

**Доповідь по МКР
«РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД»**

Виконав: ст. гр. 1ГМ-17м Мельник Є.О.

**Керівник МКР: д.т.н., професор
Севостьянов І.В.**

Актуальність проблеми

Очищення стічних вод є актуальною задачею для країн, міст і окремих підприємств, оскільки якість очищення води визначає можливість її повторного використання для питва, готування їжі, побутових і виробничих потреб, у сільському господарстві і т.д. Відомо, що оптимальний спосіб очищення і найбільш ефективно устаткування для його реалізації вибираються в кожному конкретному випадку з урахуванням виду стічних вод (виробничі, побутові, атмосферні), виду забруднень (мінеральні, органічні, мінерально-органічні), їхньої концентрації (1 - 500, 500 - 5000, 5000 - 30 000, > 30 000 мг/л), фізичних властивостей часток забруднень, ступеня агресивності стоків і необхідного ступеня їхнього очищення.

У більшості систем очищення промислових і побутових стічних вод однієї з основних стадій є попереднє механічне очищення, що дозволяє при помірних витратах енергії і часу видалити до 60% забруднень, у тому числі крупнодисперсні частки. Але відоме обладнання для механічного очищення стічних вод, що використовується вітчизняними промисловими та комунальними підприємствами, не забезпечує необхідної якості та ефективності робочого процесу (потребує періодичної зупинки для чищення та промивання фільтрувальних елементів, які досить швидко забиваються брудом, що призводить до зниження загальної продуктивності обладнання).

Мета та задачі дослідження

Метою МКР є розробка та дослідження високоефективної установки для механічного очищення стічних вод, що забезпечує реалізацію стадій попереднього, нормального та тонкого очищення зі збереженням високої продуктивності робочого процесу, якості очищення, мінімальної енергоємності, без необхідності зупинки для відновлення прохідної здатності фільтрувальних елементів установки.

Для досягнення вказаної мети потрібно розв'язати такі **основні задачі**:

- провести аналіз стану відомих схем обладнання для механічного очищення стічних вод, з визначенням його переваг та недоліків;
- на підставі даних проведеного аналізу розробити схему удосконаленої установки для механічного тристадійного очищення стічних вод з безперервним робочим циклом;
- виконати технічно-економічне обґрунтування більш високої ефективності пропонованої установки при очищенні стічних вод у порівнянні із їх очищенням за допомогою відомого обладнання;
- одержати залежності, що зв'язують робочі параметри процесів очищення стічних вод, їх фізико-механічні характеристики, конструктивні параметри розробленої установки та параметри ефективності очищення (його продуктивність та енергоємність);
- виконати розрахунок техніко-економічного ефекту від впровадження пропонованої установки для тристадійного очищення стічних вод;
- розробити системи заземлення, занулення та вентиляції пропонованої установки.

Об'єкт і предмет дослідження, наукова новизна та практичне значення МКР

Об'єкт дослідження – процеси тристадійного очищення виробничих стічних вод.

Предмет дослідження – основи методики проектування процесів тристадійного безперервного фільтрування виробничих стічних вод та установки для здійснення даних процесів.

Наукова новизна МКР полягає у розробленні основ теорії проектування процесів тристадійного безперервного фільтрування виробничих стічних вод та установки для здійснення даних процесів.

Практичне значення МКР полягає у технічно-економічному обґрунтуванні більш високої ефективності тристадійного очищення промислових стічних вод на пропонованій установці у порівнянні із їх очищенням за допомогою відомого обладнання, виконанні розрахунку техніко-економічного ефекту від впровадження пропонованої установки на виробництві, у розробленні систем заземлення, занулення та вентиляції установки.

Класифікації стічних вод

Стічні води промислових підприємств поділяються на три групи:

- виробничі, що використовуються на різних обробних, переробних, гірничих, нафтоперероблюваних підприємствах, в тому числі для промивання напівфабрикатів, нагрівання, транспортування, сепарування;
- побутові – з санітарних споруд підприємств (каналізаційних систем туалетів, умивалень, їдалень, душових);
- атмосферні (від дощів та таяння снігу).

Крім цього виробничі стічні води поділяються на дві категорії – забруднені та чисті (умовно).

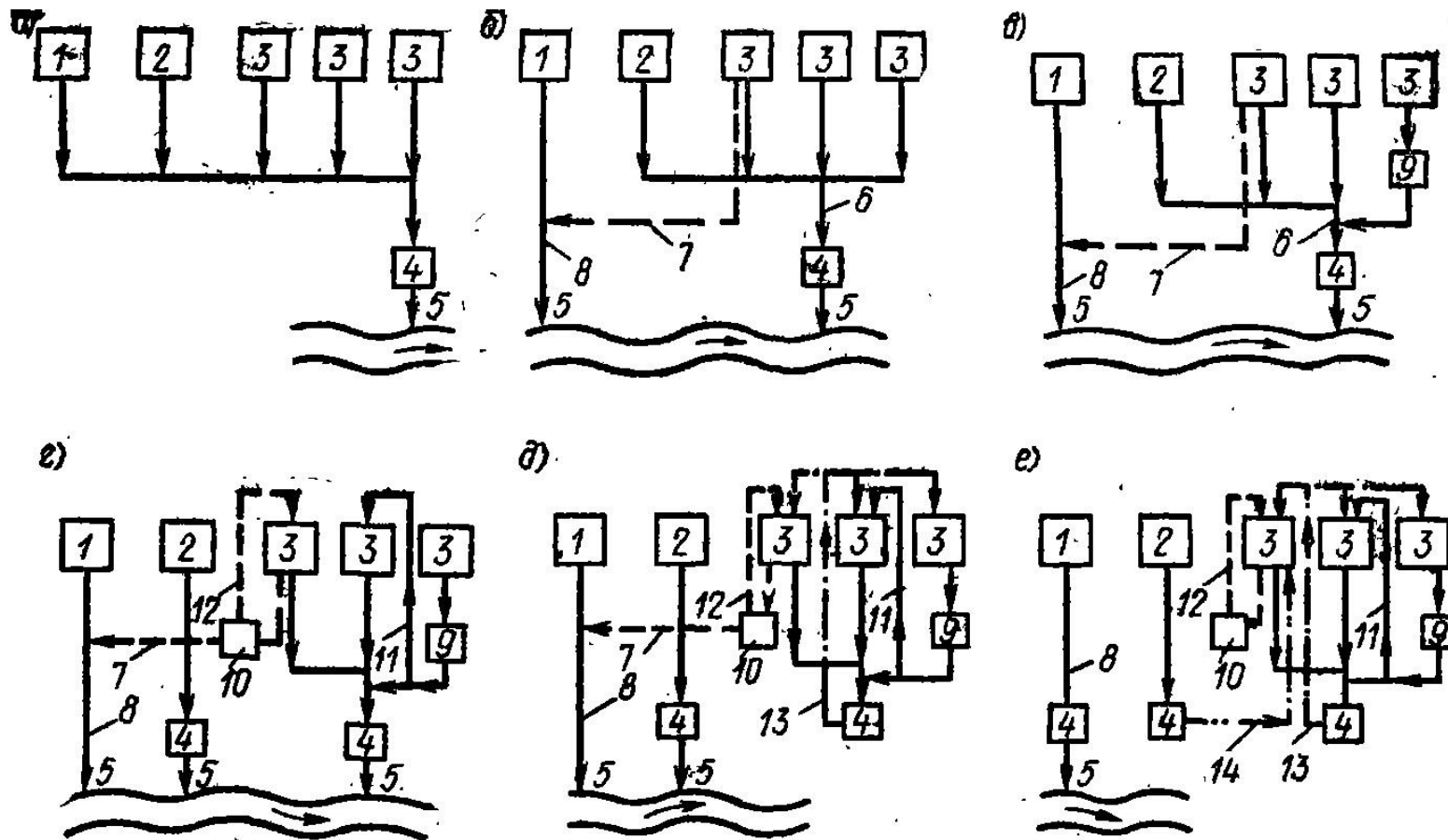
Залежно від фізичної та хімічної природи забруднень, що містяться у стічних водах вони поділяються на такі види:

- містять переважно мінеральні домішки, що є продуктами перероблення підприємств металургійної, машинобудівної, вугілля добувної, рудо добувної промисловості, підприємств з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних виробів та матеріалів;
- з вмістом в основному органічних домішок з підприємств м'ясної, молочної, рибної, харчової, целюлозно-паперової, хімічної, мікробіологічної промисловості, підприємств з виробництва гуми, пластмас, косметики тощо;
- забруднені як мінеральними так й органічними сторонніми частинками підприємств хімічної, паперової, цукрової, фармацевтичної, консервної, вітамінної, нафтоперероблюваної, нафтохімічної, нафтопереробної, текстильної промисловості.

Залежно від концентрації забруднень, що містяться у стічних водах вони класифікуються на чотири групи: 1 – 500, 500 – 5000, 5000 – 30000, понад 30000 мг/л.

Додатково стічні води можна класифікувати за температурами кипіння, за ступенем агресивності (залежно від значення рН).

Схеми відведення стоків промислових підприємств



а – загально стокова система; б – роздільна система для дощової та промислово-побутової води; в – те ж саме з локальними очисними системами; г – система з роздільними підсистемами для дощових, виробничих та побутових стоків з локальними очисними спорудами та частковим водооборотом; д – те ж саме з повним водооборотом стічних вод; е – роздільні системи безстокової каналізації

Відоме обладнання для механічного очищення стічних вод

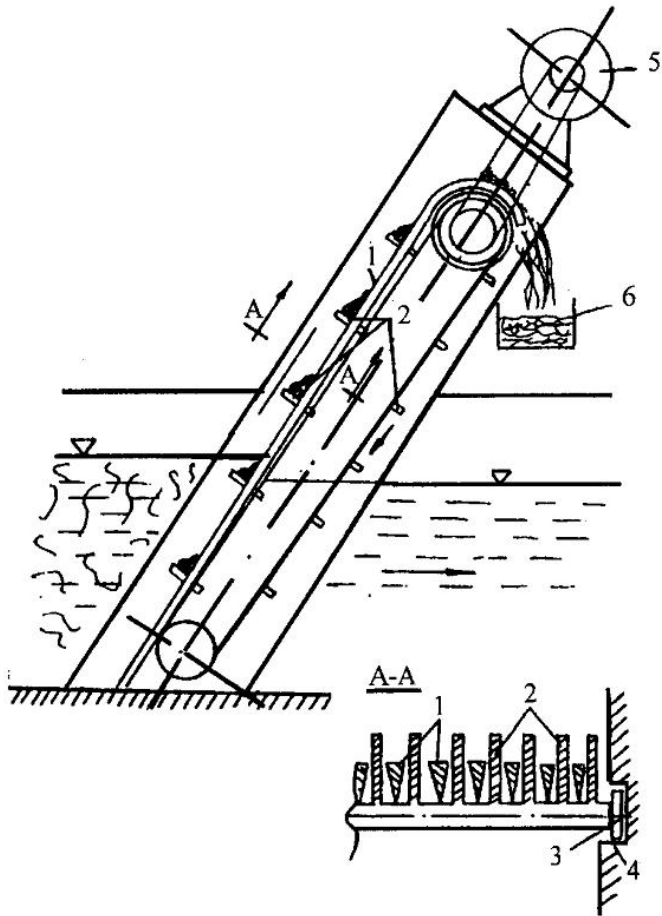


Схема ґрат фірми "Jones and Attwood" (Великобританія)

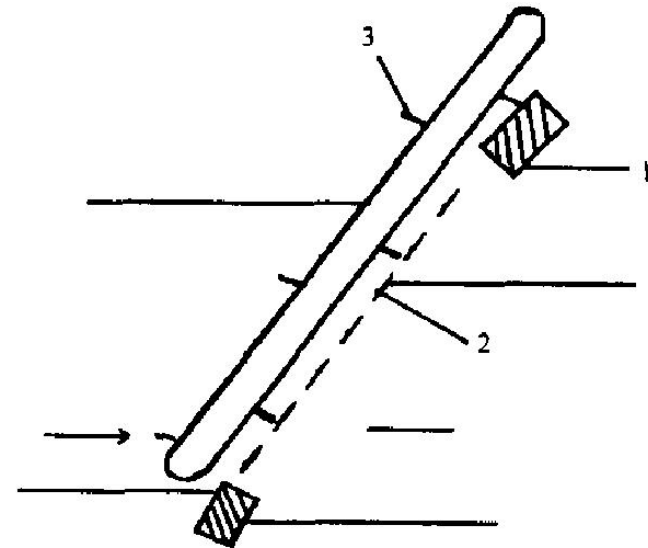


Схема механізованого щілинного сита

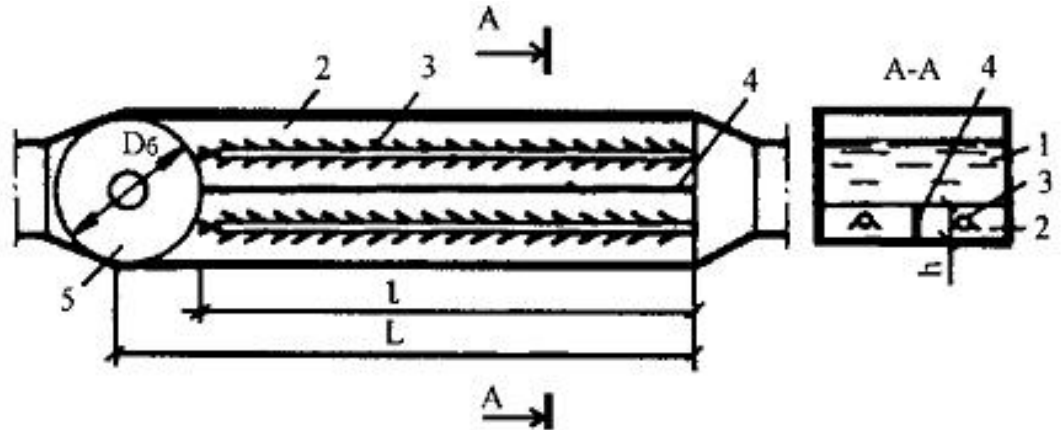
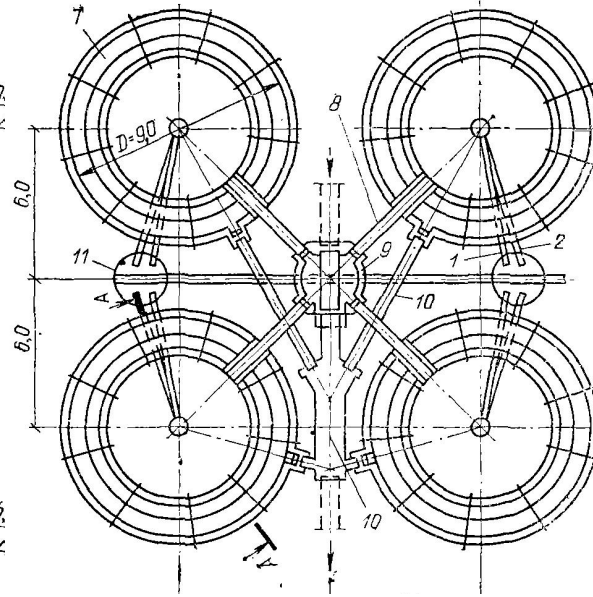
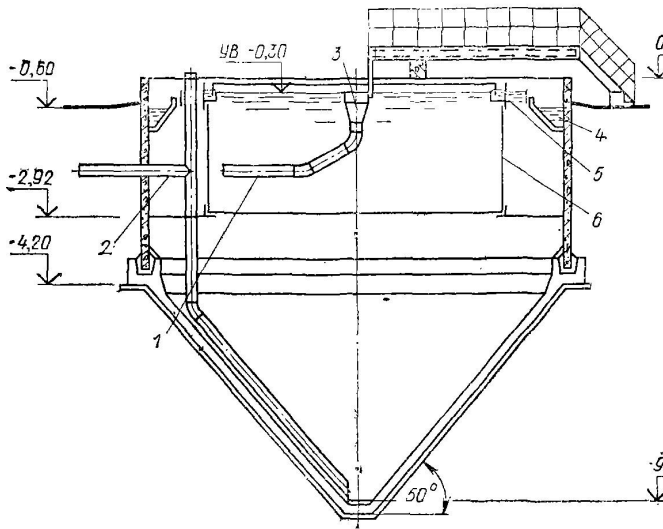


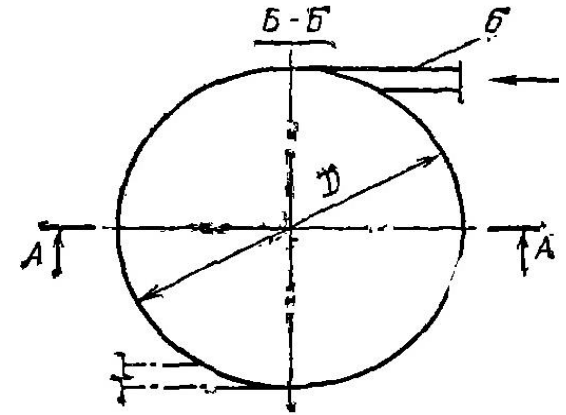
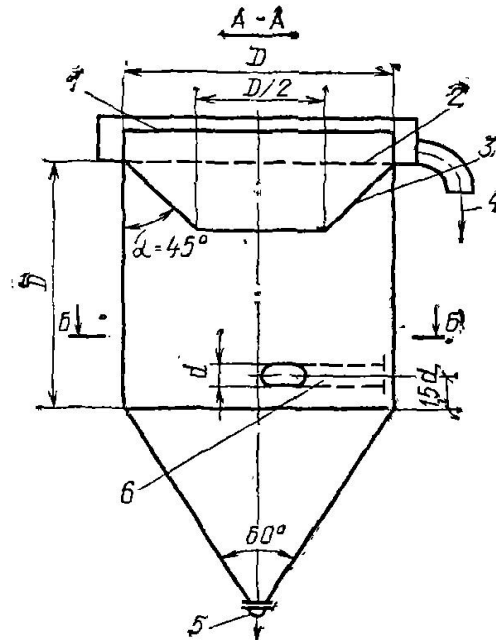
Схема горизонтальної пісколовки з гідромеханічною системою видалення осаду

Відоме обладнання для механічного очищення стічних вод

Первинні
вертикальні
відстійники
діаметром 9 м

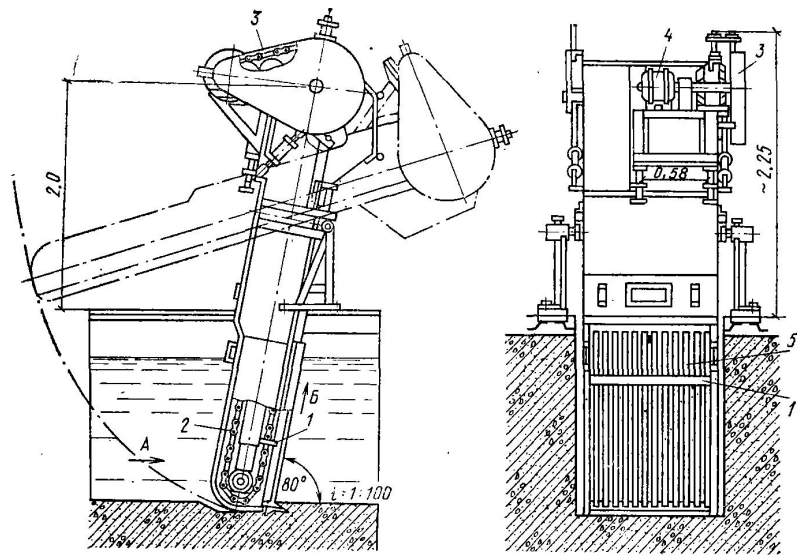


Відкритий гідроциклон для
очищення стічних вод
металургійної
промисловості

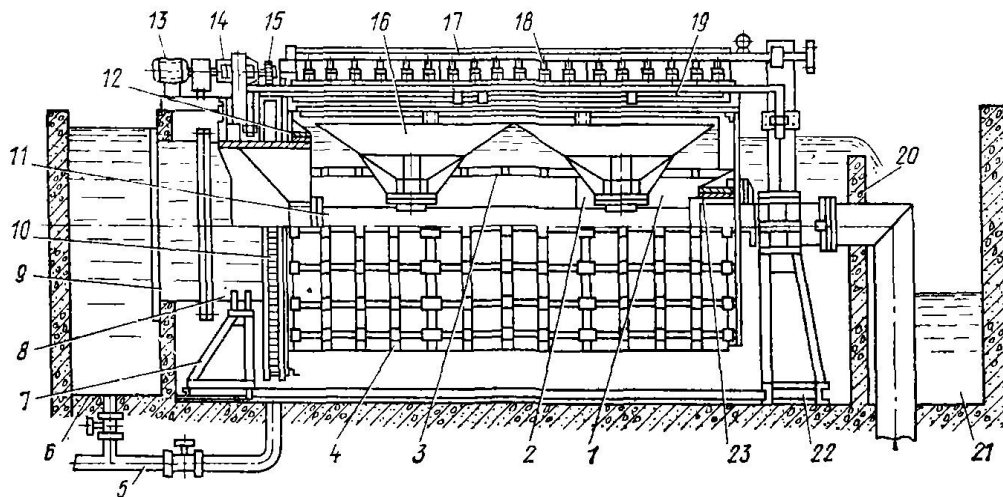


Пропонована установка та її аналоги

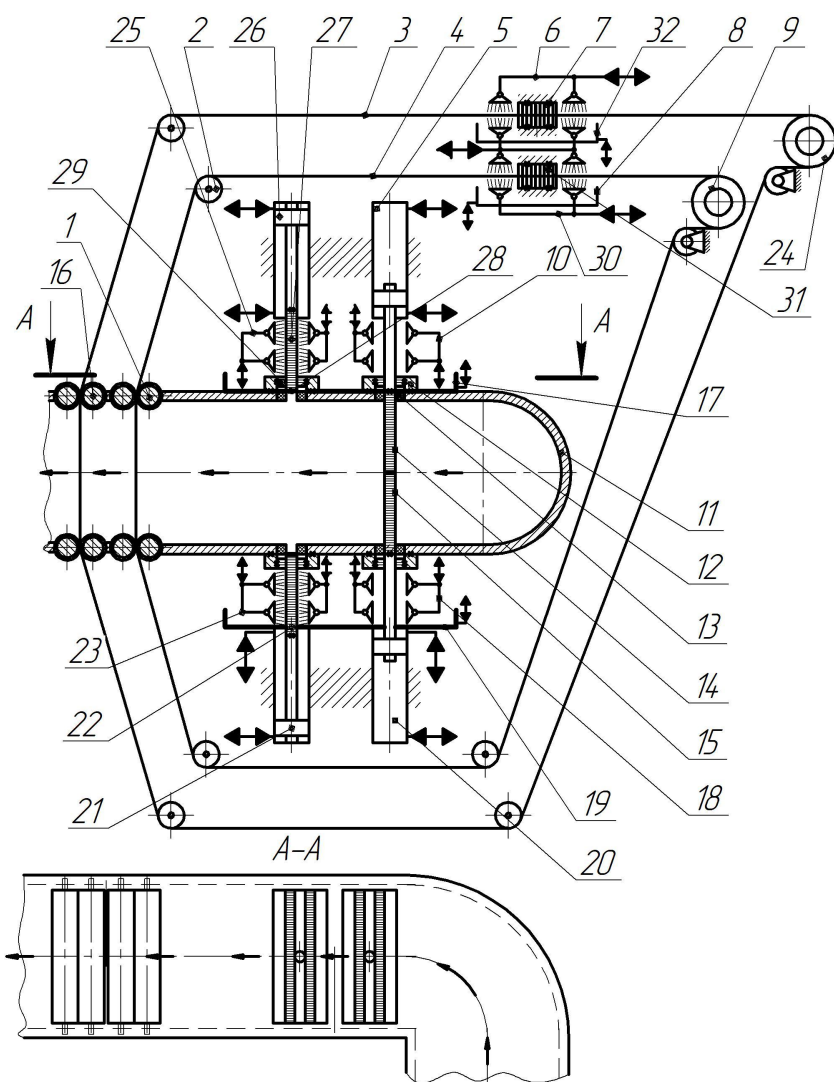
Механізована похила решітка типу МГ



Сітковий барабанний фільтр



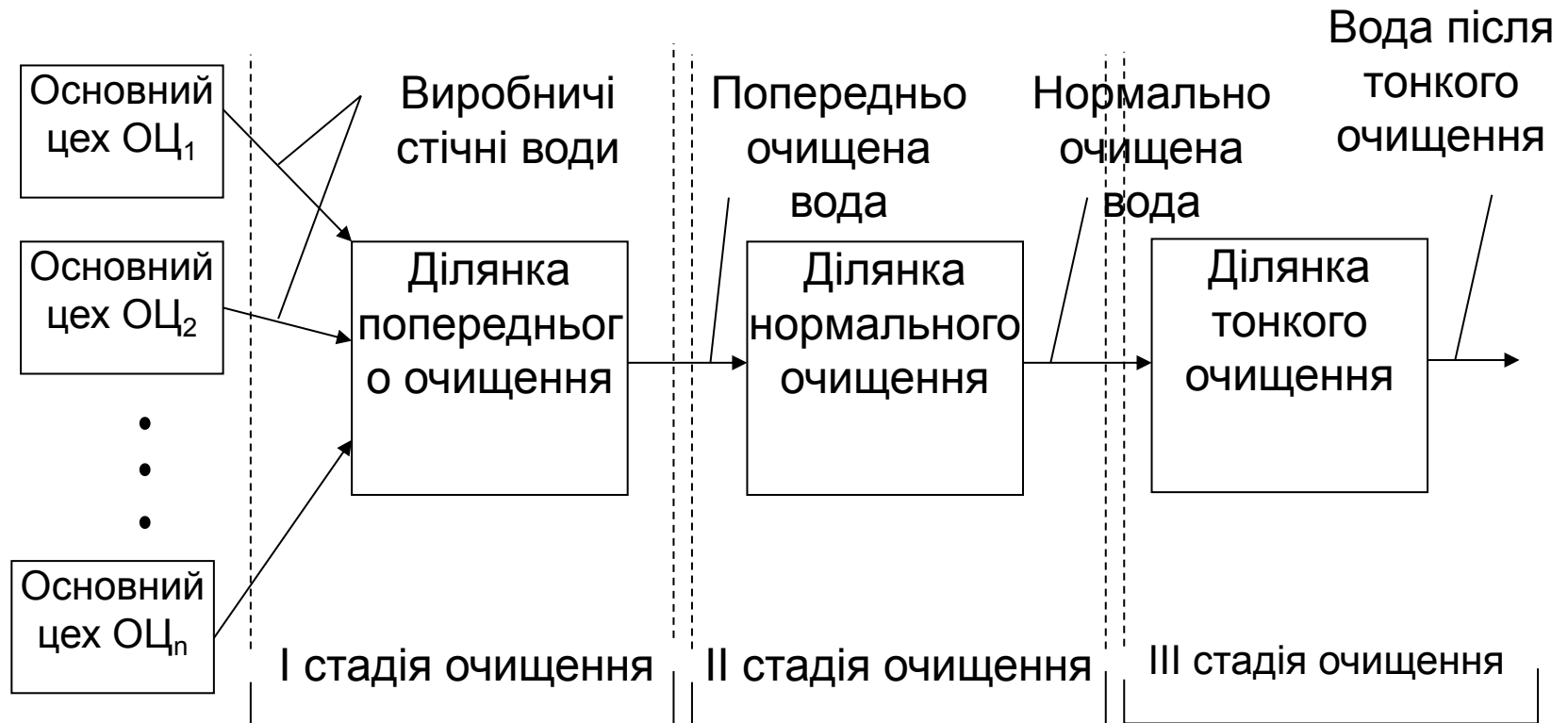
Нова технічна розробка



Основні техніко-економічні показники аналога і технічної розробки

№	Показники	Одиниця виміру	Аналог	Нова розробка	Відношення параметрів
1	Ціна	грн.	450000+ 800000	800000	1,56
2	Об'єм очищених стічних вод	м ³ /добу	350	500	1,43
3	Розміри осередків фільтра останньої стадії очищення	мм × мм	0,035 × 0,035	0,03 × 0,03	1,17
4	Енергоємність очищення	кВт·год/т	48,13	35	1,375
5	Кількість стадій очищення	шт.	3	3	1

Структурна схема процесу 3-ступінчастого механічного очищення стічних вод на підприємстві



Основні вимоги до розроблюваної удосконаленої установки для механічного очищення стоків

- 1) Забезпечення тристадійного механічного очищення промислових стічних вод з концентрацією мінерально-органічних забруднюючих частинок 30000 мг/л, розмірами від 0,02 до 25 мм, з продуктивністю 500 м³/добу.
- 2) Робота у безперервному режимі з тривалістю безвідмовної роботи 20000 год при енергоємності роботи 2,5 кВт·год/т.
- 3) Здійснення попереднього очищення за допомогою металевих решіток з розмірами осередків 20 × 20 мм (I стадія), нормального очищення через металеве сито з розмірами осередків 1 × 1 мм (II стадія) та тонкого очищення через мікро фільтраційне металеве сито з розмірами осередків 0,03 × 0,03 мм (III стадія).
- 4) Оснащення установки пристроями для очищення фільтрувальних елементів без переривання робочого процесу із забезпеченням заданих продуктивності та якості очищення води.
- 5) Оснащення установки датчиками та пристроями для здійснення автоматизованого контролю та керування робочим процесом за продуктивністю, енергоємністю, ступеню забивання фільтрувальних решіток та сит.
- 6) Забезпечення легкості та зручності експлуатації та ремонту установки операторів та робітників середньої кваліфікації.
- 7) Забезпечення роботи основних та допоміжних пристроїв установки за допомогою електромеханічних та гідромеханічних приводів.
- 8) Реалізація всіх основних та допоміжних функцій при роботі установки без участі робітника (який здійснює тільки запуск установки в роботу, загальний контроль за її роботою та за потребою оперативне керування або зупинку в аварійних ситуаціях). Також робітники можуть залучатись до виконання планових операцій з технічного обслуговування установки (щозмінні та планові огляди, чищення, змащення, регулювання механізмів та елементів, профілактичні випробовування елементів електричних та електронних систем, поповнення та заміна робочої рідини в баках та резервуарах гідросистем установки), поточних та капітальних ремонтів.
- 9) Оснащення установки пристроями для автоматичної зупинки при виникненні аварійних ситуацій (недопустиме збільшення напору або подачі стічних вод до установки, відмова пристроїв для автоматичного очищення фільтрувальних елементів, проходження неочищеної води повз фільтрувальних елементів, порушення цілісності фільтрувальних елементів). Вказані пристрої повинні забезпечувати часткове чи повне блокування роботи установки з подачею світлових та звукових аварійних сигналів.

Залежності для визначення основних робочих параметрів пропонованої установки

$$t_I = \frac{W_3}{Q_c k_{3.p} k_{o.p}} = \frac{S_{p.\max} t_3}{Q_c k_{3.p} k_{o.p}} \quad S_p(t) = \frac{Q_c k_{o.p} k_{3.p}}{t_3} t; \quad 0 \leq t \leq t_I. \quad Q_c = \mu_p S_{p.\max} \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_c}}$$

$$Q_c(t) = \mu_p(t) \cdot S_p(t) \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_c}} \quad 0 \leq t \leq t_I. \quad Q_c(t) = \frac{Q_c}{\mu_p S_{p.\max}} \mu_p(t) \cdot S_p(t) \quad 0 \leq t \leq t_I.$$

$$N_{n.p} = \frac{2 \cdot S_{ulx} l p_e}{t_o \eta_{\Delta} \eta_H \eta_M \eta_e} = \frac{2 \cdot S_{ulx}}{t_o \eta_{\Delta} \eta_H \eta_M \eta_e} \frac{G_p - G_p + 2 \cdot R_y + 2 \cdot R_{\omega} + 2 \cdot F_{z.H}}{S_{ul}} = \frac{4 \cdot l_x \left[\mu_{m.y} \sigma_y S_{\kappa.y} + \mu_{m.\omega} \sigma_{\omega} S_{\kappa.\omega} + 2 \cdot S_{n.c} \mu_{\theta} \left(p_a + \frac{\rho_6 v_c^2}{2} \right) \right]}{t_o \eta_{\Delta} \eta_H \eta_M \eta_e},$$

$$v_{\min.H} = \frac{D_m}{t_{II}} = \frac{D_m S_{c.H.\max} t_{\chi.H} k_{3.c.H}}{Q_c k_{o.p} k_{o.c.H}}; \quad v_{\min.M} = \frac{D_m}{t_{III}} = \frac{D_m S_{c.m.\max} t_{\chi.m} k_{3.c.m}}{Q_c k_{o.p} k_{o.c.H} k_{o.c.m}},$$

$$N_{n.c.H} = (N_{1H} + N_{2H}) K_{\partial.H} + N_{раз.H}; \quad N_{n.c.M} = (N_{1M} + N_{2M}) K_{\partial.M} + N_{раз.M};$$

$$N_{1H} = 2 \cdot v_{\min.H} \left[\mu_{m.\omega.H} \sigma_{\omega.H} S_{\kappa.\omega.H} + S_{n.c.H} \mu_{\theta} \left(p_a + \frac{\rho_6 v_{c.H}^2}{2} \right) \right]; \quad N_{1M} = 2 \cdot v_{\min.M} \left[\mu_{m.\omega.M} \sigma_{\omega.M} S_{\kappa.\omega.M} + S_{n.c.M} \mu_{\theta} \left(p_a + \frac{\rho_6 v_{c.M}^2}{2} \right) \right],$$

Залежності для визначення основних робочих параметрів пропонованої установки

$$N_{2H} = k_c L_{2.H} v_{\min.H}; \quad N_{2m} = k_c L_{2.m} v_{\min.m}, \quad B_c = D_m + 2 \cdot t_m$$

$$N_{\text{э.н}} = \frac{k_{\text{уст}} N_{\text{н.с.н}}}{\eta_m}; \quad N_{\text{э.м}} = \frac{k_{\text{уст}} N_{\text{н.с.м}}}{\eta_m}, \quad S_{p.\max} = 0,65 \cdot S_m = 0,65 \frac{\pi \cdot D_m^2}{4}.$$

$$Q_c = \frac{Q_\Sigma}{3600 \cdot T_{3M} k_{3M} k_{np}}. \quad k_{o.p\Sigma} = \frac{K_3 \cdot 10^{-3}}{\rho_3}. \quad k_{o.p} = k_{o.p\Sigma} \cdot 0,08.$$

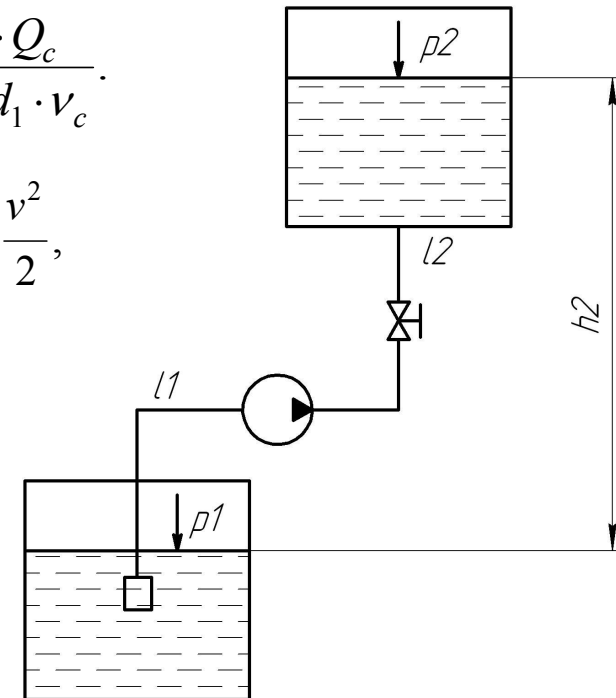
$$\Delta p = \left(\frac{Q_c}{\mu_p S_{p.\text{сеп}}} \right)^2 \frac{\rho_c}{2}. \quad H_{\text{б.мин}} = \frac{\Delta p}{\rho_c g}. \quad N_H = \frac{Q_c \rho_c \Delta p}{102 \cdot \eta_H}. \quad \text{Re} = \frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot d_1 \cdot v_c}.$$

$$H_{\text{номр}} = h_2 + \frac{p_2 - p_1}{\rho_c g} + h_n, \quad \frac{p_1}{\rho_c g} + \alpha_1 \frac{v^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho_c g} + \alpha_2 \frac{v^2}{2g} + \left(\lambda \frac{l_{1m}}{D_m} + \zeta_p \right) \frac{v^2}{2},$$

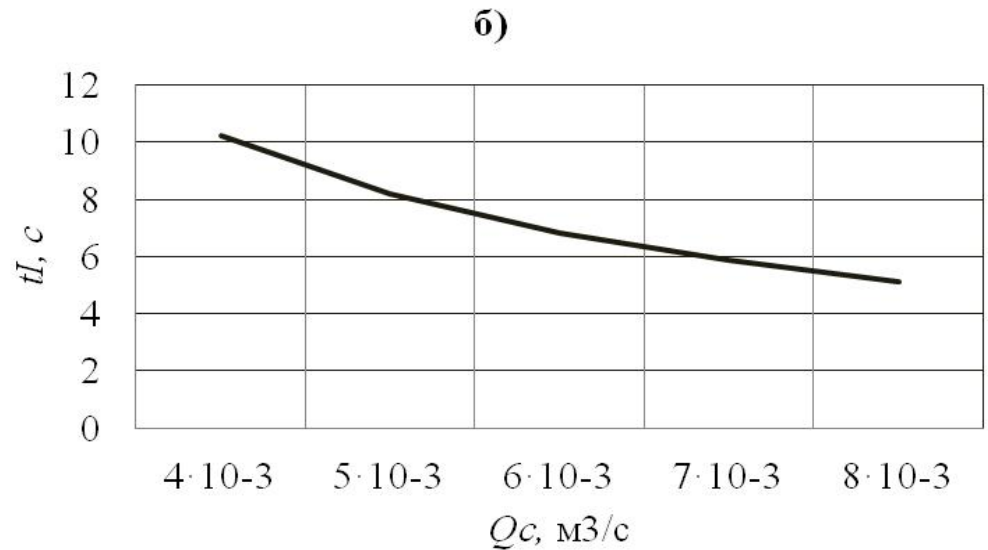
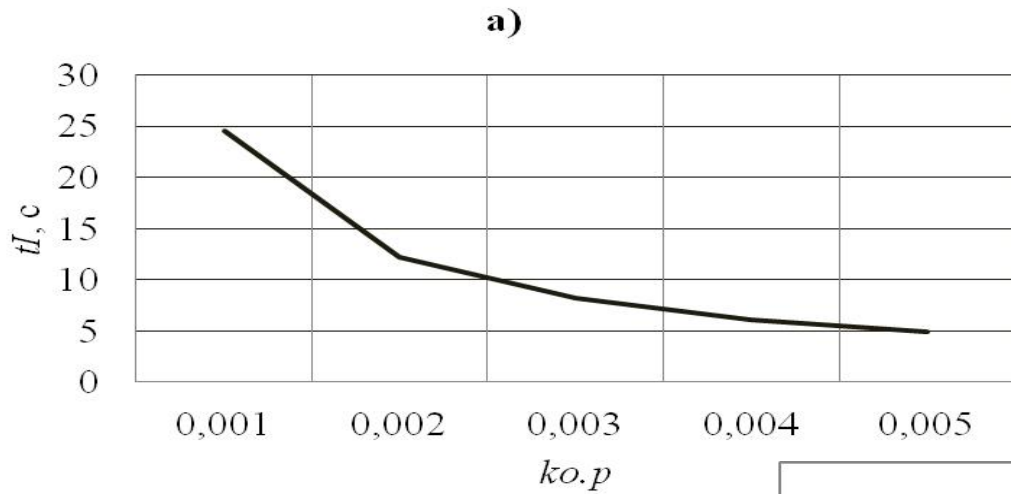
$$h_n = \left(\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \Sigma \zeta_1 \right) \frac{8 \cdot Q_c^2}{\pi^2 g \cdot d_1^4} + \left(\lambda_2 \frac{l_2}{d_2} + \Sigma \zeta_2 \right) \frac{8 \cdot Q_c^2}{\pi^2 g \cdot d_2^4},$$

$$\Sigma \zeta_1 = \zeta_{\text{вс}} + \zeta_{\text{пов}} + \zeta_{\text{вх.н}}; \quad \Sigma \zeta_2 = \zeta_{\text{вих.н}} + \zeta_{\text{пов}} + \zeta_{\text{др}} + \zeta_{\text{вх.б}},$$

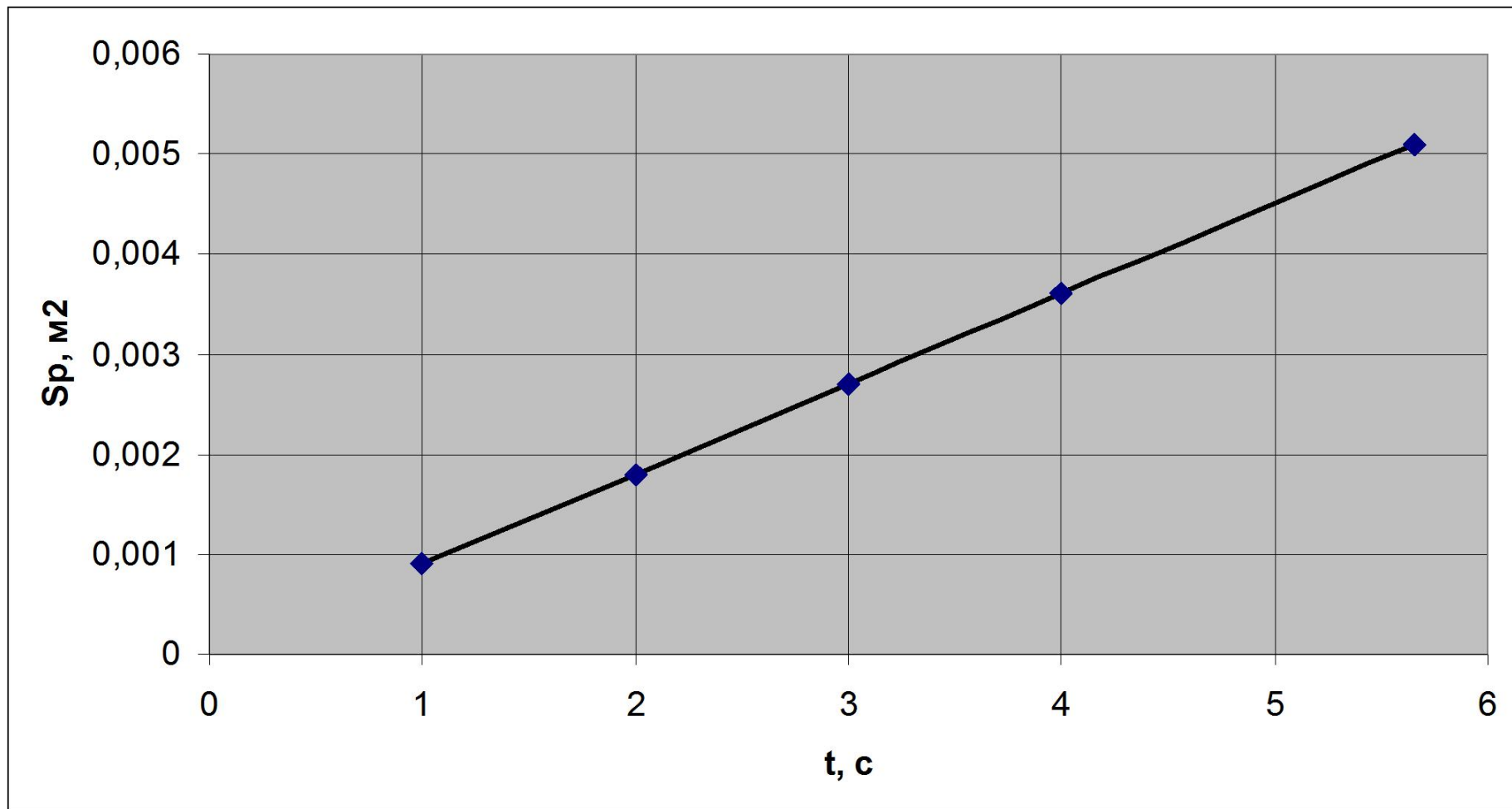
$$p_1 - p_2 = \left(\lambda \frac{l_{1m}}{D_m} + \zeta_p \right) \frac{v^2 \rho_c g}{2}.$$



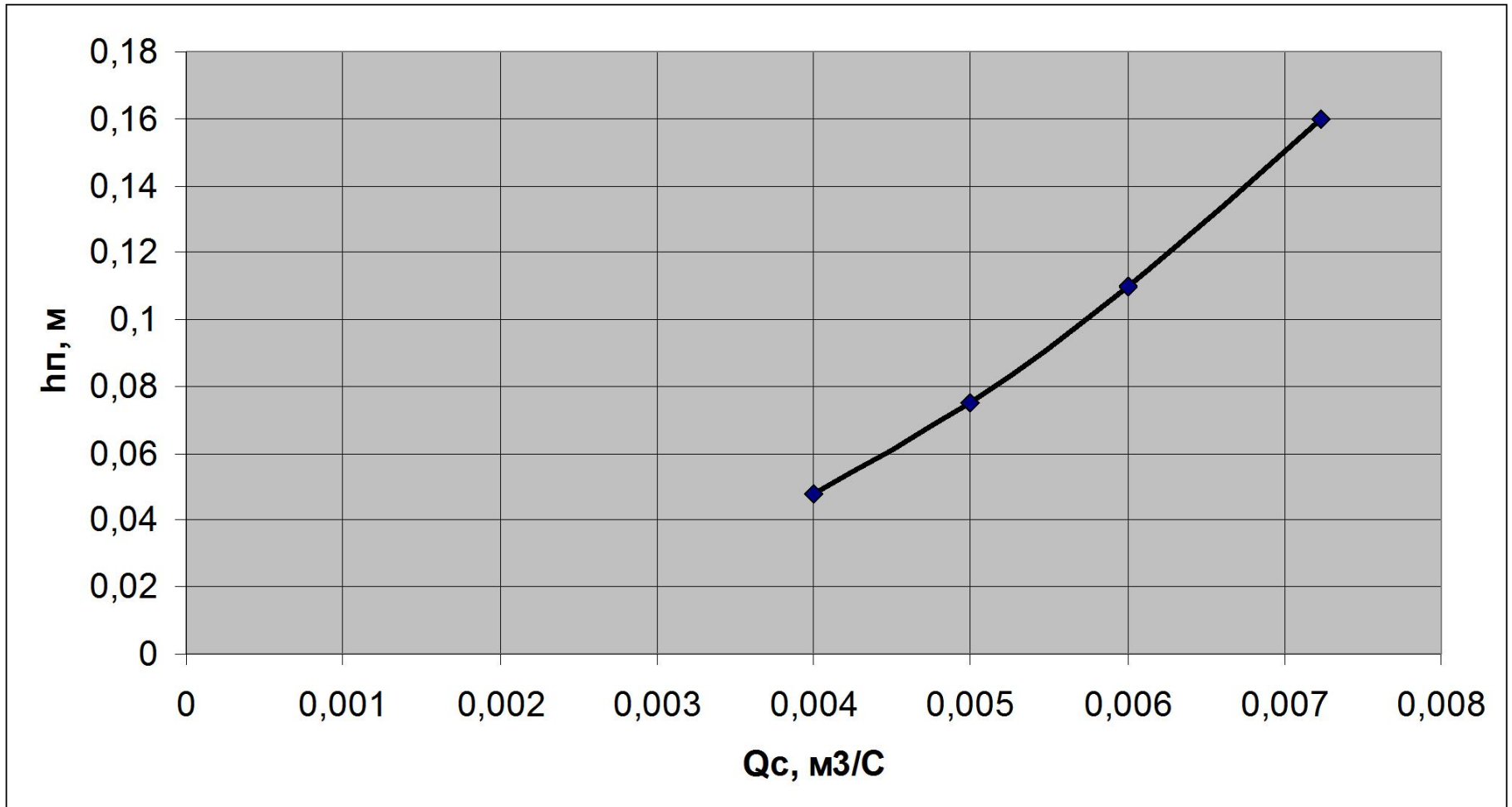
Залежності часу t_l забивання решіток установки від коефіцієнта $k_{o.p}$ об'ємного вмісту у 1 м^3 стоків забруднень, затримуваних решітками (а) та від середніх витрат Q_c стоків, що проходять по трубі (б)



Залежність зміни площі прохідного перерізу S_p решіток з часом



Залежність втрат напору h_n у гідросистемі привода від витрат стоків Q_c



Висновки за МКР

1. Якісне очищення стічних вод із забезпеченням можливості їхнього безпечного повернення в навколишнє середовище і повторне використання на виробництві й у побуті є актуальною задачею для великого числа країн. При цьому досить багато уваги приділяється збільшенню продуктивності процесу очищення, зниженню його енергоємності, а також зменшенню матеріалоемності, складності і вартості відповідного устаткування.
2. Аналіз відомого обладнання для попереднього механічного очищення стічних вод показав, що в більшості випадків воно не відповідає сучасним вимогам по продуктивності і безперервності робочого процесу, а також по якості очищення вод, компактності і надійності.
3. З урахуванням зазначених вимог нами була розроблена схема установки для безперервного механічного триступінчастого очищення стічних вод, для якої були запропоновані рівняння і залежності для визначення основних експлуатаційних характеристик установки: продуктивності по стоках, що очищаються, і необхідній потужності електродвигунів установки.
4. Розраховані та вибрані оптимальні конструктивні та робочі параметри установки: продуктивність - $500 \text{ м}^3/\text{добу}$, діаметр труби подачі стоків – 100 мм ; витрати стоків через установку – $7,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$; розміри осередків решітки для попереднього очищення – $20 \times 20 \text{ мм}$; розміри осередків сита нормального очищення – $1 \times 1 \text{ мм}$; розміри осередків сита тонкого очищення – $0,03 \times 0,03 \text{ мм}$.
5. Отримані залежності часу t_l забивання решіток установки від коефіцієнта $ko.p$ об'ємного вмісту у 1 м^3 стоків забруднень, затримуваних решітками та від середніх витрат Q_c стоків, що проходять по трубі, залежність зміни площі прохідного перерізу S_p решіток з часом, залежність втрат напору h_l у гідросистемі привода від витрат стоків Q_c .
6. Отримані рівняння і залежності можуть бути використані для створення методики проектного розрахунку пропонованої установки.