразка	рейтинг залежить від марки та товщини
морозостійкість / удар	температура, швидкість удару, лінії спаю	деталь може слабшати в критичних місцях
UV / хімічна стійкість	реальне середовище, час контакту	умови експлуатації відрізняються від довідника

Маршрут рішення: матеріал-кандидат -> пробна деталь -> ключові випробування -> рішення перед серією.

Мінімальний пакет даних для підбору

Чим повніший стартовий опис вузла, тим точніше можна звузити вибір матеріалу та скласти маршрут перевірки.

Конструкція	Режим роботи	Переробка	Економіка / вимоги
креслення або 3D; товщина стінки; посадки; маса деталі	температура; вологість; навантаження; контакт із паливом/оліями	тип лиття/екструзії; серійність; форма; допустима усадка	цільова ціна; колір; сертифікати; обмеження по складу
критичні зони; лінії спаю; ребра; заціпки; напрямок навантаження	вібрація; удар; ресурс циклів; UV; пил; зовнішня експлуатація	потрібне сушіння; вторинна переробка; фарбування; допуски	наявність TDS; країна виробництва; логістика; обсяг партії

Швидкий результат

На старті можна отримати 2-3 матеріали-кандидати, коротке пояснення логіки вибору та перший план перевірки.

Що пришвидшує підбір

Фото вузла, 3D-модель, вимога до маси, температура, вологість, тип навантаження, допустима ціна.

Обговоримо ваш вузол?

Надішліть ТЗ, фото деталі або 3D-модель. Підготуємо короткий список матеріалів-кандидатів і запропонуємо маршрут перевірки перед серійним рішенням.

ТЕЛЕФОН

+38 050 323 23 21

E-MAIL

yyekimov@gmail.com

САЙТ

materialwizard.com.ua

СТАРТ ПРОЄКТУ

ТЗ / 3D / фото вузла

Формати співпраці

1. підбір матеріалу під вузол
2. підтримка тестової партії
3. аналіз проблемного виробу
4. заміна поточного матеріалу
5. компаундування під задачу

Що ви отримуєте на старті

логіку вибору

чому саме ці 2-3 марки розглядаються першими

режим першої проби

стартові параметри для переробки та оцінки деталі

план перевірки

які ризики варто підтвердити до серії