

## المحاضرة الرابعة حفر الآبار المائلة باستخدام محركات مغمورة (توربين، كهربائي)

### 2-2. حفر الآبار باستخدام المحركات القاعية:

يتم حفر الآبار بسهولة أكبر من الطريقة السابقة ، حيث تبقى مجموعة مواسير الحفر والجسم الخارجي للمحرك القاعي ثابتة ويدور رأس الحفر مع دوران محور التوربين.

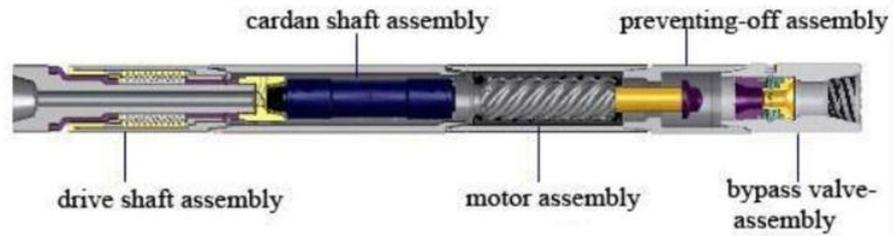
ويتميز بعد الحاجة لتكرار عمليات رفع وإنزال مجموعة مواسير الحفر ويمكن الحصول على زوايا ميل كبيرة واستخدام أنظمة حفر عادية وعدم الحاجة إلى التقليل من الحمل وعدد الدورات وبالتالي يؤدي إلى زيادة في سرعة الحفر وتقليل الكلفة النهائية لإنجاز البئر.

ونميز نوعين من المحركات وهما:

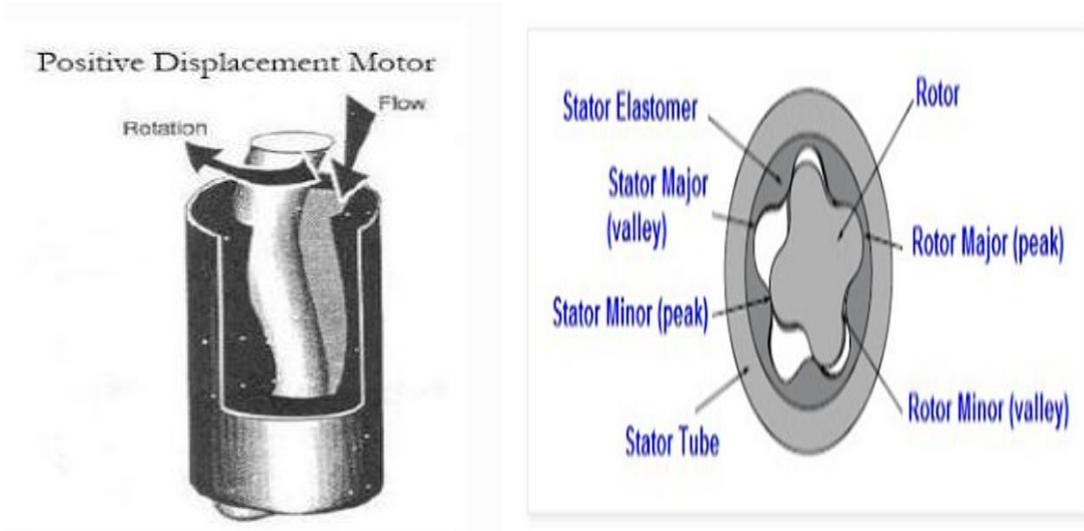
#### 1. المحرك القاعي (P.D.M.) Positive displacement Motor :

إن هذا النوع يتيح تدوير رأس الحفر بدون تحريك تشكيلة الحفر نفسها بأسلوب مرور سائل الحفر على محور داخلي (ROTOR) نوع حلزوني داخل تجويف مضلع مصنوع من المطاط الصلب (Stator) وتصل سرعة دوراته الى (250) دورة/دقيقة. الشكل (2-5) ويحتوي على وصلة الانحناء (bend sub) وتسمى (AKO) والتي يتم التحكم باختيار زاوية الميلان قبل انزال المعدات والتي تعطي معدل الانحناء المطلوب للبئر.

أقصى درجة ميلان في المحركات من هذا النوع هي (2.75) درجة وهناك أنواع من هذه المحركات التي تحتوي على مقطعين للميلان بشكل معاكس او مترادف.



Structure of downhole motor



الشكل (2-5) المحرك القاعي

### مكونات المحرك:

1. صمام تفريغ
2. motor مجموعة محرك ثلاث مراحل (تتألف من الدوار والجزء الثابت) ،
3. مجموعة توصيل قضبان ،
4. مجموعة محامل المحور والمحرك ،
5. رأس حفر ..
6. يمكن أن يعمل على الهواء أو الطين.

ويبين الجدول (2-1) مواصفات المحرك القاعي

**SPECIFICATIONS OF POSITIVE DISPLACEMENT MOTORS (continued)**  
**(Moineau type)**

Size (in)	Manufacturer	Type	No. of lobes	Flow rate (l/min)		Rotary speed (rpm)		Maximum operating torque (N.m)	Maximum operating pressure drop (kPa)	Operating horse-power output (kW)	Overall Length (m)	Hole size (in)
				Min.	Max.	Min.	Max.					
6 3/4	Anadrill Schlum.	A675M	1/2	757	1 893	180	465	1 790	3 447	87	7.19	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Anadrill Schlum.	A675M	4/5	1 136	2 271	150	300	4 135	4 757	130	6.50	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Anadrill Schlum.	A675XP	4/5	1 136	2 271	150	300	6 169	6 964	194	8.05	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Anadrill Schlum.	A675M	7/8	1 136	2 271	86	165	4 000	3 378	69	5.89	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Anadrill Schlum.	A675XP	7/8	1 136	2 271	86	170	7 457	5 585	133	7.67	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Baker Hughes Inteq	M1X		1 003	2 498	90	220	3 647	4 400	84	7.00	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Baker Hughes Inteq	M1XL		1 003	2 498	90	220	6 847	5 900	158	9.60	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Baker Hughes Inteq	M2P/XL		1 003	2 006	235	470	3 593	7 900	177	9.60	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Drilex	DIR675	9/10	1 136	2 461	85	185	6 101	2 600	118	4.00	7 7/8 to 9 7/8
6 3/4	Drilex	D675SS	9/10	757	2 461	55	185	8 135	3 400	158	6.25	7 7/8 to 10 5/8
6 3/4	Drilex	D675MS	6/7	757	1 514	159	318	3 254	4 300	108	7.53	7 7/8 to 10 5/8
6 3/4	Drilex	D675TPS	9/10	757	2 461	55	185	10 850	6 900	210	8.96	7 7/8 to 10 5/8
6 3/4	Halliburton	F2000S	5/6	946	1 704	95	170	5 694	4 100	101	7.30	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Halliburton	F2000M	4/5	1 135	1 893	165	265	5 084	5 200	141	7.60	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Halliburton	F2000MX	4/5	1 628	2 461	211	319	7 699	6 200	257	9.13	8 3/4 to 9 7/8
6 3/4	Halliburton	F2000S-tand	5/6	946	1 704	95	170	7 972	5 800	142	11.60	8 3/8 to 9 7/8
6 3/4	Halliburton	F2000M-tand	4/5	1 135	1 893	165	265	7 117	7 200	197	11.60	8 3/8 to 9 7/8
7 5/8	Drilex	DIR775	9/10	1 136	2 461	85	185	6 101	2 600	118	4.00	9 7/8 to 14 3/4
7 5/8	Drilex	D775SS	9/10	757	2 461	55	185	8 135	3 400	158	6.44	9 7/8 to 14 3/4
7 5/8	Drilex	D775TPS	9/10	757	2 461	55	185	10 850	6 900	210	8.96	9 7/8 to 14 3/4
7 3/4	Halliburton	D500	1/2	1 135	1 704	275	415	1 532	2 500	67	6.20	9 7/8 to 12 1/4
7 3/4	Halliburton	F2000S	7/8	1 136	2 271	90	185	10 305	4 700	164	7.00	9 7/8 to 12 1/4
7 3/4	Halliburton	F2000H	1/2	1 136	1 893	230	390	2 928	4 100	120	8.00	9 7/8 to 12 1/4
7 3/4	Halliburton	F2000S-tand	7/8	1 135	2 271	90	185	11 862	6 500	230	10.50	9 7/8 to 12 1/4
8	Anadrill Schlum.	A800M	1/2	1 136	2 271	210	420	2 304	3 447	101	7.87	9 7/8 to 14 3/4
8	Anadrill Schlum.	A800M	4/5	1 136	2 271	75	225	5 437	3 585	128	7.19	9 7/8 to 14 3/4
8	Anadrill Schlum.	A800XP	4/5	1 136	2 271	75	225	8 203	5 240	193	8.92	9 7/8 to 14 3/4
8	Anadrill Schlum.	A800M	7/8	1 136	2 271	48	145	6 101	3 309	93	7.19	9 7/8 to 14 3/4
8	Anadrill Schlum.	A800XP	7/8	1 136	2 271	48	145	8 813	4 482	134	8.41	9 7/8 to 14 3/4
8	Neyrfor Weir	VM7000	7/8	1 135	3 410	50	145	9 367	3 400	142	6.69	9 1/2 to 12 1/4
8	Neyrfor Weir	VM5000	1/2	1 135	2 270	210	420	2 487	3 400	109	7.38	9 1/2 to 12 1/4
8	Halliburton	F2000MX	5/6	2 271	3 407	149	223	13 825	6 200	323	9.13	9 7/8 to 12 1/4

(Molined type)

Size (in)	Manufacturer	Type	No. of lobes	Flow rate (l/min)		Rotary speed (rpm)		Maximum operating torque (N.m)	Maximum operating pressure drop (kPa)	Operating horse-power output (kW)	Overall Length (m)	Hole size (in)
				Min.	Max.	Min.	Max.					
8 1/4	Drilex	D825SS	9/10	757	2 461	55	185	8 135	3 400	158	6.62	9 7/8 to 14 3/4
8 1/4	Drilex	D825HF	5/6	1 325	2 839	110	235	9 491	4 300	234	7.47	9 7/8 to 14 3/4
8 1/4	Halliburton	F2000S	5/6	1 893	3 028	115	180	8 950	4 100	169	7.50	9 7/8 to 12 1/4
8 1/4	Halliburton	F2000S-tand	7/8	1 135	2 271	90	185	11 682	6 500	226	10.50	9 7/8 to 12 1/4
9 1/2	Baker Hughes Inteq	M1XL		2 006	4 012	80	165	14 602	5 900	252	10.70	12 1/4 to 17 1/2
9 1/2	Drilex	D950	10/11	1 893	3 218	110	190	10 169	3 400	202	6.50	12 1/4 to 17 1/2
9 1/2	Drilex	D950MS	5/6	1 352	2 839	110	235	9 491	4 300	234	7.35	12 1/4 to 17 1/2
9 1/2	Drilex	D950HF	7/8	2 650	4 164	115	180	13 558	3 400	256	8.69	12 1/4 to 36
9 1/2	Neyrfor Weir	VM7000	5/6	2 270	4 540	67	134	12 916	3 100	181	8.94	12 1/4 to 26
9 1/2	Neyrfor Weir	VM7000	3/4	2 270	4 540	133	266	9 475	4 280	264	8.94	12 1/4 to 26
9 1/2	Neyrfor Weir	VM5000	1/2	1 495	3 028	200	400	4 500	4 150	188	9.84	12 1/4 to 17 1/2
9 5/8	Anadrill Schlum.	A962M	1/2	1 514	3 028	190	380	4 610	4 413	183	8.89	12 1/4 to 26
9 5/8	Anadrill Schlum.	A962M	3/4	2 271	4 542	133	266	8 813	4 309	245	8.00	12 1/4 to 26
9 5/8	Anadrill Schlum.	A962XP	3/4	2 271	4 542	133	266	11 253	5 688	313	9.27	12 1/4 to 26
9 5/8	Anadrill Schlum.	A962M	5/6	2 271	4 542	67	134	10 847	3 103	152	8.00	12 1/4 to 26
9 5/8	Anadrill Schlum.	A962XP	5/6	2 271	4 542	67	134	15 050	4 137	211	9.27	12 1/4 to 26
9 5/8	Halliburton	D500	1/2	1 514	2 650	215	375	2 623	2 500	103	7.70	12 1/4 to 17 1/2
9 5/8	Halliburton	F2000S	5/6	3 028	4 542	90	140	10 575	2 600	155	7.80	12 1/4 to 26
9 5/8	Halliburton	F2000M	5/6	2 271	3 407	115	170	10 539	4 100	188	7.80	12 1/4 to 26
9 5/8	Halliburton	F2000H	1/2	2 271	3 785	240	400	6 236	4 100	261	9.10	12 1/4 to 26
9 5/8	Halliburton	F2000MX	5/6	3 028	4 921	110	178	21 842	5 200	407	9.61	12 1/4 to 26
9 5/8	Halliburton	F2000M-tand	5/6	2 271	3 407	115	170	14 944	5 800	266	11.80	12 1/4 to 26
9 5/8	Halliburton	F2000S-tand+	5/6	3 028	4 542	90	140	21 150	5 200	310	13.90	12 1/4 to 26
11 1/4	Anadrill Schlum.	A1125M	3/4	3 785	5 678	115	170	13 558	3 378	241	8.84	17 1/2 to 26
11 1/4	Neyrfor Weir	VM7000	3/4	3 780	5 670	120	180	15 010	3 500	283	9.63	15 to 26
12	Halliburton	D500	1/2	3 028	4 542	125	188	8 677	2 500	171	10.10	17 1/2 to 26

l/min × 0.264 = gal/min    N.m × 0.738 = lb.ft    kPa × 0.145 = psi    kW × 1.34 = hp    m × 3.281 = ft

الجدول (1-2) مواصفات المحرك القاعي

## 2. التوربين : (Turbine)

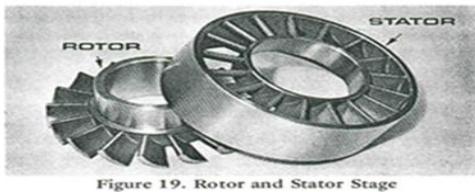
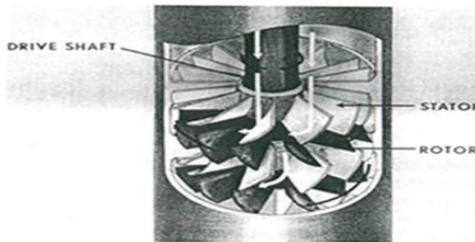


Figure 19. Rotor and Stator Stage



الشكل (2-6) التوربين

يحتوي على عدة مقاطع دوارة متحركة وأخرى ثابتة والتي يتم من خلالها نقل الحركة الدورانية الى رأس الحفر والتي تصل الى (400-600) دورة/دقيقة وتتحمل هذه المعدة عزم تدوير اعلى من المحرك نوع (.P.D.M). ويصل اعلى درجة ميلان لمثل هذه المحركات الى (1.5) درجة ويكون صالحا للاستخدام مع رؤوس الحفر نوع (.P.D.C) لحفر المقاطع المائلة (B.U. Section). الشكل (2-6) والشكل (2-7) يبين مواصفات التوربين

## TURBODRILL SPECIFICATIONS (Specific gravity of mud 1.20)

Size (in)	Manufacturer	Type	Nominal pump flow (lpm)	Nominal torque (N.m)	Nominal speed (rpm)	Pressure drop (kPa)	Nominal output (kW)	Number of stages	Weight (daN)	Hole size (in)
4 3/4	Neyrfor Weir	T2AI	600	420	1 180	9 600	52	200	893	5 7/8 to 6 1/4
5	Neyrfor Weir	TFI	600	280	1 020	5 300	30	129	765	6 to 6 3/4
5	Neyrfor Weir	T2FI	600	540	1 020	9 700	58	258	1 256	6 to 6 3/4
5	Redi Drill	ST15	600	560	1 030	8 400	60	150	910	6 1/8 to 7 7/8
5	Redi Drill	ST25	600	900	1 030	14 000	97	240		6 1/8 to 7 7/8
5	Redi Drill	STD1-5	600	340	1 030	5 000	37	90	700	6 1/8 to 7 7/8
6 5/8	Neyrfor Weir	T2AI	1 600	1 820	1 100	12 600	210	172	1 888	8 3/8 to 9 7/8
6 5/8	Neyrfor Weir	T3AI	1 600	2 720	1 100	18 400	313	258	2 536	8 3/8 to 9 7/8
7 1/4	Neyrfor Weir	T2AI	1 800	1 970	880	10 400	182	164	2 160	8 3/8 to 9 7/8
7 1/4	Neyrfor Weir	T3AI	1 800	2 950	880	14 900	272	246	2 940	8 3/8 to 9 7/8
7 1/4	Neyrfor Weir	TFST	1 800	510	750	2 400	40	50	730	8 3/8 to 12 1/4
7 1/4	Neyrfor Weir	TFM	1 800	820	750	3 700	64	80	1 030	8 3/8 to 12 1/4
7 1/4	Neyrfor Weir	TF	1 800	1 130	750	5 000	89	100	1 390	8 3/8 to 12 1/4
7 1/4	Redi Drill	ST1	1 800	2 390	1 020	12 400	255	150	2 310	8 1/2 to 12 1/4
7 1/4	Redi Drill	ST2	1 800	3 500	1 020	18 200	374	220		8 1/2 to 12 1/4
7 1/4	Redi Drill	STD1	1 800	1 120	1 020	5 800	120	70	900	8 1/2 to 12 1/4
7 1/4	Redi Drill	STD2	1 800	1 590	1 020	8 300	170	100	1 380	8 1/2 to 12 1/4
9 1/2	Neyrfor Weir	T2AI	2 500	3 610	723	11 000	273	172	4 370	12 1/4 to 17 1/2
9 1/2	Neyrfor Weir	T3AI	2 500	5 420	723	15 700	410	258	5 935	12 1/4 to 17 1/2
10 1/4	Neyrfor Weir	TFST	3 000	2 060	630	4 700	136	79	2 260	14 3/4 to 26

lpm x 0.264 = gpm    kW x 1.34 = hp    N.m x 0.738 = lb.ft    kPa x 0.145 = psi    daN x 2.25 = lb

الشكل (7-2) مواصفات التوربين

إن سرعة الحفر تختلف حسب نوع المحرك الجوفي المستخدم ، والجدول (2-2) يبين إحصائية حقلية بذلك

Hour	ROP (Ft/Hr)	Footage Drilled	Drilling Method	Hole Size
58.71	3.2	182	ج- Turbodrill	6"
12.50	2.4	30	Turbodrill	6"
54.74	3.8	208	Turbodrill	6"
85.83	2.4	206	Turbodrill	81/2"
63.75	2.4	153	Turbodrill	81/2"
17.37	3.8	66	Turbodrill	81/2"
39.70	3.3	131	Turbodrill	81/2"
32.42	3.3	107	Turbodrill	81/2"
11.58	1.9	22	PDM	81/2"
40.53	1.9	77	PDM	81/2"
32.00	1.5	48	PDM	81/2"
34.44	1.8	62	PDM	81/2"
18.00	1.5	27	PDM	81/2"

الجدول (2-2) سرعة الحفر تختلف حسب نوع المحرك الجوفي المستخدم

### نصف قطر الانحناء الأصغري المسموح به للتوربين:

يعطى نصف قطر الانحناء الأصغري المسموح به للتوربين بالعلاقة التالية:

$$R_{\min} = \frac{167.L_T^2}{d_B - d_T - K + f}$$

$R_{\min}$ : نصف قطر الانحناء الأصغري المسموح (m)

$L_T$ : طول التوربين ورأس الحفر (m)،  $d_B$ : قطر رأس الحفر (mm)

$d_T$ : قطر التوربين (mm)،  $K$ : المسافة الصغرى بين التوربين وجدران البئر (6 mm).

$f$ : مقدار انحناء التوربين (mm) ويعطى بالعلاقة:

$$f = 0.13 * 10^6 . q_T . \frac{L_T^2}{E . I_t}$$

$E$ : معامل يونغ ،  $E = 2.1 * 10^6 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$

$q_T$ : وزن (1cm) من وزن التوربين،  $L_T$ : طول التوربين مع رأس الحفر (cm)

$I_T$ : عزم العطالة للمقطع العرضي للتوربين ( $cm^4$ ) ويعطى بالعلاقة:

$$I_T = 0.049d_T^4$$

$d_T$ : قطر التوربين (cm)

والجدول (3-2) يبين نصف قطر انحناء التوربين ونصف قطر الانحناء الأصغري المسموح به عند استخدام رؤوس حفر مختلفة

نصف قطر انحناء البئر، م			نصف قطر انحناء التوربين، م	طول التوربين مع رأس الحفر، م	عدد القطاعات	قطر التوربين، مم	قطر رأس الحفر، مم
m=1.15	m=1.1	m=1					
37	40	46	79	9.9	1	240	393.7
57	59	63		17.0	2		
66	68	70		24.0	3		
50	53	62	79	9.6	1	240	295.3
66	68	72		16.7	2		
72	73	76		23.8	3		
55	59	69	79	9.6	1	240	269.9
69	71	75		16.7	2		
74	75	77		23.8	3		
43	45	50	64	10.0	1	195	269.9
55	56	58		17.0	2		
59	60	61		24.1	3		
46	49	54	64	10.0	1	195	244.5
57	58	60		17.0	2		
60	61	62		24.0	3		
51	54	59	64	10.0	1	195	215.9
58	60	62		17.0	2		
61	62	63		24.0	3		
44	46	49	56	10.4	1	172	215.9
51	52	54		18.0	2		
53	54	55		25.7	3		
47	49	53	56	10.4	1	172	190.5
52	53	54		18.0	2		
54	55	55		25.7	3		

نصف قطر انحناء التوربين ونصف قطر انحناء البئر الأصغري المسموح به عند استخدام أقطار مختلفة من رؤوس الحفر  
 $E=2.1 \cdot 10^5 MPa$ ,  $\sigma_f = 320 MPa$

الجدول (3-2) يبين نصف قطر انحناء التوربين ونصف قطر الانحناء الأصغري المسموح به عند استخدام رؤوس حفر مختلفة

