

Irányított ferdefúrások szerszámösszeállítása

Írta: Balla Imre

Az irányított ferdefúrások hazai alkalmazása a Szovjetunióból szerzett eszközök és tapasztalatok segítségével indult meg. Ma már jelentős az irányított ferdefúrással mélyített fúrások száma, melyek olyan mezőrszokról biztosítják a kitermelést, ahová más módszerrel kutat telepíteni nem lehetett.

Az irányított-ferdefúrási tevékenység szükségessé tette, hogy részletesen foglalkozzunk a ferdítőtámenetes ferdítés hatékonyságának vizsgálatával az adott geológiai és műszaki feltételeknek megfelelően a tervezés és kivitelezés számára.

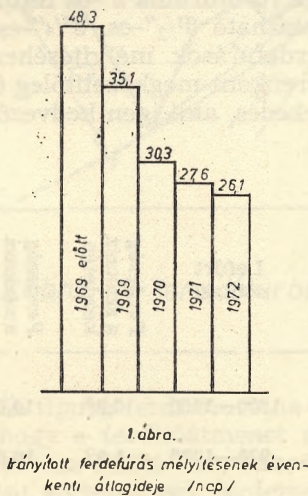
A fúrólyuk stabilizált szakaszának mélyítésére kialakítást nyert a stabilizátorturbina és a tájolást nem igénylő ferdeségnövelő-turbina. Tanulmányoztuk és meghatároztuk a „sima” szerszámmal történő ferdeségcsökkentés folyamatát, meghatározva annak intenzitását.

Üzemi bevezetésre került az OT típusú speciális ferdítőturbina, melyet jelenleg a legalkalmasabb ferdítőszerszámnak tekinthetünk.

Tisztáztuk a rotari fúrásoknál alkalmazható különböző szerszámösszeállítások hatékonyságát ferdeségnövelési, stabilizálási és ferdeségcsökkentési feladatok végrehajtására.

Az irányított ferdefúrással mélyülő kutak minőségi kiképzése érdekében foglalkoztunk az ilyen kutak béléscsővezési és cementezési problémáival.

Elméleti kutatásainkban tisztáztunk néhány igen fontos kérdést: ezek közé tartozik a lyukfal felépítő súrlódás szerepének és jelentőségének elemzése, valamint a különböző ferdítőszerzőszámok fúrólyukban történő elhelyezkedésének, önelcsavarodásának, beállításának vizsgálata.



Bokorfúrások bevezetésével foglalkoztunk az ide kapcsolódó különleges elvi és gyakorlati problémákkal. Létrehoztunk az irányított ferdefúrások tervezésének és kivitelezésének megkönnyítésére és meggyorsítására, valamint pon-

tosítására különböző segédeszközöket (lyukprofiltervezőt, beállítást meghatározó eszközt, szerkesztőt, univerzális jelölővillát stb.).

A műszaki és technológiai fejlesztés és a szakemberek nevelése eredményeként, azok segítségével, sikerült elérni az irányított ferdefúrások időfelhasználásának nagymértékű csökkenését, melyet az 1. ábra szemléltet.

Az 1972. évben az időfelhasználás csökkentése kb. háromnegyed millió Ft megtakarítást jelent egy-egy ferdefúrás esetében, amihez ha hozzászámítjuk az egyéb kisegítő műveletek csökkentését is, úgy az eredmény közel egymillió Ft kutanként.

Jelen összeállításunkban természetesen nem térhetünk ki teljességgel több éves, a témában kifejtett munkánk tapasztalataira. Az alábbiakban ezekből néhányat szeretnénk ismertetni, melyeket az irányított ferdefúrással foglalkozó szakemberek a továbbiakban célszerűen felhasználhatnak munkájuk folyamán.

1. A 6^{5/8}''-es turbinák alkalmazásának tapasztalatai

A hazai irányított ferdefúrások nagyrészt a 8^{1/2}''-es szelvényben 6^{5/8}''-es turbina és 5''-es XH rudazat alkalmazásával mélyültek. Ferdítőelemként hosszú időn keresztül kizárólagos alkalmazást nyert a turbina fölé közvetlenül csatlakozó ferdítőtámenet 1°—1°30'—2°-os irányeltéréssel.

1. táblázat

Kút jele	Ferd. átm.	Lefúrt szakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferdeség növekedés 10 m-re
B-453	1°	870—900	18,5	16,5	-0,14
L-434	1°	450—560	6,9	9,2	+0,21
L-437	1°	560—690	10,7	11,5	+0,06
Pf-50/a	1°	860—905	12,0	12,7	+0,16
Pf-50/a	1°	1000—1050	15,2	15,5	+0,06
Pf-50/a	1°	1095—1145	14,0	13,9	-0,02
B-456	1°30'	510—560	10,3	13,5	+0,64
L-437	1°30'	400—480	0,9	5,9	0,63
L-437	1°30'	480—560	5,9	10,7	0,60
L-437	1°30'	920—970	6,2	8,7	0,50
Pf-50/a	1°30'	650—710	1,0	6,3	0,88
Pf-50/a	1°30'	765—805	11,8	14,9	0,78
Pf-50/a	1°30'	910—950	13,2	15,5	0,57
Víz-26	1°30'	800—900	0,0	6,2	0,62
Víz-26	1°30'	1260—1310	14,0	17,2	0,46
B-455	2°	580—630	14,2	18,0	0,76
B-455	2°	840—920	14,0	20,5	0,81
L-334	2°	400—450	0,7	6,9	1,24
L-436	2°	370—520	4,6	15,9	0,75
L-498	2°	500—570	1,0	9,8	1,25
L-439	2°	310—400	1,5	10,8	1,03
Víz-26	2°	910—950	8,0	11,9	0,97

Az 1. sz. táblázat néhány olyan jellemző ferdítési eredményt tartalmaz, amikor a ferditőátmenet teljes mértékben ferdeségnövelésre dolgozott (azimutváltoztatás nélkül).

A táblázatból megállapítható, hogy laza, puha rétegekben az 1°-os ferditőátmenet ferdeségnövelésre általában nem alkalmas, használata esetleg csak a ferdeség megtartását eredményezi. Az 1°30'-es ferditőátmenet már alkalmas a ferdeség növelésére, s 10 m-enként 0,5—0,9°-os ferdeségnövelést biztosít. A 2°-os ferditőátmenet igen hatásos ferditőelem, amely 10 m-enként 0,75—1,25° ferdeségnövelést ad.

Az 1. táblázatból jól látható, hogy a ferditőátmenet ferdeségnövelő hatása fordítva arányos a meglévő lyukferdeséggel.

A ferdeátmenet-nélküli szerszámösszetétel a ferde lyukszakasz mélyítése közben általában a ferdeség csökkentését eredményezi.

Turbinás fúrasi módszert alkalmazva a ferdeségsökkentés szakaszában (ferditő nélküli „sima” szerszámösszeállítással) a 2. táblázatban bemutatott eredményeket kaptuk.

2. táblázat

Kút jele	Lefúrt szakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferde-ségesés 10 m-en
B—453	990—1040	16,8	15	0,36
	1040—1220	15	10	0,28
	1220—1400	10	6,5	0,19
B—455	630—700	18	15	0,43
	700—780	15	12,5	0,28
	930—1020	19,6	14,9	0,52
	1160—1320	15,7	10,2	0,34
	1320—1400	10,2	8,9	0,16
L—343	720—810	20	15	0,55
L—436	660—730	15,3	13,3	0,29
Pf—50/2J3	1055—1095	15,3	14	0,32
	1145—1185	13,9	12,1	0,45
Víz—26	1460—1570	16,8	14,7	0,19

A táblázat adatai szerint a 100 m-re eső ferdeségsökkenés a következőképpen alakult:

15—20°-os lyukferdeség mellett 3—5°

10—15°-os lyukferdeség mellett kb. 3°

10° alatt kb. 2°

A táblázatból kitűnik, hogy a sok ferdeségsökkenést befolyásoló tényező közül legjelentősebb a lyuk ferdesége és a kőzetkeménység.

A természetes ferdeségsökkenés különösen kisebb ferdeség és nagyobb kőzetkeménység mellett sok esetben nem biztosít megfelelő ferdeségesést, ilyenkor kényszeríteni kell a ferdeség intenzívebb csökkenését ferditőátmenet alkalmazásával.

3. táblázat

Kút jele	Ferdítő-átmenet	Lefúrt szakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferdeség-csökkenés 10 m-en
L—439	1,5°	760—800	11,0	6,9	1,02
Pf—50/a	1,0°	1535—1570	8,4	6,3	0,6
Pf—50/a	1,5°	1570—1610	6,3	1,3	1,25

A 3. sz. táblázat tájékoztatást ad a ferditőátmenet hatásosságáról e feladat végrehajtásában.

Mint látható a ferdeátmenetek hatásossága ferdeségsökkenés esetén lényegesen nagyobb, mint ferdeségnövelésnél.

Összehasonlítva az 1., 2., 3. sz. táblázatokat, igen érdekes és fontos összefüggés állapítható meg a ferditőelemek ferdeségnövelő $\Delta \alpha_n$, ferdeségsökkentő $\Delta \alpha_{cs}$ hatásossága és a természetes ferdeségsökkenés $\Delta \alpha$ között. Ha a ferditőátmenet ferdeségnövelő hatásosságát bizonyos meghatározott körülmények között úgy fogjuk fel, hogy az két alapértékből tevődik össze, úgy mint $\Delta \alpha$ a ferditőátmenet méreteiből adódó ferdeségváltoztató képességből, és a természetes ferdeségsökkenésből, akkor:

$$\Delta \alpha_i = \Delta \alpha - \Delta \alpha_{cs}$$

Az előbbi gondolatot folytatva a ferditőátmenet ferdeségsökkentő hatásossága:

$$\Delta \alpha_{cs} = \Delta \alpha + \Delta \alpha_{cs}$$

E két egyenletről következik az összefüggés a három érték között, miszerint:

$$\Delta \alpha_n = \Delta \alpha_{cs} - 2 \Delta \alpha_{cs}$$

A ferditőátmenetek hatásosságának ez utóbbi definíciója erősen leegyszerűsített és így csak megközelítőleg írhatja le a jelenséget, mégis igen jelentős, mert nagymértékben elősegíti a ferdtés folyamán kapott adatok alaposabb tanulmányozását, kiértékelését kisebb adatmennyiség esetén is. A fentebb elmondottak alapján érthető, hogy a ferdeségnövelésre alkalmatlan 1°-os ferditőátmenet kiváló ferdeségsökkentő lehet, továbbá, hogy a 2°-os ferditőátmenetet ferdeségsökkenésre használni kockázatos az esetleg túl intenzív ferdeségváltozás miatt.

2. A 7¹/₂''-es turbina alkalmazása

Az algyői irányított ferdefúrások mélyítésénél szélesebb körű alkalmazást nyert a 7¹/₂''-es fúroturbina — ferditőátmenettel.

A 7¹/₂''-es fúroturbina 2°-os ferditőátmenettel jól alkalmazható 8¹/₂''-es, 8³/₄''-es szelvényű irányított ferdefúrások mélyítéséhez. Hatásossága 10 méterenként megközelítőleg 0,9—1,2°-os ferdeségnövekedés, ami igen kedvezőnek mondható.

4. táblázat

Kút jele	Ferde-átmenet	Lefúrt szakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferdeség-növekedés 10 m
Algyő—316	1,5°	1300—1460	0,0°	10,0°	0°37'
Algyő—227	2°	930—1005	1,0°	16,6°	1°17'
Algyő—351	2°	799—860	1,0°	8,4°	1°13'
Algyő—366	2°	918—1043	10,8°	22,3°	0°55'
Algyő—385	2°	755—842	0,0°	8,0°	1°12'
Algyő—385	2°	915—1052	16,0°	28,0°	0°52'

A táblázatból jól látható, hogy a fúrólyuk ferdeségének növekedésével jelentősen csökken a ferditőszerszám ferdeségnövelő hatásossága. Az adott körülmények között, 20° körüli lyukferdeség mellett a 2°-os ferditőátmenettel elérhető 10 méterenkénti ferdeségnövekedés 1° alá esik.

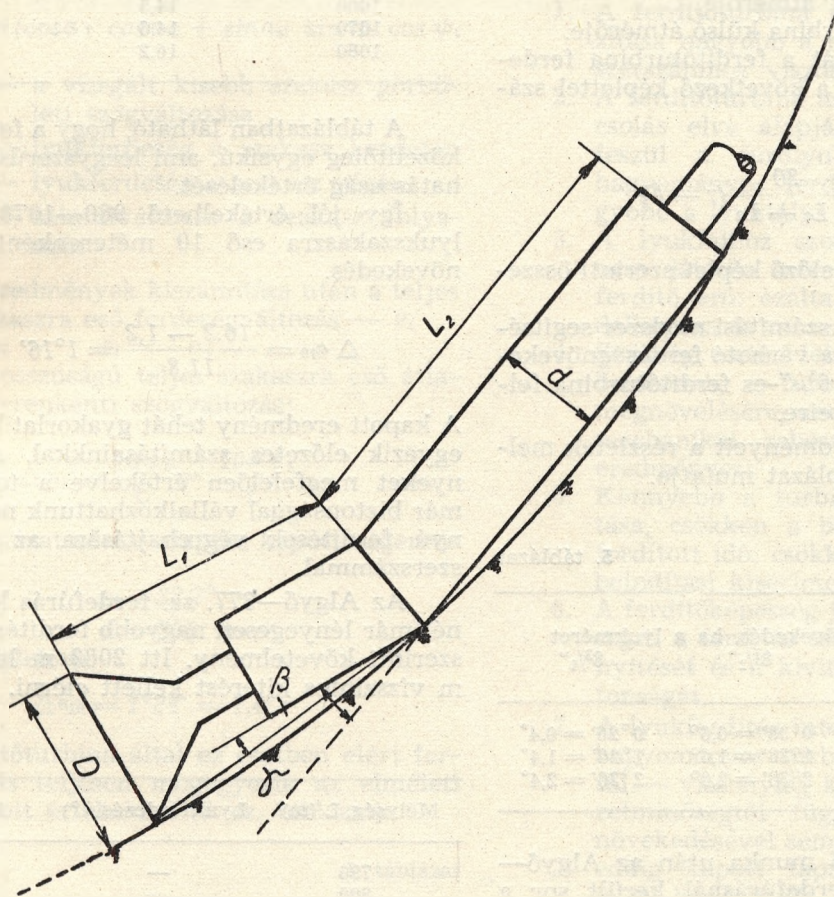
3. Az OTSz típusú ferditőturbina sikeres hazai alkalmazása

Az irányított ferdefúrások műszaki fejlesztése kapcsán a VNIIBT—OGIL—NFKÜ együttműködés révén OTSz típusú speciális ferditőturbinákat szereztünk be.

lyukferdítés döntő mértékben a lyuktalpi aszimmetrikus kőzetbontás eredményeként jön létre. Ez lényegi eltérés a lyukferdítés elvi mechanizmusában a hagyományos lyukferdítéshez viszonyítva.

Az OTSz ferditőturbinát a nagy merevségi mutatóval rendelkező ferditők kategóriájába soroljuk. Ebből kiindulva a ferdeségnövelés alaképletét a $\Delta \alpha_{10}$ tizméterenkénti ferdeségnövekedésre vonatkozóan az alábbiak szerint írhatjuk fel:

$$\Delta \alpha_{10} = \frac{10 \alpha_t}{L_1 + L_2}$$



2.ábra. A ferditőturbina ferditőképességének számítási sémája.

Az OTSz típusú ferditőturbina alapvető újszerűsége, hogy a ferditőátmenet nem a kb. 8 m hosszú turbina fölött van, hanem a turbinaház részeként szerepel egy ferdemenetű közdarab formájában a turbina alsó vége fölött mintegy 2 m távolságban. Így a ferditőelem lényegesen közelebb kerül a fúróhoz, illetve a fúrás folyamán a lyuktalphoz (2. ábra).

A ferditőturbina méretezése, az alsó és felső tagok hossza úgy van megválasztva, hogy a

ahol: α_t a turbina teljes hosszával egyenlő lyukszakaszra eső ferdeségnövekedés, fokban.

L_1 — a turbina alsó tagjának hossza m-ben,

L_2 — a turbina felső tagjának hossza, m-ben.

Ugyanakkor a vizsgált lyukszakasz és a ferditőszerszám méreteiből és elhelyezkedéséből következő geometriai összefüggések szerint a

ferdítő $L_1 + L_2$ hosszának megfelelő szakaszra eső ferdeségnövekedés:

$$\alpha_t = 2(\gamma - \beta)$$

ahol: γ — a ferdítőturbina, illetve a ferdítőátmenet tengelyének hajlásszöge, fokban,

β — a ferdítőturbina alsó tengelye és a fúrólyuk közötti szög, fokban.

Gyakorlatilag kielégítő megközelítéssel elfogadjuk:

$$\beta = \text{arc tg} \frac{D - d}{2 L_1}$$

A képletben:

D — a fúrólyuk átmérője,

d — a ferdítőturbina külső átmérője.

Végeredményben tehát a ferdítőturbina ferdeségnövelő képességét a következő képlettel számíthatjuk:

$$\Delta \alpha_{10} = \frac{20}{L_1 + L_2} (\gamma - \beta)$$

melyhez β értékét az előző képlet szerinti összefüggésből vesszük.

A fentebb vázolt számítási módszer segítségével meghatároztuk a várható ferdeségnövekedési ütemet az OTSz 6^{5/8}''-es ferdítőturbina felhasználási körülményeire.

A számítások eredményeit a részletek mellőzésével az 5. sz. táblázat mutatja.

5. táblázat

Ferdítő szöge (fok)	Ferdésgnövekedés, ha a lyukméret		
	8 ^{3/8} ''	8 ^{1/2} ''	8 ^{3/4} ''
1	0°42' = 0,7°	0°38' = 0,6°	0°26' = 0,4°
1,5	1°42' = 1,7°	1°38' = 1,6°	1°26' = 1,4°
2	2°42' = 2,7°	2°38' = 2,6°	2°26' = 2,4°

Alapos előkészítő munka után az Algyő—365. sz. irányított ferdefúrásnál került sor a ferdítőturbina első alkalmazására. A terv szerint a célrétegek 1936 m mélységében 187 m lyuktalpi vízszintes kitérést kellett elérni 312,5° irányban. Ehhez négyrészes lyukprofil mellett a lyuktengely maximális ferdesége 12°-ra lett tervezve.

Az irányított ferdítés 1,5°-os ferdítőturbinaival 8^{3/4}''-es fúróval 950 m-től kezdődött és 1078 m-ig tartott. Sikeresült két ferdítőmenetben a lyuktengely irányának olyan beállítását elérni, mely a továbbfúrás folyamán már felderítőszer számmal történő beavatkozás nélkül biztosította a célbajutást.

A ferdítés szakaszának ferdeségmérési adatai a 6. sz. táblázatban találhatók. A táblázattal kapcsolatban megjegyezzük, hogy a feltüntetett

értékek, úgy a ferdeség, mint az azimut vonatkozásában átlagolt értékek, melynél az utólagos ellenőrző mérés értékeit is figyelembe vettük.

6. táblázat

Mélység L (m)	Ferdeség (OC°)	Azimut (φ°)
950	0,9	—
960	1,2	—
970	2,5	—
980	3,6	300
990	5,0	306
1000	5,5	312
1010	7,7	316
1020	8,7	314
1030	8,6	308
1040	11,0	312
1050	12,0	311
1060	14,5	310
1070	14,6	310
1080	16,2	312

A táblázatban látható, hogy a ferdülés megközelítőleg egysíkú, ami leegyszerűsíti a ferdítő hatásosság értékelését.

Így jól értékelhető 960—1078 m közötti lyukszakaszra eső 10 méterenkénti ferdeségnövekedés.

$$\Delta \alpha_{10} = \frac{16,2 - 1,2}{11,8} = 1°16' \approx 1,3°$$

A kapott eredmény tehát gyakorlatilag jól meg egyezik előzetes számításainkkal. Az eredményeket megfelelően értékelve a továbbiakban már biztonsággal vállalkozhattunk nagyobb arányú ferdítések végrehajtására az új ferdítőszer számmal.

Az Algyő—377. sz. ferdefúrás kivitelezésénél már lényegesen nagyobb ferdítés volt a terv szerinti követelmény. Itt 2083 m lefúrásig 441 m vízszintes kitérést kellett elérni. A tervezett

7. táblázat

Mélység, L (m)	Lyukferdeség (°)	Azimut (°)
790	—	—
800	—	—
810	2,5	115
820	3,6	113
830	5,6	116
840	6,5	112
850	7,4	113
860	8,5	113
870	10,5	113
880	11,0	108
890	13,5	100
900	15,0	100
910	16,5	99
920	18,0	97
930	20,0	97
940	20,5	98
950	21,0	101
960	20,5	104
970	20,5	107
980	21,0	113
990	22,0	119
1000	23,0	118

maximális lyukferdeség 23° volt. A tervezett értéket az OTSz $6^5/8''$ -es $1,5^\circ$ -os ferditőturbínával három ferditő menet után sikerült elérni a 790—995 m közötti lyukszakaszon (fúróméret: $8^3/4''$). A lyuktengely alakulását a 7. sz. táblázat mutatja.

A táblázatban látható, hogy a ferdités lyukszakaszában viszonylag nagyobb ferdeségek mellett említésre méltó azimutváltozás van. Így ez esetben nem lehet a ferdeségnövekedés intenzitását a szakaszkezdet és végéhez tartozó ferdeségekből kiindulva meghatározni, hanem figyelembe kell venni a vizsgált szakaszon bekövetkezett azimutváltozást.

A teljes vizsgált szakaszhoz több kisebb szakaszra bontva az egyes szakaszokra eső görbületi szögváltozásokat kell kiszámítanunk az idevonatkozó képlet szerint:

$$\rho_i = \arccos(\cos\alpha_{i1} \cos\alpha_{i2} + \sin\alpha_{i1} \sin\alpha_{i2} \cos\psi_i)$$

ahol ρ_i — a vizsgált kisebb szakasz görbületi szögváltozása

α_{i1} — lyukferdeség a szakasz kezdetén

α_{i2} — lyukferdeség a szakasz végén

$\Delta\psi_i$ — azimutváltozás a szakasz folyamán

A részeredmények kiszámítása után a teljes vizsgált szakaszra eső ferdeségváltozás — ρ_i

$$\rho_i = \sum \rho_i$$

Az L hosszúságú teljes szakaszra eső átlagolt 10 méterenkénti szögváltozás:

$$\Delta\alpha_{10} = \frac{10 \rho_i}{L} = \frac{10 \sum \rho_i}{L}$$

Az előző táblázat adatai alapján kapott végeredmény:

$$\rho_i = 28,7^\circ$$

$$L = 205 \text{ m}$$

Ennek megfelelően:

$$\Delta\alpha_{10} = 1^\circ 24' = 1,4^\circ$$

A ferditőturbina által ez esetben elért ferdeségváltozás teljesen megegyezik az elméleti úton számított értékekkel (3. sz. táblázat).

8. táblázat

Mélység L (m)	Lyukferdeség α ($^\circ$)	Azimut φ ($^\circ$)
150	1,0	300
160	2,0	275
170	4,0	238
180	5,0	231
190	6,0	225
200	7,5	223
210	9,5	223
220	11,0	218
230	12,0	218
240	15,0	218
250	16,5	216
260	18,0	213
270	20,5	206
280	23,0	205
290	24,2	202
300	25,5	202

Érdekes még megvizsgálni a DK—294-en történt irányított lyukferdités eredményét, amit a 8. táblázat szemléltet (ez esetben a fúrás $8^3/4''$ -es méretű fúróval, $1,5^\circ$ -os ferditőturbínával történt).

A táblázatból az előző séma szerint számított 10 m-re eső görbületi szögváltozás:

$$\Delta\alpha_{10} = \frac{24,0}{14,2} = 1^\circ 41' = 1,7^\circ$$

Ez esetben is szinte meglepő pontossággal kaptuk a gyakorlati eredményekből előzetes számításaink igazolását.

Az eddigi tapasztalatainkat összegezve az OTSz típusú ferditőturbínáról pozitív véleményünk alakult ki, melyeket röviden az alábbiakban foglalunk össze:

1. A ferditőturbina ferdeségnövelő intenzitása nagyobb a hagyományos ferditőszerszámhoz viszonyítva.
2. A ferditőturbina aszimmetrikus közetroncsolás elve alapján működik, kevésbé feszül a fúrólyuk falának, mint a hagyományos ferditőszerszám, így nagyobb a lyuktalpi hasznos teljesítmény.
3. A lyukfalhoz szorító erő ez esetben nem játszik szerepet, mint a legfőbb ferditő erő; ezáltal csökken a fúró oldalkopása és nő az élettartama.
4. Szükség esetén lehetőség van a turbina hosszának, a turbinalépcsők számának megnövelésére, ami végső fokon a fúrás mechanikai sebességének növekedését eredményezi.
5. Könnyebb a turbina lyuktalpi beindítása, csökken a beindítási kísérletekre fordított idő, csökken az eredménytelen beindítási kísérletek száma.
6. A ferditőképesség jól számítható, ez elősegíti a ferdités tervezésének megkönnyítését és a kivitelezés sikerének biztonságát.
7. A lyukferdités intenzitása — eltérően a hagyományos turbinás ferditőeszközöktől — viszonylag kevésbé változik a közetminőségtől függően és a ferdeség növekedésével sem csökken, mint azt az eddig kapott tapasztalati eredmények is jól bizonyítják.

4. Alátétes turbinák alkalmazása

Az irányított ferdefúrások kivitelezésénél egyik jól ismert ferditőszerszám a külpontos tömszelencéjű turbina. Ennek lényeges sajátossága, hogy a tömszelence egyik oldala lemezfelhegesztés útján olyan kialakítást nyer (ezen az oldalon a turbina tengelyétől a lemez külső felületéig mért távolság nagyobb is lehet a fúró sugárméreténél), hogy az a fúrot az ellenkező oldalon a lyukfalhoz szorítja. A szerszám mintegy kétkarú emelő dolgozik, melynek alátámasztása a tömszelence alátétjénél van. Ferde lyukszakaszban az alátét fölötti szerszám szakasz önsúlyának egy része olyan forgatónyomatékokat

hoz létre, mely akkor is a lyukfalhoz szorítja a fúrót, ha az alátét vastagságával megnövelt turbinasugár nem haladja meg a fúró sugárméretét. Ha az alátámasztó elem vastagságát megfelelően méretezzük, azt a turbinaházon a fúrótól megfelelő távolságra elhelyezve olyan szerszámot kapunk, mely ferde lyukszakaszba beépítve további ferdeségnövekedést hozhat létre a meglévő ferdeség irányában. Mivel pedig az alátámasztás a turbinán nemcsak egyoldalon, hanem körben van, a szerszám tájolást nem igényel; bármely helyzetben rendeltetésének megfelelő hatást fejt ki. A 3. ábrán látható az előző elgondolás alapján kialakított turbina, melynek sajátossága a turbinaházon elhelyezett gyűrű az alátámasztás biztosítására.

Az ábrán látható, a lyukfallyal három helyen történik érintkezés: a fúrónál az A pontban, a

ahol: l — a turbina és a fúró együttes hossza
 l_1 — az alátét távolsága a fúrófelülettől

$$P = q_0 \sin \alpha_k \frac{l(l - 2l_1)}{2l_1}$$

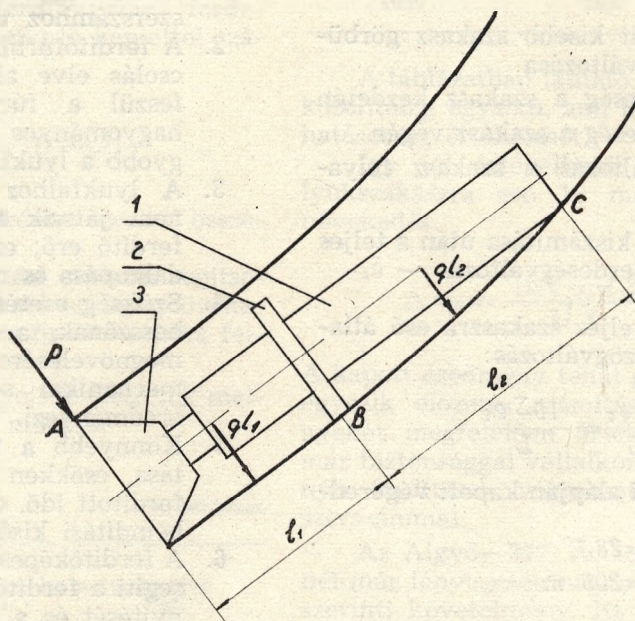
Ilyen nagyságú az a ferdítő erő, amit biztosítani tudunk a további ferdeségnövelésre.

A képletből látható, hogy a ferdítőerő nő a lyukferdeség növekedésével. A ferdítő erő annál nagyobb, minél kisebb az l_1 távolság, vagyis minél közelebb kerül az alátámasztás a fúróhoz. Végül a képletből látható, hogy ez a szerszám csak valamilyen meglévő ferdeség mellett tudja kifejteni hatását. Függőleges helyzetben:

$$\alpha_k = 0 \text{ és ekkor } P = 0$$

tehát a ferdítő hatás nem érvényesül.

Az alátétes turbinával elérhető ferdeségnövelés értékét meghatározhatjuk, ha megvizs-



3. ábra. A ferdítőerő vázlata alátétes fúróturbinánál
 1. fúróturбина; 2. alátét; 3. fúró

gyűrűnél a B pontban és a turbina felső végénél a C pontban. Olyan helyzetet vizsgálunk, mikor a C pontban éppen csak érintkezés van, de a turbina még nem támaszkodik a lyukfalra, így itt erőhatás nincs. A falreakciót az A pontban jelöljük P-vel, mely megegyezik a ferdítőerővel (a B pontnál lévő falreakció jelen esetben lényegtelen számunkra). A turbinát és a fúrót tekintjük úgy, hogy súlyeloszlásuk egyenletes,

és méterenként $q_0 \frac{kp}{m}$ nagyságú (folyadékban mért súly) melyből a lyuktengelyre merőleges összetevő α_k lyukferdeség esetén

$$q = q_0 \cdot \sin \alpha_k$$

gáljuk a szerszám elhelyezkedését olyan görbe lyukszakaszban, amilyent a szerszám maga is képes kialakítani (4. ábra).

Feltételezzük, hogy a lyuktengely, illetve az alsó lyukfalon lévő A, B és C pontokon átmenő görbe szabályos körívet alkot. A fúró, alátét és a turbina felső vége az A, B és C pontokban érintkeznek az alsó lyukfallyal.

Az ábrán:

$AA' = R$ — a fúró sugármérete

$CC' = r$ — a turbina sugara

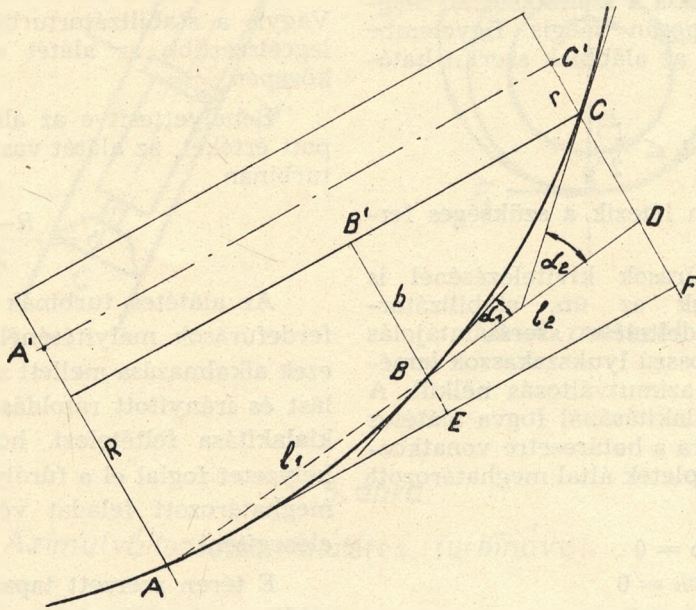
$BB' = b$ — az alátámasztó gyűrűk, vagy lemezek vastagsága.

Az AF egyenes párhuzamos az A'C' turbinatengellyel. Az F, D, C és C' pontokon át-

menő egyenes merőleges az AF egyenesre. Az AD egyenest úgy vettük fel, hogy az áthaladjon a B ponton (a lyukfal és az alátét érintkezési pontján). Az alátámasztás távolsága a fúrótól l

kedés értéke függ a turbina hosszától, az alátét vastagságától és az alátét fúró fölötti távolságától.

Ha rövid turbinát alkalmaznánk, megnöve-



4. ábra. Alátétes turbina elhelyezkedése az általa kialakított görbe lyukszakaszban.

és a turbina felső végétől l_2 , míg a turbina teljes hossza:

$$l = l_1 + l_2$$

Az AC görbe egy méterre eső szögváltozást jelöljük $\Delta\alpha_1$ -el.

Továbbá: α_1 — a körív B pontjához húzott érintő és a BD egyenes által bezárt szög,

α_2 — a körív C pontjához húzott érintő és a BD egyenes által bezárt szög.

Mivel α_1 és α_2 gyakorlatilag igen kis szögértéket képviselnek és figyelembevéve az összefüggést, miszerint

$$\alpha_1 = \frac{l_1}{2} \Delta\alpha_1 \quad \text{és} \quad \alpha_2 = \left(\frac{l_1}{2} + l_2 \right) \Delta\alpha_1$$

A kiindulási adatokból — a számítások részletezését itt mellőzve — kapjuk:

$$\Delta\alpha_1 = \frac{2}{(l_1 + l_2) l_2} \left[R - r - \frac{l}{l_1} (R - r - b) \right] \text{ rad/m}$$

A gyakorlatban a fokokban mért 10 m-kénti ferdeségváltozással szokás számolni, ezért a végleges képletet az alábbi formában írhatjuk fel:

$$\Delta\alpha_{10} = \left[\frac{1146}{l \cdot l_2} R - r - \frac{l}{l_1} (R - r - b) \right] \text{ fok/10 m}$$

A képletből látható, hogy adott fúró- és turbinaátmérő mellett az elérhető ferdeségnöve-

kedne a turbina ferdítőképessége. Ez a megoldás mégsem célszerű, mert ezzel egyúttal csökken a turbina teljesítménye. A lemeztávolság, (b) növelése a ferdítőképességet növeli, ezért b értékét célszerű minél nagyobbra venni. Ennek azonban határt szab a beépíthetőség. A turbina b lemeztávolsággal megnövelt sugara nem lehet a fúró sugárméreténél nagyobb, azaz

$$l - \frac{l_1}{l} (R - r) < b < R - r;$$

Ez önmagában még nem elegendő feltétel, mivel a turbinát nemcsak függőleges, hanem bizonyos görbülettel rendelkező lyukszakaszon is át kell lyuttatni a beépítés folyamán. Így a beépíthetőség mérlegelésével előre meg kell határozni, hogy milyen lyukgörbület mellett lehetséges annak beépítése. A ferdítőképességet meghatározó képletben látható az alátámasztás fúrótól való távolságának szerepe. Minél nagyobb l_1 értéke, annál nagyobb a szerszámmal elérhető ferdeségnövelés, de l_1 növekedésével, a ferdítő erő csökken, oly mértékben, hogy ha

$$l_1 = \frac{1}{2} l \quad \text{akkor: } p = 0$$

tehát a szerszám önsúlyából eredő forgatónyomaték nem képes ferdítőerőt létrehozni. Ha pedig az l_1 távolságot tovább növeljük, akkor a p negatív előjelű lesz és a ferdeségcsökkentés irányában fog hatni. Meg kell azonban jegyezni, hogy az említett képlet a turbina fölötti szer-

szám hatását nem veszi figyelembe a forgatónyomaték, ill. a ferdtő erő létrehozásánál. A valóságban egy rövid szakasz a turbina fölött, még elősegíti a ferdtőerő növelését; ennek azonban pontos számítása rendkívülien bonyolult lenne. Elhanyagolása a számításoknál megengedhető, de utólagosan mégis figyelembe vesszük, ha l_1 hosszát az alábbiak szerint határozzuk meg:

$$0 < l_1 \leq \frac{l}{2};$$

mely esetben feltétlen létezik a szükséges ferdtő erő.

Irányított ferdefúrások kivitelezésénél is sikeresen alkalmazzuk az ún. stabilizátorturbinát. Ennek rendeltetése szerszámtájolás nélkül végrehajtani hosszú lyukszakaszok lemélyítését ferdeség- és azimutváltozás nélkül. A stabilizátorturbina kialakításánál fogva alátétes ferdtőturbina csak arra a határesetre vonatkoztatva, mikor az alapképletek által meghatározott értékek:

$$p = 0$$

Mikor

$$\Delta a_{10} = 0$$

$$a_k \neq 0_1$$

tehát valamilyen középferdeséggel rendelkező lyukszakasz esetén P egyenlő 0-val, ha

$$l_1 = \frac{1}{2} l$$

Vagyis a stabilizátorturbina kialakítása esetén legcélszerűbb az alátét elhelyezése a turbina közepén.

Behelyettesítve az alátét elhelyezésére kapott értéket, az alátét vastagsága a stabilizátorturbinán

$$b = \frac{R - r}{2}$$

Az alátétes turbinák használata irányított ferdefúrások mélyítésénél igen célszerű, mivel ezek alkalmazása mellett nem kell szerszámtájolást és irányított rátoldást végezni, a szerszám kialakítása feltételezi, hogy az mindig olyan helyzetet foglal el a fúrólyukban, mely az előre meghatározott feladat végrehajtását igyekszik elősegíteni.

E téren szerzett tapasztalatainkról a 9. sz. táblázat ad tájékoztatást.

9. táblázat

Fúrás jele	Mélységszakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	100 m-re eső ferdeségváltozás	Megjegyzés
Algyő—227	1216—1407	12°30'	13°20'	+0°26'	Normál turbina stabilizálásra méretezve
Algyő—280	1367—1540	14°40'	15°00'	+0°12'	
Algyő—300	1470—1670	28°33'	28°21'	-1°07'	
Algyő—300	1670—1800	26°21'	24°51'	-1°08'	
Algyő—320	1450—1610	15°00'	15°00'	+0°04'	
Algyő—336	1043—1350	23°48'	21°18'	-0°51'	Rövid turbina ferdeségnövelésre méretezve
Algyő—227	1462—1577	13°30'	16°10'	+2°20'	
Algyő—300	1113—1201	29°51'	32°51'	+4°06'	

A táblázatból látható, hogy az alátétes turbinák gyakorlatilag a várakozásnak megfelelően működnek. Az esetenkénti egészen enyhe ferdeségesedés egyrészt a fúrólyuk bővülésével, másrészt az alátétek üzem közbeni megkopásával magyarázhatók. Ennek elkerülésére célszerű az alátét vastagságát néhány milliméterrel túlméretezni (a megkopott szerszámot használaton kívül kell helyezni).

Az alátétes fúroturbina megfelelő méretezés esetén egyértelműen alkalmasnak mutatkozik ferdeségnövelésre, amint ezt a táblázatban látható eredmény is bizonyítja. Igen kedvező az a tény, hogy a ferdtőképesség — ellentétben a ferdtőátmenetes szerszámösszeállítással — nagyobb lyukferdeség esetén sem csökken.

A megfelelően kialakított alátétes turbinát továbbá felhasználhatjuk a lyukferdeség irányának megváltoztatására is. Ez az elgondolás abból indul ki, hogy a ferde lyukban elhelyezkedő turbina az alátámasztási helyen bizonyos nyomással helyezkedik az alsó lyukfalra. Így ezen a helyen fellép egy lyuktengelyre merőleges, lefelé ható P erő, melynek hatása az 5. ábrán látható.

Az ábra a profilnézet mellett feltünteti a turbina és a turbinán elhelyezett alátámasztás (gyűrű), valamint a fúrólyuk keresztmetszetét az AA szelvényben. A lyukfal alsó részén P nyomóerő a szerszám súlyának egy részéből adódik. A további számítások egyszerűsítése érdekében megengedhető, hogy ez esetben elhanyagoljuk a turbina fölötti szerszám (súlyosbító, vagy fúrórud) hatásának figyelembevételét. Ez a jelenség elvi lényegét nem változtatja meg. Továbbá legyen még feltétel, hogy az adott esetben az alátámasztás helye a turbina hosszának közepén (a súlyponti keresztmetszetenél) van. Ekkor a turbina súlyának lyuktengelyre merőleges összetevője teljes egészében az alátámasztási helyen hat.

Az így keletkező erő nagysága:

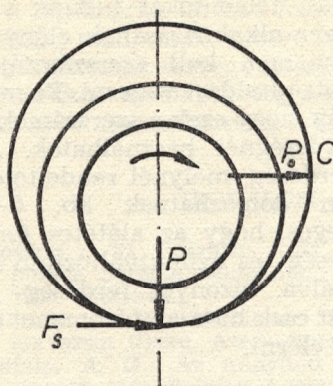
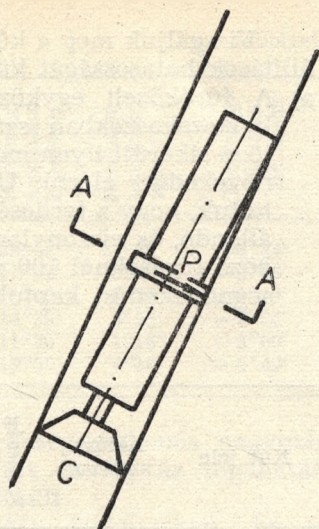
$$p = Q \sin \alpha_k$$

ahol: Q — a turbina súlya iszapban, kp

α_k — a lyukferdeség értéke a turbinánál.

A lyukfal reakciójaként természetesen ugyanilyen nagyságú erő jelentkezik az alsó lyukfalon, mint ellenerő.

Ilyen körülmények között, ha a lyukfalra támaszkodó turbinát lassan forgatjuk (jobbra),



A-A metszet

5. ábra.

Azimuthváltoztatás alátétes turbinával.

a lyukfalon fellép még egy erő, az F_s súrlódási erő, amely merőleges a lyuktengelyre. A súrlódási erő nagysága:

$$F_s = \mu \cdot P$$

ahol:

μ — a súrlódási együttható a turbinaalátét és a lyukfal felülete között.

Az F_s erő jelenlétében a szerszámot ha forgatjuk a fúrónál egy P_o oldalirő lép fel, minek hatása alatt a fúró a C pontban a lyukfalhoz nyomódik és azt igyekszik faragni. Ennek következtében a lyukferdeség iránya valamilyen mértékben meg fog változni, ami azt jelenti tehát, hogy az említett működési elv alapján azimuthkiigazítást tudunk végezni (az adott esetben jobbra).

Mivel a P_o erő nem más, mint az F_s erő átadása a C pontra a turbinán és a fúrón keresztül, így:

$$P_o = F_s$$

azaz:

$$P_c = \mu Q \sin \alpha_k$$

A képletből látható, hogy az oldalirányú lyukfalfaragó erő Q és α_k adott értékei mellett a súrlódási tényezőt keresztül befolyásolható. A megfelelő súrlódási felületet célszerű úgy kialakítani, hogy a súrlódási együttható megnövekedése csak a forgató mozgással szemben jelentkezzen; tengelyirányú mozgásra vonatkoztatva lehetőleg minimális értéken maradjon. Különböző irányban különböző súrlódási együtthatójú felületet az alátámasztó gyűrű, vagy lemezek turbinatengellyel párhuzamos hornyolásával biztosíthatjuk.

A szerszámforgatás segítségével jobbra történő azimuthkiigazítás mellett (bár a szerszámot balra forgatni nem szabad) adódik lehetőség hasonló elv alapján balra történő azimuthkiigazításra is. Ehhez a turbinában fellépő reaktív for-

gatónyomaték biztosít lehetőséget. Az alátámasztási felületnél akkor is fellép a súrlódási erő, ha nem forgatjuk (jobbra) a szerszámot, hanem hagyjuk, hogy a turbina reaktív forgatónyomatéka M_r érvényesüljön az alátámasztásnál (ez nyitott forgatóasztal mellett lehetséges). Ekkor az alsó lyukfalon fellépő F_s súrlódási erő balra irányul, ez adódik át a fúrónál a lyukfal bal oldalára.

Mivel e pontnál a fúró ugyancsak

$$P_o = F_s$$

erővel nyomódik a lyukfalhoz, ami a lyukfalfaragó erőt jelenti, ezáltal igyekszik a fúrólyuk azimuthját megváltoztatni.

Ez esetben viszont a lyuktengely azimuthját balra történő megváltozását kiváltó erő a következőképpen alakul, kielégítve a kettős feltételt:

$$\mu Q \sin \alpha_k \geq F_s \leq \frac{M_r}{r_b}$$

ahol:

r_b — az alátét külső palástja szerinti sugárméret.

Az így kapott erő azonban még elég jelentékeny ahhoz, hogy a gyakorlatban ki lehessen használni az azimuth megváltoztatására, de itt is követelmény, hogy a súrlódási együtthatót a már említett módon meg kell növelni.

Az alátétes turbinával történő azimuthkiigazítást eddig mint a tiszta azimuthváltoztatás esetét vizsgáltuk a lyukferdeség változatlan értéken tartása mellett. Megvalósítható természetesen az egyidejű ferdeségnövelés és az azimuthváltoztatás is.

Ennek feltétele az alátámasztás megfelelő méretezése, megfelelő helyen történő elhelyezése, valamint a megfelelő súrlódási felület kialakítása az alátétek külső felületén.

Az alátétes turbinával tehát különböző jellegű lyukirányítási feladatokat tudunk végrehajtani. A módszer alkalmazásának előnye abban rejlik, hogy nem kell szerszámtárolást, valamint irányított rátoldást végezni. Ez mellett viszont hiányosság, hogy ezek a szerszámok csak bizonyos lyukferdeségnél használhatók. Az a minimális lyukferdeség, melynél rendeltetésüknek megfelelően dolgozhatnak kb. 6—10°. Ugyancsak lényeges, hogy az alátétes ferdítőszerszámok ferdeség- és azimutváltoztató hatásosságát kihasználva, bizonyos ferdeség- vagy azimutváltoztatást csak hosszab fúrómenet eredményeként lehet elérni.

5. Rotari fúrási módszer alkalmazása

Az utóbbi években viszonylag nagyobb mértékben alkalmaztuk az irányított ferdefúrásoknál a rotari fúrási módszert a ferde lyukszakaszokban is, ahol alapvetően négy különböző szerszámösszeállítással dolgoztunk:

- Egy központosítóval a fúró közelében (az összeállításban alulról felfelé): fúró (utána esetleg közdarab), súlyosbító-központosító, súlyosbítók.
- Két központosítóval: fúró (utána esetleg közdarab), súlyosbító-központosító, egy vagy két súlyosbítórúd, súlyosbító-központosító, súlyosbítók.
- Központosítók nélkül: fúró, súlyosbítók.
- Egy központosítóval a fúrótól távolabb: fúró, egy vagy két súlyosbítóval, központosító, súlyosbítók.

Vizsgáljuk meg a különböző szerszámösszeállítások hatásosságát külön-külön.

- A fúróközeli egyközpontosítással mélyített lyukszakaszokban számításunknak megfelelően sikerült ilyen módon bizonyos ferdeségnövekedést elérni. Ugyanakkor azt tapasztaltuk, hogy a ferdeségnövekedés üteme nem állandó, és viszonylag nem nagy. Így különböző fúrásoknál 100 m-ként az alábbi ferdeségnövekedést kaptuk.

10. táblázat

Kút jele	Lefúrt szakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferdeség-változás 100 m-en
Algyő—117	1703—1810	23°00'	22°00'	—0°56'
Algyő—218	1229—1430	18°45'	22°45'	+2°00'
Algyő—310	1082—1450	13°07'	18°22'	+1°23'
Algyő—311	997—1250	14°30'	20°37'	+2°24'
Algyő—328	1224—1990	12°30'	3°36'	—1°02'
Algyő—369	1224—1524	12°48'	16°30'	+1°14'
Algyő—377	1620—1900	15°00'	18°30'	+1°15'
Algyő—381	1206—4160	15°30'	21°00'	+1°26'

Az adatok természetesen még nem teszik lehetővé általános érvényű következtetések levonását, viszont egyértelmű, hogy az említett módszerrel bizonyos nagyságú ferdeségnövekedést tudunk elérni.

- A két központosítóval ellátott szerszámösszeállítást a lyukferdeség és iránystabilizálására kívántuk alkalmazni.

11. táblázat

Kút jele	Mélységszakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferdeségváltozás 100 m-en	Megjegyzés	
Algyő—311	1250—1630	20°37'	16°30'	—1°05'	A központosítók között 1 db súlyosbító a fúró fölött rövid súlyosbító, a központosítók között 1 db súlyosbító	
Algyő—332	1120—1376	28°06'	20°18'	—2°11'		
Algyő—377	1368—1620	21°00'	15°00'	—2°23'		
Algyő—365	1078—1410	14°36'	18°00'	+1°01'		
Algyő—377	995—1210	22°30'	25°30'	+1°24'		
Algyő—385	1052—1451	28°00'	28°06'	+0°02'		
Algyő—332	970—1120	24°00'	28°06'	+2°44'		A központosítók között 2 db súlyosbító
Algyő—332	1376—1623	20°18'	21°00'	+0°17'		

A 11. táblázatban látható, hogy a kétközpontosítós szerszámösszeállítást három különböző variációban alkalmaztuk.

Az első esetben az alsó központosítót közvetlenül a fúróhoz csatlakoztattuk és a két központosító között egy db súlyosbítórudat alkalmaztunk.

Második esetben, mikor az előzőhöz viszonyítva a fúró és az első központosító közé egy rövid súlyosbítót iktattunk közbe, eredményül enyhe ferdeségnövekedést kaptunk.

A harmadik esetben, mely az elsőtől annyiban tért el, hogy a központosítók között 2 db súlyosbítót alkalmaztunk, ismét enyhe ferdeség-

növekedést kaptunk. (Célszerűnek ígérkezik a második és harmadik eset kombinációja, a nagyobb ferdeségnövelés céljából.)

Az adataink szerint tehát ez a szerszámösszeállítás stabilizálást, vagy különböző ferdeségváltozást eredményez, attól függően, hogy a központosítók milyen távolságban vannak elhelyezve a fúrótól.

- A rotari fúrással ferdeség csökkentésére a központosító nélküli „sima” szerszámösszeállítást alkalmaztunk. Ennek eredményét mutatja a 12. táblázat.

Az Algyő—117. és az Algyő—389-en tapasztalt intenzívebb ferdeségcsökkenés magya-

12. táblázat

Kút jele	Mélység- szakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferdeség- váltózás 100 m-en
Algyő—117	1967—2075	29°42'	23°30'	—5°34'
Algyő—302	1600—1820	11°52'	5°25'	—2°56'
Algyő—310	1669—1980	11°00'	1°22'	—3°18'
Algyő—369	1524—1980	14°30'	3°24'	—2°24'
Algyő—381	1710—2048	11°30'	1°18'	—3°00'
Algyő—389	1500—1827	19°30'	4°10'	—4°42'

rázata, hogy itt a ferdeségcsökkenés nagyobb ferdeségi értékről indult és így az ingahatás nagyobb erővel élvényesült.

d) A ferdeségcsökkenés szakaszában, ha a „sima” szerszámösszeállítás nem hozza meg a kívánt eredményt, alkalmazható a fúrótól távoli elhelyezkedésben egy központosító, melynek segítségével az ingahatás és ezzel a ferdeség csökkenésének üteme fokozható (13. táblázat).

13. táblázat

Kút jele	Lefúrt szakasz	Ferdeség a szakasz kezdetén	Ferdeség a szakasz végén	Ferdeség- váltózás 100 m-en
Algyő—117	2075—2170	23°18'	15°18'	—8°06'
Algyő—337	1900—2050	7°18'	3°00'	—2°52'

Az ingahatás fokozott jelentkezése szembe-tűnőbb, ha figyelembe vesszük az Algyő—117-en a „sima” szerszámmal elért ferdeségcsökke-nést (12. táblázat).

Az elmondottakból látható, hogy a rotari fúrési módszer alkalmazásával is tudunk ferde-ségnövelési stabilizálási, vagy ferdeségcsökken-tési feladatokat megoldani. Jelentős továbbá, hogy az irányítás itt is „automatikusan” törté-nik, külön tájolás és egyéb körülményes munka-folyamatok végrehajtása nélkül. Az ilyen mód-szerek alkalmazása egyszerű és olcsó, így ked-vezően befolyásolják az irányított ferdefúrások műszaki, gazdasági mutatóit.

Az irányított ferdefúrások mélyítésénél nyert tapasztalatainkat elemezve (a különböző szerszámösszeállítások hatékonyságára vonatkozóan) helyszűke miatt itt csak a legfontosabb adatok kerülhettek ismertetésre. Mellőzni kellett olyan fontos részleteket, mint az egyes pél-dákhoz tartozó konkrét fúrési rezsím paraméte-reinek, geológiai körülményeknek stb. oksági kapcsolata az eredményekkel. Az ismertetés

célja azonban nem a teljes, részletes leírás, ha-nem a témakörbe tartozó feladatok alkalmazott megoldási módjainak, illetve az e téren szerzett tapasztalatoknak összegyűjtése az irányított fer-defúrásokkal távolabbi vagy közelebbi kapcsolatban lévő szakemberek számára.

IRODALOM

1. *Bronzov, A. Sz., Vaszil'ev, J. Sz., Setler, G. A.*: „Turbinnoe burenie naklonnüh szkvazsin”. (Nedra. 1965. Moszkva.)
2. *Gulizade, M. P.*: Turbinnoe burenie naklonnüh szkvazsin (Baku, Azerneftnes, 1959.)
3. *Kalinin, A. G.*: Az irányított ferdefúrások terén szerzett tapasztalatok a Szovjetunióban. (Kőolaj és Földgáz 1968. 11.)
4. *Kalinin, A. G.*: Iszkvlenie burovüh szkvazsin. (Gosztoptehizdat, Moszkva, 1963.)
5. *Balla I.*: Az irányított ferdefúrások hazai tapasztalatai. (A Kőolaj- és Földgázbányászat Tudományos Műszaki Közleményei 1965.)
6. *Balla I.*: Irányított ferdefúrások kivitelezése és eszközei; bokorfúrások. (Mérnöki Továbbképző Intézet. 1966.)
7. *Balla I.*: Alátétes fúróturbinák irányított ferdefúrásokhoz. (Kőolaj és Földgáz 1968. 3.)
8. *Balla I.*: Azimutváltoztatás irányított ferdefúrásoknál alátétes turbinával. (A Kőolaj- és Földgázbányászat Tudományos Műszaki Közleményei. 1968.)
9. *Balla I.*: Irányított ferdefúrési technológia fejlesztése. (OGIL-témajelentés 1969, 1970.)

Имре Балла:

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПОНОВКИ ОТКЛОНЯЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ БУРЕНИИ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН

Наклонно-направленный способ бурения все больше становится необходимой частью практики бурения глубоких скважин.

В отдельных областях отечественной нефте-газ-разведки и добычи перед выполнением программы строения скважин часто возникают трудности, (рациональное и экономическое) решение которых возможно только применением наклонно-направленного способа бурения.

Настоящая статья содержит небольшую, но важную часть все растающих полученных нами теоретических и — главным образом — практических опытов. Ознакомление с полученными практическими разновидностями различных отклоняющих инструментов и компоновок сможет помочь специалистам, занимающимся с этой темой, как при оценке возможностей так и в практическом решении задач.