آلات رفع الماء
في التراث العلمي العربي

أسهم الفكر الهندسي العربي في الحياة العملية إسهاماً كبيراً ، وقدم إنجازات عديدة شملت معظم مجالات الحياة ، وأدت إلى تيسير أمورهم ، ومساعدتهم على إنجاز أشغالهم ، وتأمين متطلباتهم .

ومن الأمور التي سجل فيها المهندسون العرب إنجازات رائعة : علم ري المياه وجرها من مصادرها إلى مناطق الاستخدام ، سواء كانت للشرب أو الري أو الصناعة ، وكانوا يجهدون فكرهم لا ليلبوا متطلبات الناس الآنية والزمنية ، بل ذهبوا بفكرهم الهندسي إلى الفترات اللاحقة ، أي إلى المستقبل المنظور ، فكانوا يخترعون ويبدعون آلات تعين الناس إذا ما تطورت أعمالهم واتسعت أشغالهم وشملت نواحي جديدة لم تكن معروفة سابقاً .

وترك هذا الفكر الخلاق مجالاً ناصعاً من الابتكارات المدهشة اعترف بها معظم من درس تاريخ العلوم لدى شتى الحضارات ، وأقروا بذلك السبق العلمي العربي ، وأثره في الإبداعات التي سجلها العلماء الذين أتوا بعدهم وساروا على مسلكهم .

ويعد مجال رفع المياه أحد المجالات التي عمل فيها المهندسون العرب في وقت ازدهرت فيه الزراعة من جهة ، وتطلبت حاجة الناس وجود الماء الدائم لتأمين معيشتهم ومتطلبات حياتهم .

نظرة تاريخية :

إن أقدم آلة استخدمها الإنسان للري والتزود بالماء هي « الشادوف » ، فقد وجدت رسوم عنها في نقوش بلاد الأكاديين منذ ٢٥٠٠ سنة قبل ميلاد المسيح ، وفي مصر منذ نحو ٢٠٠٠ سنة قبل المسيح ، وقد ظل استخدامها شائعاً حتى أيامنا هذه ، وعلى امتداد العالم كله ، وهي تقدم كميات كبيرة من الماء عندما يتعلق الأمر بمسافة رفع قصيرة إلى حد ما ، وتتألف هذه الآلة من عصا خشبية طويلة ، معلقة على محور ارتكاز دوراني مثبت على عارضة مرتكزة على عمودين من خشب أو حجر أو آجر ، وفي طرف ذراع الرافعة القصيرة توجد ثقالة من حجر أو صلصال ، ويعلق الدلو في الطرف الآخر من العصا بواسطة حبل ، ينزل مستخدم الآلة الدلو في الماء بهدف تعبئته ، ثم يتم رفعه بفعل الثقالة ، وأخيراً يفرغ في قناة الري أو في الخزان .

ثم تم اختراع « الأسطوانة » في مصر إبان النصف الثاني من القرن الثالث قبل الميلاد ، وهي مؤلفة من قرصين خشبيين كبيرين مثبتين إلى محور خشبي يتضمن عدداً من القضبان الحديدية التي تتجاوز هذا المحور من الجانبين ، ثم تم اختراع الترس الدودي (حلزون الماء) على الأرجح على يد أرخميدس (٢٨٧ـ٢١٢ق .م) عندما كان يعيش في مصر ، ثم استخدمت النواعير عام ٢٠٠ق .م في سورية ، وشاع استخدامها في العالم الإسلامي ، حتى تم ابتكار المضخات ذوات الأسطوانات الرباعية والخماسية والسداسية على يد عدد من المهندسين العرب ؛ أبرزهم الجزري وابن معروف الدمشقي .

وتعتبر المضخة ذات الأسطوانات الست قمة آلات رفع المياه التي

توصل إليها الفكر الهندسي العربي ، ومهدت لتطور المضخات التي أصبحت جزءاً رئيسياً في شتى المصانع والمختبرات .

إنجازات عربية فذة :

أورد المهندسون العرب وصفاً وشرحاً ورسوماً للعديد من الآلات التي تستخدم لرفع المياه من الآبار أو الأنهار ، وجميعها من ابتكارهم وتطويرهم ، وأبرز كتابين أوردا هذه الآلات هما كتاب « الجامع بين العلم والعمل ، النافع في صناعة الحيل » لبديع الزمان إسماعيل بن الرزان الجزري (القرن ١٢م) ، وكتاب « الطرق السنية في الآلات الروحانية » للمهندس تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (القرن ١٦م) .

وأهم الآلات التي أوردوها في الكتابين هي :

١ـ آلة ترفع الماء من غمرة إلى مكان مرتفع بداية تدير سهماً :

تعتمد طريقة عمل هذه الآلة على إدارة مغرفة (مغموس طرفها في الماء) لربع دورة ، حيث تفرغ محتواها من الماء الذي رفعته عند منسوب محور إدارتها .

ويتطلب ذلك استخدام عجلة ذات أسنان مشغلة حول ربع محيطها فحسب ، سعياً إلى إحداث حركة المغرفة من الوضع الرأسي إلى الوضع الأفقي .

ويجري نقل الحركة (وبالتالي القدرة) من المحور الأفقي إلى العمود (السهم) الذي تديره الدابة ، وذلك بواسطة زوج من العجلات المسننة ، وبانتهاء تعشيق المسننة الجزئية مع مسننة عمود المغرفة ، تهوي المغرفة وتنغمس في الماء استعداداً للدورة التالية ، ولعل هذه هي المرة الأولى التي يستعمل فيها مسنن جزئي (Segmentaf Gear) في الهندسة الميكانيكية .

٢ـ آلة ترفع الماء باستعمال زنجير ودلاء :

تعتمد عملية رفع الماء في هذه الآلة على الاستعانة بزنجير (جنزير) طويل موصول الطرفين يحمل دلاء ويمر على دولاب قفصي ، يحركه عمود مستعرض متصل بزوج من المسننات مع العمود الرأسي الذي تديره الدابة .

ويضم الجهاز عنفة بديلة لاستخدام الدابة المسخرة في الإدارة ، وذلك بتشغيل عنفة دفعية مبيتة في أسفل الآلة ـ حيث تدير العنفة العمود (السهم) الرأسي بواسطة زوج من المسننات ، تماماً كما هو الحال في الآلة السابقة ، وعلى ذلك تنتقل الحركة (وبالتالي القدرة) إلى العمود العلوي الأفقي الذي يدير دولاب الزنجير لتصعد الدلاء بالماء إلى مستوى العمود الأفقي .

٣ـ آلة إخراج الماء بالمغرفة المتأرجحة :

هي آلة لرفع الماء بواسطة مغرفة متأرجحة منغمسة في ماء البئر ، وذلك بواسطة وتد يتحرك داخل خرق (ثقب) مشغل بساق المغرفة ، يتحرك حركة دورانية حول العمود المستعرض الذي ينتهي طرفة الأيمن بدولاب مسنن رأسي ، يتعشق مع الدولاب المسنن الأفقي المركب على المحور (السهم) الرأسي الذي تديره الدابة ، وبإصعاد كفة المغرفة عن موازاة الأفق يسري الماء من الكفة إلى ذنب المغرفة متجهاً إلى الخارج جاهزاً للاستعمال ، وبخفض الكفة كنتيجة حتمية للحركة الدورانية للوتد داخل الخرق تعود المغرفة إلى الانغماس في ماء البئر لتبدأ دورة جديدة ، يذكر أن الوتد الذي يتحرك في خرق المغرفة يقوم بأداء عمل رائد يشبه سلوك المرفق (Crank) أو الحدبة (Cam) في الآليات المعاصرة .

٤ـ آلة سحب الماء في أسطوانتين متعاكستين :

يقصد من هذه الآلة تحويل الحركة الدورانية الناتجة عن دفع الماء لدولاب ذي أجنحة ، إلى حركة ترددية خطية يجري بها تشغيل مكبسين في أسطوانتين (زراقتين) متقابلتين أو متعاكستين ، وذلك بواسطة ذراع متأرجحة ذات خرق يتحرك فيه وتد منتصب مركب على دولاب مسنن ليدور بدورانه ، وتنتهي كل من الأسطوانتين بأنبوب سحب (مص) ، وأنبوب دفع (كبس) ينظم الحركة فيهما صمامان ردادان .

إن هذه الآلات الأربع المذكورة هي من إبداع المهندس الجزري الذي تنبَّه أيضاً إلى مشكلة التسرب (leakage) عبر المكبس (piston) فأبدع أول مانع للتسرب ، ويتمثل في خيط من القنب مشبع بالشحم على السطح الأسطواني لكل مكبس ، حتى يمنع التسرب دون زيادة معاوقة الحركة لوجود الشحم ، وبذلك يكون الجزري قد حاز قصب السبق في إدخال مانعات التسرب (seals) في الآلات .

كما أدرك الجزري أهمية حماية أسطح المعادن من تأثير الماء والعوامل البيئية ، وذلك بتغطيتها بأصباغ معجونة بالدهن ، ولقد عرفت عملية وقاية الأسطح الملامسة للماء بعملية الرصَّاصة أو البيَّاضة (Tinning)، وذلك عند استعمال كساء من الرصاص أو من القصدير على التوالي .

٥ـ المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين

(pump with opposed cylinders)

تعتبر هذه الآلة امتداداً لما ذكره الجزري في كتابه حول آلة بهذا الشكل ، وتتركب هذه المضخة التي أبدعها ابن معروف من دولاب مسنن مثبت وتد لا متمركز يتحرك في خرق (ثقب) بالعجلة المسننة ، محدثاً حركة تأرجحية لذراع متصلة في منتصف سهم الأسطوانتين المتعاكستين

لتحرك حركة خطية ترددية ، ويتلقى الدولاب المسنن حركة من مسنن مركب على عمود يديره دولاب ماء دفعي ذو كفات (scoop wheel) .

٦ـ المضخة الحلزونية screw:

(pumpيقدم ابن معروف في هذه الآلة أول وصف لمضخة حلزونية ورد في المراجع العربية ، وتدور هذه المضخة بواسطة دولاب مائي عن طريق زوج من المسننات المتعامدة ، وربما كان وصف تقي الدين لهذه المضخة الحلزونية التي يديرها دولاب مائي ذا أهمية خاصة في تاريخ الهندسة الميكانيكية ، وإذا صح ما أورده (نيدهام) فإن أقدم وصف في الغرب لهذا النوع من المنشآت يعود إلى (كاردان) عام ١٥٥٠م ، وإلى (راميللي) عام ١٥٨٨م ، أي إن تقي الدين كان من أوائل المهندسين الذين وصفوا هذه المنشأة المائية ، فقد انتهى من تحرير مخطوطته عام (١٥٥١ـ ١٥٥٢)م ، وقد ازدهر استخدام المضخات الحلزونية في أوروبة هكذا في القرنين السابع عشر والثامن عشر ؛ حيث كانت تدار بدواليب الهواء أيضاً .

٧ ـ مضخة الحبل ذي أكر القماش :

من المعلوم أن المضخات ذات المكبس لا تستطيع أن تمتص الماء إلا من أعماق قليلة يحددها الضغط الجوي ، لذا يتم اللجوء إلى الحبل أو الزنجير المتصل الحامل للدلاء ، أو إلى مضخة الحبل ذي أكر القماش التي ستمر معنا في هذه الفقرة ، وتمر أكر القماش بصورة محكمة داخل أنبوب عمودي ، وهذه الأكر مثبة بحبل أو زنجير على مسافات متساوية ، وعند مرور الأكرة داخل الأنبوب من الأسفل إلى الأعلى تقوم بوظيفة المضخة ذات المكبس ، وتمتص الماء وتدفعه أمامها ، وكانت هذه المضخة تستخدم للأعماق الكبيرة التي تصل حتى ٧٢ متراً .

٨ـ المضخة ذات الأسطوانات الست :

تعتبر هذه المضخة التي أبدعها ابن معروف الدمشقي من أهم الآلات التي ابتكرها المهندسون العرب ، وأدت دوراً مهماً في تطور الهندسة الميكانيكية بشكل عام ، وآلات رفع المياه وضخها إلى مسافات بعيدة بشكل خاص .

ومن المعلوم أن أهمية المضخات ازدادت بعد عام ١٥٠٠م ـ مما كان عليه الأمر في القرون الوسطى ـ ولم تخترع أنواع جديدة من المضخات ، ولكن تغييرات كبيرة في التصاميم حدثت في القرن السادس عشر في أوروبة ، وازدادت أهمية المضخة ذات المكبس ، وقد حدا هذا الأمر ببعض الباحثين بوصف ذلك العصر بعصر المضخات ، ويعتقد هؤلاء أن هذه النهضة الميكانيكية هي التي مهدت إلى اختراع المحرك البخاري على يد نيوكومن عام ١٧١٢م .

وقد تميز ابتكار ابن معروف هذا بالأمور التالية :

أ ـ استخدم كتلة الأسطوانات (Cypinder block) لست أسطوانات على خط واحد لأول مرة ، وهو مفهوم حديث ومتقدم بالنسبة إلى عصره ، ويمكن القول : إن هذه المضخة هي الجد المباشر للمحرك الحديث ذي الأسطوانات الست الممتدة على صف واحد والمخروطة في قطعة واحدة .

ب ـ استخدام عمود الكامات (Cam - shaft) بستة نتوءات موزعة بانتظام على محيط الدائرة ؛ بحيث تعمل الأسطوانات على التوالي ويستمر تدفق الماء بصورة منتظمة .

ويوصي ابن معروف أن لا يقل عدد الأسطوانات عن ثلاث ، وهذا المفهوم المتقدم للتتابع وتجنب الدفق أو التقطع (إضافة إلى مفهوم التوازن الديناميكي الحديث) هو الذي أدى إلى صنع المحركات والضواغط الحديثة المتعددة الأسطوانات .

ـ عمد ابن معروف إلى وضع ثقل من الرصاص على رأس قضيب كل مكبس يزيد وزنه على وزن عمود الماء الموجود داخل الأنبوب الصاعد إلى الأعلى ، وذلك ليعود المكبس إلى الهبوط ويدفع الماء بتأثير ثقل الرصاص إلى العلو المطلوب .

لقد أسهمت هذه الآلات الأربع الأخيرة التي أبدعها المهندس تقي الدين ابن معروف إضافة إلى إبداعات أقرانه من المهندسين العرب في تطور آلات رفع المياه من الآبار والمغارف ، واستخدامها في الري والشرب ، وكان لهذه الإنجازات الفذة فضل في تطور المضخات التي أخذت تنتشر وتجد تطبيقات واسعة في دنيا الصناعة ، كما أسهمت في تطور تطبيقات عدة في الهندسة الميكانيكية ؛ أهمها محرك الاحتراق الداخلي الذي نجده في جميع العربات ومعظم المنشآت والمختبرات .

ولعل هذه الإسهامات تدفع أبناء الأمة العربية اليوم للسير على الخُطا التي رسمها أجدادهم ، وتحفزهم إلى الإبداع والابتكار .

* * *