

TÀI LIỆU HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG

Autodesk Inventor

Thiết kế cơ khí ba chiều và bản vẽ chế tạo

3D mechanical design and manufacturing drawings

Sketch · Dựng chi tiết · Tham số · Lắp ráp

Tám kim loại · Khung thép · Bản vẽ chế tạo · Mô phỏng

Song ngữ Việt – Anh · Vietnamese – English

Phiên bản 1.0 — Tháng 9 năm 2026

<https://globalmarket.vn>

M U C L U C

CONTENTS

Chương 1. Autodesk Inventor và thiết kế theo tham số — Chapter 1. Autodesk Inventor and parametric design	6
1.1. Thiết kế theo tham số trong Inventor là gì — <i>What parametric design means in Inventor</i>	<i>6</i>
1.2. Các loại tệp trong Inventor — <i>Inventor file types</i>	<i>8</i>
1.3. Inventor dùng cho những công việc nào — <i>What Inventor is used for.....</i>	<i>9</i>
1.4. Lộ trình học Inventor cho người mới — <i>A learning path for new Inventor users</i>	<i>9</i>
Chương 2. Cài đặt, giấy phép và khởi động lần đầu — Chapter 2. Installation, licensing and first start.....	11
2.1. Yêu cầu cấu hình máy để chạy Inventor — <i>Hardware requirements for running Inventor</i>	<i>11</i>
2.2. Các hình thức giấy phép Inventor — <i>Inventor licensing options.....</i>	<i>13</i>
2.3. Cách cài đặt Inventor — <i>Installing Inventor.....</i>	<i>13</i>
2.4. Những việc cần làm ngay sau khi cài Inventor — <i>What to set up straight after installing Inventor</i>	<i>14</i>
2.5. Màn hình khởi động và cách tạo tệp mới trong Inventor — <i>The home screen and creating a new file in Inventor</i>	<i>15</i>
Chương 3. Giao diện Inventor và cách điều khiển màn hình — Chapter 3. The Inventor interface and view navigation	16
3.1. Các vùng chính trên màn hình Inventor — <i>The main areas of the Inventor window .</i>	<i>16</i>
3.2. Ba môi trường làm việc trong Inventor — <i>The three working environments in Inventor</i>	<i>17</i>
3.3. Cách xoay và phóng to mô hình trong Inventor — <i>Rotating and zooming the model in Inventor</i>	<i>18</i>
3.4. Cây duyệt và cách đọc lịch sử dựng mô hình — <i>The browser and reading the modelling history.....</i>	<i>18</i>
3.5. Chuột phải và bánh xe lệnh trong Inventor — <i>The right-click marking menu in Inventor</i>	<i>19</i>
Chương 4. Tệp dự án và cách tổ chức tệp trong Inventor — Chapter 4. Project files and file organisation in Inventor	20
4.1. Tệp dự án .ipj trong Inventor là gì — <i>What the .ipj project file does in Inventor.....</i>	<i>20</i>
4.2. Cách tạo tệp dự án mới trong Inventor — <i>Creating a new Inventor project</i>	<i>21</i>
4.3. Cách sắp xếp thư mục dự án cơ khí — <i>Structuring folders for a mechanical project</i>	<i>21</i>
4.4. Quy ước đặt tên tệp và mã chi tiết — <i>Naming conventions for files and part numbers</i>	<i>22</i>
4.5. Tệp mẫu và đơn vị đo trong Inventor — <i>Templates and units in Inventor</i>	<i>23</i>
Chương 5. Dựng chi tiết ba chiều — Chapter 5. Part modelling	25

5.1. Cách dùng lệnh Extrude trong Inventor — <i>Using the Extrude command</i>	25
5.2. Lệnh Revolve trong Inventor cho chi tiết tròn xoay — <i>The Revolve command for parts of revolution</i>	27
5.3. Sweep, Loft và Coil trong Inventor — <i>Sweep, Loft and Coil</i>	28
5.4. Cách khoan lỗ bằng lệnh Hole trong Inventor — <i>Drilling holes with the Hole command</i>	30
5.5. Fillet và Chamfer trong Inventor — <i>Fillets and chamfers</i>	31
5.6. Pattern và Mirror trong Inventor — <i>Pattern and Mirror</i>	33
5.7. Cây tính năng trong Inventor và cách sửa lại một bước đã dựng — <i>The model tree and editing a finished feature</i>	34
Chương 6. Sketch và ràng buộc — Chapter 6. Sketches and constraints	37
6.1. Cách chọn mặt phẳng phác thảo trong Inventor — <i>Choosing a sketch plane</i>	37
6.2. Các lệnh vẽ trong môi trường Sketch của Inventor — <i>Drawing tools in the sketch environment</i>	38
6.3. Ràng buộc hình học trong Inventor — <i>Geometric constraints</i>	39
6.4. Ràng buộc kích thước trong Inventor — kích thước lái và kích thước tham chiếu — <i>Dimensional constraints — driving and driven dimensions</i>	41
6.5. Fully Constrained trong Inventor là gì — <i>What Fully Constrained means in Inventor</i>	42
6.6. Cách gỡ khi sketch báo ràng buộc mâu thuẫn hoặc thừa — <i>Clearing over-constrained and conflicting sketches</i>	43
6.7. Project Geometry và sketch 3D trong Inventor — <i>Project Geometry and 3D sketches</i>	44
Chương 7. Tham số và thiết kế theo tham số — Chapter 7. Parameters and parametric design	46
7.1. Bảng Parameters trong Inventor — <i>The Parameters table</i>	46
7.2. Cách viết công thức giữa các tham số trong Inventor — <i>Writing formulas between parameters</i>	47
7.3. Cách liên kết Inventor với bảng tính Excel — <i>Linking Inventor to an Excel spreadsheet</i>	47
7.4. iPart trong Inventor — một chi tiết sinh ra nhiều cỡ — <i>iParts — one file, many sizes</i>	48
7.5. iFeature trong Inventor — lưu lại cụm tính năng hay lặp — <i>iFeatures — reusing a group of features</i>	49
7.6. Tự động hoá bằng quy tắc iLogic trong Inventor — <i>Automating with iLogic rules</i> ...	50
7.7. Thiết kế theo tham số trong thực tế — <i>Parametric design in practice</i>	51
Chương 8. Lắp ráp — Chapter 8. Assemblies	52
8.1. Cách quản lý tệp cho một cụm lắp Inventor — <i>Managing files for an Inventor assembly</i>	52
8.2. Cách đưa chi tiết vào cụm lắp trong Inventor — <i>Placing components into an Inventor assembly</i>	53
8.3. Bậc tự do và ràng buộc Constraint trong Inventor — <i>Degrees of freedom and constraints in Inventor</i>	54

8.4. Constraint và Joint trong Inventor khác nhau thế nào — <i>How constraints and joints differ in Inventor</i>	56
8.5. Cụm lắp con và bảng kê vật tư trong Inventor — <i>Subassemblies and the bill of materials in Inventor</i>	58
8.6. Cách kiểm tra va chạm trong cụm lắp Inventor — <i>Checking interference in an Inventor assembly</i>	60
8.7. Cách mở nhanh cụm lắp nặng trong Inventor — <i>Opening a heavy Inventor assembly quickly</i>	61
Chương 9. Tấm kim loại và khung thép — Chapter 9. Sheet metal and frames	64
9.1. Môi trường tấm kim loại trong Inventor — <i>The sheet metal environment in Inventor</i>	64
9.2. Các lệnh tấm kim loại thường dùng trong Inventor — <i>Common sheet metal commands in Inventor</i>	65
9.3. Cách xuất hình khai triển tấm kim loại trong Inventor — <i>Exporting a sheet metal flat pattern in Inventor</i>	67
9.4. Cách lập bộ quy tắc tấm kim loại cho đơn vị — <i>Building an in-house sheet metal rule set</i>	68
9.5. Cách dựng khung thép bằng Frame Generator trong Inventor — <i>Building a steel frame with Frame Generator in Inventor</i>	69
9.6. Bảng kê thanh và chiều dài cắt trong Inventor — <i>Frame member lists and cutting lengths in Inventor</i>	70
9.7. Lưu ý khi làm kết cấu thép ở Việt Nam — <i>Practical notes for steel fabrication in Vietnam</i>	71
Chương 10. Bản vẽ chế tạo — Chapter 10. Manufacturing drawings	73
10.1. Cách tạo bản vẽ chế tạo từ mô hình Inventor — <i>Creating a manufacturing drawing from an Inventor model</i>	73
10.2. Các loại hình chiếu trong bản vẽ Inventor — <i>View types in an Inventor drawing</i> ...	74
10.3. Mặt cắt và hình trích trong bản vẽ Inventor — <i>Section and detail views in an Inventor drawing</i>	75
10.4. Cách ghi kích thước và dung sai trên bản vẽ Inventor — <i>Dimensioning and tolerancing in an Inventor drawing</i>	76
10.5. Bảng kê vật tư và số hiệu chi tiết trên bản vẽ Inventor — <i>Parts lists and balloons in an Inventor drawing</i>	78
10.6. Cách lập mẫu bản vẽ và khung tên cho đơn vị trong Inventor — <i>Building a company drawing template and title block in Inventor</i>	79
10.7. Cách xuất bản vẽ Inventor ra PDF và DWG — <i>Exporting an Inventor drawing to PDF and DWG</i>	80
Chương 11. Mô phỏng, trao đổi dữ liệu và in ba chiều — Chapter 11. Simulation, data exchange and 3D printing	82
11.1. Cách chạy phân tích ứng suất trong Inventor — <i>Running a stress analysis in Inventor</i>	82
11.2. Đọc kết quả ứng suất, chuyển vị và hệ số an toàn — <i>Reading stress, displacement and safety factor results</i>	84

11.3. Mô phỏng động cơ cấu trong Inventor — <i>Dynamic simulation of mechanisms in Inventor</i>	85
11.4. Nhập và xuất file STEP, IGES trong Inventor — <i>Importing and exporting STEP and IGES files in Inventor</i>	86
11.5. Xuất file STL để in ba chiều từ Inventor — <i>Exporting STL files for 3D printing from Inventor</i>	87
11.6. Xuất bản vẽ DWG và PDF từ Inventor — <i>Exporting DWG and PDF drawings from Inventor</i>	88
11.7. Cách kiểm tra tệp khách hàng gửi trước khi dùng — <i>Checking a customer's file before using it</i>	89
11.8. Tệp dự án Inventor và cách đặt trước khi mở cụm lắp — <i>The Inventor project file and setting it before opening an assembly</i>	90
Chương 12. Tối ưu, quản lý tệp và xử lý sự cố — Chapter 12. Performance, file management and troubleshooting	92
12.1. Cấu trúc thư mục dự án và quy ước đặt tên tệp Inventor — <i>Project folder structure and file naming in Inventor</i>	92
12.2. Lỗi mất liên kết tệp trong Inventor và cách nối lại — <i>Broken file links in Inventor and how to repair them</i>	93
12.3. Cụm lắp nặng mở chậm trong Inventor: nguyên nhân và cách xử lý — <i>Slow, heavy assemblies in Inventor: causes and fixes</i>	96
12.4. Cách làm nhẹ tệp bằng model state và chi tiết giản lược — <i>Lightening files with model states and simplified parts</i>	97
12.5. Bảng lỗi thường gặp trong Inventor và cách khắc phục — <i>Common Inventor faults and how to clear them</i>	98
12.6. Sao lưu và quản lý phiên bản tệp Inventor — <i>Backups and version control for Inventor files</i>	103
12.7. Danh mục soát bản vẽ trước khi giao cho xưởng — <i>Pre-release checklist for drawings issued to the shop</i>	103
Phụ lục A. Phím tắt Inventor — Appendix A. Inventor keyboard shortcuts	106
A.1. Phím tắt chung và điều hướng màn hình — <i>A.1. General and view navigation shortcuts</i>	106
A.2. Phím tắt khi vẽ sketch — <i>A.2. Sketching shortcuts</i>	108
A.3. Phím tắt dựng chi tiết — <i>A.3. Part modelling shortcuts</i>	109
A.4. Phím tắt lắp ráp và bản vẽ — <i>A.4. Assembly and drawing shortcuts</i>	109
Phụ lục B. Thuật ngữ thiết kế cơ khí Anh – Việt — Appendix B. Mechanical design glossary	110
B.1. Chi tiết, sketch và ràng buộc — <i>B.1. Parts, sketches and constraints</i>	110
B.2. Tính năng dựng hình — <i>B.2. Modelling features</i>	111
B.3. Lắp ráp và bảng kê — <i>B.3. Assembly and bill of materials</i>	114
B.4. Tấm kim loại và bộ công cụ chuyên dùng — <i>B.4. Sheet metal and specialist toolsets</i>	116
B.5. Bản vẽ và ghi chú kỹ thuật — <i>B.5. Drawings and annotation</i>	117

B.6. Mô phỏng, trao đổi dữ liệu và quản lý tệp — <i>B.6. Simulation, data exchange and file management</i>	118
--	-----

Chương 1. Autodesk Inventor và thiết kế theo tham số — Chapter 1. Autodesk Inventor and parametric design

Inventor là phần mềm thiết kế cơ khí ba chiều của Autodesk, dùng cho chi tiết máy, kết cấu thép, thiết bị công nghệ và dây chuyền sản xuất. Người dùng không vẽ hình chiếu của một chi tiết. Người dùng dựng chính chi tiết đó trong không gian ba chiều, rồi bản vẽ chế tạo, bảng kê vật tư và mô hình lắp ráp sinh ra từ nó.

Inventor is Autodesk's three-dimensional mechanical design software, used for machine components, steel structures, process equipment and production lines. The user does not draw the views of a part. The user builds the part itself in three dimensions, and the manufacturing drawings, the bill of materials and the assembly model are generated from it.

1.1. Thiết kế theo tham số trong Inventor là gì — What parametric design means in Inventor

Mỗi chi tiết trong Inventor là một chuỗi bước dựng xếp chồng lên nhau, và mỗi bước ghi nhớ các kích thước và ràng buộc đã khai. Sửa một kích thước ở bước đầu thì toàn bộ các bước sau tính lại. Đó là điều mà bản vẽ hai chiều không làm được: nét vẽ trong CAD không biết nó đang biểu diễn cái gì, còn khối trong Inventor biết nó dày bao nhiêu, làm bằng vật liệu gì, nặng bao nhiêu.

Every part in Inventor is a stack of modelling steps, and each step remembers the dimensions and constraints it was given. Change a dimension in an early step and every step after it recalculates. This is what a two-dimensional drawing cannot do: a line in CAD does not know what it represents, while a solid in Inventor knows its thickness, its material and its mass.

Nội dung <i>Item</i>	AutoCAD hai chiều <i>2D AutoCAD</i>	Inventor
Đối tượng làm việc <i>What you work with</i>	Nét vẽ biểu diễn hình chiếu <i>Lines representing views</i>	Vật thể ba chiều mang vật liệu và khối lượng <i>A three-dimensional solid carrying material and mass</i>
Khi kích thước thay đổi <i>When a dimension changes</i>	Sửa tay từng hình chiếu, từng tờ <i>Every view on every sheet is corrected by hand</i>	Sửa một con số, mô hình và mọi bản vẽ tính lại <i>One number is changed; the model and every drawing recalculate</i>
Kiểm va chạm giữa các chi tiết <i>Checking interference between parts</i>	Nhìn bằng mắt trên hình chiếu <i>By eye, on the views</i>	Phần mềm dò và báo thể tích chồng lấn <i>The software detects it and reports the overlapping volume</i>
Bảng kê vật tư <i>Bill of materials</i>	Gõ tay, dễ lệch với bản vẽ <i>Typed by hand and easily out of step with the drawings</i>	Sinh từ cụm lắp, tự cập nhật <i>Generated from the assembly and self-updating</i>
Khai triển tấm kim loại <i>Sheet metal development</i>	Tính tay hoặc dùng công cụ ngoài <i>Calculated by hand or with external tools</i>	Phần mềm khai triển theo quy tắc uốn đã khai <i>Unfolded by the software from the declared bend rules</i>

Đổi lại, dựng mô hình Inventor tốn công hơn vẽ một bản vẽ hai chiều tương đương. Chi phí đó bỏ ra một lần ở đầu và thu lại mỗi lần hồ sơ thay đổi — mà hồ sơ chế tạo thì luôn thay đổi.

In exchange, building an Inventor model costs more effort than drawing the equivalent 2D sheet. That cost is paid once at the start and recovered at every revision — and manufacturing documents always get revised.

GHI CHÚ / NOTE — Inventor không thay thế AutoCAD trong mọi việc. Sơ đồ nguyên lý, bản vẽ bố trí mặt bằng xưởng, bản vẽ hoàn công sửa nhanh vẫn làm bằng CAD hai chiều nhanh hơn. Xưởng gia công ở Việt Nam phần lớn vẫn nhận tệp DWG.

Inventor does not replace AutoCAD for everything. Schematic diagrams, workshop layout drawings and quick as-built markups are still faster in 2D CAD. Most fabrication shops in Vietnam still take DWG files.

1.2. Các loại tệp trong Inventor — *Inventor file types*

Đuôi tệp <i>Extension</i>	Là gì <i>What it is</i>	Dùng khi <i>Used for</i>
.ipt	Tệp chi tiết <i>Part file</i>	Dựng một vật thể đơn lẻ từ chuỗi tính năng <i>Building a single object from a stack of features</i>
.iam	Tệp cụm lắp <i>Assembly file</i>	Ghép các chi tiết lại, khai ràng buộc và khớp nối <i>Bringing parts together with constraints and joints</i>
.idw hoặc .dwg <i>.idw or .dwg</i>	Tệp bản vẽ <i>Drawing file</i>	Hình chiếu, kích thước, bảng kê để giao xưởng <i>Views, dimensions and parts lists for the shop</i>
.ipn	Tệp trình bày <i>Presentation file</i>	Tách rời cụm lắp, dựng hình và video thứ tự lắp <i>Exploding an assembly and animating the assembly sequence</i>
.ipj	Tệp dự án <i>Project file</i>	Khai các đường dẫn để Inventor tìm ra tệp tham chiếu <i>Declaring the paths Inventor searches for referenced files</i>
.ide	Tệp cụm tính năng mẫu <i>iFeature file</i>	Lưu một cụm tính năng hay lắp để dùng lại <i>Storing a recurring group of features for reuse</i>

Bốn loại tệp đầu liên kết theo một chiều: chi tiết nuôi cụm lắp, cụm lắp nuôi bản vẽ và bản trình bày. Cụm lắp **không chứa** hình học của chi tiết, nó chỉ giữ đường dẫn trỏ tới tệp chi tiết. Đây là điểm phải nắm ngay từ đầu, vì nó giải thích mọi sự cố mất liên kết tệp về sau.

*The first four types are linked in one direction: parts feed assemblies, and assemblies feed drawings and presentations. An assembly **does not contain** part geometry; it holds only paths pointing at the part files. This has to be understood from the outset, because it explains every broken-link problem that follows.*

CẢNH BÁO / WARNING — Inventor không dùng đuôi **.bak**. Mỗi lần lưu, bản cũ được chuyển vào thư mục con **OldVersions** và đổi tên thành dạng **tên tệp.0003.ipt**. **Xoá tệp trong thư mục OldVersions bằng trình quản lý tệp của Windows có thể gây lỗi ở các phiên làm việc sau** — để Inventor tự quản lý thư mục đó.

*Inventor does not use a **.bak** extension. On each save, the previous version is moved into an **OldVersions** subfolder and renamed in the form **filename.0003.ipt**. **Deleting files from OldVersions in Windows Explorer can cause errors in later sessions** — leave that folder to Inventor.*

1.3. Inventor dùng cho những công việc nào — *What Inventor is used for*

- Chi tiết máy và cụm máy: trục, bánh răng, vỏ hộp, cơ cấu truyền động.
Machine components and mechanisms: shafts, gears, housings, drive assemblies.
- Kết cấu thép phi tiêu chuẩn: khung máy, sàn thao tác, giá đỡ, lan can — dựng bằng bộ công cụ khung thép rồi xuất bảng cắt cho xưởng.
Non-standard steelwork: machine frames, platforms, supports, handrails — built with the frame tools and exported as a cutting list for the shop.
- Chi tiết tấm kim loại: vỏ tủ, máng, phễu, ống gió — dựng ở dạng ba chiều rồi khai triển ra hình phẳng để cắt.
Sheet metal parts: enclosures, chutes, hoppers, ducting — modelled in three dimensions and unfolded into flat patterns for cutting.
- Thiết bị công nghệ và bố trí dây chuyền: bồn, băng tải, đường ống, bố trí thiết bị trong xưởng.
Process equipment and plant layout: tanks, conveyors, piping and equipment arrangement.
- Hồ sơ chế tạo hoàn chỉnh: bản vẽ chi tiết, bản vẽ lắp, bảng kê vật tư, sơ đồ lắp ráp.
Complete manufacturing documents: detail drawings, assembly drawings, bills of materials and assembly diagrams.

1.4. Lộ trình học Inventor cho người mới — *A learning path for new Inventor users*

Thứ tự dưới đây đi theo đúng cách một bộ hồ sơ chế tạo hình thành, và cũng là thứ tự các chương trong tài liệu này:

The order below follows the way a set of manufacturing documents actually comes together, and is also the order of the chapters in this guide:

1. Sketch và ràng buộc — nền của mọi thứ. Sketch đủ ràng buộc thì mô hình bền, thiếu ràng buộc thì mô hình vỡ khi sửa.
Sketches and constraints — the foundation of everything. A fully constrained sketch gives a durable model; an under-constrained one breaks when edited.
2. Dựng chi tiết: đùn, xoay, quét, khoan lỗ, bo cung, tạo gân.
Part modelling: extrude, revolve, sweep, hole, fillet, rib.
3. Tham số: đặt tên kích thước, viết công thức, liên kết bảng tính.
Parameters: naming dimensions, writing formulas, linking spreadsheets.
4. Lắp ráp: đưa chi tiết vào, khoá bậc tự do, kiểm va chạm, lập bảng kê vật tư.
Assemblies: placing components, removing degrees of freedom, checking interference, building the bill of materials.
5. Tấm kim loại và khung thép — hai bộ công cụ chuyên dùng, học khi công việc cần đến.
Sheet metal and steel frames — two specialised toolsets, learned when the work calls for them.
6. Bản vẽ chế tạo: hình chiếu, mặt cắt, kích thước, dung sai, bảng kê.
Manufacturing drawings: views, sections, dimensions, tolerances and parts lists.

MẸO / TIP — Người đã quen AutoCAD thường mất nhiều thời gian nhất ở bước một, vì thói quen vẽ chính xác ngay từ nét đầu. Trong Inventor, cách làm đúng là vẽ gần đúng hình dạng trước, rồi mới đặt ràng buộc và kích thước để hình tự về đúng.

Users coming from AutoCAD usually spend the longest on the first step, because of the habit of drawing accurately from the first line. In Inventor the correct approach is to sketch the shape roughly, then apply constraints and dimensions and let the geometry snap into place.

Chương 2. Cài đặt, giấy phép và khởi động lần đầu — Chapter 2. Installation, licensing and first start

2.1. Yêu cầu cấu hình máy để chạy Inventor — Hardware requirements for running Inventor

Autodesk công bố cấu hình theo hai mức: mức khuyến nghị cho công việc hằng ngày và mức tối thiểu để phần mềm chạy được. Số liệu dưới đây là của đời phần mềm mới nhất tại thời điểm biên soạn.

Autodesk publishes requirements at two levels: a recommended configuration for daily work and a minimum for the software to run at all. The figures below are for the most recent release at the time of writing.

Hạng mục <i>Item</i>	Khuyến nghị <i>Recommended</i>	Tối thiểu <i>Minimum</i>
Bộ xử lý <i>Processor</i>	Từ 3,0 GHz, từ 4 nhân, có AVX2 và AVX512 <i>3.0 GHz or higher, 4 or more cores, AVX2 and AVX512</i>	2,5 GHz <i>2.5 GHz</i>
Bộ nhớ RAM <i>Memory</i>	32 GB	16 GB cho cụm lắp dưới 500 chi tiết <i>16 GB for assemblies under 500 components</i>
Card đồ họa <i>Graphics</i>	8–16 GB bộ nhớ, băng thông 240 GB/s, DirectX 12 mức 12_0 <i>8–16 GB memory, 240 GB/s bandwidth, DirectX 12 Feature Level 12_0</i>	4 GB, 96 GB/s, DirectX 11 <i>4 GB, 96 GB/s, DirectX 11</i>
Độ phân giải <i>Display</i>	3840 × 2160	1280 × 1024

Hạng mục chung <i>Common item</i>	Yêu cầu <i>Requirement</i>
Hệ điều hành <i>Operating system</i>	Windows 11 bản 64 bit. Inventor không có bản chạy trên macOS. <i>64-bit Windows 11. Inventor has no macOS version.</i>
Dung lượng đĩa <i>Disk space</i>	Khoảng 40 GB, tính cả chỗ trống để tải bộ cài <i>About 40 GB, including space for the installer download</i>
Nền .NET <i>.NET runtime</i>	Phiên bản 10.0 trở lên; bật cập nhật Windows để hệ thống tự bổ sung <i>Version 10.0 or later; leave Windows Update on so the system supplies it</i>
Bảng tính <i>Spreadsheet</i>	Excel 2016 trở lên cài tại máy , hoặc LibreOffice 7.2 trở lên — cần cho iPart và tham số liên kết bảng tính. Bản Excel chạy trên trình duyệt không dùng được. <i>Excel 2016 or later installed locally, or LibreOffice 7.2 or later — needed for iParts and spreadsheet-linked parameters. Browser-based Excel will not work.</i>

CẢNH BÁO / WARNING — Inventor không có bản cho máy Mac. Trang hỏi đáp của Autodesk ghi thẳng rằng Inventor chạy trên Windows. Máy Mac muốn dùng phải cài Windows trên máy ảo hoặc truy cập từ xa vào một máy Windows, và hiệu năng đồ hoạ giảm rõ khi chạy trong máy ảo.

***Inventor has no Mac version.** Autodesk's own FAQ states that Inventor runs on Windows. A Mac must run Windows in a virtual machine or connect remotely to a Windows machine, and graphics performance drops noticeably inside a virtual machine.*

GHI CHÚ / NOTE — Mô hình trên 1.000 chi tiết cần cấu hình cao hơn hẳn: bộ xử lý từ 3,3 GHz, **RAM từ 64 GB**, card đồ hoạ 8 GB băng thông 106 GB/s. Đây là ngưỡng đáng cân nhắc khi mua máy cho người làm cụm lắp lớn.

*Models above 1,000 components need a considerably stronger machine: a 3.3 GHz or faster processor, **64 GB of RAM or more**, and an 8 GB graphics card with 106 GB/s bandwidth. This is the threshold worth budgeting for when buying a machine for large-assembly work.*

MẸO / TIP — Xung nhịp đơn nhân quan trọng hơn số nhân khi dựng chi tiết, vì phần lớn thao tác dựng hình chạy trên một nhân. Số nhân nhiều chỉ có lợi khi dựng ảnh và chạy mô phỏng.

Single-core clock speed matters more than core count for modelling, since most feature operations run on one core. A high core count pays off only in rendering and simulation.

2.2. Các hình thức giấy phép Inventor — *Inventor licensing options*

Hình thức <i>Option</i>	Nội dung <i>What it is</i>	Hợp với ai <i>Who it suits</i>
Thuê bao một người dùng <i>Single-user subscription</i>	Trả theo tháng, theo năm hoặc theo ba năm, gán cho một người <i>Paid monthly, yearly or for three years, assigned to one named user</i>	Người làm thường xuyên, dùng gần như hằng ngày <i>Anyone using it regularly, close to daily</i>
Gói phần mềm thiết kế chế tạo <i>Product Design & Manufacturing Collection</i>	Một thuê bao gồm Inventor cùng AutoCAD, Fusion, Navisworks và một số công cụ chỉ có trong gói <i>One subscription covering Inventor plus AutoCAD, Fusion, Navisworks and several collection-only tools</i>	Đơn vị cần từ hai phần mềm Autodesk trở lên <i>Offices needing two or more Autodesk products</i>
Mua trước lượt dùng <i>Token-based access</i>	Mua trước một lượng lượt dùng, mở phần mềm mới trừ, tính theo ngày <i>Credits bought in advance and consumed by the day when the software is opened</i>	Người dùng thưa, vài ngày trong tháng <i>Occasional users, a few days a month</i>
Bản giáo dục <i>Education licence</i>	Miễn phí cho sinh viên và giảng viên đủ điều kiện, gia hạn hằng năm, cấm dùng thương mại <i>Free for verified students and educators, renewed annually, not for commercial use</i>	Học tập và giảng dạy <i>Study and teaching</i>

CẢNH BÁO / WARNING — Bản giáo dục và bản dùng thử ghi rõ loại giấy phép ngay trên thanh tiêu đề, và tệp dựng ra mang dấu hiệu của bản đó. **Dùng bản giáo dục cho hồ sơ chế tạo bán ra là vi phạm điều khoản sử dụng.**

Educational and trial licences are marked on the title bar, and files produced carry that marking. Using an educational licence for commercial manufacturing documents breaches the terms of use.

GHI CHÚ / NOTE — Bản rút gọn Inventor LT đã ngừng bán từ lâu và không còn đời mới. Máy nào còn giấy phép vĩnh viễn thì dùng tiếp được, nhưng không nên xây quy trình mới quanh nó.

The cut-down Inventor LT was discontinued years ago and has no newer releases. Machines holding a perpetual licence can keep using it, but no new workflow should be built around it.

2.3. Cách cài đặt Inventor — *Installing Inventor*

1. Đăng nhập tài khoản Autodesk, vào mục quản lý sản phẩm, chọn đời phần mềm và ngôn ngữ.

Sign in to the Autodesk account, open the product management page, and choose the release and language.

2. Tải bộ cài. Chừa đủ dung lượng trống cho cả tệp tải về lẫn phần cài đặt.
Download the installer. Leave enough free space for both the download and the installation.
3. Chạy bộ cài, chọn thư mục cài. Nếu có mua các công cụ đi kèm như gia công hay phân tích, chọn luôn trong bước này.
Run the installer and choose the destination folder. If companion tools such as CAM or analysis are licensed, select them at this step.
4. Khởi động lại máy khi bộ cài yêu cầu, rồi mở Inventor và đăng nhập để kích hoạt giấy phép.
Restart when prompted, then open Inventor and sign in to activate the licence.
5. Cài các bản vá đã phát hành. Bản vá là tích lũy, chỉ cần cài bản mới nhất.
Install any released updates. Updates are cumulative, so only the latest one is needed.

GHI CHÚ / NOTE — Bản vá của Inventor **không gỡ riêng được**. Muốn quay lại bản gốc phải gỡ cả phần mềm rồi cài lại. Trên máy đang chạy hồ sơ gấp, cài bản vá vào lúc rảnh, đừng cài giữa kỳ giao hàng.

Inventor updates cannot be uninstalled on their own. Reverting means removing the whole product and reinstalling. On a machine with a deadline running, install updates in a quiet period, not mid-delivery.

2.4. Những việc cần làm ngay sau khi cài Inventor — *What to set up straight after installing Inventor*

Bốn việc dưới đây làm một lần, tiết kiệm rất nhiều công về sau. Ba việc đầu bắt buộc phải xong trước khi dựng chi tiết đầu tiên:

The four items below are done once and save a great deal of work later. The first three must be complete before the first part is modelled:

1. **Tạo tệp dự án và kích hoạt nó.** Không làm bước này thì Inventor chạy trên dự án mặc định, vốn không khai nơi lưu tệp và chỉ dùng để thử nghiệm. Cách làm ở chương 4.
Create a project file and activate it. Skipping this leaves Inventor on the default project, which declares no file locations and is meant only for experimenting. Chapter 4 covers how.
2. **Kiểm đơn vị đo trong tệp mẫu.** Việt Nam dùng milimét; chọn bộ tệp mẫu hệ mét ngay từ đầu.
Check the units in the templates. Vietnamese practice is millimetres; pick the metric template set from the start.
3. **Lập tệp mẫu bản vẽ của đơn vị:** khung tên, khổ giấy hay dùng, kiểu ghi kích thước.
Build the office drawing template: title block, usual sheet size and dimension styles.
4. **Bật nhập lệnh bằng chữ viết tắt.** Các chữ tắt nhiều ký tự không bật sẵn — vào phần tùy chọn chung, mục tương tác nhắc lệnh, bật nhập chữ tắt và gợi ý tự động.
Switch on command aliases. Multi-character aliases are not enabled by default — in the general options, under prompting interaction, turn on alias input and autocomplete.

CẢNH BÁO / WARNING — Autodesk khuyến cáo rõ: **lập tệp dự án trước khi bắt đầu thiết kế**. Chuyển một bộ tệp đã phức tạp sang tệp dự án khác là việc khó và dễ đứt liên kết. Autodesk states it plainly: *set up the project before design work begins. Migrating an already complex file set into a different project is difficult and prone to broken links.*

2.5. Màn hình khởi động và cách tạo tệp mới trong Inventor — The home screen and creating a new file in Inventor

Mở Inventor lên là màn hình khởi động: danh sách tệp mở gần đây, nút tạo tệp mới, nút mở tệp và nút quản lý dự án. Tên dự án đang hoạt động hiện ở đây — nhìn nó trước khi mở bất cứ cụm lắp nào.

Inventor opens on its home screen: a list of recent files, buttons to create and open files, and the projects button. The active project name is shown here — check it before opening any assembly.

1. Bấm **New**, hộp thoại hiện các nhóm tệp mẫu theo hệ đơn vị.
Click New; the dialogue shows template groups by unit system.
2. Chọn nhóm mẫu hệ mét, rồi chọn loại tệp: chi tiết, cụm lắp, bản vẽ hoặc trình bày.
Choose the metric group, then the file type: part, assembly, drawing or presentation.
3. Lưu tệp ngay với tên đúng quy ước, đặt vào đúng thư mục của dự án, trước khi dựng bất cứ thứ gì.
Save the file immediately under a proper name, in the correct project folder, before modelling anything.

MẸO / TIP — Lưu tệp trước khi dựng là thói quen đáng tập. Tệp chưa lưu mà đã được cụm lắp tham chiếu tới sẽ sinh ra đường dẫn tạm, và đó là một trong những cách nhanh nhất làm hỏng liên kết tệp.
Saving before modelling is a habit worth building. A file referenced by an assembly before it has been saved creates a temporary path, and that is one of the quickest ways to break a link.

Chương 3. Giao diện Inventor và cách điều khiển màn hình — Chapter 3. The Inventor interface and view navigation

Giao diện Inventor đổi theo loại tệp đang mở. Mở một chi tiết thì dải lệnh hiện các lệnh dựng khối; mở một cụm lắp thì dải lệnh chuyển sang các lệnh ràng buộc và khớp nối; mở một bản vẽ thì hiện lệnh tạo hình chiếu và ghi kích thước. Người mới thường lúng túng vì tưởng lệnh biến mất, thật ra là đang ở sai môi trường.

The Inventor interface changes with the type of file open. In a part, the ribbon shows modelling commands; in an assembly it switches to constraints and joints; in a drawing it shows view creation and dimensioning. Beginners often think commands have disappeared when in fact they are in the wrong environment.

3.1. Các vùng chính trên màn hình Inventor — The main areas of the Inventor window

Vùng <i>Area</i>	Nằm ở đâu <i>Where</i>	Dùng để <i>What it does</i>
Dải lệnh <i>Ribbon</i>	Băng ngang trên cùng <i>Across the top</i>	Chứa toàn bộ lệnh, chia theo thẻ và theo môi trường đang làm việc <i>Holds every command, grouped into tabs and keyed to the current environment</i>
Cây duyệt <i>Browser</i>	Cột dọc bên trái <i>Vertical panel on the left</i>	Liệt kê thứ tự các tính năng đã dựng, hoặc danh sách chi tiết trong cụm lắp <i>Lists the modelling features in order, or the components in an assembly</i>
Vùng đồ hoạ <i>Graphics window</i>	Khoảng giữa màn hình <i>The centre of the screen</i>	Nơi mô hình hiển thị và thao tác <i>Where the model is shown and worked on</i>
Khối định hướng <i>ViewCube</i>	Góc trên bên phải <i>Top right corner</i>	Xoay về các hướng nhìn chuẩn, đặt lại hướng gốc <i>Rotates to standard views and resets the home orientation</i>
Thanh điều hướng <i>Navigation bar</i>	Cạnh phải vùng đồ hoạ <i>Right edge of the graphics window</i>	Phóng to, di chuyển, xoay tự do, nhìn toàn cảnh <i>Zoom, pan, free orbit and fit-to-window</i>
Thanh trạng thái <i>Status bar</i>	Dải dưới cùng <i>Along the bottom</i>	Nhắc bước kế tiếp của lệnh đang chạy; báo số bậc tự do còn lại <i>Prompts the next step of the running command; reports remaining degrees of freedom</i>

MẸO / TIP — Thanh trạng thái là thứ người mới hay bỏ qua nhất. Khi không biết lệnh đang đợi mình làm gì, đọc dòng đó trước khi bấm bừa.

The status bar is what beginners ignore most. When a command seems stuck, read that line before clicking at random.

3.2. Ba môi trường làm việc trong Inventor — *The three working environments in Inventor*

Ba loại tệp ứng với ba cách nghĩ khác nhau. Nắm được ranh giới giữa chúng là nắm được phần lớn cách làm việc của phần mềm:

Three file types correspond to three different ways of thinking. Understanding the boundaries between them covers most of how the software works:

Môi trường <i>Environment</i>	Tệp <i>File</i>	Làm gì trong đó <i>What you do there</i>
Chi tiết <i>Part</i>	.ipt	Dựng một vật thể đơn lẻ bằng chuỗi tính năng chồng lên nhau <i>Build a single object from a stack of features</i>
Cụm lắp <i>Assembly</i>	.iam	Đặt các chi tiết vào đúng vị trí tương đối với nhau <i>Place parts in their correct positions relative to one another</i>
Bản vẽ <i>Drawing</i>	.idw hoặc .dwg <i>.idw or .dwg</i>	Sinh hình chiếu, ghi kích thước, lập bảng kê để giao xưởng <i>Generate views, add dimensions and build a parts list for the shop</i>
Trình bày <i>Presentation</i>	.ipn	Tách rời cụm lắp để vẽ sơ đồ lắp, dựng ảnh và video hướng dẫn lắp <i>Explode an assembly for assembly diagrams, images and instruction videos</i>

GHI CHÚ / NOTE — Bốn loại tệp này liên kết với nhau theo một chiều: chi tiết nuôi cụm lắp, cụm lắp nuôi bản vẽ và bản trình bày. Sửa ở gốc thì mọi thứ phía sau cập nhật theo.
The four file types are linked in one direction: parts feed assemblies, and assemblies feed drawings and presentations. An edit at the source updates everything downstream.

3.3. Cách xoay và phóng to mô hình trong Inventor — Rotating and zooming the model in Inventor

Thao tác <i>Action</i>	Cách làm <i>How</i>
Phóng to, thu nhỏ <i>Zoom</i>	Lăn nút giữa chuột <i>Roll the middle mouse button</i>
Di chuyển màn hình <i>Pan</i>	Giữ nút giữa chuột và kéo <i>Hold the middle button and drag</i>
Xoay tự do <i>Free orbit</i>	Bấm F4 , hoặc giữ Shift cùng nút giữa chuột rồi kéo <i>Press F4, or hold Shift with the middle button and drag</i>
Nhìn vừa màn hình <i>Fit to window</i>	Bấm đúp nút giữa chuột, hoặc dùng lệnh Zoom All trên thanh điều hướng <i>Double-click the middle button, or use Zoom All on the navigation bar</i>
Về khung nhìn trước đó <i>Previous view</i>	Bấm F5 <i>Press F5</i>
Về hình chiếu trực đo <i>Isometric view</i>	Bấm F6 , hoặc bấm biểu tượng ngôi nhà cạnh khối định hướng <i>Press F6, or click the house icon beside the ViewCube</i>

Hướng nhìn gốc do người dùng đặt: xoay mô hình tới góc nhìn ưng ý, bấm chuột phải lên khối định hướng rồi chọn đặt làm hướng gốc. Từ đó mỗi lần bấm biểu tượng ngôi nhà là về đúng góc đó.

The home view is set by the user: rotate the model to a preferred angle, right-click the ViewCube and set it as home. From then on the house icon returns to that exact angle.

3.4. Cây duyệt và cách đọc lịch sử dựng mô hình — The browser and reading the modelling history

Cây duyệt trong tệp chi tiết ghi lại thứ tự từng bước dựng, từ trên xuống dưới. Mỗi dòng là một tính năng: một khối tròn, một lỗ khoan, một góc bo. Bấm đúp vào dòng nào là mở lại hộp thoại của bước đó để sửa. Kéo thanh ngang cuối cây lên trên một tính năng thì mô hình lùi về trạng thái trước khi có tính năng đó — cách nhanh nhất để hiểu một mô hình lạ được dựng ra sao.

The browser in a part file records each modelling step in order, top to bottom. Every line is a feature: an extrusion, a hole, a fillet. Double-clicking a line reopens that step's dialogue for editing. Dragging the end-of-part marker above a feature rolls the model back to the state before it — the fastest way to understand how an unfamiliar model was built.

- Biểu tượng có dấu chấm than vàng: tính năng cảnh báo, vẫn dựng được nhưng có vấn đề.

A yellow warning icon: the feature still builds but has an issue.

- Biểu tượng chữ thập đỏ: tính năng lỗi, không dựng được, phải sửa mới chạy tiếp.
A red cross: the feature has failed and must be fixed before the model rebuilds.
- Dòng chữ nhạt: tính năng bị tắt tạm, không tham gia vào mô hình.
A greyed-out line: the feature is suppressed and takes no part in the model.
- Bấm chuột phải một tính năng rồi chọn đổi tên: đặt tên có nghĩa thay cho `Extrusion3`.
Right-click a feature and rename it: a meaningful name beats `Extrusion3`.

MẸO / TIP — Trong mô hình sẽ giao cho người khác dùng, đổi tên các tính năng chính theo chức năng: `Thân chính`, `Lỗ bắt bu lông`, `Rãnh then`. Người nhận sửa mô hình nhanh hơn hẳn.

In a model that will be handed over, rename the main features by function: `Main body`, `Bolt holes`, `Keyway`. Whoever inherits it will work far faster.

3.5. Chuột phải và bánh xe lệnh trong Inventor — *The right-click marking menu in Inventor*

Bấm chuột phải trong vùng đồ họa mở ra một vòng tròn tám ô lệnh quanh con trỏ. Các lệnh trong vòng tròn đổi theo thứ đang được chọn: chọn một mặt thì hiện lệnh dựng trên mặt; chọn một chi tiết trong cụm lắp thì hiện lệnh ràng buộc. Quen tay rồi thì thao tác này nhanh hơn đi tìm lệnh trên dải lệnh.

Right-clicking in the graphics window opens a ring of eight commands around the cursor. The commands change with what is selected: a face brings up modelling commands, a component in an assembly brings up constraints. Once the muscle memory is there, it is faster than hunting the ribbon.

GHI CHÚ / NOTE — Vòng lệnh này bật tắt được trong phần tùy chọn. Nếu máy hiện danh sách lệnh dọc kiểu cũ thay vì vòng tròn, vào tùy chọn chung để đổi lại.

The marking menu can be switched on or off in the options. If the machine shows a classic vertical list instead of the ring, change it in the general options.

Chương 4. Tập dự án và cách tổ chức tập trong Inventor — Chapter 4. Project files and file organisation in Inventor

Đây là chương mà người tự học hay bỏ qua, và cũng là nguồn gốc của phần lớn sự cố mất liên kết tập về sau. Inventor không lưu hình học của chi tiết vào trong cụm lắp. Cụm lắp chỉ giữ đường dẫn trỏ tới từng tập chi tiết. Tập dự án là thứ dạy Inventor biết đi tìm những tập đó ở đâu.

This is the chapter self-taught users skip, and the source of most broken-link problems later. Inventor does not store part geometry inside an assembly. The assembly holds only paths pointing at each part file. The project file is what tells Inventor where to look for them.

4.1. Tập dự án .ipj trong Inventor là gì — What the .ipj project file does in Inventor

Tập **.ipj** là một tập nhỏ đặt ở gốc thư mục dự án. Nó khai báo thư mục làm việc, các thư mục thư viện dùng chung, thư mục chứa tập mẫu và cách Inventor giải quyết đường dẫn khi mở cụm lắp. Tại một thời điểm chỉ có một tập dự án đang hoạt động, tên của nó hiện trên thanh tiêu đề.

The .ipj file is a small file at the root of the project folder. It declares the workspace folder, any shared library folders, the template folder, and how Inventor resolves paths when opening an assembly. Only one project is active at a time, and its name appears in the title bar.

Mục trong tập dự án <i>Project entry</i>	Nghĩa <i>Meaning</i>
Workspace <i>Workspace</i>	Thư mục gốc chứa tập đang làm của dự án này <i>The root folder holding the working files for this project</i>
Libraries <i>Libraries</i>	Thư mục chứa chi tiết dùng chung nhiều dự án, thường đặt chỉ-đọc <i>Folders of parts shared across projects, usually set read-only</i>
Frequently Used Subfolders <i>Frequently Used Subfolders</i>	Lối tắt tới các thư mục con hay mở <i>Shortcuts to folders opened often</i>
Folder Options <i>Folder Options</i>	Chỉ chỗ đặt tập mẫu, thư viện chi tiết tiêu chuẩn, tập cấu hình <i>Points to templates, the standard parts library and configuration files</i>
Style Library <i>Style Library</i>	Bộ kiểu trình bày dùng chung: kiểu kích thước, kiểu vật liệu, kiểu bản vẽ <i>Shared styles: dimension styles, material styles, drawing styles</i>

CẢNH BÁO / WARNING — Mở một cụm lắp khi đang bật sai tập dự án là nguyên nhân số một của lỗi báo thiếu tập. **Đổi tập dự án phải làm khi chưa mở tập nào** — Inventor không cho đổi trong lúc đang có tập mở.

Opening an assembly under the wrong active project is the single most common cause of missing-file errors. Switching project must be done with no files open — Inventor will not allow it otherwise.

4.2. Cách tạo tệp dự án mới trong Inventor — *Creating a new Inventor project*

1. Đóng hết tệp đang mở. Từ màn hình khởi động, chọn **Projects**.
Close every open file. From the home screen, choose Projects.
2. Bấm **New** để mở trình hướng dẫn tạo dự án.
Click New to open the project wizard.
3. Chọn kiểu dự án một người dùng, trừ khi đơn vị có hệ quản lý tệp dùng chung.
Choose the single-user project type, unless the office runs a shared vault.
4. Đặt tên dự án và trỏ thư mục gốc tới thư mục đã lập sẵn cho công trình.
Name the project and point its root at the folder already created for the job.
5. Khai các thư mục thư viện nếu đơn vị có bộ chi tiết dùng chung.
Add library folders if the office keeps a shared parts set.
6. Bấm xong, rồi bấm đúp vào tên dự án trong danh sách để kích hoạt — dấu tích xanh cho biết dự án đang hoạt động.
Finish, then double-click the project name in the list to activate it — a green tick marks the active project.

MẸO / TIP — Mỗi công trình một tệp dự án riêng, đặt ngay tại thư mục gốc của công trình. Khi cần gửi cả bộ cho đối tác, nén cả thư mục gốc kèm tệp **.ipj** là bên kia mở được nguyên trạng.

One project file per job, placed at the root of that job's folder. When the whole set has to go to a partner, zipping the root folder with the .ipj inside lets them open it exactly as built.

4.3. Cách sắp xếp thư mục dự án cơ khí — *Structuring folders for a mechanical project*

Không có cấu trúc thư mục bắt buộc, nhưng có một cấu trúc đã chứng minh là chịu được thay đổi trong nhiều năm:

There is no mandatory folder structure, but one arrangement has proven durable over years of changes:

Thư mục <i>Folder</i>	Chứa gì <i>Contents</i>
_Project.ipj	Tệp dự án, đặt ngay ở gốc <i>The project file, at the root</i>
Parts	Toàn bộ tệp .ipt do mình dựng <i>Every .ipt built in-house</i>
Assemblies	Tệp .iam của cụm lắp và cụm lắp con <i>.iam files for assemblies and subassemblies</i>
Drawings	Tệp bản vẽ và bản xuất PDF, DWG <i>Drawing files and their PDF or DWG exports</i>
Library	Chi tiết mua sẵn, chi tiết tiêu chuẩn, tệp nhận từ nhà cung cấp <i>Purchased parts, standard parts and supplier files</i>
Templates	Tệp mẫu có sẵn khung tên và kiểu trình bày của đơn vị <i>Templates carrying the office title block and styles</i>
Exchange	Tệp STEP, IGES, STL trao đổi với bên ngoài <i>STEP, IGES and STL files exchanged with outside parties</i>

CẢNH BÁO / WARNING — Sau khi cụm lắp đã tham chiếu tới một tệp chi tiết, **không đổi tên và không dời tệp đó bằng trình quản lý tệp của hệ điều hành**. Muốn đổi tên hay dời, dùng công cụ quản lý tệp ngay trong Inventor để phần mềm sửa đường dẫn trong mọi tệp liên quan.

Once an assembly references a part file, do not rename or move that file in the operating system's file manager. Use Inventor's own file management tools so that the paths are corrected in every file that refers to it.

4.4. Quy ước đặt tên tệp và mã chi tiết — *Naming conventions for files and part numbers*

Tên tệp trong Inventor mặc định là Part1, Assembly1. Giữ nguyên các tên đó qua vài chục chi tiết là tự chuốc lấy rắc rối. Một quy ước tên đủ dùng gồm ba phần: mã công trình, mã cụm, số thứ tự chi tiết.

Inventor names files Part1, Assembly1 by default. Keeping those names across a few dozen parts invites trouble. A workable convention has three parts: job code, sub-assembly code, part number.

- Tên tệp không dấu, không khoảng trắng — dùng dấu gạch ngang hoặc gạch dưới.
File names without accents or spaces — use hyphens or underscores.
- Mã chi tiết ghi vào thuộc tính Part Number của tệp, không chỉ ghi ở tên tệp; bảng kê vật tư lấy số từ thuộc tính đó.
Put the part number in the file's Part Number property, not just the file name; the bill of materials reads that property.

- Chi tiết mua sẵn đặt tên theo mã của nhà sản xuất để dễ đặt hàng.
Name purchased parts by the manufacturer's code so ordering is straightforward.
- Số hiệu bản vẽ khớp với mã chi tiết hoặc mã cụm mà nó thể hiện.
Drawing numbers should match the part or assembly code they document.

GHI CHÚ / NOTE — Điền thuộc tính tệp — mã chi tiết, tên gọi, vật liệu, người thiết kế — ngay lúc tạo tệp. Những ô này chảy thẳng vào khung tên bản vẽ và bảng kê vật tư, điền sau thì phải mở lại từng tệp một.
Fill in the file properties — part number, description, material, designer — when the file is created. These fields flow straight into the drawing title block and the bill of materials; filling them later means reopening every file one by one.

4.5. Tệp mẫu và đơn vị đo trong Inventor — *Templates and units in Inventor*

Tệp mẫu quyết định đơn vị đo, kiểu ghi kích thước, chuẩn trình bày bản vẽ và khung tên. Inventor cài sẵn vài bộ mẫu theo hệ mét và hệ inch. Đơn vị tại Việt Nam là milimét, nên chọn bộ mẫu hệ mét ngay từ đầu.

Templates set the units, dimension styles, drafting standard and title block. Inventor ships several template sets in metric and imperial units. Vietnamese practice is millimetres, so pick the metric set from the start.

1. Mở một tệp mẫu hệ mét, đặt sẵn vật liệu mặc định và kiểu ghi kích thước theo chuẩn đơn vị dùng.
Open a metric template, set the default material and the dimension style the office uses.
2. Với tệp mẫu bản vẽ: thay khung tên bằng khung tên của đơn vị, đặt khổ giấy hay dùng.
For a drawing template: replace the title block with the office block and set the usual sheet size.
3. Lưu vào thư mục **Templates** của dự án hoặc thư mục mẫu do tệp dự án chỉ tới.
*Save into the project's **Templates** folder or the template folder the project points to.*
4. Từ đó mọi tệp mới tạo trong dự án đều kế thừa thiết lập này.
From then on, every new file in the project inherits these settings.

CẢNH BÁO / WARNING — Đổi đơn vị của một tệp đã dựng xong **không đổi kích thước thật của vật thể** — chỉ đổi cách hiển thị con số. Một chi tiết dựng nhầm trong hệ inch rồi đổi sang milimét vẫn sai kích thước. Kiểm đơn vị trước khi vẽ nét đầu tiên.
*Changing the units of a finished file **does not change the physical size of the object** — only how the numbers are displayed. A part modelled by mistake in inches and then switched to millimetres is still the wrong size. Check units before the first sketch line.*

MẸO / TIP — Khi nhận tệp từ đối tác nước ngoài, việc đầu tiên là đo một kích thước đã biết trên mô hình để xác nhận đơn vị. Nhầm giữa inch và milimét là lỗi tốn kém nhất trong trao đổi dữ liệu cơ khí.
When receiving a file from an overseas partner, the first move is to measure a known dimension to

confirm the units. Confusing inches with millimetres is the costliest error in mechanical data exchange.

Chương 5. Dựng chi tiết ba chiều — Chapter 5. Part modelling

Một chi tiết trong Inventor không được vẽ, nó được dựng. Bắt đầu là một sketch hai chiều đã ràng buộc đủ; sketch đó được đùn hoặc xoay thành khối đặc; khối đặc tiếp tục bị cắt, khoan, bo, vát, khoét rỗng cho tới khi giống vật thật. Mỗi thao tác để lại một feature nằm trong cây tính năng và sửa lại được bất cứ lúc nào.

A part in Inventor is not drawn, it is built. It starts from a fully constrained two-dimensional sketch; that sketch is extruded or revolved into a solid; the solid is then cut, drilled, filleted, chamfered and shelled until it matches the real workpiece. Every operation leaves a feature in the model tree and can be edited later.

GHI CHÚ / NOTE — Quy ước ký hiệu: chữ in đậm như **Extrude** là tên lệnh, thẻ hoặc nút trên giao diện, giữ nguyên tiếng Anh vì bản Inventor dùng ở Việt Nam là bản tiếng Anh; chữ trong **dấu nháy** là tên ô nhập hoặc giá trị gõ vào; dấu → chỉ đường đi qua các cấp trình đơn.
*Notation: bold words such as **Extrude** are command, tab or button names in the interface, kept in English because Inventor is used in Vietnam in its English build; text in **backticks** is a field name or a value to type; the arrow → shows a path through menu levels.*

Nhóm tính năng <i>Feature group</i>	Gồm <i>Members</i>	Cần gì trước khi chạy <i>What it needs first</i>
Sinh từ sketch <i>Sketched features</i>	Extrude, Revolve, Sweep, Loft, Coil, Rib	Một sketch có biên dạng kín <i>A sketch containing a closed profile</i>
Đặt lên khối có sẵn <i>Placed features</i>	Hole, Fillet, Chamfer, Shell, Draft, Thread	Một khối đặc đã tồn tại, chọn cạnh hoặc mặt <i>An existing solid; pick an edge or a face</i>
Nhân bản <i>Pattern features</i>	Rectangular, Circular, Sketch Driven, Mirror	Một hoặc nhiều feature đã dựng xong <i>One or more finished features</i>

5.1. Cách dùng lệnh Extrude trong Inventor — Using the Extrude command

Extrude đùn biên dạng phẳng theo phương vuông góc với mặt phẳng sketch. Đây là lệnh tạo ra phần lớn khối lượng của một chi tiết: tấm, bản mã, mặt bích, thân hộp, gân, và cả các hốc khoét.

Extrude pushes a flat profile along the direction normal to its sketch plane. It produces most of the material in a typical part: plates, gussets, flanges, housing bodies, ribs, and cut-outs as well.

- Chọn lệnh **Extrude** (phím **E**). Nếu sketch chỉ có một vùng kín, Inventor tự chọn vùng đó làm **Profile**.
*Start **Extrude** (shortcut **E**). If the sketch contains a single closed region, Inventor selects it as the **Profile** automatically.*
- Sketch có nhiều vùng thì nhấp lần lượt các vùng cần đùn; nhấp lại lên một vùng đã chọn để bỏ.

If the sketch has several regions, click each region to be extruded; click a selected region again to deselect it.

3. Chọn kiểu kết thúc, nhập chiều dày, chọn hướng.

Choose the termination, type the depth and set the direction.

4. Chọn phép khối: cộng, trừ, giao hoặc tạo khối mới.

Choose the boolean operation: join, cut, intersect or new solid.

Các ô trong hộp thoại Extrude / Fields in the Extrude dialog:

Profile : vùng kín cần đùn / the closed region to extrude
Output : Solid hoặc Surface / solid or surface
Distance : chiều dày đùn / the depth of the extrusion
Direction : thuận, nghịch, Symmetric, Asymmetric
default, flipped, symmetric, asymmetric
Taper angle : góc côn mặt bên / taper on the side faces
Boolean : Join, Cut, Intersect, New Solid

Kiểu kết thúc Termination	Khối chạy tới đâu Where the material stops
Distance	Đúng chiều dày gõ vào — dùng cho tấm, bản mã, chi tiết có bề dày danh nghĩa <i>Exactly the depth typed — used for plates, gussets and parts with a nominal thickness</i>
To Next	Chạy tới mặt gặp đầu tiên rồi dừng <i>Runs to the first face it meets and stops</i>
To	Chạy tới một mặt hoặc một mặt phẳng do người dùng chỉ <i>Runs to a face or work plane that the user picks</i>
Between	Bắt đầu ở một mặt, kết thúc ở một mặt khác <i>Starts at one face and ends at another</i>
All	Xuyên hết vật liệu theo hướng đã chọn — chỉ dùng cho phép trừ <i>Goes through all material in the chosen direction — for cuts only</i>

- Bốn nút hướng đùn: thuận, ngược, **Symmetric** (đùn hai bên, mỗi bên nửa chiều dày đã gõ) và **Asymmetric** (hai bên, mỗi bên một trị số riêng).
*Four direction buttons: default, flipped, **Symmetric** (both sides, half the typed depth each way) and **Asymmetric** (both sides, each with its own value).*
- Taper angle** tạo góc côn cho mặt bên. Góc dương làm khối nở ra theo chiều đùn, góc âm làm thu lại. Đây là cách nhanh nhất để đặt độ côn cho chi tiết đúc.
***Taper angle** tapers the side faces. A positive angle widens the solid along the extrusion direction, a negative angle narrows it. This is the quickest way to put draft on a cast part.*

Phép khối <i>Operation</i>	Kết quả <i>Result</i>
Join	Cộng phần đùn vào khối đang có <i>Adds the extruded material to the existing solid</i>
Cut	Trừ phần đùn khỏi khối đang có — khoét hốc, xẻ rãnh, cắt biên <i>Removes the extruded material — pockets, slots and trimmed edges</i>
Intersect	Chỉ giữ phần giao nhau giữa khối cũ và phần đùn <i>Keeps only the volume common to the old solid and the new extrusion</i>
New Solid	Tạo một khối độc lập trong cùng file; chi tiết nhiều thân dùng cho thiết kế theo cụm rồi tách ra sau <i>Creates an independent body in the same file; multi-body parts are used to design an assembly as one lump and split it later</i>

CẢNH BÁO / WARNING — Biên dạng hở thì Inventor chỉ đùn ra mặt (surface), không ra khối đặc. Thấy kết quả là một tờ mỏng không có khối lượng thì quay về sketch tìm chỗ hai đầu đường chưa trùng nhau.

An open profile extrudes into a surface, not a solid. If the result is a thin sheet with no mass, go back into the sketch and find the gap where two ends do not meet.

5.2. Lệnh Revolve trong Inventor cho chi tiết tròn xoay — *The Revolve command for parts of revolution*

Revolve xoay một biên dạng phẳng quanh một trục. Trục, bạc, bích, puly, nắp chụp, bánh đà — tất cả những gì tiện được trên máy tiện đều nên dựng bằng **Revolve**, vì biên dạng nửa mặt cắt chính là hình mà người thợ tiện đọc.

*Revolve spins a flat profile about an axis. Shafts, bushes, flanges, pulleys, caps and flywheels — anything that can be turned on a lathe should be built with **Revolve**, because the half-section profile is exactly the shape the turner reads.*

- **Axis** nhận một đường thẳng trong sketch, một cạnh của khối, hoặc một trục gốc (**X Axis**, **Y Axis**, **Z Axis**).
*Axis accepts a sketch line, a model edge, or one of the origin axes (**X Axis**, **Y Axis**, **Z Axis**).*
- **Full** xoay trọn 360°. Chọn **Angle** để xoay một góc, dùng khi cần dựng một cánh rồi nhân bản bằng **Circular Pattern**.
*Full sweeps a complete 360°. Choose **Angle** to revolve through a set angle, useful when one blade is modelled and then repeated with **Circular Pattern**.*
- Phép khối **Join**, **Cut**, **Intersect** dùng như ở **Extrude**. Phép **Cut** quanh một trục tạo rãnh vòng, rãnh phe, rãnh gioăng chữ O.
*The **Join**, **Cut** and **Intersect** operations work as in **Extrude**. A revolved **Cut** produces circular grooves, circlip grooves and O-ring grooves.*

CẢNH BÁO / WARNING — Biên dạng không được cắt qua trục xoay. Nếu cần khối đối xứng hai bên trục thì vẽ nửa biên dạng nằm trọn một phía và cho trục làm cạnh biên.
The profile must not cross the axis of revolution. For a shape symmetric about the axis, draw half the profile entirely on one side and let the axis form its boundary.

MẸO / TIP — Vẽ đường tâm bằng công cụ **Centerline** trong sketch. Khi ghi kích thước từ biên dạng sang đường tâm, Inventor tự nhân đôi trị số thành đường kính chứ không phải bán kính — đúng cách ghi của bản vẽ chi tiết tiện.
*Draw the axis with the sketch **Centerline** tool. When a dimension is placed from the profile to a centerline, Inventor doubles the value and reports a diameter rather than a radius — the convention used on turned-part drawings.*

5.3. Sweep, Loft và Coil trong Inventor — *Sweep, Loft and Coil*

Sweep — quét biên dạng theo đường dẫn — *Sweep — a profile along a path*

Sweep cần hai sketch nằm ở hai mặt phẳng khác nhau: một sketch chứa tiết diện, một sketch chứa đường dẫn. Dùng cho ống, tay vịn, thanh uốn, ống thủy lực, gioăng viền.

Sweep needs two sketches on different planes: one holding the cross-section, one holding the path. It is used for pipes, handrails, bent bars, hydraulic lines and edge seals.

- **Orientation** đặt **Path** thì tiết diện luôn vuông góc với đường dẫn; đặt **Parallel** thì tiết diện giữ nguyên phương ban đầu trong suốt hành trình.
With Orientation set to Path the section stays perpendicular to the path; set to Parallel it keeps its original orientation all the way along.

CẢNH BÁO / WARNING — Bán kính cong của đường dẫn nhỏ hơn kích thước tiết diện thì khối tự cắt vào chính nó và lệnh báo lỗi. Cách gỡ: tăng bán kính uốn hoặc thu nhỏ tiết diện.
If the bend radius of the path is smaller than the section, the solid folds into itself and the command fails. The fix is a larger bend radius or a smaller section.

Loft — nối nhiều tiết diện — *Loft — blending several sections*

Loft nối hai hay nhiều tiết diện nằm trên các mặt phẳng khác nhau thành một khối chuyển tiếp. Côn thu ống, phễu, miệng gió chuyển từ tròn sang chữ nhật, thân cánh — đều là bài toán của **Loft**. Thứ tự chọn tiết diện chính là thứ tự khối đi qua.

*Loft blends two or more sections lying on different planes into one transition solid. Reducers, hoppers, duct transitions from round to rectangular and aerofoil bodies are all **Loft** work. The order in which sections are picked is the order the solid passes through them.*

- **Rails** là các đường dẫn biên khống chế hình dạng giữa các tiết diện; **Center Line** là một đường dẫn duy nhất mà mọi tiết diện phải vuông góc với nó.
Rails are guide curves that control the shape between sections; Center Line is a single guide that every section must stay perpendicular to.
- Điều kiện đầu cuối **Conditions** đặt khối nối tron hoặc tiếp tuyến với mặt đã có, tránh gây cạnh ở chỗ giáp nối.

*The **Conditions** settings make the blend tangent or smooth to an existing face, avoiding a hard edge at the junction.*

MẸO / TIP — Khối loft bị xoắn khi các tiết diện có điểm bắt đầu lệch nhau. Kéo các dấu điểm trên từng tiết diện cho chúng thẳng hàng theo một đường sinh là hết xoắn.

A loft twists when the start points of the sections do not line up. Drag the point markers on each section until they sit along one generating line and the twist disappears.

Coil — lò xo và đường ren — *Coil — springs and helical cuts*

Coil quét một tiết diện theo đường xoắn ốc quanh một trục. Đây là lệnh dựng lò xo nén, lò xo kéo, ruột gà, và là cách duy nhất tạo ra ren cắt thật khi cần biểu diễn chính xác biên dạng ren.

Coil sweeps a section along a helix about an axis. It builds compression springs, extension springs and spiral tubing, and it is the only way to cut a true thread form when the real profile must be shown.

Kiểu khai báo <i>Coil Size type</i>	Nhập vào <i>Values entered</i>
Pitch and Revolution	Bước xoắn và số vòng <i>Pitch and number of revolutions</i>
Revolution and Height	Số vòng và chiều cao <i>Number of revolutions and height</i>
Pitch and Height	Bước xoắn và chiều cao <i>Pitch and height</i>
Spiral	Xoắn phẳng, không tăng chiều cao <i>A flat spiral with no rise</i>

- Thẻ **Coil Ends** xử lý hai đầu lò xo: **Flat** mài phẳng một góc nhất định để lò xo đứng vững, **Natural** để nguyên đầu xoắn.

*The **Coil Ends** tab handles both ends of a spring: **Flat** grinds a set angle so the spring stands square, **Natural** leaves the helix as it is.*

CẢNH BÁO / WARNING — Ren dựng bằng **Coil** có hàng nghìn mặt cong, làm file nặng và cụm lắp quay chậm. Trong sản xuất bình thường hãy dùng lệnh **Thread** — ren chỉ là ký hiệu trên mô hình nhưng ghi đúng trong bản vẽ chế tạo.

*A thread built with **Coil** carries thousands of curved faces, making the file heavy and the assembly slow to rotate. For normal production work use the **Thread** feature instead — the thread is only represented on the model, yet it is annotated correctly on the drawing.*

5.4. Cách khoan lỗ bằng lệnh Hole trong Inventor — *Drilling holes with the Hole command*

Lỗ cắt bằng **Extrude** và lỗ tạo bằng **Hole** trông giống nhau trên màn hình nhưng khác hẳn về dữ liệu. Feature **Hole** mang trong nó đường kính danh nghĩa, kiểu khoét, chiều sâu, hệ ren và cấp dung sai. Khi đưa sang bản vẽ, **Hole Note** lấy thẳng bộ dữ liệu đó mà ghi **M12x1.75 - 6H**, **Hole Table** liệt kê được tọa độ từng lỗ. Lỗ cắt bằng **Extrude** chỉ là một cái hốc rỗng, muốn ghi gì phải gõ tay.

*A hole cut with **Extrude** and a hole made with **Hole** look the same on screen but carry different data. A **Hole** feature holds the nominal diameter, the seat type, the depth, the thread designation and the tolerance class. On the drawing, a **Hole Note** reads that data directly and writes **M12x1.75 - 6H**, and a **Hole Table** can list the coordinates of every hole. A hole cut with **Extrude** is an empty pocket: every annotation has to be typed by hand.*

Kiểu lỗ <i>Hole type</i>	Tiếng Việt <i>Vietnamese term</i>	Dùng khi <i>Used when</i>
Simple	Lỗ trơn <i>Plain hole</i>	Lỗ suốt, lỗ định vị, lỗ thoát <i>Through holes, locating holes, drain holes</i>
Clearance	Lỗ lắp bulông <i>Bolt clearance hole</i>	Chọn bulông và cấp lắp, Inventor lấy đường kính theo tiêu chuẩn <i>Pick the fastener and the fit class; Inventor takes the diameter from the standard</i>
Tapped	Lỗ ren <i>Tapped hole</i>	Lỗ bắt vít có ren, chọn hệ ren và cấp ren <i>Threaded holes; the thread series and class are selected</i>
Taper Tapped	Lỗ ren côn <i>Taper tapped hole</i>	Đầu nối ống thủy lực, khí nén <i>Hydraulic and pneumatic port fittings</i>

Kiểu khoét miệng <i>Seat</i>	Tiếng Việt <i>Vietnamese term</i>	Để làm gì <i>Purpose</i>
None	Không khoét <i>No seat</i>	Lỗ thẳng suốt chiều dày <i>A straight hole through the material</i>
Counterbore	Lỗ khoét bậc <i>Counterbore</i>	Chìm đầu bulông trụ xuống dưới mặt chi tiết <i>Sinks a cap-head bolt below the surface</i>
Countersink	Lỗ khoét côn <i>Countersink</i>	Chìm đầu vít côn 90° <i>Sinks a 90° countersunk screw head</i>
Spotface	Mặt tựa phay phẳng <i>Spotface</i>	Phay phẳng một vòng quanh lỗ cho long đen tì đều trên bề mặt đúc <i>Machines a flat seat around the hole so the washer beds evenly on a cast surface</i>

- Cách đặt vị trí lỗ: **From Sketch** lấy các điểm trong sketch làm tâm lỗ — cách dùng nhiều nhất vì vị trí lỗ được ràng buộc bằng kích thước; **Concentric** đặt đồng tâm với một cạnh tròn; **Linear** đo từ hai cạnh; **On Point** đặt vào một work point.
Placement methods: From Sketch uses sketch points as hole centres — the most common choice, because the positions are then dimensioned and constrained; Concentric centres the hole on a circular edge; Linear measures from two edges; On Point places it on a work point.
- Kiểu kết thúc **Distance**, **Through All**, **To** dùng như ở **Extrude**. Với lỗ khoan có đáy, **Drill Point** đặt đáy phẳng hay đáy côn 118° cho giống mũi khoan thật.
The Distance, Through All and To terminations work as in Extrude. For a blind hole, Drill Point sets a flat bottom or the 118° cone left by a real drill.

MẸO / TIP — Đặt tất cả tâm lỗ của một mặt bích vào **một** sketch điểm rồi chạy **một** lệnh **Hole**. Cây tính năng gọn lại, và đổi đường kính cả cụm lỗ chỉ mất một lần sửa.

*Put every hole centre of a flange into **one** point sketch and run **one** Hole command. The model tree stays short, and changing the diameter of the whole set takes a single edit.*

Thread — ren trên trục và trong lỗ — *Thread — external and internal threads*

Thread đặt ren lên một mặt trụ đã có. Inventor không cắt vật liệu; nó gắn dữ liệu ren và một lớp hiển thị lên mặt đó. Chọn hệ ren trong **Thread Type** (ren mét ISO, ren ống, ren Anh), chọn **Size**, **Designation**, **Class** và chiều ren phải hay trái. Ren có thể chạy hết chiều dài mặt trụ hoặc chỉ một đoạn tính từ mặt đầu.

Thread applies a thread to an existing cylindrical face. Inventor cuts no material; it attaches thread data and a display texture to that face. Choose the series in Thread Type (ISO metric, pipe, imperial), then Size, Designation, Class and the hand of the thread. It can run the full length of the cylinder or a set length from the end face.

5.5. Fillet và Chamfer trong Inventor — *Filletlets and chamfers*

Fillet bo cung tại cạnh, **Chamfer** vát mép. Hai lệnh này chạy sau cùng, khi hình dáng chính đã xong. Thứ tự dựng quyết định kết quả: bo trước rồi khoét thì mất luôn cung bo ở chỗ bị khoét; khoét trước rồi bo thì cung bo chạy theo mép hốc.

Fillet rounds an edge, Chamfer bevels it. Both belong at the end of the build, once the main shape is settled. Order matters: fillet first and then cut, and the round disappears where the material is removed; cut first and then fillet, and the round follows the edge of the pocket.

Lệnh <i>Command</i>	Cách nhập <i>Input method</i>
Fillet → Edge Fillet	Chọn cạnh hoặc cụm cạnh, nhập bán kính <i>Select edges or edge loops and enter a radius</i>
Fillet → Face Fillet	Bo giữa hai mặt không chung cạnh <i>Rounds between two faces that share no edge</i>
Fillet → Full Round	Bo tròn bề mặt giữa ba mặt, không cần nhập bán kính <i>Rounds fully across three faces; no radius is entered</i>
Chamfer → Distance	Vát cân, một trị số <i>Equal bevel, one value</i>
Chamfer → Distance and Angle	Một cạnh vát và một góc <i>One leg and an angle</i>
Chamfer → Two Distances	Hai cạnh vát khác nhau <i>Two different legs</i>

- Một lệnh **Fillet** nhận nhiều nhóm cạnh với bán kính khác nhau: nhấn **Click to add** để thêm nhóm. Gom các cạnh cùng bán kính vào một feature giúp cây tính năng ngắn và tính lại nhanh hơn.

*One **Fillet** command accepts several edge sets with different radii: press **Click to add** for another set. Grouping edges of equal radius into one feature keeps the tree short and recomputes faster.*

- Variable** cho bán kính thay đổi dọc theo một cạnh; **Setbacks** xử lý chỗ ba cung bo gặp nhau ở một đỉnh.

***Variable** gives a radius that changes along an edge; **Setbacks** control the point where three fillets meet at a corner.*

CẢNH BÁO / WARNING — Bán kính bo lớn hơn vật liệu còn lại thì lệnh báo lỗi. Gặp một feature bo gồm ba mươi cạnh báo lỗi, hãy bỏ bớt cạnh cho tới khi tìm ra cạnh gây lỗi, rồi tách cạnh đó thành một feature riêng với bán kính nhỏ hơn.

A radius larger than the remaining material makes the command fail. When a fillet feature containing thirty edges fails, remove edges until the offending one is found, then put it in a separate feature with a smaller radius.

Shell — khoét rỗng tạo vỏ — *Shell — hollowing a body*

Shell biến khối đặc thành vỏ mỏng đều: chọn các mặt cần mở, nhập **Thickness**, chọn hướng đo chiều dày vào trong, ra ngoài hay đều hai phía. Dùng cho vỏ hộp, thân bơm, chi tiết nhựa, chi tiết đúc. Nút **Unique face thickness** đặt chiều dày riêng cho từng mặt.

***Shell** turns a solid into a thin wall of constant thickness: pick the faces to remove, enter a **Thickness** and choose whether it is measured inward, outward or both ways. It suits*

enclosures, pump bodies, plastic parts and castings. The **Unique face thickness** button assigns a separate thickness to individual faces.

MẸO / TIP — Chạy **Shell** trước khi bo cạnh thì vỏ đều và ít lỗi hơn. Nếu bo trước, Inventor phải dựng vỏ bám theo mặt cong và thường không đủ vật liệu ở chỗ bán kính nhỏ.

*Run **Shell** before filleting: the wall comes out even and fails less often. If the fillets come first, Inventor has to offset the wall along curved faces and usually runs out of material where the radius is small.*

Rib — gân tăng cứng — *Rib — stiffening ribs*

Rib dựng gân từ một đường sketch hở: Inventor tự kéo dài đường đó tới khi gặp vật liệu rồi đắp thành gân dày **Thickness**. Không phải vẽ biên dạng kín, không phải đo chiều cao gân. Tuỳ chọn **To Next** cho gân chạy tới mặt gặp đầu tiên, **Finite** giới hạn chiều cao gân bằng số. Gân đúc thường cần thêm góc thoát khuôn, khai báo ngay trong hộp thoại.

***Rib** builds a stiffener from an open sketch line: Inventor extends that line until it reaches material and thickens it to **Thickness**. There is no closed profile to draw and no rib height to measure. The **To Next** option runs the rib to the first face it meets, **Finite** limits its height to a typed value. Cast ribs usually need draft, which is set in the same dialog.*

Draft — góc thoát khuôn — *Draft — moulding draft angles*

Draft nghiêng mặt bên một góc nhỏ để chi tiết rút ra khỏi khuôn được. **Fixed Plane** giữ nguyên một mặt phẳng làm chuẩn và nghiêng các mặt quanh nó; **Fixed Edge** giữ nguyên một cạnh; **Parting Line** nghiêng hai phía theo đường phân khuôn. Chi tiết đúc và chi tiết ép nhựa thường lấy 1° đến 3° tuỳ chiều sâu lòng khuôn và vật liệu.

***Draft** tilts side faces by a small angle so the part can leave the mould. **Fixed Plane** keeps one plane fixed and tilts the faces around it; **Fixed Edge** keeps one edge fixed; **Parting Line** tilts both ways about a split line. Castings and mouldings commonly take 1° to 3°, depending on cavity depth and material.*

5.6. Pattern và Mirror trong Inventor — *Pattern and Mirror*

Lỗ bích, răng lược, bậc thang, dãy lỗ bắt vít — dựng một cái rồi nhân bản, đừng dựng từng cái. Dãy nhân bản là một feature duy nhất: đổi số lượng hay bước chỉ cần sửa một chỗ.

Flange holes, comb teeth, ladder rungs and rows of fixing holes: build one and repeat it rather than modelling each. A pattern is a single feature: the count or the spacing is changed in one place.

Lệnh <i>Command</i>	Nhập vào <i>Input</i>	Dùng cho <i>Typical use</i>
Rectangular Pattern	Hai phương, số lượng và bước mỗi phương <i>Two directions, with a count and a spacing for each</i>	Dãy lỗ trên tấm, lỗ sàn thao tác <i>Hole grids on plates and walkway floors</i>
Circular Pattern	Trục quay, số lượng, góc phân bố <i>A rotation axis, a count and an angular range</i>	Lỗ bulông mặt bích, răng, cánh <i>Flange bolt holes, teeth and blades</i>
Sketch Driven Pattern	Một sketch điểm làm bản đồ vị trí <i>A point sketch acting as a position map</i>	Lỗ đặt không theo quy luật đều <i>Holes placed with no regular spacing</i>
Mirror	Mặt phẳng đối xứng <i>A mirror plane</i>	Chi tiết đối xứng, cụm trái và phải <i>Symmetric parts, left-hand and right-hand versions</i>

- Nhân bản được cả **feature** lẫn cả **solid**. Chọn **Pattern Solids** khi muốn nhân toàn bộ thân khối thay vì vài tính năng.
Both features and whole solids can be patterned. Choose Pattern Solids to repeat an entire body instead of a few features.
- Compute** đặt **Identical** thì mọi phần tử kết thúc giống hệt phần tử gốc và tính nhanh; đặt **Adjust** thì từng phần tử tự tính lại chỗ kết thúc — cần cho dãy lỗ chạy qua một mặt cong.
With Compute set to Identical every occurrence terminates exactly like the original and computes quickly; set to Adjust each occurrence recalculates its own termination, which a row of holes crossing a curved face requires.
- Nút **Suppress** trong danh sách phần tử tắt một vị trí riêng lẻ, ví dụ dãy 12 lỗ bích nhưng bỏ trống một lỗ ở chỗ vướng đường ống.
The Suppress control in the occurrence list switches off an individual position, for example a 12-hole flange pattern with one position left out where a pipe runs.

5.7. Cây tính năng trong Inventor và cách sửa lại một bước đã dựng — *The model tree and editing a finished feature*

Đây là chỗ khác nhau căn bản giữa Inventor và AutoCAD. Trong AutoCAD, vẽ xong một nét thì chỉ còn lại nét đó, không ai biết nó được vẽ bằng cách nào. Trong Inventor, mỗi bước dựng nằm lại trong cây bên trái màn hình theo đúng thứ tự đã làm, kèm nguyên vẹn sketch, kích thước và tham số của nó. Cái nhìn thấy trên màn hình chỉ là kết quả chạy lại toàn bộ cây từ trên xuống.

This is the fundamental difference between Inventor and AutoCAD. In AutoCAD, once a line is drawn only the line remains, and nothing records how it was made. In Inventor every build step stays in the browser on the left of the screen in the order it was performed, together with its sketch, its dimensions and its parameters. What appears on screen is the result of replaying the whole tree from the top.

Thao tác <i>Action</i>	Làm gì <i>What it does</i>
Nhấp phải feature → Edit Feature	Mở lại hộp thoại đã dùng để dựng, sửa số rồi OK <i>Reopens the dialog used to create it; change the values and press OK</i>
Nhấp phải feature → Edit Sketch	Quay về sketch gốc, sửa hình và kích thước <i>Returns to the source sketch to edit shape and dimensions</i>
Nhấp phải → Suppress Features	Tạm tắt feature, mô hình tính như chưa có nó <i>Temporarily switches a feature off; the model computes as if it were absent</i>
Kéo feature lên xuống <i>Drag a feature</i>	Đổi thứ tự dựng <i>Changes the build order</i>
Kéo dấu End of Part <i>Drag the End of Part marker</i>	Cuộn mô hình về một bước trước đó để xem hoặc chèn thêm <i>Rolls the model back to an earlier step to inspect it or insert new work</i>
Nhấp phải → Rename (hoặc nhấp chuột phải hai lần) <i>Right-click → Rename</i>	Đặt tên có nghĩa cho feature <i>Gives the feature a meaningful name</i>

Đổi thứ tự không phải thao tác vô hại. Một feature chỉ kéo lên trước được nếu mọi thứ nó dựa vào đã có mặt trước đó. Kéo lên trên cái mặt bích chứa nó thì Inventor báo lỗi và đưa feature xuống lại.

Reordering is not a free operation. A feature can only be moved earlier if everything it depends on already exists at that point. Drag a hole above the flange face that carries it and Inventor reports an error and puts the feature back.

MẸO / TIP — Dựng theo đúng trình tự người thợ làm ra chi tiết đó: phôi trước, khoét hốc, khoan lỗ, rồi bo và vát sau cùng. Cây tính năng dựng theo trình tự gia công thì sáu tháng sau mở lại vẫn đọc được, và đổi một kích thước không làm đổ các bước phía dưới.

Build in the order the workshop would make the part: stock first, then pockets, then holes, with fillets and chamfers last. A tree that follows the machining sequence is still readable six months later, and changing one dimension does not bring down the steps below it.

CẢNH BÁO / WARNING — Feature hỏng hiện dấu cảnh báo trong cây. Nhấp phải chọn **Edit Feature** hoặc mở **Design Doctor** để xem nguyên nhân. Nguyên nhân hay gặp nhất là một cạnh hoặc một mặt mà feature dựa vào đã biến mất sau khi bước trên bị sửa.

*A failed feature shows a warning marker in the tree. Right-click and choose **Edit Feature**, or open **Design Doctor** to see why. The usual cause is an edge or a face the feature referenced having disappeared after an earlier step was edited.*

Chương 6. Sketch và ràng buộc — Chapter 6. Sketches and constraints

Sketch là nền của mọi chi tiết. Một mô hình sửa được hay không, đổi kích thước có vớ hay không, quyết định ở chỗ sketch được ràng buộc thế nào chứ không ở các lệnh dựng khối. Phần này nên đọc chậm; nắm chắc ở đây thì các chương sau trôi.

Sketches are the foundation of every part. Whether a model can be edited, and whether it survives a change of dimensions, is decided by how its sketches are constrained rather than by the modelling commands. Read this chapter slowly; the later ones follow easily once it is understood.

6.1. Cách chọn mặt phẳng phác thảo trong Inventor — Choosing a sketch plane

Lệnh **Create 2D Sketch** hỏi mặt phẳng trước khi cho vẽ. Có ba nguồn mặt phẳng:

*The **Create 2D Sketch** command asks for a plane before drawing begins. There are three sources of planes:*

- **Ba mặt phẳng gốc** **XY Plane**, **XZ Plane**, **YZ Plane** trong thư mục **Origin** của cây. Sketch đầu tiên của một chi tiết nên nằm trên một mặt gốc, vì mặt gốc không bao giờ biến mất.

*The three origin planes **XY Plane**, **XZ Plane** and **YZ Plane** in the **Origin** folder of the tree. The first sketch of a part should sit on an origin plane, because origin planes never disappear.*

- **Mặt phẳng của chi tiết**: nhấp thẳng lên một mặt phẳng đã có của khối. Nhanh, nhưng sketch đó lệ thuộc vào mặt kia; mặt kia mất thì sketch mất chỗ bám.

A planar face of the part: click directly on an existing flat face. Quick, but the sketch then depends on that face; if the face goes, the sketch loses its reference.

- **Work Plane tự tạo**: mặt phẳng dựng thêm khi không có sẵn chỗ để vẽ — song song và cách một mặt một khoảng, đi qua ba điểm, đi qua một cạnh và nghiêng một góc, tiếp xúc một mặt trụ.

A user-made Work Plane: an extra plane created where none exists — parallel to a face at an offset, through three points, through an edge at an angle, or tangent to a cylinder.

MẸO / TIP — Đặt chi tiết sao cho hình chiếu chính của nó nằm đúng một mặt gốc và gốc toạ độ rơi vào một điểm có nghĩa: tâm trục, tâm mặt bích, góc dưới bên trái của tấm. Khi lắp cụm và khi ra bản vẽ, việc này tiết kiệm nhiều thao tác hơn là nó tốn.

Place the part so its main view lies on an origin plane and the origin falls on a meaningful point: a shaft centre, a flange centre, or the bottom-left corner of a plate. In assembly work and on drawings this saves far more operations than it costs.

6.2. Các lệnh vẽ trong môi trường Sketch của Inventor — *Drawing tools in the sketch environment*

Lệnh <i>Tool</i>	Tắt <i>Key</i>	Vẽ ra <i>Creates</i>
Line	L	Chuỗi đoạn thẳng; giữ chuột kéo từ đầu mút để chuyển thành cung tiếp tuyến <i>A chain of line segments; drag from an endpoint to switch to a tangent arc</i>
Circle	C	Đường tròn theo tâm và bán kính, hoặc tròn tiếp xúc ba đường <i>A circle by centre and radius, or tangent to three lines</i>
Arc	A	Cung ba điểm, cung tiếp tuyến, cung theo tâm <i>Three-point, tangent or centre-point arc</i>
Rectangle	R	Hai điểm, ba điểm, hoặc từ tâm <i>Two-point, three-point or centred</i>
Slot	—	Rãnh bầu dục, khai báo bằng tâm và chiều rộng <i>A slot defined by its centres and width</i>
Polygon	—	Đa giác đều nội tiếp hoặc ngoại tiếp <i>A regular polygon, inscribed or circumscribed</i>
Spline	—	Đường cong trơn qua điểm (Interpolation) hoặc theo điểm điều khiển (Control Vertex) <i>A smooth curve through points (Interpolation) or by control points (Control Vertex)</i>
Point	—	Điểm — dùng làm tâm lỗ cho lệnh Hole <i>A point — used as a hole centre by the Hole command</i>
Fillet / Chamfer	—	Bo góc và vát góc ngay trong sketch <i>Rounds and bevels corners inside the sketch</i>
Offset	—	Đường song song cách đều biên dạng đã chọn <i>A parallel copy of the selected profile at a set distance</i>
Project Geometry	—	Chiếu cạnh, mặt, đỉnh của hình có sẵn vào sketch <i>Projects edges, faces and vertices of existing geometry into the sketch</i>

GHI CHÚ / NOTE — Gõ số ngay trong lúc kéo chuột để nhập kích thước chính xác; nhấn **Tab** để chuyển sang ô tiếp theo. Kích thước gõ theo cách này được ghi lại thành ràng buộc kích thước thật, không phải con số gần đúng.

*Type values while dragging to enter exact sizes; press **Tab** to move to the next field. A value entered this way becomes a real dimensional constraint, not an approximate figure.*

6.3. Ràng buộc hình học trong Inventor — *Geometric constraints*

Ràng buộc hình học khoá quan hệ giữa các đối tượng mà không cần con số: hai đường song song, một cung tiếp tuyến với một đoạn, hai đường tròn đồng tâm. Đây là cách bắt hình giữ đúng ý đồ khi kích thước thay đổi.

Geometric constraints lock relationships between objects without using numbers: two lines parallel, an arc tangent to a segment, two circles concentric. They keep a shape faithful to its intent when the dimensions change.

Ràng buộc <i>Constraint</i>	Buộc thế nào <i>What it enforces</i>	Dùng khi <i>Typical use</i>
Coincident	Hai điểm trùng nhau, hoặc một điểm nằm trên một đường <i>Two points coincide, or a point lies on a curve</i>	Nối hai đầu đoạn; neo hình vào gốc toạ độ <i>Joining segment ends; anchoring geometry to the origin</i>
Collinear	Hai đoạn nằm trên cùng một đường thẳng <i>Two segments lie on one straight line</i>	Hai mép tấm thẳng hàng <i>Two plate edges in line</i>
Concentric	Chung tâm <i>Shared centre</i>	Lỗ đồng tâm với vành trụ <i>A hole concentric with a boss</i>
Fix	Neo cứng đối tượng vào hệ toạ độ sketch <i>Pins an object to the sketch coordinate system</i>	Dùng hạn chế; thường chỉ cho một điểm chuẩn <i>Use sparingly; normally for one reference point only</i>
Parallel	Hai đoạn song song <i>Two segments stay parallel</i>	Hai cạnh của một thanh <i>The two edges of a bar</i>
Perpendicular	Hai đoạn vuông góc <i>Two segments stay at 90°</i>	Góc khung, mép vai trực <i>Frame corners and shoulders</i>
Horizontal	Đoạn song song trục X của sketch <i>A segment parallel to the sketch X axis</i>	Mặt đáy, đường chuẩn nằm ngang <i>Base faces and horizontal datums</i>
Vertical	Đoạn song song trục Y của sketch <i>A segment parallel to the sketch Y axis</i>	Thành đứng <i>Vertical walls</i>
Tangent	Cung tiếp tuyến với đoạn hoặc cung khác <i>An arc tangent to a line or another arc</i>	Chỗ chuyển tiếp trơn, mép bo <i>Smooth transitions and rounded ends</i>
Smooth	Nối liên tục độ cong giữa spline và đường kẻ <i>Curvature-continuous join between a spline and its neighbour</i>	Biên dạng khí động, mặt trang trí <i>Aerodynamic and styling profiles</i>
Symmetric	Hai đối tượng đối xứng qua một đường <i>Two objects mirrored about a chosen line</i>	Chi tiết đối xứng — khoá cả hai bên bằng một kích thước <i>Symmetric parts — both sides held by one dimension</i>
Equal	Hai đối tượng bằng nhau <i>Two objects take the same size</i>	Dãy lỗ cùng đường kính, các cạnh bằng nhau <i>Rows of holes of equal diameter and edges of equal length</i>

- Nhấn **F8** để hiện mọi ký hiệu ràng buộc đang có trên sketch, **F9** để ẩn đi. Ký hiệu hiện cạnh đối tượng; rê chuột lên một ký hiệu thì các đối tượng liên quan sáng lên.
*Press **F8** to show every constraint symbol in the sketch and **F9** to hide them. The symbols appear beside the geometry; hovering over one highlights the objects it links.*
- Xoá một ràng buộc: hiện ký hiệu bằng **F8**, nhấp chọn ký hiệu rồi nhấn **Delete**. Hoặc nhấp phải lên đối tượng và chọn từ danh sách ràng buộc của nó.
*To delete a constraint: show the symbols with **F8**, click the symbol and press **Delete**. Alternatively right-click the object and pick from its list of constraints.*

GHI CHÚ / NOTE — Trong lúc vẽ, Inventor tự gán ràng buộc theo cách con trỏ di chuyển — nét vẽ gần ngang thì nhận **Horizontal**, đầu nét gần một điểm thì nhận **Coincident**. Giữ **Ctrl** trong lúc vẽ để chặn việc tự gán này khi nó gán sai ý.
*While drawing, Inventor infers constraints from cursor movement — a nearly horizontal line picks up **Horizontal**, an endpoint near an existing point picks up **Coincident**. Hold **Ctrl** while drawing to block the inference when it guesses wrongly.*

6.4. Ràng buộc kích thước trong Inventor — kích thước lái và kích thước tham chiếu — *Dimensional constraints — driving and driven dimensions*

Lệnh **General Dimension** (phím **D**) ghi kích thước cho sketch. Kích thước ở đây không phải con số mô tả hình vẽ mà là con số điều khiển hình vẽ: sửa 60 thành 80 thì hình dài ra đúng 80. Nhấp một đối tượng để ghi chiều dài hoặc đường kính; nhấp hai đối tượng để ghi khoảng cách hoặc góc.

*The **General Dimension** command (shortcut **D**) dimensions the sketch. A dimension here is not a number describing the geometry but a number driving it: change 60 to 80 and the geometry becomes 80 long. Click one object for a length or diameter; click two for a distance or an angle.*

Loại Type	Tiếng Việt Vietnamese term	Tính chất Behaviour
Driving	Kích thước lái <i>Driving dimension</i>	Hiện thị bình thường; sửa trị số thì hình đổi theo <i>Shown plainly; editing the value changes the geometry</i>
Driven	Kích thước tham chiếu <i>Reference dimension</i>	Hiện thị trong ngoặc đơn; chỉ báo trị số đo được, sửa không được <i>Shown in parentheses; reports a measured value and cannot be edited</i>

Khi một kích thước mới làm thừa ràng buộc, Inventor hỏi có chuyển nó thành **Driven** hay không. Nhận lời đề nghị đó là cách giữ lại một số đo cần theo dõi mà không phá vỡ hệ ràng buộc đang đúng. Nút **Driven Dimension** trên thanh sketch bật tắt chế độ này trước khi ghi.

When a new dimension would over-constrain the sketch, Inventor offers to make it **Driven**. Accepting keeps a measurement worth watching without breaking a consistent constraint scheme. The **Driven Dimension** button on the sketch toolbar sets this mode before the dimension is placed.

MẸO / TIP — Nhấp đúp vào một kích thước và gõ tên vào ô, ví dụ **ChieuDay = 12 mm**. Từ đó kích thước có tên và gọi được trong công thức của kích thước khác — nền của chương 7.

*Double-click a dimension and type a name in the field, for example **ChieuDay = 12 mm**. The dimension then has a name and can be referenced in the formula of another dimension — the basis of chapter 7.*

6.5. Fully Constrained trong Inventor là gì — What Fully Constrained means in Inventor

Một sketch tự do có nhiều bậc tự do: kéo vào đâu nó chạy tới đó. Mỗi ràng buộc hình học và mỗi kích thước lấy đi một hoặc vài bậc tự do. Khi không còn bậc tự do nào, sketch ở trạng thái **Fully Constrained**: hình chỉ đổi khi có người sửa một trị số, còn kéo chuột thì nó đứng yên.

*A free sketch has many degrees of freedom: drag it and it moves. Each geometric constraint and each dimension removes one or more of them. When none is left, the sketch is **Fully Constrained**: the geometry changes only when a value is edited, and dragging moves nothing.*

Thanh trạng thái khi đang mở sketch / status bar in sketch mode:

3 dimensions needed	: còn thiếu 3 ràng buộc kích thước three dimensional constraints missing
Fully Constrained	: đã đủ, hình không xê dịch được nữa fully constrained, nothing can move

Cách kiểm tra <i>How to check</i>	Dấu hiệu <i>What to look for</i>
Thanh trạng thái góc dưới bên phải <i>The status bar at the bottom right</i>	Báo số kích thước còn thiếu; đủ rồi thì hiện Fully Constrained <i>Reports how many dimensions are still needed; when none remain it reads Fully Constrained</i>
Kéo thử một đường <i>Drag a piece of geometry</i>	Hình xê dịch nghĩa là còn bậc tự do ở chỗ đó <i>If anything moves, degrees of freedom remain at that point</i>
Màu nét vẽ <i>Line colour</i>	Nét của phần đã đủ ràng buộc đổi màu so với nét tự do <i>Fully constrained geometry is drawn in a different colour from free geometry</i>
Hộp thoại Auto Dimension <i>The Auto Dimension dialog</i>	Báo còn bao nhiêu ràng buộc nữa mới đủ <i>States how many constraints are still required</i>

Sketch thiếu ràng buộc là nguyên nhân phổ biến nhất khiến mô hình vỡ. Hình trông đúng lúc vẽ vì người vẽ đã đặt tay vào đúng chỗ, nhưng không có gì giữ nó ở đó. Sửa một kích

thước ở bước trên, hoặc chỉ cần lơ tay kéo một nét khi đang xem lại, thì biên dạng trượt đi, và các feature dựa vào nó báo lỗi hàng loạt. Chi tiết dựng cho một cụm lắp mà sketch còn tự do thì đến lúc thay đổi phương án sẽ phải dựng lại từ đầu.

An under-constrained sketch is the commonest cause of a broken model. The geometry looks right when it is drawn, because the hand put it in the right place, but nothing holds it there. Edit a dimension further up the tree, or nudge a line while reviewing the part, and the profile slides away, leaving every dependent feature in error. A part built for an assembly with free sketches has to be remodelled from scratch as soon as the design changes.

CẢNH BÁO / WARNING — Đừng dùng **Fix** để ép sketch thành đủ ràng buộc cho nhanh. **Fix** neo cứng đối tượng vào hệ tọa độ sketch: thanh trạng thái báo đủ, nhưng đổi kích thước phía trên thì phần bị neo không chạy theo và hình méo. Dùng ràng buộc hình học và kích thước thật.

*Do not use **Fix** to reach a fully constrained state quickly. **Fix** pins geometry to the sketch coordinate system: the status bar reports success, but when an upstream dimension changes the pinned geometry stays put and the shape distorts. Use real geometric constraints and dimensions instead.*

6.6. Cách gỡ khi sketch báo ràng buộc mâu thuẫn hoặc thừa — *Clearing over-constrained and conflicting sketches*

Hai tình huống khác nhau và cách gỡ khác nhau:

Two different situations, with two different remedies:

Báo lỗi <i>Message</i>	Nguyên nhân <i>Cause</i>	Cách gỡ <i>Remedy</i>
Thừa ràng buộc <i>Over-constrained</i>	Ràng buộc mới lặp lại điều đã được khoá bằng cách khác <i>The new constraint repeats something already locked another way</i>	Nhận lời đề nghị chuyển thành Driven , hoặc xoá ràng buộc cũ tương đương <i>Accept the offer to make it Driven, or delete the equivalent existing constraint</i>
Mâu thuẫn <i>Inconsistent</i>	Hai ràng buộc đòi hai điều không cùng đúng được <i>Two constraints demand conditions that cannot both hold</i>	Nhấn F8 xem hết ký hiệu, xoá ràng buộc đặt sai rồi ghi lại <i>Press F8, review every symbol, delete the wrong one and reapply</i>

- Nhấn **Ctrl+Z** ngay khi hộp thoại báo lỗi hiện ra, trả sketch về trạng thái trước đó.
*Press **Ctrl+Z** as soon as the message appears to return the sketch to its previous state.*
- Nhấn **F8** cho hiện toàn bộ ký hiệu ràng buộc. Nhìn vào chỗ vừa thao tác, không nhìn khắp sketch.
*Press **F8** to display all constraint symbols. Look at the area just worked on, not at the whole sketch.*
- Tìm ràng buộc đang khoá đúng cái điều mà ràng buộc mới muốn khoá, ví dụ một cặp **Equal** đã có trong khi đang định ghi thêm một kích thước bằng nhau.

*Find the constraint that already locks what the new one is trying to lock, for example an existing **Equal** pair where a second equal dimension is being added.*

4. Xóa một trong hai rồi ghi lại cái cần giữ.

Delete one of the two and reapply the one to keep.

MẸO / TIP — Sketch rồi tới mức không lần ra được thì chọn hết hình, xóa sạch ràng buộc kích thước, rồi ghi lại từ đầu theo thứ tự: ràng buộc hình học trước, kích thước sau. Ghi lại một sketch mười phút thường nhanh hơn gỡ một mớ ràng buộc chồng chéo.

When a sketch is too tangled to trace, select everything, strip the dimensions, then rebuild them in order: geometric constraints first, dimensions afterwards. Redimensioning a sketch in ten minutes is usually faster than untangling a pile of overlapping constraints.

6.7. Project Geometry và sketch 3D trong Inventor — Project Geometry and 3D sketches

Project Geometry chiếu cạnh, mặt hoặc đỉnh của phần đã dựng vào sketch đang mở. Hình chiếu ra là hình vẽ liên kết: khối gốc đổi thì hình chiếu đổi theo. Đây là cách đúng để một sketch bám theo biên dạng có sẵn thay vì vẽ lại bằng tay rồi tự đo.

Project Geometry copies edges, faces or vertices of existing geometry into the open sketch. The result is associative: when the source changes, the projected curve follows. This is the correct way to make a sketch follow an existing shape, rather than redrawing and measuring it by hand.

CẢNH BÁO / WARNING — Chiếu nhiều thì ràng buộc thành dây chuyền. Sketch B chiếu từ feature A, feature C dựng từ sketch B, sketch D lại chiếu từ C — xóa hay sửa A là gãy cả chuỗi và Inventor báo lỗi ở những chỗ không ai ngờ tới. Chỉ chiếu những cạnh cần dùng, và ưu tiên chiếu từ mặt phẳng gốc hoặc từ những feature ổn định nằm gần đầu cây.

Heavy projecting builds a dependency chain. Sketch B projects from feature A, feature C is built on sketch B, sketch D projects from C — delete or edit A and the whole chain breaks, with errors in places nobody expects. Project only the edges that are needed, and prefer origin planes or stable features near the top of the tree as sources.

Create 3D Sketch vẽ đường trong không gian, không bị giữ trong một mặt phẳng. Dùng khi đường dẫn của **Sweep** đi qua nhiều phương: tuyến ống trong máy, thanh uốn ba chiều, bó dây. Các công cụ đặc trưng gồm **3D Line** có bo cung tự động ở mỗi khúc gãy, **Include Geometry** lấy cạnh của khối làm đường, **Intersection Curve** sinh giao tuyến của hai mặt. Sketch phẳng dựng được thì đừng dùng sketch 3D — ràng buộc trong không gian khó kiểm soát hơn nhiều.

Create 3D Sketch draws curves in space rather than on one plane. Use it when a Sweep path turns in several directions: pipework inside a machine, three-dimensional bent bars, cable bundles. Its tools include 3D Line with an automatic bend at each corner, Include Geometry to take model edges as curves, and Intersection Curve to produce the curve where two faces meet. If the job can be done with a flat sketch, do not reach for a 3D sketch — spatial constraints are much harder to control.

Thói quen dựng sketch tốt — *Sketching habits that pay off*

- Vẽ gần đúng trước, ràng buộc sau. Cố kéo chuột cho đúng số ngay lúc vẽ là mất thời gian và vẫn phải ghi kích thước.

Draw roughly first and constrain afterwards. Chasing exact sizes with the mouse wastes time, and the dimensions still have to be placed.

- Gán ràng buộc hình học trước, ghi kích thước sau. Làm ngược lại thì ràng buộc hình học thêm vào sau hay đụng vào kích thước đã có và sinh báo lỗi thừa.

Apply geometric constraints before dimensions. In the other order, constraints added later tend to clash with existing dimensions and raise over-constrained warnings.

- Neo hình vào gốc toạ độ ngay từ đầu bằng một ràng buộc **Coincident** hoặc **Symmetric**. Sketch không neo thì không bao giờ đủ ràng buộc.

*Anchor the geometry to the origin from the start with a **Coincident** or **Symmetric** constraint. An unanchored sketch can never become fully constrained.*

- Chia nhỏ: bốn sketch đơn giản dễ sửa hơn một sketch chứa toàn bộ chi tiết. Sketch nhiều biên dạng lồng nhau khó tìm lỗi và làm cây tính năng khó đọc.

Split the work: four simple sketches are easier to edit than one holding the whole part. A sketch full of nested profiles is hard to debug and makes the tree hard to read.

- Đặt tên cho sketch và cho feature ngay khi dựng. **Sketch12** không nói gì;

BienDangThanBom thì người sau mở ra đọc được.

*Name sketches and features as they are created. **Sketch12** says nothing;*

BienDangThanBom can be read by whoever opens the file next.

Chương 7. Tham số và thiết kế theo tham số — Chapter 7. Parameters and parametric design

Mỗi kích thước ghi trong sketch, mỗi trị số gõ vào hộp thoại **Extrude** hay **Hole**, đều được Inventor lưu thành một tham số có tên. Tham số đặt tên lại được, gọi được trong công thức của tham số khác, đọc được từ một bảng tính bên ngoài. Từ đó một chi tiết thôi là một vật cố định và trở thành một họ chi tiết mà kích thước nào cũng suy ra được từ vài trị số gốc.

*Every sketch dimension and every value typed into an **Extrude** or **Hole** dialog is stored by Inventor as a named parameter. Parameters can be renamed, referenced in the formula of another parameter, and read from an external spreadsheet. A part then stops being one fixed object and becomes a family in which every dimension derives from a few governing values.*

7.1. Bảng Parameters trong Inventor — The Parameters table

Mở bảng thẻ **Manage** → **Parameters** (nút **fx**). Bảng chia thành các nhóm:

*Open it from the **Manage** tab → **Parameters** (the **fx** button). The table is divided into groups:*

Nhóm <i>Group</i>	Nguồn gốc <i>Where it comes from</i>	Sửa ở đâu <i>Where it is edited</i>
Model Parameters	Do Inventor tự sinh khi ghi kích thước hoặc gõ số vào hộp thoại: d0, d1, d2... <i>Created by Inventor from dimensions and dialog values: d0, d1, d2...</i>	Trong bảng, hoặc ngay trên sketch <i>In the table, or on the sketch itself</i>
User Parameters	Người dùng tự thêm bằng nút Add Numeric <i>Added by the user with the Add Numeric button</i>	Trong bảng <i>In the table</i>
Reference Parameters	Sinh từ kích thước tham chiếu (Driven) <i>Produced by driven dimensions</i>	Chỉ đọc <i>Read-only</i>
Tham số liên kết <i>Linked parameters</i>	Đọc từ bảng tính bên ngoài <i>Read from a linked spreadsheet</i>	Trong file bảng tính <i>In the spreadsheet file</i>

- Cột **Export Parameter** đánh dấu tham số cần đưa ra ngoài: tham số đánh dấu hiện trong thuộc tính file và gọi được từ bản vẽ, từ cụm lắp, từ bảng kê vật tư.

*The **Export Parameter** column marks the parameters to publish: marked parameters appear in the file properties and can be referenced from drawings, assemblies and bills of material.*

MẸO / TIP — Đổi tên tham số ngay trong bảng, đổi tới đâu Inventor sửa công thức tới đó. Tên không dấu, không khoảng trắng, nói đúng việc: **DuongKinhTruc**, **ChieuDayTam**,

SoLoBich. Sáu tháng sau mở lại, $d47 = d12 / 2$ ul không ai đọc nổi, còn $ChieuDayTam = DuongKinhTruc / 2$ ul thì đọc được ngay.

Rename parameters in the table; Inventor rewrites every formula that uses them. Use names without accents or spaces that state what they are: DuongKinhTruc, ChieuDayTam, SoLoBich. Six months later $d47 = d12 / 2$ ul means nothing, while $ChieuDayTam = DuongKinhTruc / 2$ ul reads at once.

7.2. Cách viết công thức giữa các tham số trong Inventor — Writing formulas between parameters

Gõ công thức vào cột **Equation** thay cho con số. Công thức gọi tên tham số khác, dùng bốn phép tính, hàm lượng giác, **max**, **min**, **floor**, **ceil**, **abs**, **sqrt**.

Type the formula into the Equation column in place of a number. Formulas reference other parameters and use the four operations, trigonometric functions, max, min, floor, ceil, abs and sqrt.

Ví dụ công thức / Formula examples

```
ChieuDayThanh = DuongKinhOng / 10 ul
KhoangCachLo = ChieuDaiTam / 2 ul
ChieuCaoGan = ChieuCaoThan - ChieuDayNap - 5 mm
BanKinhBo = max(ChieuDayThanh / 2 ul; 3 mm)
SoLo = floor(ChuViBich / BuocLo)
GocNghieng = atan(ChieuCao / ChieuDai)
```

CẢNH BÁO / WARNING — Đơn vị trong công thức phải nhất quán. Hằng số không mang đơn vị phải viết kèm **ul** (unitless), ví dụ $/ 2$ ul; thiếu **ul** thì Inventor hiểu con số đó là một chiều dài và báo lỗi đơn vị. Tham số dùng để đếm — số lỗ, số vòng — phải khai báo kiểu **ul** ngay khi tạo.

Units in a formula must be consistent. A constant with no unit is written with ul (unitless), for example $/ 2$ ul; without ul Inventor reads the number as a length and reports a unit error.

Counting parameters — numbers of holes or turns — must be declared as ul when they are created.

- Công thức gọi được cả tham số thuộc feature: số phần tử của một **Circular Pattern**, góc **Draft**, bán kính **Fillet**.
Formulas can also drive feature parameters: the occurrence count of a Circular Pattern, a Draft angle or a Fillet radius.
- Tham số nào là gốc thì khai trước và để riêng một nhóm **User Parameters**. Người sửa sau chỉ cần đụng vào nhóm đó, không phải lần trong cây.
Declare the governing values first and keep them together in User Parameters. Whoever edits the part next only has to touch that group instead of hunting through the tree.

7.3. Cách liên kết Inventor với bảng tính Excel — Linking Inventor to an Excel spreadsheet

Một bảng tính điều khiển cả bộ chi tiết: bảng tính giữ các trị số gốc, các file **.ipt** đọc chung bảng đó, sửa một ô thì mọi chi tiết cập nhật theo. Cách làm này hợp với những bộ kết cấu lắp nhiều cỡ — giá đỡ, khung sàn thao tác, bộ bích nối ống.