**1. گام اول: شناسایی متغیرهای مؤثر**

بر اساس فایل‌ها و مقاله مبنا، متغیرهای فیزیکی مؤثر بر جریان در راه ماهی لارینیر عبارتند از:

* دبی (Q)
* عرض راه ماهی (B)
* عمق جریان (y₀)
* سرعت متوسط (V)
* شیب کف (S₀)
* ضریب اصطکاک چرخشی (Cf)
* شتاب گرانش (g)
* چگالی سیال (ρ)
* ویسکوزیته دینامیکی (μ)
* طول راه ماهی (L)
* زبری سطح (Ks)

تعداد کل متغیرها: n = 11

**2. گام دوم: تعیین ابعاد اساسی**

ابعاد اساسی (MLT) برای هر متغیر:

| **متغیر** | **بعد** |
| --- | --- |
| Q | *L*3*T*−1 |
| B | *L* |
| y₀ | *L* |
| V | *LT*−1 |
| S₀ | بدون بعد |
| Cf | بدون بعد |
| g | *LT*−2 |
| ρ | *ML*−3 |
| μ | *ML*−1*T*−1 |
| L | *L* |
| Ks | *L* |

**3. گام سوم: انتخاب متغیرهای تکرارشونده**

متغیرهای تکرارشونده باید مستقل از هم باشند و تمام ابعاد اساسی (M, L, T) را پوشش دهند . در این مسئله:

* متغیرهای تکرارشونده: *B* (L), *V* (L T⁻¹), *ρ* (M L⁻³)

**4. گام چهارم: تشکیل گروه‌های بدون بعد (Π)**

تعداد گروه‌های بدون بعد:

*r*=*n*−*k*=11−3=8

**Π₁: عدد فروید (Fr)**

Π1​=*gy*0​​*V*​⇒Fr

**Π₂: تنش برشی بدون بعد**

Π2​=*ρgy*0​*S*0​*τ*0​​

**Π₃: ضریب اصطکاک چرخشی (C\_f)**

Π3​=*Cf*​

**Π₄: نسبت هندسی (β)**

Π4​=*y*0​*B*​=*β*

**Π₅: شیب کف (S₀)**

Π5​=*S*0​

**Π₆: عدد رینولدز (Re)**

Π6​=*μρVB*​⇒Re

**Π₇: زبری نسبی**

Π7​=*BKs*​​

**Π₈: طول نسبی**

Π8​=*BL*​

**5. گام پنجم: رابطه کلی بدون بعد**

بر اساس تئوری پای، رابطه کلی به صورت زیر است:

Π1​=*f*(Π2​,Π3​,Π4​,Π5​,Π6​,Π7​,Π8​)

یعنی:

Fr=*f*(*ρgy*0​*S*0​*τ*0​​ , *Cf*​ , *β* , *S*0​ , Re , *BKs*​​,*BL*​)

**6. تطبیق با معادلات قبلی**

معادلات بدون بعد استخراج‌شده در مطالب قبلی همگی حالت خاصی از این رابطه کلی هستند:

1. معادله تعادل نیرو (معادله 3 فایل):

*Fr*2*S*0​​=2*Cf*​​(1+*B*2*y*0​​)

این معادله به صورت زیر با تئوری پای سازگار است:

Π5​/Π12​=*f*(Π3​,Π4​)

1. معادله دبی بدون بعد:

*Q*∗=*By*0​*gy*0​​*Q*​=*S*0−1/5​

این معادله معادل با:

Π*Q*​=*f*(Π5​)

که Π*Q*​ عدد بدون بعد دبی است.

1. تأثیر کاشی‌های دندانه‌دار:
	* با اضافه کردن کاشی‌ها، *Cf*​ کاهش می‌یابد و *β* افزایش می‌یابد. این تغییرات در گروه‌های Π3​ و Π4​ لحاظ شده‌اند.

**7. جدول خلاصه گروه‌های بدون بعد**

| **گروه بدون بعد** | **فرمول** | **معنی فیزیکی** |
| --- | --- | --- |
| Π₁ (Fr) | *gy*0​​*V*​ | عدد فروید (تعادل بین نیروهای اینرسی و گرانش) |
| Π₂ | *ρgy*0​*S*0​*τ*0​​ | تنش برشی بدون بعد |
| Π₃ (C\_f) | *Cf*​ | ضریب اصطکاک چرخشی |
| Π₄ (β) | *y*0​*B*​ | نسبت هندسی |
| Π₅ (S₀) | *S*0​ | شیب کف |
| Π₆ (Re) | *μρVB*​ | عدد رینولدز (تعادل بین نیروهای اینرسی و ویسکوزیته) |
| Π₇ | *BKs*​​ | زبری نسبی |
| Π₈ | *BL*​ | طول نسبی |

**8. نتیجه‌گیری**

مطالب ارائه‌شده به‌خوبی از قواعد تئوری پای برمی‌گردند ، اما به صورت ضمنی و با تمرکز بر متغیرهای کلیدی (مانند *Cf*​, *S*0​, *β*) انجام شده‌اند. برای کاربردهای عملی در طراحی راه ماهی لارینیر:

* گروه‌های بدون بعد کلیدی : Fr,*Cf*​,*β*,*S*0​
* تأثیر کاشی‌های دندانه‌دار : کاهش *Cf*​ و افزایش *β*
* معادلات بدون بعد : با استفاده از تئوری پای می‌توان روابط دقیق‌تری برای طراحی راه ماهی‌های سازگار با لامپرهای بالغ استخراج کرد.

این تحلیل نشان می‌دهد که رویکرد تئوری پای چارچوب مناسبی برای درک تعاملات پیچیده هیدرولیکی در راه ماهی لارینیر فراهم می‌کند.

Copy

Ask

Explain