

## Метали в літакобудуванні: сталь, алюміній, композити

Металеві деталі є важливою складовою сучасної авіації. За сто з гаком років матеріали, з яких виробляють літаки, пройшли серйозний шлях розвитку – від дерев'яного апарату братів Райт до джетів сьогоднішнього дня із сучасних композитних матеріалів.



Усі ці роки, обираючи матеріали для повітряних суден, конструктори та авіабудівники брали до уваги поєднання безлічі чинників, починаючи від вимог до функціональних характеристик літака, закінчуючи мінімізацією витрат на виробництво і подальше обслуговування. Але головним "двигуном прогресу" стало прагнення будівельників зменшити масу надійних металевих апаратів. Саме зниження значень цього параметра забезпечує необхідний рівень безпеки пілотів, пасажирів, вантажів і самого літака, його продуктивність, оптимальне використання палива і дальність польоту.

Наразі сучасна конструкторська думка "зупинилася" на розширенні використання композитів в авіабудуванні. Ці матеріали забезпечують ідеальний баланс між вагою літаків і

[стійкістю до втом](#)

і корозії та зниження витрат на обслуговування.

### Літаки зі сталі

Як змусити метал літати? Піонери авіабудування гаряче обговорювали це питання з моменту, коли в 1903 році літак братів Райт вперше піднявся в повітря. Він був дуже легким – з дерева, тканини і невеликої кількості сталевих дротів. Тому авіаконструкторам початку XX століття ідея відірвати від землі надійний, але важкий металевий апарат здавалася нездійсненною – ні фінансово, ні технічно. Здавалася всім, окрім однієї людини. Німецький інженер Хуго Юнкерс, мабуть, зумів зазирнути в майбутнє. Він усвідомив, що незабаром не лише військові або спортсмени захочуть експлуатувати літаки, попереду – повсюдні часи масових цивільних і вантажних авіаперевезень. Нові сфери застосування вимагали зовсім інших матеріалів для виготовлення літаків.

Револуцією в авіабудуванні став легендарний літак J1, який сучасники жартома називали Blechesel, тобто "жерстяний віслок". Це був перший літак в історії, зроблений повністю з металу, який не тільки був сконструйований і побудований, але й зміг здійснитися у повітря. Спочатку Хуго Юнкерс намагався вибити бюджет з німецького військового міністерства. Але там ідею визнали провальною. Тому розробник вклав у проект власні кошти, виручені від роботи фірми з продажу прозаїчних газових колонок. Так домогосподарки опосередковано профінансували еволюційний стрибок у розвитку авіації. Щоправда, з часом військові зацікавилися Юнкерс J1 і в 1915 році приїхали на льотні випробування апарату. Його металевий корпус викликав скептицизм – представники міністерства були впевнені, що літак не зможе здійснитися. Легкий розбіг J1 злітною смугою, який не відрізняється від рухів його дерев'яних попередників, викликав фурор у спостерігачів.



Літак відірвався від смуги, злетів, розвернувся, зайшов на посадку і благополучно приземлився. Яі так і залишився експериментальним – вояки "причепилися" до швидкості підйому, маневреності та корисного навантаження. Ці показники були недостатніми для їхніх завдань. Насправді авіаційна сталь таки виявилася занадто важким металом для літаків. Моноплан Юнкерса лігав із труднощами і при злітній вазі більше однієї тонни міг взяти на борт вантаж вагою лише 110 кг. А втім, революційний прорив Юнкерса поставив авіаційну галузь на шлях матеріальної еволюції, яка триває й досі.

Щодо радянського авіабудування, то в СРСР випустили досить велику серію літаків "Сталь", які використовувалися як транспортні та поштові літаки. Загалом радянські конструктори та авіатори зіпнулися з тими самими проблемами, що і німці. Інша справа, що у 20-30-х роках минулого століття, коли світ уже розпочав серійне виробництво літаків з алюмінію (про нього трохи нижче), СРСР мав проблеми з виробництвом власної сировини. Тому, щоб уникнути зайвої імпортозалежності, радянська влада випускала літаки з авіаційної сталі досить довго, аж до середини 30-х років.

А сучасні літакобудівельники цінують

сталь

за її міцність, твердість і стійкість до високих температур. Такі властивості роблять цей метал ідеальним матеріалом для виготовлення шасі, обшивки деяких літаків, петель, кабелів, кріплень та інших деталей. Зазвичай сталь становить 11-13% від усіх матеріалів, що використовуються у виробництві сучасних літаків.

### **Літаки з алюмінію**

Та повернімося до Хуго Юнкерса. Щоб задовольнити потреби військового міністерства, німецький авіаконструктор звернув пильну увагу на алюміній, легкий та міцний матеріал. Упродовж наступних років Junkers & Co. створили з нього лінійку військових літаків. Це були штурмовики й винищувачі, що відмінно зарекомендували себе під час військових кампаній Другої світової, на нещастя СРСР і союзників. Лавровий вінок у цивільній авіації припав легендарному F13. Цей перший у світі алюмінієвий пасажирський літак запустили в серійне виробництво у 1919 році й довго експлуатували у всьому світі.

Схожі з Хуго Юнкерсом зусилля робив за океаном американець Генрі Форд, який став батьком не лише знаменитих автомобілів, але й повітряного судна Ford Trimotor у 1925 році (першовідкривачі навіть судилися за авторство ідей, які використали під час створення лігальних апаратів). Варто згадати модель Douglas DC-3, випущену в 1935 році американською компанією Douglas Aircraft Company. Комфортабельне для пасажирів, швидке, зручне та надійне в експлуатації та обслуговуванні повітряне судно досі (!) використовується авіакомпаніями у всьому світі – ось переконливий доказ того, наскільки бездоганним може бути апарат, повністю виконаний з алюмінію. Цей матеріал і літаки з нього стали початком ери міжміської пасажирської авіації.

Сам алюміній та його сплави досі є дуже популярною сировиною для виробництва комерційних літаків завдяки своїй високій міцності за порівняно низької щільності. Зараз у літакобудуванні використовується переважно високоміцний сплав 7075, що містить, зокрема мідь, магній та цинк. Водночас, алюмінієві деталі становлять до 80% маси літака. До речі, завдяки високим антикорозійним властивостям, деталі з алюмінію цілком можуть бути нефарбованими. Щоправда, за високих температур алюміній втрачає міцність, тому у виробництві обшивки його у чистому вигляді не використовують.



## Літаки з композитних матеріалів

А в авіабудуванні тим часом почалася ера створення і застосування штучно створених композитних матеріалів, свідками якої ми з вами є. Основу композиції становлять волокна сталі, скла, графіту, ниткоподібні кристали окису алюмінію, заліза тощо. Матриця матеріалу виготовляється зі сплавів металів (того ж алюмінію, титану, магнію) або з синтетичних смол, зокрема епоксидної або поліефірної. Після з'єднання основи і матриці шляхом пресування, лиття або іншими способами композитний матеріал набуває не лише властивостей елементів, що його утворюють, але й абсолютно нових характеристик, які і підкупають авіаконструкторів.

Наприклад, маса деталей із композитів становить приблизно п'яту частину маси таких саме деталей, виготовлених з алюмінію. Проте композити перевершують останній за експлуатаційними характеристиками – вони міцніші і більш гнучкі. До того ж, тимчасові композитні матеріали не є токсичними, а вироби з них не потребують додаткового догляду.

В авіаційній промисловості композити використовуються дуже широко – у виробництві високонавантажених деталей і двигунів. Якщо подивитися на частку використання композитних матеріалів, скажімо, в Боїнгах, то в ранніх моделях їх близько 5%. Зараз частка композитів у загальній вазі літака компанії може досягати 50%. Більше того, компанія сміливо експериментує з металами, створюючи нові композиції з унікальними властивостями. Наприклад, microlattice з нікелю та фосфору, занесений до книги рекордів Гіннеса як найлегший метал у світі, важить в 100 разів менше за пінополістирол. Передбачається, що в майбутньому з microlattice можна буде створювати як штучні легені, так і крило літака.

Результати таких експериментів, на перший погляд, здаються екзотичними. Проте, вони мають досить практичне значення. Справа в тому, що матеріали, які використовуються в авіаіндустрії, повинні, з одного боку, мати досить великий набір властивостей і характеристик. З іншого боку, їхня ціна не має бути захмарною.

Як бачимо, натуральної сировини, яка б відповідала цим вимогам, не так вже й багато. Тому пошук нових композитів триває, а старі й добрі сталь та алюміній продовжують підкоряти небеса, яким би неймовірним це не здавалося якихось сто років тому.