

6 Filtrace

Lenka Schreiberová, František Muzika

I Základní vztahy a definice

Filtrace je jedna z metod dělení heterogenních směsí pevná fáze-tekutina. Směs prochází pórovitým materiálem (filtrační přepážkou), který zachycuje částice pevné fáze a propouští tekutinu (filtrát). Částice na filtrační přepážce vytvářejí filtrační koláč, obsahující prakticky veškerou pevnou látku ze zpracovávané směsi. Hnací síly filtrace jsou gravitace, rozdíl tlaků (filtrace tlaková, vakuová) nebo odstředivá síla (filtrační odstředivka). Heterogenní směs pevných částic s kapalinou se nazývá suspenze. Filtrace se nepoužívá, jsou-li částice menší než asi 100 μm .

Hmotnost suspenze připravené na počátku pokusu v zásobní nádrži je označena m'_S , hmotnost vzniklého filtrátu m_F , hmotnost vzniklého koláče m_K , hmotnost suspenze zbylé v zásobní nádrži po filtraci m''_S , celkové ztráty m_Z , hmotnostní zlomek pevné látky v suspenzi w_S , v koláči w_K a ztráty pevné látky m_{SZ} . Pak platí pro celkovou hmotnostní bilanci vztah:

$$m'_S = m_K + m_F + m_Z + m''_S \quad , \quad (6-1)$$

a hmotnostní bilanci pevné látky lze vyjádřit takto

$$m'_S w_S = m_K w_K + m_{SZ} + m''_S w_S \quad , \quad (6-2)$$

Doba filtrace τ_F určitého množství suspenze na daném filtru závisí na rychlosti filtrace. Pro rychlost filtrace

$$v_F = \frac{dq_F}{d\tau_F} \quad , \quad (6-3)$$

platí

$$\frac{dq_F}{d\tau_F} = \frac{K_F}{q_F + q_M} \quad , \quad (6-4)$$

kde jednotlivé veličiny jsou definovány vztahy:

$$K_F = \frac{\Delta p_F}{\alpha_K c \eta_F} \quad , \quad (6-5)$$

$$q_F = \frac{V_F}{S_F} \quad , \quad (6-6)$$

$$q_M = \frac{V_M}{S_F} \quad . \quad (6-7)$$

V těchto vztazích je Δp_F rozdíl tlaků před filtračním koláčem a za filtrační přepážkou, α_K specifický odpor filtračního koláče, $c = \varphi_S / (\varphi_K - \varphi_S)$ objem koláče připadající na

jednotkový objem filtrátu, η_F dynamická viskozita filtrátu, V_F objem filtrátu, S_F filtrační plocha a V_M ekvivalentní objem filtrátu odpovídající tloušťce filtračního koláče se stejným odporem, jaký má filtrační přepážka. Specifický odpor filtračního koláče α_K je veličina, kterou lze zjistit pouze experimentálně (je funkcí velikosti částic a mezerovitosti koláče).

Nezávisí-li veličina α_K na rozdílu tlaků Δp_F , jedná se o koláč nestlačitelný (mezerovitost se nemění se změnou tlaku). V opačném případě jde o koláč stlačitelný a je nutno experimentálně stanovit závislost hodnoty veličiny α_K na Δp_F .

Pro filtraci za konstantního rozdílu tlaků a při konstantním měrném odporu koláče, (K_F a q_M jsou v tomto případě konstanty), získáme integrací vztahu (6-4) v mezích

$$\tau_F = \tau_{F1} \text{ až } \tau_{F2} \quad , \quad (6-8a)$$

$$q_F = q_{F1} \text{ až } q_{F2} \quad , \quad (6-8b)$$

rovnici filtrace při konstantním přetlaku

$$\frac{q_{F2}^2 - q_{F1}^2}{2} + (q_{F2} - q_{F1}) q_M = K_F (\tau_{F2} - \tau_{F1}) \quad . \quad (6-9)$$

Tato rovnice obsahuje dvě empirické konstanty K_F , q_M , které musí být určeny experimentálně. Konstanta K_F se nazývá konstanta koláče a konstanta q_M konstanta filtrační přepážky. Jejich určení je jedním z cílů této práce. Konstanty se vypočítají metodou kvadratické regrese, která je např. obsažena v programu EXCEL z balíku MS Office, SigmaPlot atd. K tomuto účelu se rovnice (6-9) upraví záměnou počátečních podmínek (6-8a) a (6-8b) za podmínky:

$$\tau_F = \tau_{F1} \text{ až } \tau_F \quad , \quad (6-10a)$$

$$q_F = q_{F1} \text{ až } q_F \quad , \quad (6-10b)$$

kde τ_F , q_F jsou proměnné, nabývající hodnoty platné pro období konstantního filtračního přetlaku. Rovnice (6-9) potom přejde na tvar:

$$\frac{q_F^2 - q_{F1}^2}{2} + (q_F - q_{F1}) q_M = K_F (\tau_F - \tau_{F1}) \quad . \quad (6-11)$$

který lze upravit na rovnici

$$\tau_F = a_0 + a_1 q_F + a_2 q_F^2 \quad , \quad (6-12)$$

což je kvadratická závislost mezi závisle proměnnou τ_F a nezávisle proměnnou q_F .

Konstanty a_0 , a_1 , a_2 jsou vzhledem k platnosti (6-11) dány následujícími vztahy:

$$a_0 = -\frac{q_{F1}^2}{2K_F} - \frac{q_{F1} q_M}{K_F} + \tau_{F1} \quad , \quad (6-13)$$

$$a_1 = \frac{q_M}{K_F} \quad , \quad (6-14)$$

$$a_2 = \frac{1}{2K_F} \quad . \quad (6-15)$$

Ve vztahu (6-11) jsou konstanty τ_{F1} a q_{F1} hodnoty času a objemu filtrátu vztaženého na

filtrační plochu na počátku období konstantního filtračního přetlaku. Tyto hodnoty jsou nenulové a závisejí od doby najíždění předepsaného filtračního přetlaku.

Znalost konstant filtrační rovnice umožňuje vypočítat potřebnou velikost filtru pro daný výkon, eventuálně potřebnou dobu filtrace na daném zařízení, vhodně volit tlak apod.

Při filtračních experimentech musíme zajistit, aby suspenze měla stejné vlastnosti při pokusu jako při provozním zpracování. Při pokusech je třeba dbát na to, aby suspenze byla rovnoměrně rozmíchána a nedocházelo k usazování v některých místech zařízení.

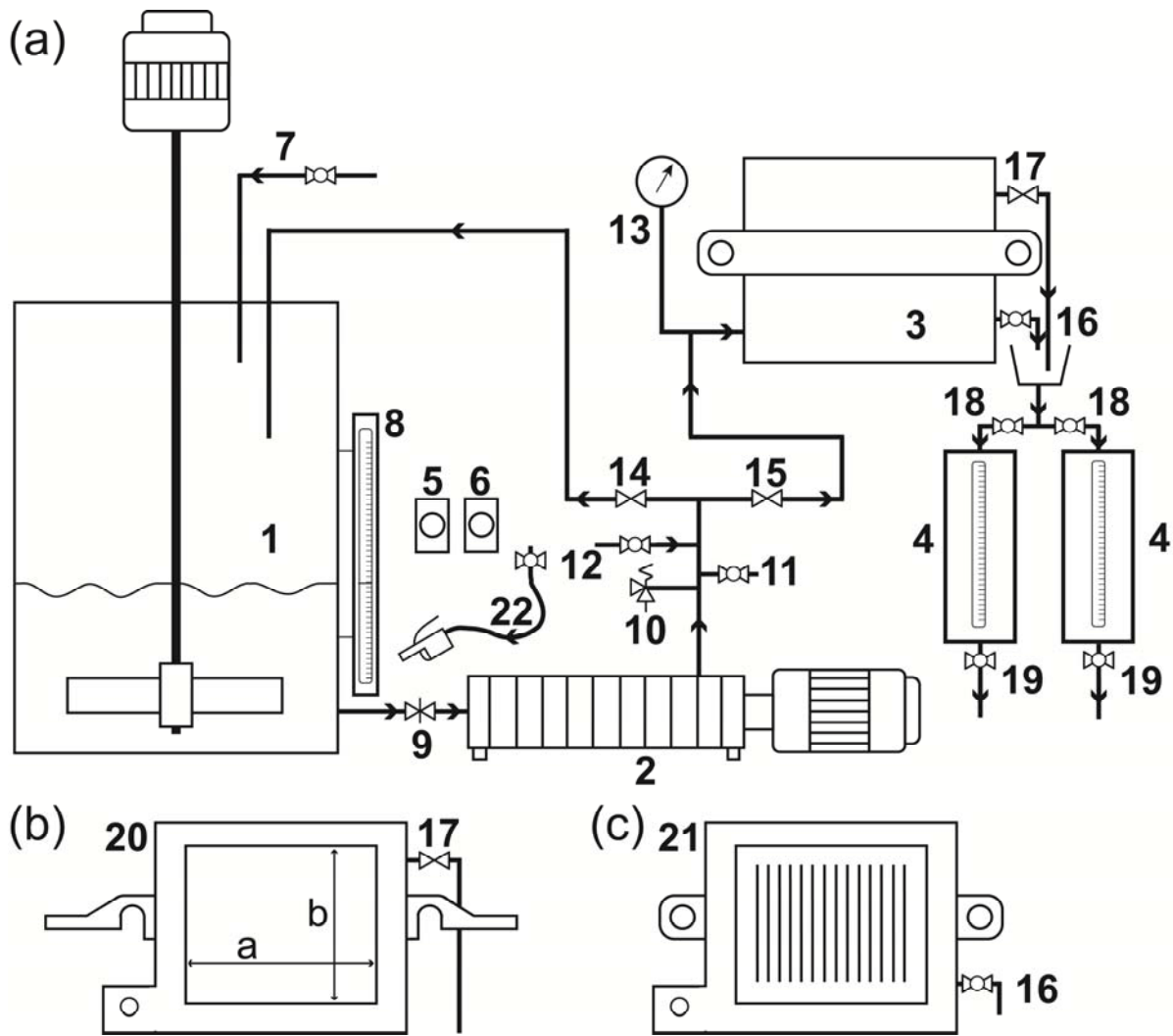
II Cíl práce

1. Sestavení hmotnostní bilance pokusné filtrace, zjištění vlhkosti filtračního koláče. Výpočet celkových ztrát a ztrát pevné látky z bilancí (6-1) a (6-2).
2. Výpočet konstant kinetické rovnice filtrace.
3. Sestrojení grafu podle rovnice (6-12) - nezávisle proměnná q_F , závislá proměnná τ_F . Graf bude obsahovat experimentální body a křivku získanou regresí.

III Popis zařízení

Schéma zařízení je znázorněno na obr. 6-1a. Filtrační stanice se skládá z nádrže na suspenzi **1**, vícestupňového odstředivého čerpadla **2**, kalolisu **3** a odměrných nádob na filtrát **4**. Nádrž je opatřena osmilopátkovým míchadlem s rovnými, šikmo skloněnými lopatkami. K měření výšky hladiny v nádrži slouží průhledítkový stavoznak **8**. Nádrž má hrdlo spojené se sáním odstředivého čerpadla. Před vstupem do kalolisu odbočuje z výtlačného potrubí jeden obtok zpět do nádrže **1** s regulačním ventilem **14**.

Rám kalolisu **20** (obr. 6-1b) je opatřen odvodušňovacím kohoutkem **17** a jeho vnitřní rozměry jsou 430x430x30 mm. Skutečná tloušťka koláče je asi o 5 mm větší, protože desky jsou vyhloubeny. Přetlak na vstupu do kalolisu se měří manometrem **13**. V naší laboratoři je tlak za filtrační přepážkou roven atmosférickému tlaku, a proto hodnota naměřeného *přetlaku* na vstupu do kalolisu je rovněž rozdílem tlaků Δp při filtraci. Filtrát se shromažďuje v odměrných nádobách **4** se stavoznaky, na kterých se odečítá jeho množství. Každá z nádob má objem 40 litrů. Pomocí kohoutů **18** lze připojit jednu z odměrek.



Obr. 6-1 a) Schéma filtračního zařízení, b) rám kalolisu, c) deska kalolisu

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 nádrž pro suspenzi | 13 Manometr |
| 2 čerpadlo | 14 ventil regulující zpětný tok suspenze do nádrže, reguluje se s ním tlak v kalolisu při filtraci |
| 3 kalolis | 15 ventil regulující přítok suspenze do kalolisu |
| 4 odměrné nádoby filtrátu | 16 2 kohouty pro výstup filtrátu z kalolisu |
| 5 vypínač – míchadlo | 17 odvzdušňovací kohout |
| 6 vypínač – čerpadlo | 18 kohouty pro vstup filtrátu do odměrných nádob |
| 7 ventil na přívod vody do nádrže | 19 Kohouty na vypuštění filtrátu do odpadu |
| 8 stavoznak | 20 rám kalolisu (rozměry $a = b = 430 \text{ mm}$) |
| 9 šoupě na sání čerpadla | 21 deska kalolisu |
| 10 pojistný ventil | 22 hadice s pistolí na mytí stanice |
| 11 kohout pro vzorkování suspenze | |
| 12 kohout na vodovodní potrubí | |

IV Postup práce

Postup práce při filtračním pokusu na kalolisu za konstantního rozdílu tlaků.

IV.1 Příprava suspenze

K měření se používá suspenze zbylá z dřívějších pokusů. Objem suspenze zjistíte na stavoznaku **8**. Někdy je potřeba jej nejprve propláchnout vodou z hadice (zavolejte instruktora). Odečet provádějte při *vypnutém míchadle*, protože hladina v nádrži musí být v klidu. Pokud je objem suspenze menší než 250 litrů, doplňte jej na tuto hodnotu vodou z vodovodu otevřením ventilu **7**.

Dále je třeba zjistit koncentraci suspenze danou hmotnostním zlomkem w_s^0 a potom provést úpravu tak, aby výchozí koncentrace odpovídala zadání. Před odebráním vzorku je třeba suspenzi řádně zhomogenizovat, protože se pevná fáze v suspenzi snadno usazuje. Nejprve zapněte míchadlo spínačem **5** a nechte suspenzi promíchávat po dobu alespoň 5 minut. Než zapnete čerpadlo vypínačem **6**, otevřete šoupě **9** na sání a ventil **14** na výtlačku, uzavřete ventil **15**. Po zapnutí čerpadla suspenze cirkuluje obtokem zpět do nádrže. **Pozor! Čerpadlo nesmí běžet se současně uzavřenými ventily 14 a 15**, ničí se ucpávky. Asi po 5 minutách odeberte ze vzorkovacího kohoutu **11** vzorek suspenze do odměrné baňky (pyknometru) následujícím způsobem: Aby byla zajištěna homogenita vzorku, nechte nejprve část suspenze odtéci do nádoby (kbelíku), a poté rychle odeberte potřebné množství vzorku přímo z kohoutu **11** do odměrné baňky (pyknometru). Ta musí být vzorkem zcela zaplněna. Ihned po ukončení odběru uzavřete kohout **11**. Zvažte pyknometr a přebytečnou část vzorku v kbelíku vylijte zpět do nádrže **1**.

Po odebrání vzorku vypněte čerpadlo vypínačem **6** a uzavřete ventil **14**.

Hmotnostní zlomek pevné fáze v suspenzi w_s^0 stanovte ze vztahu odvozeného z hmotnostní bilance za předpokladu aditivity objemů.

$$\frac{1}{\rho_s^0} = \frac{w_s^0}{\rho_s} + \frac{1-w_s^0}{\rho} \quad , \quad (6-16)$$

kde ρ_s^0 je hustota suspenze, w_s^0 je zjišťovaný hmotnostní zlomek pevné fáze v suspenzi, ρ_s hustota pevné látky a ρ hustota vody při teplotě suspenze. Hustotu suspenze ρ_s^0 stanovte pyknometricky podle vztahu:

$$\rho_s^0 = \frac{m_{PS}}{V_{PS}} = \frac{m_{PS} \rho_d}{m_{PI}} \quad , \quad (6-17)$$

kde m_{PS} je hmotnost odebraného vzorku suspenze ve zcela naplněné odměrné baňce a V_{PS} je odpovídající objem odebraného vzorku suspenze. Tento objem stanovíte z hmotnosti destilované vody ve zcela naplněné odměrné baňce m_{PI} a její hustoty ρ_d zjištěné z tabulek pro naměřenou teplotu.

Je-li zjištěný hmotnostní zlomek pevné fáze w_s^0 menší než zadaná hodnota w_s ,

vypočtete z hmotnostní bilance pevné fáze navážku materiálu m_s , kterou je nutno přidat do nádrže před započítáním filtrace

$$m_s^0 w_s^0 + m_s = m'_s w_s \quad , \quad (6-18)$$

kde

$$m'_s = m_s^0 + m_s \quad . \quad (6-19)$$

Horním indexem 0 se označují veličiny vztažené ke zhomogenizované suspenzi před úpravou koncentrace. Hmotnost suspenze po úpravě koncentrace je označena čárkou nahoře. Hmotnost suspenze m_s^0 stanovte ze vztahu:

$$m_s^0 = V_s^0 \rho_s^0 \quad , \quad (6-20)$$

kde V_s^0 je výchozí objem v zásobníku suspenze (250 l).

Navážené množství materiálu přisypávejte do nádrže *po částech a za stálého míchání*. Je-li zjištěný hmotnostní zlomek pevné fáze w_s^0 větší než zadaná hodnota w_s , vypočtete z celkové hmotnostní bilance a bilance pevné fáze hmotnost vody m_l , kterou je nutno přidat do nádrže před započítáním filtrace

$$m_s^0 w_s^0 = m'_s w_s \quad , \quad (6-21)$$

$$m'_s = m_s^0 + m_l \quad . \quad (6-22)$$

V obou případech stanovte znovu hustotu suspenze ještě jednou stejným postupem a z této hodnoty vypočtete přesnou hodnotu hmotnostního zlomku pevné fáze ve filtrované suspenzi.

Dříve než přidáte cokoliv do nádrže, nechejte si výpočet zkontrolovat asistentem.

IV.2 Sestavení kalolisu a zkouška těsnosti

Filtrace se provádí na kalolisu **3** (složeném ze dvou desek **21**) a jednoho rámu **20**, který je potažen **dvěma** plachetkami a zavěšen mezi desky kalolisu.

Plachetky nejprve pořádně namočte v odtokové vaně pod kalolise pomocí vody z hadice **22**. Zlehka je vyždímejte v rukou a poté nejprve roztáhněte první plachetku na volné místo na podlaze u kalolisu, na tuto dobře napnutou a roztaženou plachetku roztáhněte druhou tak, aby na sobě dobře seděly bez pokrčených částí. Potom na ně položte rám kalolisu **20**, tak, aby na nich seděl tvarově. Poté přeložte přebývající polovinu plachetek shora přes rám kalolisu **20**. Rám pokrytý plachetkami zvedněte a ve dvou lidech a umístěte ho mezi desky kalolisu **21**. Opět na rámu napněte plachetky (z každé strany jeden student napíná a vyhlazuje rukou), aby nebyly nikde přeložené a nevznikla tak netěsnost a rám posuňte k pohyblivé desce kalolisu (pozor na prsty). Poté přitlačte velkým závitěm pohyblivou desku **21** s rámem kalolisu **20** (pozor na prsty) na nepohyblivou desku kalolisu. Zdají-li se plachetky všude napnuté, lze šroub otočit nadoraz a tím rám utěsnit.

Správné sestavení kalolisu je třeba ověřit tzv. tlakovou zkouškou. Vypínačem **5** vypněte míchadlo, vypínačem **6** vypněte míchadlo. Uzavřete ventil **14**, otevřete ventil **15** naplno. ***Tuto zkoušku provádíme vždy pod dohledem asistenta nebo odborného instruktora.***

Jeden student otevře výstupní kohouty **16** na kalolisu, odvzdušňovací ventil **17** a jeden z kohoutů **18** pro nádobu na filtrát a dále sleduje těsnost kalolisu.

Druhý student nyní může pouštět vodu do kalolisu pomocí kohoutu **12**, sleduje u toho manometr **13** tak, aby nepřekročila ručička tlak 0,2MPa(tohoto tlaku dosáhnete až po uzavření kohoutů **16** a odvzdušňovacího ventilu **17** -pozor, tlak poroste rychle).

Jakmile začne voda vytékat z výstupu kalolisu, první student uzavře kohouty **16** a bude čekat, dokud nepoteče voda z odvzdušňovacího ventilu **17**. Poté ventil **17** uzavře a sleduje netěsnosti spolu se zbývajícím studentem.

Druhý student u kohoutu **12** stále sleduje tlak na manometru **13**, při dosažení přetlaku 0,2Mpa vypne kohout **12**. Jsou přípustné jen malé netěsnosti, které zmizí během filtrace, až se rám začne plnit.

Netěsní-li kalolis, je třeba jej po ukončení tlakové zkoušky znovu rozebrat a pečlivě napnout plachetky na rám. I tentokrát je nutné provést tlakovou zkoušku včetně odvzdušnění pod dohledem asistenta nebo instruktora. Po skončení tlakové zkoušky vodu z kalolisu nevypouštějte – bezprostředně následuje filtrační pokus.

IV.3 Vlastní filtrace

Filtrace je prováděna za *stálého míchání* suspenze v nádrži. Úloha je určena pro tři studenty, případně dva s pomocí asistenta. Každý jednotlivý student se musí starat o svou přidělenou část zařízení, aby proběhla práce bez havárií. První student bude mít na starosti hlídání přetlaku, tedy ventil **14**. Druhý student má na starosti kohouty **19** a vodoznaky na nádržích **4**. Třetí student zapisuje časy a objemy a také přepíná kohouty **18**. Druhý student si do obou nádrží **4** napustí cca5litrů vody (lépe se pak odčítá objem ze stavoznaku) hadicí **22**, a poté uzavře nad jednou nádrží kohout **18**. Druhá nádrž se bude hned používat na jímání filtrátu.

Před filtrací je třeba z hmotnostní bilance vypočítat množství filtrátu, které odpovídá 5 až 6 kg koláče. Po odfiltrování vypočítaného množství filtrátu se filtrace ukončí. Z bilance např. vyjde 180 litrů, pak při dosažení 180-ti litrů filtrátu první student ukončí, viz dále.

Zahájení filtrace:

- třetí student otevře kohout **18** vedoucí do prázdné nádrže **4**, dále rychle přepíná kohouty **18** při pokynu od druhého studenta.
- druhý student si hlídá stavoznaky na nádržích **4**, při startu se rychle naplní nádrž **4** vodou z kalolisu z tlakové zkoušky a poté nečistým filtrátem, před jejím úplným naplněním dá povel třetímu studentovi k přepnutí na druhou nádrž **4** a plnou vypustí navazujícím kohoutem **19** na 5 litrů
- zapište si počáteční objem suspenze
- první student zapne míchadlo vypínačem **5** a nechá alespoň 5 minut míchat
- třetí student otevře výstupní kohouty na kalolisu **16**, ventil **17** zůstává celou dobu zavřen
- první student otevře šoupě **9**, otevře ventily **15** a **14**
- třetí student má připraven papír na zapisování časů, přetlaků a objemových přírůstků

- pokud jsou druhý i třetí student připraveni, první student zapne čerpadlo vypínačem **6**.

Průběh filtrace:

1. První student přivírá ventil **14**, čímž zvyšuje přetlak v kalolisu (přetlak sníží otvřením ventilu **14**), sleduje manometr, přetlak postupně nastaví (intervaly nejméně 1 minuta) na 0,05kPa, 0,1kPa a 0,15kPa, nakonec ho drží konstantně na zadané hodnotě po celý zbytek filtrace.
2. Druhý student sleduje stavoznaky nádrží **4**, každých 5 litrů ohlásí domluveným slovem třetímu studentovi, aby zapsal čas. Jakmile chybí do plné nádrže 5 litrů, dá signál třetímu studentovi, aby při příštím ohlášení času přepnul kohouty **18**. Po naplnění nádrže dá znamení na přepnutí kohoutů a zápis času třetímu studentovi a otevře kohout **19** u plné nádrže, vypustí ji na 5 litrů, poté kohout **19** znovu zavře (mezitím se plní druhá nádrž **4**, u které opět hlásí třetímu studentovi každý přírůstek objemu o 5 litrů).
3. Třetí student čeká na povel k zapsání času, při kterém si zapíše přírůstek objemu o 5 litrů a hodnotu přetlaku, jakmile dostane povel k přepnutí nádrží, zavře otevřený kohout **18** a otevře druhý zavřený kohout **18**, který je teď součástí nádrže **4** s nastavenými 5ti litry filtrátu. Je dobré mít nadepsány objemové přírůstky až k hodnotě objemu filtrátu, při kterém má být ukončena filtrace (např. 0 až 180 litrů po 5ti litrech).
4. Samotná filtrace končí při dosazení vypočítaného celkového objemu filtrátu. První student vypne čerpadlo vypínačem **6** a poté míchadlo vypínačem **5**. Až po vypnutí obou může uzavřít šoupě **9** a ventily **14** a **15**.

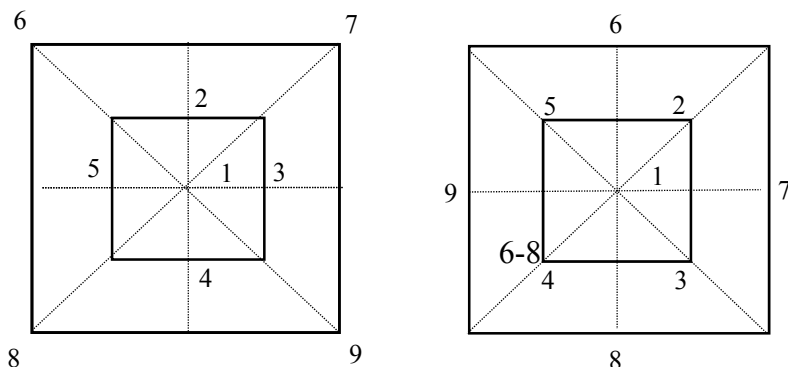
IV.4 Vážení koláče

Povolte kalolis (poteče z něj zbytková voda). Vyjměte rám kalolisu z kalolisu opatrně tak, abyste ho drželi zesponu spolu s plachetkami, aby koláč z rámu nevypadl. Rám s koláčem přineste na váhu.

Koláč važte bez rámu, pouze v plachetkách. Koláč bude přilepen k rámu a k jeho oddělení použijte špachtli, jež je u váhy připravena. Vyznačte na koláč linky dle (obr. 6-2) a proveďte vzorkování podle jednoho z obou schémat. Slouží k tomu kovová trubka a vzorek z trubky vytlačte přiloženou kovovou tyčkou do kádinky na vzorek. Po ukončení vzorkování vhoďte koláč zpět do nádrže **1** (neurčí-li instruktor či asistent jinak) a zvažte samotné plachetky. Tím získáte čistou váhu koláče. Plachetky poté perete ve vaně pod kaloliséem vodou z hadice **22**.

IV.5 Stanovení hustoty koláče

K získání vzorku koláče o průměrné vlhkosti je vhodné provádět jeho vzorkování podle jednoho z naznačených schémat (viz obr. 6-2). Celkem do předem zvažené kádinky odeberte 9 vzorků.



Obr. 6-2
Schéma odběru vzorků
z filtračního koláče

Kádinku se souborným vzorkem zvažte, čímž se zjistí hmotnost vzorku m_{PK} . Po zvážení vzorek zředte vodou natolik, aby jej bylo možno po důkladném rozmíchání tyčinkou kvantitativně vpravit do vytárované odměrné baňky o objemu $V_p = 250$ ml. *Ředte opatrně!* Celkový objem zředěné suspenze v odměrné baňce by měl být do 200 ml. Baňku doplňte po rysku vodou a zvažte. Po odečtení hmotnosti prázdné baňky dostanete hmotnost vzorku koláče s doplněnou vodou m_{PC} . Hustotu koláče stanovte podle vztahu:

$$\rho_K = \frac{m_{PK}}{V_{PK}} \quad (6-23)$$

V_{PK} je odpovídající objem vzorku koláče, jehož hodnotu zjistíte ze vztahu:

$$V_{PK} = V_p - V_{Pl} \quad (6-24)$$

V_{Pl} je objem destilované vody potřebný na doplnění odměrné baňky se vzorkem koláče, který zjistíte ze vztahu:

$$V_{Pl} = \frac{m_{PC} - m_{PK}}{\rho_d} \quad (6-25)$$

kde ρ_d je hustota destilované vody. Vážení provádějte s přesností 0,1 g.

IV.6 Čištění

Po ukončení pokusu properte použité plachetky ještě v kbelíku, aby byly bez jakýchkoliv zbytků suspenze, omyjte kalolisové desky **21** a především rám kalolisu **20**. Vše čistěte vodou z hadice s kohoutem **22**. Umyjte všechny části zařízení filtrace i váhy, na kterých ulpěl koláč, utřete rozlitou vodu a suspenzi. Poté předejte umyté zařízení instruktorovi.

V Bezpečnostní opatření

1. Filtrační zařízení je opatřeno pojistným ventilem **10**, aby nedošlo k „natlakování“.
2. Při sestavování nebo rozebírání kalolisu může snadno dojít k pohmoždění prstů, pracujte proto se zvýšenou opatrností. Šroubem kalolisu je třeba otáčet pomalu a přitom dbát na to, aby nikdo nebyl v dosahu páky šroubu.
3. Při čištění zařízení nesmí natéci voda do elektromotoru a elektroinstalací.

VI Zpracování naměřených hodnot

VI.1 Hmotnostní bilance filtrace a výpočet vlhkosti koláče

Cílem hmotnostní bilance je zjistit celkové ztráty pevné látky. Při výpočtu vycházejte z celkové hmotnostní bilance zařízení (6-1) a bilance pevné látky (6-2). Hmotnostní zlomek pevné látky ve filtračním koláči w_K vypočítejte ze vztahu:

$$\frac{1}{\rho_K} = \frac{w_K}{\rho_s} + \frac{1-w_K}{\rho} \quad (6-26)$$

kde ρ_K je hustota koláče.

Při všech výpočtech je třeba pracovat s odpovídajícím počtem desetinných míst. Při hmotnostní bilanci je nejméně přesným údajem objem suspenze, protože hodnoty na stavoznaku 8 (viz. obr. 6-1) lze odečítat s přesností 5 litrů. Z tohoto důvodu stačí v hmotnostní bilanci zaokrouhlit hmotnosti kapalin na celé kilogramy. Hmotnostní zlomek pevné fáze ve filtrované suspenzi je vždy větší než 0,01, proto stačí hmotnost pevné látky udávat na desetiny kilogramu.

VI.2 Výpočet konstant filtrační rovnice

Z naměřených hodnot ve sloupci „běžný čas“ vypočítejte postupně součty rozdílů časů τ_F , kde první hodnota je 0s, druhá např. 20s, třetí např. 40s, čtvrtá např. 60s a poslední např. 1085 s. Hodnoty V_F jsou již zapsány jako přídavky po 5ti litrech (např. : 5l, 10l, 15l, 20l, ..., 180l). Hodnoty nezávislé proměnné q_F ve filtrační rovnici jsou dány vztahem (6-6), filtrační plochu kalolisu S_F vypočítejte podle vztahu:

$$S_F = 2 \cdot a \cdot b \cdot N \quad (6-27)$$

kde a je šířka rámu, b výška rámu a N počet rámuů používaných k filtraci. Do sloupce $\frac{q_F}{m}$ si pro každý řádek vypočtete hodnotu q_F .

Pomocí regresní analýzy τ_F proti q_F vypočtete konstanty a_0, a_1, a_2 . Program EXCEL obsahuje funkci *přidat spojnicí trendu* pro možnost XY bodový graf. Vyberte polynomičnou regresi 2. stupně a nechte si zobrazit rovnici regrese. Rovnice regrese vyhodnocujte pouze z hodnot konstantního filtračního přetlaku Δp_F , tzn. první hodnota přetlaku 0,15kPa, po které přetlak výrazně nekolísá. První hodnota s konstantním přetlakem bude pro další výpočty q_{F1} a τ_{F1} . Pokud je při regresní analýze nutné zadat nástřely vyhodnocovaných regresních konstant, zadejte:

$$a_0 = 1000, \quad a_1 = 500, \quad a_2 = 7,5 \cdot 10^4.$$

Hodnoty filtračních konstant a_2 a a_1 vypočítejte ze vztahů (6-14) a (6-15). Ze vztahu (6-13) vypočítejte hodnotu a_0 a porovnejte ji s regresní hodnotou této konstanty. Vypočtené hodnoty uveďte do protokolu.

Vytiskněte graf naměřených dat spolu se spojnicí trendu a rovnicí regrese a přiložte k protokolu. Diskutujte v závěru.

VII Symboly

K_F	filtrační konstanta (charakterizující odpor koláče)	$m^2 s^{-1}$
q_F	filtrační proměnná podle (6-6)	m
q_M	filtrační konstanta (charakterizující odpor filtrační přepážky)	m

S_F	plocha kalolisu	m^2
v_F	filtrační rychlost podle (6-3)	$m \cdot s^{-1}$
α_K	měrný odpor koláče	m^{-2}
c	poměrný objem v rovnici (6-5)	
τ_F	čas	s

Indexy dolní

C	označení celkové hmotnosti obsahu pyknometru
d	vztaženo k destilované vodě
F	vztaženo k filtrátu
K	vztaženo ke koláči
l	vztaženo k vodě
P	vztaženo k pyknometru
S	vztaženo k suspenzi
s	vztaženo k pevné látce
Z	vztaženo ke ztrátám
$1, 2$	označení počátku a konce filtračního období

Indexy horní

0	suspenze v nádrži před úpravami koncentrace
'	označení stavu v nádrži před pokusem
''	označení stavu v nádrži po pokusu

VIII Kontrolní otázky

1. Jaký typ filtru je v laboratoři, čím je specifický?
2. Kde se nachází pojistný ventil a k čemu slouží?
3. Ukažte cestu, kudy proudí suspenze při promíchávání obsahu nádrže, které ventily musí být otevřené před spuštěním čerpadla.
4. Jak zajistíte požadovaný hmotnostní zlomek v zásobní nádrži?
5. Jaké veličiny musí být zapsány ve formuláři, aby bylo možno vyřešit bilanci filtru a zjistit ztráty?
6. Čím se provádí tlaková zkouška filtru, popište postup při jejím provádění.
7. Kde se měří rozdíl tlaků, jak nastavíte a budete udržovat jeho požadovanou hodnotu?
8. Podle čeho určíte konec filtrace? Jak zjistíte skutečný hmotnostní zlomek v nádrži?
9. Jak zjistíte hmotnost a vlhkost koláče? Co uděláte po ukončení vlastní filtrace?
10. Jak připravíte zásobníky na filtrát 4? Jaké veličiny budete měřit a zapisovat do protokolu?
11. Jakou závislost získáte po zpracování naměřených veličin?