الفصل العاشر

نقل البترول وتخزينه

مع بداية القرن العشرين . اكتسب البترول أهمية ليس لها حدود نتيجة لاختراع الآلات التى تدور بمشتقاته ، وأصبح من المواد الاستراتيجية التى تتنافس الدول على امتلاك مصادرها . ودخل حياة كل إنسان فى المدينة والقرية ، فأصبح من الصعب الاستغناء عنه الآن .

من المعروف أن البترول الخام يتواجد فى أى بلد ما فى مناطق حقول مركزة فى محدودة تكون فى أغلب الأحوال بعيدة عن العمران . فإذا ما نظرنا إلى خريطة مصر على سبيل المثال فإننا نجد أن مناطق البترول والغاز الطبيعى مركزة فى منطقة خليج السويس وفى منطقة العلمين بشمال الصحراء الغربية وفى دلتا نهر النيل وامتدادها البحرى .

ولا يمكن استخدام البترول بحالته الخام التى يستخرج عليها وإنما لا بد أن تجرى له عملية تصنيع لفصله إلى مشتقاته المختلفة ، هذه المشتقات هى مصدر القوة المحركة للسيارات وفى ماكينات الديزل والسولار وفى توربينات الطائرات النفاثة وكوقود لتوليد البخار فى المراجل وكذلك فى عمليات التزييت والتشحيم ولذلك يجب نقل هذه المشتقات إلى مناطق استهلاكها .

وعلى ذلك فإن دورة نقل البترول تتكون من ثلاث مراحل :

١ — نقل الخام من الحقول إلى الموانئ البحرية ومن الموانى البحرية إلى معامل التكرير حيث لا توجد ضرورة للنقل البحرى .

٢ — نقل منتجات التكرير المختلفة من معامل التكرير أو من الخزانات إلى المستهلكين أو إلى مستودعات التوزيع المحلى .

٣ — نقل الغاز الطبيعى من الحقول إلى مراكز التوزيع المحلى أو إلى كبار المستهلكين مباشرة .

فمناطق الإنتاج وكذلك مناطق الاستهلاك مناطق ثابتة لا يمكن التحكم فيها أو نقلها، وبالتالى فإن العامل الوحيد الذى يمكن التحكم فيه هو موقع معمل التكرير بالنسبة لكل من منطقة الإنتاج والاستهلاك سواء من الخام أو من المنتجات . ويؤثر اختيار موقع معمل التكرير على سعر النقل وبالتالى على سعر بيع المنتج .

والوسائل المتبعة لنقل البترول هى :

١ ــ خطوط الأنابيب .

٢ ــ الطرق المائية (الناقلات والصنادل)

٣ ــ السكك الحديدية .

٤ ــ عربات اللورى ذات القنطاس .

وبما أن خطوط الأنابيب لا تتأثر بأحوال المناخ وغير ذلك من العوائق الطبيعية كالفياضانات والضباب والجليد فإن استخدامها يساعد على تجنب الازدحام الشديد فى مجارى المياه الداخلية والسكك الحديدية والطرق البرية .

١ ــ خطوط الأنابيب :

إن التقدم التكنيكى الكبير الذى حدث فى عمليات التحكم الآلى وفى سرعة تركيب وإنشاء خطوط الأنابيب قد قلل نسبة الفقد إلى حد كبير وجعل من الممكن استغلال الحقول المكتشفة بسرعة تعجز وسائل النقل الأخرى عن مجاراتها .

ونظراً للقيمة الاقتصادية العالية لخطوط الأنابيب فإن فترة استرجاع رأس المال تكون صغيرة وتصل فى بعض الأحيان إلى أقل من ٥ (خمس) سنوات . ويمكن زيادة طاقة أى خط أنابيب إلى حده الأقصى بدون أى مشاكل فنية أو تكاليف إضافية كبيرة مع العلم بإنه لتشغيل خط الأنابيب تشغيلا سليما يجب مراعاة الآتى :

(ا) أن يكون الضخ فى الخط مستمراً بدون توقف وأن يكون الحمل الذى ينقله موزعاً بانتظام على طول العام وبدون توقف .

(ب) أن تكون السوائل المنقولة ذات درجة لزوجة معقولة ولها نقطة انسياب محتملة حتى يسهل ضخها .

أنواع خطوط الأنابيب :

تنقسم خطوط الأنابيب بصفة عامة إلى نوعين :

(ا) خطوط باردة (ب) خطوط ساخنة

(ا) الخطوط الباردة :

وهى التى تنقل المنتجات ذات درجة لزوجة ودرجة انسكاب منخفضتين، ويتم ضخ هذه المنتجات عند درجة الحرارة العادية .

(ب) الخطوط الساخنة :

عندما يكون السائل المضغوط فى الخط ذا درجة لزوجة أو درجة انسكاب أو كليهما عالية فإنه لتسهيل عملية الضخ يجرى تسخين المنتج إلى درجة حرارة تسمح بخفض لزوجته ودرجة انسكابه إلى الحد المعقول .

ومن أمثلة المنتجات ، خلاف الماء ، التى تنقل فى الخطوط الباردة نجد: الغازات ، الجازولين، الكيروسين. أما المنتجات التى تنقل فى الخطوط الساخنة فهى ما يعرف بالمنتجات الثقيلة أو السوداء مثل المازوت .

وللمحافظة على درجة حرارة المنتج المدفوع بالخط ولحماية الخط نفسه من المؤثرات السطحية قد يجرى دفن الخط فى الأرض على عمق حوالى متر واحد وهو العمق الذى تصبح فيه درجة الحرارة ثابتة تقريباً طوال العام .

ولا تختلف أسس تصميم الخطوط الساخنة عن الخطوط الباردة إلا فى زيادة تعقيد الحسابات نظراً لتغير لزوجة السائل مع تغير الحرارة على طول الخط ، كذلك فإن الخط الساخن يجرى عزله بمواد رديئة التوصيل الحرارى مثل الغاز أو بعض أنواع العازل الحرارى وذلك لتقليل فاقد الحرارة منه للوسط المحيط به .

تركيب خطوط الأنابيب :

لتركيب خط الأنابيب يجب تحديد مسار هذا الخط ، المسار هو الخط الذى يمثل اتجاه محوره ومنسوب كل نقطة فيه . مسقط مسار الخط على المستوى الأفقى يحدد اتجاه الخط بينما القطاع الرأسى فى مسار الخط يحدد مناسيب النقط فيه .

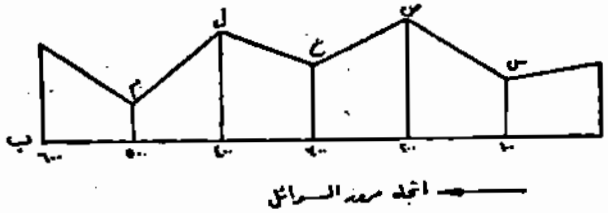
ويرسم قطاع كما فى (الشكل ١٢١) بحيث تمثل المسافة الأفقية (ا ب) طول الخط بينما تمثل النقط س ص ع ل م المناسيب عند النقط المختلفة . ويجب مراعاة ما يأتى عند اختيار مسار الخط .

(ا) أن يكون المسار مستقيماً بقدر الإمكان أى أن يكون طوله أقل ما يمكن .

(ب) أن يكون مسار الخط قريباً بقدر الإمكان من الطرق وذلك لتسهيل نقل المعدات .

(حـ) أن يحتوى المسار على أقل عدد ممكن من الموانع كالأنهار ، الطرق الرئيسية.

(د) تفادى القمم الطبوغرافية .



(شكل ١٢١) مسار خط أنابيب البترول

فبعد تحديد مسار الخط يجرى تجهيز المكان الذى سيوضع به وذلك بتسوية المسار وحفر القناة (Trench) التى سيدفن بها الخط . وترص المواسير بجانب بعضها على الناحية الخالية من الردم ثم يجرى ضبط نهاية كل ماسورة مع بداية الماسورة التى بعدها بحيث ينطبق محيطا المقطع وتبدأ عملية اللحام .

وتجرى بعد ذلك اختبار كفاءة اللحام أما بالموجات فوق الصوتية أو بالتصوير بالأشعة السينية . وينزل الخط فى القناة المحفورة له ويجرى اختبار على الخط وذلك بملئه بسائل

وزيادة الضغط فيه إلى ١٠ /٩ من مقدار جهد انهياره . وعند اجتياز الاختبار يصبح الخط جاهزاً للاستعمال .

اقتصاديات خطوط أنابيب البترول :

تزداد تكاليف الاستثمار لخطوط الأنابيب مع زيادة قطر الأنبوبة نفسها. إلا أن سعة الخط تزداد بنسبة تفوق فى الواقع مربع القطر . لذلك فإن خطوط الأنابيب الواسعة توفر رأس المال من حيث حدة السعة . وحالياً تتراوح تكاليف إنشاء خطوط الأنابيب بين ٢٠٠٠ جنيه استرلينى ، ٥٠٠٠ جنيه للبوصة الواحدة من قطر الأنبوب لمسافة ميل واحدة، (باستثناء المعدات التابعة) وذلك حسب طبيعة الأرض التى يمر فيها الخط . وقد ترفع تكاليف المعدات التابعة والتكاليف غير المباشرة هذا الرقم بنسبة تتراوح بين ٥٠ ، ٧٥٪ .

وعند تحليل الاستثمارات اللازمة لإنشاء خط أنابيب نجد أنه من الممكن تقسيمها إلى جزءين : تكاليف ثابتة وتكاليف متغيرة . فالتكاليف الثابتة وهى اللازمة لإنشاء الخط نفسه تكون عادة مرتفعة وتكون ٨٠ ٪ من الاستثمارات الكلية بينما التكاليف المتغيرة (٢٠٪) تكون منخفضة هى عبارة عن تكاليف التشغيل للخط ، إذ أنه لا يتطلب القليل من الأيدى العاملة ، على النقيض من وسائل النقل الأخرى .

ولكل خط أنابيب كمية مثلى من السائل أو البترول الذى يجب أن ينقل عن طريقه وبهذه الكمية تكون تكلفة النقل للوحدة أقل ما يمكن . أما إذا اختلفت الكمية المنقولة بالزيادة أو النقصان عن الكمية المثلى فترتفع تكلفة نقل الوحدة وعندما تقل الكمية المنقولة تزداد تكلفة نقل الوحدة زيادة حادة بينما إذا زادت الكمية المنقولة ترتفع التكلفة ارتفاعاً تدريجياً شبه منتظم .

٢ — الطرق المائية :

(ا) النقل البحرى بواسطة الناقلات :

تستخدم الناقلات التى تجوب البحار والمحيطات لنقل كميات كبيرة من الخام أو المنتجات من مصدر الإنتاج إلى أماكن الاستهلاك، وخصوصاً عندما لا يسمح الموقع المنقول منه أو إليه بإنشاء خط للأنابيب، ويجب أن نعلم أن إنشاء خط أنابيب تحت الماء يعتبر عملية

مكلفة للغاية إذ تبلغ عادة ستة أضعاف تكاليف إنشاء الخطوط الأرضية وعليه، فإن النقل بين القارات وعبر البحار وسيلته الوحيدة هى الناقلات . وجدير بالذكر أن أول مركب أنشىء لعبور المحيطات هو الباخرة (جلوكوف) التى بنيت سنة ١٨٨٥ وحمولتها الإجمالية ٢٣٠٧ أطنان . أما أول ناقلة بترول عبرت قناة السويس فهى الباخرة (ميوربكس) التى بنيت سنة ١٨٩٢ فى (وست هارتلبول) وكانت حمولتها الساكنة ٥٠١٠ أطنان .

وتنخفض كفاءة الناقلات فى المسافات الصغيرة جداً أو الكبيرة جداً على حد سواء، ففى حالة المسافات الصغيرة يمثل زمن التعبئة والتفريغ نسبة كبيرة من وقت النقل ، بينما فى المسافات الكبيرة تظهر الحاجة إلى إنشاء مستودعات أكبر للتخزين فى فترة غياب الناقلة ، وبذلك ترتفع تكلفة النقل . ولخفض تكاليف النقل فى المسافات الكبيرة ظهر الاتجاه إلى استعمال الناقلات العملاقة (Super tankers) وقد كانت الناقلات فى الماضى تتراوح حمولتها بين ٢٠ ، ٣٠ ألف طن ، ولكن زيادة تكاليف الرحلة والتى تمثل العبء الأكبر فيها العمالة ، جعلت مصممى الناقلات يلجأون إلى استخدام العقول الألكترونية والتحكم الآلى المتقدم فى تيسير هذه الناقلات مع الاتجاه إلى زيادة الحمولة حتى بلغت ٣٠٠ ألف طن أو أكثر فى السنوات الماضية .

وتصادف هذه الناقلات العملاقة صعوبات كثيرة حدت من زيادة انتشارها ، ومن أهم هذه الصعوبات :

١ ــ عدم توفر الموانئ الصالحة لاستقبال هذه الناقلات لعدم توفر العمق الكافى لغاطسها .

٢ ــ بعد تفريغ حمولة الناقلة وأثناء طريق العودة إلى ميناء الشحن تكون الناقلات مملوءة بالغاز المتبقى من الزيت، وهذا يؤدى إلى سرعة الاشتعال عند ارتفاع درجة الحرارة لأى سبب من الأسباب، مما يؤدى إلى انفجارها . ولقد كان هذا سبباً فى انفجار ثلاث من هذه الناقلات العملاقة فى الأعوام السابقة .

٣ ــ عندما تكون مستودعات الناقلة مملوءة جزئياً بالزيت، فإن أى اضطراب فى البحر يؤدى إلى تكون موجات فى الزيت تتسبب فى إحداث إجهادات كبيرة قد تؤدى إلى انشطار الناقلة .

ومع التقدم فى تكنولوجيا بناء الناقلات يوجد الآن ناقلات متخصصة ذات صفات وتصميم خاص تصلح لنقل المنتجات البترولية الثقيلة مثل البيوتمين أو ناقلات أخرى متخصصة فى نقل غاز البترول المسيل (L P G) مثل البروبان والبوتان تحت درجات حرارة منخفضة .

(ب) النقل النهرى :

حيثما تتواجد شبكة ملاحية نهرية فإنه بالإمكان استخدام الصنادل فى توزيع المنتجات البترولية من مناطق التكرير إلى مناطق الاستهلاك ، وتتراوح سعة هذه الصنادل عادة بين ٥٠ ، ١٥٠٠ طن . ويستعمل النقل النهرى بكثرة فى نهرى الراين والدانوب بأوربا وكذلك نهر السانت لورانس فى أمريكا . ولا يستغل نهر النيل حتى الآن الاستغلال الكافى رغم إمكانيته فى عملية النقل، وذلك بالرغم من أن معظم استهلاك منطقة الوجه القبلى من المنتجات البترولية ينقل عن طريقه .

٣ ــ السكك الحديدية :

لا تزال السكك الحديدية العماد الرئيسى لشبكات التوزيع الداخلية فى بعض البلدان . فالمنتجات توزع بواسطة قاطرات تنقلها من معامل التكرير إلى المنشآت أو مستودعات التخزين أو إلى العملاء مباشرة .

وهى تتكون من مجموعة من القاطرات ذات الصهاريج التى تتراوح حمولتها بين ١٥ ، ٨٠ طناً . هذا النوع من الصهاريج مصمم لنقل نوع واحد فقط من المنتجات فى المرة الواحدة، إذ أنها لا تنقسم إلى حجيرات منفصلة، أما شكلها العادى فاسطوانى وفى أعلاها فتحة دائرية إما للتعبئة أو لإجراء أعمال التنظيف والإصلاح . وفى أسفلها عدة أنابيب للتفريغ يمكن استعمالها أيضاً للتعبئة .

ويعتبر النقل بالسكك الحديدية فى بعض الأحيان أكثر مزايا من خطوط الأنابيب ، حيث إن شبكة السكك الحديدية تمتد لتصل إلى كل مكان، وبالتالى يمكن استخدامها فى نقل المنتجات البترولية ولكن فى بعض الأماكن قد لا تكون هناك أصلا سكك حديدية مما يستدعى إنشاؤها مع ما فى ذلك من تكاليف عالية . كذلك قد يمثل النقل بالسكك الحديدية عبئاً على الشبكة الموجودة قد لا تستطيع تحمله .

ومن عيوب النقل بالسكك الحديدية ما يلى :

١ ــ ارتفاع تكاليف النقل بالمقارنة بخطوط الأنابيب أو الطرق المائية .

٢ ــ إشغال شبكة السكك الحديدية وتعطيلها .

٣ ــ الحاجة إلى إنشاء خطوط فرعية وتحويلات ومحطات شحن وتفريغ مما يؤدى إلى زيادة التكاليف .

٤ ــ عربات اللورى ذات الفنطاس :

وهى من أكثر الطرق تكلفة فى النقل لارتفاع ثمن العربات وصيانتها ، ولذلك فهى تستخدم أساساً فى النقل حيث يتعذر استخدام الوسائل الأخرى كالتوزيع داخل المدن، فيتم تمويل محطات الخدمة بواسطة سيارات ذات صهاريج ، كما ينقل البوتاجاز المسال بعربات ذات صهاريج خاصة من مراكز الإنتاج إلى مراكز التوزيع ، ومنها إلى المستهلك بعد تعبئته فى الأسطوانات .

كما أن تزويد الطائرات بالوقود بواسطة سيارات ذات صهاريج خاصة مجهزة بالمضخات وأدوات الرشح وفرز الماء والعدادات والجهاز الخراطومى اللازم، وتبلغ سعة هذه الصهاريج من ١٨٠٠٠ لتر إلى ٢٧٠٠٠ لتر .

التخزين

يخزن البترول الخام أو المنتجات المكررة بكميات كبيرة فى منشآت ومستودعات خاصة معدة لذلك إلى أن يأتى وقت توزيع هذه المنتجات وصرفها بكميات أصغر . ولذلك تجد على وجه العموم أن المنشآت والمستودعات مجهزة بمعدات وآلات متشابهة إلى حد بعيد ، إلا أن المنشآت تعمل على نطاق أوسع بكثير من نطاق عمل المستودعات، وبالتالى تكون مرافقها أكبر حجماً بوجه عام .

صهاريج التخزين :

منذ بداية صناعة البترول ، تستخدم الصهاريج الاسطوانية الشكل لخزن الكميات غير المعبأة من خام البترول ومنتجاته . ولقد تم توحيد أنواع الصهاريج وأحجامها منذ زمن بعيد لتسهيل عملية الصيانة الدورية .

تصنع هذه الصهاريج بكاملها من الصلب وتلحم جدرانها ببعض كما يلحم بهذا الجسم القاع والسقف ، وهناك نوعان من الصهاريج (خزانات أفقية ذات سعة صغيرة (٥٠ — ٢٥٠ متراً مكعباً) وخزانات أخرى رأسية سعتها كبيرة تصل إلى ١٠٠ ألف متر مكعب .

وفى حالة تخزين منتجات لا تتطاير مثل زيت التشحيم وزيت الوقود ، تعمل هذه الصهاريج بضغط الجو العادى ، أما فى حالة المنتجات التي تتطاير كالبنزين وبعض الكيماويات فإنه يلزم الاحتفاظ بقليل من الضغط داخل الخزانات للتقليل من خسائر التبخر . أو تستعمل طريقة بديلة وهى أن يكون السقف عائماً متحركاً .

وعلى خلاف المبانى الفولاذية الأخرى ، لا يلزم وجود أساسات خرسانية لصهاريج التخزين . وباستثناء حالات الأراضى الضعيفة جداً ، تقام الخزانات عادة على أساسات بسيطة من حطام حجارة مرصوصة ومغطاة بطبقة من الرمل سمكها حوالى ٢٥ سنتيمتراً وطبقة أخرى سمكها ٥ سم من الرمل الممزوج بالبتومين لكى تقى الأساس من تأثير العوامل الطبيعية كما تقى الوجه الأسفل من قاع الخزان من التآكل . أما فى حالة الأراضى الضعيفة جداً . فيلزم تحديد الحمل الذى يرفعه الأساس باستعمال خزان أقل ارتفاعاً وأكبر قطراً . وإذا لم يمكن ذلك عملياً ، فقد يلزم إنشاء أساس خرسانى متين .