CONCEPT

# المطرقة المائية وتحليل التموج الضغطي في خطوط الأنابيب: الظواهر العابرة الهيدروليكية وتصميم وسائل الحماية

8 – 12 أغسطس 2027

جدة - فندق أربع نجوم على الكورنيش



# المطرقة المائية وتحليل التموج الضغطي في خطوط الأنابيب: الظواهر العابرة الهيدروليكية وتصميم وسائل الحماية

**المرجع:** 17598_577 **التاريخ:** 8 – 12 أغسطس 2027 **المكان:** جدة - فندق أربع نجوم على الكورنيش **الرسوم:** SAR 19500

## مقدمة:

تحدد المطرقة المائية وتحليل التموج الضغطي ما إذا كان خط الضخ سيتحمل أول توقف مفاجئ للمضخات، أم سينشق عند لحام، أو ينهار تحت التفريغ، أو يصطدم فيه صمام عدم الرجوع حتى ترشح الشفاه. وتحدد مشروعات كثيرة سماكة الأنابيب والمضخات من هيدروليكا الحالة المستقرة وحدها، فلا تكتشف الضغوط العابرة إلا بعد الانهيار. تؤهل هذه الدورة من كور كونسبت المهندسين لتوقع الظواهر العابرة الهيدروليكية، وإجراء دراسة تموج، ومقارنة أعلى الضغوط وأدناها بتصنيف الأنابيب، واختيار وسائل الحماية. ويخرج المشاركون بتقرير دراسة التموج واختيار وسائل الحماية لخط ضخ تطبيقي.

## أهداف الدورة:

- تحديد التدرج الهيدروليكي في الحالة المستقرة ونقطة تشغيل المضخة وهوامش الضغط الدنيا لخط الضخ بوصفها أساسا لتحليل الضغوط العابرة
- حساب سرعة موجة الضغط وارتفاع الضغط بمعادلة Joukowsky معادلة جوكوفسكي للطرق المائي لإغلاق الصمامات وتوقف المضخات واصطدام صمامات عدم الرجوع وتقدير متى تلزم دراسة تموج كاملة
- بناء نموذج للظواهر العابرة وتشغيله ببرمجيات تعتمد طريقة الخواص، مع مصفوفة سيناريوهات تغطي التشغيل العادي والطوارئ وحالات الأعطال
- تفسير غلاف الضاغط الأعلى والأدنى مقارنة بتصنيف ضغط الأنابيب ومقاومتها للتفريغ وخطر انفصال عمود السائل
- تحجيم واختيار خزانات التموج وصمامات الهواء وصمامات تنفيس التموج والحدافات والصمامات بطيئة الإغلاق وصمامات عدم الرجوع المانعة للاصطدام لظروف تشغيل محددة
- إعداد تقرير دراسة التموج واختيار وسائل الحماية متضمنا حدود التشغيل والتعشيقات لخط ضخ تطبيقي

## الفئة المستهدفة:

- مهندسو خطوط الأنابيب الذين يصممون خطوط نقل النفط الخام والمنتجات والمياه أو يشغلونها
- مهندسو مرافق المياه المسؤولون عن خطوط الضخ الرئيسية ومحطات التقوية وخطوط نقل المياه الخام
- مهندسو العمليات الذين يحددون مواصفات أنظمة الضخ وخطوط التحميل وصمامات الإغلاق الطارئ في المصانع والمحطات الطرفية
- المهندسون الميكانيكيون الذين يختارون المضخات والصمامات ووسائل حماية الضغط لأنظمة الضخ
- مهندسو الاستشارات والمقاولون الذين يعدون دراسات التموج أو يراجعونها للخطوط الجديدة ومشروعات التوسعة

## محاور الدورة:

### اليوم 1: هيدروليكا خطوط الأنابيب في الحالة المستقرة أساسا لدراسة التموج

- معامل الاحتكاك ورقم رينولدز ومخطط مودي لخطوط السوائل
- الفواقد الثانوية والطول المكافئ عبر الصمامات والعدادات والتوصيلات
- منحنى الضاغط والتدفق للمضخة مقابل منحنى النظام للمضخات المفردة والمتوازية
- رسم التدرج الهيدروليكي فوق المقطع الطولي لمناسيب الخط
- النقاط المرتفعة الحرجة والتدفق غير الممتلئ وهوامش الضغط الدنيا

### اليوم 2: فيزياء الظواهر العابرة: سرعة الموجة ومعادلة Joukowsky وطريقة الخواص

- سرعة موجة الضغط من معامل انضغاطية المائع ومادة الأنبوب وسماكة جداره
- معادلة Joukowsky للتغير اللحظي في السرعة وحدود تطبيقها
- زمن دورة الخط وانعكاس الموجة عند الخزانات والنهايات المغلقة والإغلاق السريع مقابل البطيء
- طريقة الخواص في لمحة عامة: الشبكة والخطوة الزمنية والشروط الحدية
- تكون تجويف البخار وانفصال عمود السائل وقمم الضغط عند إعادة الالتحام

### اليوم 3: أحداث التموج ومسار عمل نمذجة المطرقة المائية

- منحنيات شوط الصمامات وخصائصها الذاتية وزمن الإغلاق الفعال
- تباطؤ المضخة بعد التوقف المفاجئ والقصور الدوراني والتدفق العكسي وضغوط بدء التشغيل
- اصطدام صمامات عدم الرجوع: الخصائص الديناميكية ومعدل تباطؤ التدفق
- خطوط النفط وخطوط التحميل البحري مقابل خطوط المياه: إغلاق صمامات الإيقاف الطارئ وخواص المائع
- مسار العمل في برمجيات تحليل الظواهر العابرة: جمع البيانات وبناء النموذج ومصفوفة السيناريوهات وتحليل الحساسية

### اليوم 4: وسائل الحماية من التموج وتصنيفات الضغط وضوابط التشغيل

- غلاف الضاغط الأعلى والأدنى مقابل تصنيف الضغط ومقاومة التفريغ والأحمال الدورية
- تحجيم خزانات التموج: حجم الغاز والأنواع ذات الكيس أو المغذاة بالضاغط وفواقد التوصيل
- صمامات تحرير الهواء وصمامات الهواء والتفريغ والصمامات المانعة للاصطدام عند النقاط المرتفعة
- صمامات تنفيس التموج وخزانات التموج أحادية الاتجاه وحدافات المضخات
- الصمامات بطيئة الإغلاق وصمامات عدم الرجوع المانعة للاصطدام وتعشيقات تتابع المضخات وحدود شوط الصمامات

### اليوم 5: بناء دراسة التموج وتقرير اختيار وسائل الحماية

- دراسات حالات أعطال: انفجار الخطوط الرئيسية وانهيار الأنابيب تحت التفريغ وتضرر أذرع التحميل
- نموذج الخط التطبيقي: المقطع الطولي والمضخات والصمامات وتشغيل توقف المضخات دون حماية
- مقارنة خيارات الحماية: تشغيل سيناريوهات خزان التموج وصمامات الهواء والحدافة
- صحيفة حدود التشغيل: أزمنة شوط الصمامات وتسلسل البدء وتعشيقات الفصل
- عرض تقرير دراسة التموج واختيار وسائل الحماية ومراجعته مع الزملاء

## المهارات التي ستكتسبها:

- تحليل التدرج الهيدروليكي للخطوط
- حساب سرعة الموجة
- تحديد سيناريوهات الظواهر العابرة
- بناء نماذج التموج
- تفسير أغلفة الضغط
- تحجيم خزانات التموج
- توزيع صمامات الهواء
- تحديد مواصفات وسائل الحماية من التموج

## لماذا تحضر هذه الدورة:

- العودة بتقرير دراسة التموج واختيار وسائل الحماية مبني على خط ضخ تطبيقي خلال جلسات نمذجة عملية
- مناقشة مدخلات دراسات التموج ونتائجها مع الاستشاريين والموردين، بما فيها سرعة الموجة ومنحنيات شوط الصمامات والقصور الدوراني للمضخات
- تجنب الانفجارات والانهيار تحت التفريغ واصطدام صمامات عدم الرجوع بتثبيت أزمنة الشوط وتسلسل البدء وتعشيقات الفصل قبل التشغيل التجريبي
- تبادل الخبرة مع مهندسين من مرافق المياه وخطوط النفط والمنتجات والمحطات البحرية ومصانع العمليات

## الخاتمة:

لا يكون خط الضخ آمنا إلا حين تبقى ضغوطه العابرة، لا تدفقاته المستقرة وحدها، ضمن ما تحتمله الأنابيب والصمامات والمضخات. تنتقل الدورة من هيدروليكا الحالة المستقرة ومنحنيات المضخات إلى سرعة الموجة ومعادلة Joukowsky وطريقة الخواص وانفصال عمود السائل، ثم إلى أحداث الصمامات والمضخات ومسار عمل النمذجة، وبعدها أغلفة الضغط ووسائل الحماية. ويحول اليوم الأخير هذه المادة إلى تقرير دراسة التموج واختيار وسائل الحماية لخط تطبيقي يراجعه الزملاء.