

УДК 616.073.75

Л. В. Коломієць, д.т.н., Ю. В. Овчаров, к.т.н., О. І. Стариш, А. І. Розмариця, О. В. Цильвік

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

КОНТРОЛЬ ДОЗОФОРМУЮЧИХ ПАРАМЕТРІВ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЧНИХ АПАРАТІВ

У статті наведена методика контролю дозоформуєчих параметрів рентгенодіагностичних апаратів.

Ключові слова: рентгенодіагностичні апарати, дозоформуєчі параметри, контроль.

Вступ

Якості надання медичних послуг, зокрема проведення медичних діагностичних процедур, не можливо досягти без урахування важливості дозиметричного вимірювання. Контроль за радіаційними характеристиками обладнання, яке застосовується для діагностики, дозволяє забезпечити зниження колективних доз, що отримує населення при проведенні рентгенологічних процедур [1].

Мета статті

Удосконалення методики контролю дозоформуєчих параметрів апаратів, які застосовуються для рентгенодіагностики.

Контроль параметрів

Головним параметром періодичного контролю роботи апаратів, які застосовуються для рентгенодіагностики, є радіаційний вихід.

З метою налагодження у вітчизняних лікувальних закладах періодичного контролю параметрів апаратів, які застосовуються для рентгенодіагностики, розроблена методика контролю їх параметрів.

1 Загальні положення

Критерій якості в рентгенодіагностиці – це встановлення оптимального співвідношення між якістю зображення, необхідного для постановки діагнозу, і дозою опромінення пацієнта шляхом вибору оптимальних фізико-технічних параметрів.

Таким чином постійний контроль радіаційних характеристик апаратів забезпечує умови для зниження променевої навантаженості на пацієнта при обстеженнях з одночасним підвищенням якості рентгеновського зображення [2].

В методиці вимірювань визначаються параметри, що підлягають контролю; критерії стабільності роботи рентгенодіагностичних зображальних систем; методики перевірки відповідності контрольованих параметрів установленим нормам.

2 Терміни та визначення

Радіаційний вихід – це значення радіаційної дози, яка виміряна в центрі поля опромінювання на осі робочого струменя при певних значеннях

експозиційних параметрів: анодної напруги, анодного струму, часу експозиції або добутку анодного струму на час експозиції.

Радіаційний вихід визначається величиною нормованої експозиційної дози

$$X = D/Q,$$

де D – експозиційна доза, мР; Q – кількість електрики, мАс.

Експозиційна доза – доза фотонного іонізуючого випромінювання в повітрі (Р, К/кг).

Керма – сума початкових енергій усіх заряджених частинок, які вивільнюються незарядженими частинками в одиниці маси опромінюваної речовини (Гр).

Іонізаційна камера – пристрій для вимірювання дози опромінення за допомогою визначення іонізації повітря в камері.

Дозиметр – прилад, який використовується для детектування випромінювання і вимірювання опромінення.

Номинальне значення анодної напруги – значення анодної напруги, встановлене на пульті управління рентгеновського апарату (ПУА).

Номинальне значення часу експозиції – значення часу експозиції, встановлене на ПУА.

Номинальне значення анодного струму – значення анодного струму, встановлене на ПУА.

3 Дозиметричне обладнання

Вимірювання параметрів радіаційного виходу апаратів проводять цифровими дозиметрами типів Barracuda, UNFORS X_i, TNT 12000, Piranha.

4 Процедури контролю**4.1 Контроль радіаційного виходу апаратів**

За допомогою контрольних тестів визначають залежність радіаційного виходу від експозиційних параметрів.

Об'єктами контролю є постійність радіаційного виходу за постійності номінальних значень усіх параметрів експозиції та характер залежностей радіаційного виходу від номінальних значень: напруги на трубі за постійності номінальних значень анодного струму й часу експозиції,

анодного струму за постійності номінальних значень напруги на трубці й часу експозиції, часу експозиції за постійності номінальних значень напруги на трубці й анодного струму.

Процедура вимірювання

Після розташування детектора у відкритому повітрі на осі первинного струменя на відстані 100 см від фокуса трубки таким чином, щоб центри детектора та радіаційного поля збігалися, вмикають дозиметр і через деякий час розпочинають вимірювання.

Постійність радіаційного виходу (за постійності номінальних значень параметрів експозиції)

Встановити на ПУА комбінацію значень параметрів експозиції, які лежать в діапазонах, що відповідають звичайним умовам роботи апарату даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 100 мА; 0,1 с). Виконати опромінювання іонізаційної камери дозиметра не менше 3-х разів. Результати вимірювання внести до протоколу контролю фізико-технічних параметрів апарату (далі – протокол).

Значення радіаційного виходу за i -го вимірювання X_i та його середнє значення \bar{X} (мР/мАс) обчислюємо за формулами:

$$X_i = \frac{D_i}{I_1 \times t_1}; \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}, \quad (2)$$

де D_i – значення експозиційної дози i -того вимірювання, мР; n – кількість вимірювань; i – номер вимірювання; I_1 – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту; t_1 – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Залежність радіаційного виходу (від номінального значення напруги на трубці за постійності номінальних значень анодного струму і часу експозиції)

Встановити на ПУА комбінацію значень анодного струму і часу експозиції, в діапазоні звичайної роботи апарату (100 мА; 0,1 с). Провести опромінювання за різних значень номінальної анодної напруги трубки в межах робочого діапазону (від 50 до 100 кВ) з кроком 10 кВ. Виконати опромінювання іонізаційної камери дозиметра при кожному встановленому значенні напруги не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Значення радіаційного виходу для кожного обраного номінального значення анодної напруги за n_i -го вимірювання (X_{ni}) та його середнє значення \bar{X}_i (мР/мАс) обчислюємо за формулами:

$$X_{ni} = \frac{D_{ni}}{I_1 \times t_1}; \quad (3)$$

$$\bar{X}_i = \frac{X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{ni}}{n}, \quad (4)$$

де D_{ni} – значення експозиційної дози n_i -того вимірювання, мР;

n_i – номер вимірювання;

n – кількість вимірювань для даного i -того номінального значення анодної напруги;

I_1 – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту;

t_1 – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Залежність радіаційного виходу (від номінальних значень анодного струму за постійності номінальних значень напруги на трубці і часу експозиції)

Цей контрольний тест виконують у тих випадках, коли конструкцією апарату передбачено незалежний вибір значень анодного струму і часу експозиції.

Встановити на ПУА значення напруги на трубці і часу експозиції в діапазоні звичайної роботи апарату (80 кВ; 0,1 с). Провести опромінювання за різних номінальних значень анодного струму в межах робочого діапазону (від 100 до 300 мА) з кроком 100 мА. Виконати опромінювання камери дозиметра при кожному встановленому значенні анодного струму не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Значення радіаційного виходу для кожного обраного номінального значення анодного струму за n_i -го вимірювання (X_{ni}) та його середнє значення \bar{X}_i (мР/мАс) обчислюємо так:

$$X_{ni} = \frac{D_{ni}}{I_{ni} \times t_1}; \quad (5)$$

$$\bar{X}_i = \frac{X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{ni}}{n}, \quad (6)$$

де D_{ni} – значення експозиційної дози n_i -го вимірювання, мР; n_i – номер вимірювання; n – кількість вимірювань для даного i -го номінального значення анодного струму; I_{ni} – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту; t_1 – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Залежність радіаційного виходу (від номінальних значень часу експозиції за постійності номінальних значень напруги на трубці й анодного струму)

Цей контрольний тест виконують у тих випадках, коли конструкцією апарату передбачено незалежний вибір значень анодного струму і часу експозиції.

Встановити на ПУА комбінацію значень напруги на трубці і анодного струму в діапазоні звичайної роботи апарата даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 100 мА). Провести опромінювання за різних номінальних значень часу експозиції в межах робочого діапазону (0,05; 0,1; 0,2 с). Виконати опромінювання камери дозиметра за кожного встановленого значення часу експозиції не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Значення радіаційного виходу для кожного обраного номінального значення часу експозиції за n_i -го вимірювання (X_{ni}) та його середнє значення \bar{X}_i (мР/мАс) обчислюємо за формулами:

$$X_{ni} = \frac{D_{ni}}{I_1 \times t_{ni}}; \quad (7)$$

$$\bar{X}_i = \frac{X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{ni}}{n}, \quad (8)$$

де D_{ni} – значення експозиційної дози пі-того вимірювання, мР; n_i – номер вимірювання; n – кількість вимірювань для даного i -го номінального значення часу експозиції; I_1 – номінальне значення обраного анодного струму (мА) при проведенні даного тесту; t_{ni} – номінальні значення обраного часу експозиції (с) при проведенні даного тесту.

Аналіз результатів вимірювань

Постійність радіаційного виходу за постійності номінальних значень усіх параметрів експозиції.

В цьому розділі визначаються: середнє значення радіаційного виходу та коефіцієнт варіації.

При цьому, коефіцієнт варіації вимірюваного радіаційного виходу визначається за формулою:

$$C_v, \% = \frac{100}{\bar{X}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (9)$$

де \bar{X} – середнє арифметичне значення вимірюваного радіаційного виходу; X_i – i -те виміряне значення радіаційного виходу; n – кількість вимірювань.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення напруги на трубці за постійності номінальних значень анодного струму та часу експозиції. Залежність оцінюють, виходячи з положення, що ця залежність являє собою ступеневу функцію вигляду U^n . Значення показника

ступеневої функції n визначають за формулою (2):

$$n = \frac{\lg X_n - \lg X_1}{\lg U_n - \lg U_1}, \quad (10)$$

де X_n – значення радіаційного виходу (мкГр/мАс) при номінальному значенні анодної напруги U_n (кВ); X_1 – значення радіаційного виходу (мкГр/мАс) при номінальному значенні анодної напруги U_1 (кВ); U_n – максимальне значення анодної напруги (кВ); U_1 – мінімальне значення анодної напруги (кВ).

Значення показника n ступеневої функції залежності радіаційного виходу від номінального значення напруги на ікс-променевої трубці за умови нормального функціонування рентгеновського апарата, має бути в межах 1,7 – 2,5.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення анодного струму за постійності номінальних значень напруги на трубці і часу експозиції.

При аналізі результатів цього контрольного тесту також виходять з положення, що ця залежність являє собою лінійну функцію. Значення радіаційного виходу, визначене за формулою (6), повинно залишатися постійним $\bar{X} = const$. Коефіцієнт варіації вимірюваного радіаційного виходу визначають за формулою:

$$C_v, \% = \frac{100}{\bar{X}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (11)$$

де \bar{X} – середнє значення радіаційного виходу за i -го значення анодного струму; X_i – i -те виміряне значення радіаційного виходу; n – кількість i -тих значень анодного струму, за яким проводились вимірювання.

Коефіцієнт варіації вимірюваних значень радіаційного виходу не повинен перевищувати 10 %.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення анодного струму представлена на рис. 1.

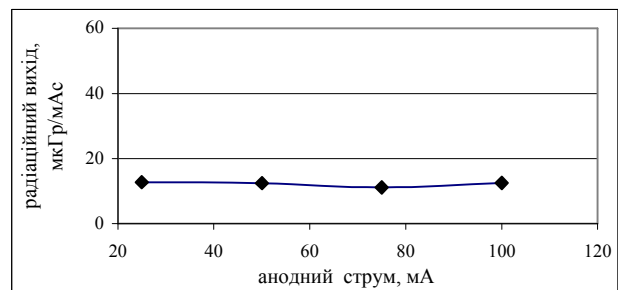


Рисунок 1

Залежність радіаційного виходу від номінальних значень часу експозиції за постійності значень напруги на трубці й анодного струму

Ця залежність також представляє собою лінійну функцію. За формулою (8) розраховуємо значення радіаційного виходу, яке повинно залишатися постійним $\bar{X} = const$.

Коефіцієнт варіації виміряного радіаційного виходу визначають за формулою:

$$C_v, \% = \frac{100}{\bar{X}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (12)$$

де \bar{X} – середнє значення радіаційного виходу за i -го значення часу експозиції; X_i – i -те виміряне значення радіаційного виходу; n – кількість i -тих значень часу експозиції, за яким проводились вимірювання.

Коефіцієнт варіації виміряних значень радіаційного виходу не повинен перевищувати 10 %.

Залежність радіаційного виходу від номінального значення часу експозиції представлена на рис. 2.

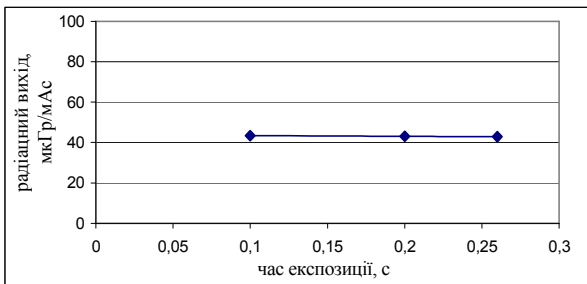


Рисунок 2

4.2 Контроль анодної напруги

Мета даного контрольного тесту полягає в порівнянні реальної анодної напруги, прикладеної до ікс-променевої трубки, з її значенням, встановленим на контрольній панелі рентгеновського апарату.

Об'єктами контролю є ступінь відхилення виміряного значення анодної напруги від номінального: за постійності значень інших параметрів експозиції (анодний струм, час експозиції); за зміни номінальних значень анодного струму.

Опис процедур виконання вимірювань

При вимірюваннях розташувати вимірювач напруги на столі для пацієнта таким чином, щоб поздовжній напрямком чутливої ділянки вимірювального детектора був перпендикулярним осі анод-катод ікс-променевої трубки.

Задля виключення впливу неоднорідності просторового розподілу інтенсивності випромінювання на результат вимірювань встановити відстань від фокуса трубки до чутливої ділянки вимірювача 100 см. Розміри радіаційного поля обираються більшими за чутливу ділянку, при цьому опромінювання з'єднувальних кабелів приладу повинно бути мінімальним.

Увімкнути вимірювальний прилад і через деякий час розпочати вимірювання.

Визначення відхилення виміряного значення напруги від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (анодного струму, часу експозиції).

Встановити на ПУА номінальні значення анодного струму та часу експозиції в діапазоні звичайної роботи даного рентгенодіагностичного кабінету (100 мА; 0,1 с). Провести опромінювання чутливої ділянки вимірювача за різних номінальних значень анодної напруги (50 до 100 кВ). Повторити вимірювання при кожному обраному значенні анодної напруги не менше 3-х разів.

Визначення відхилення виміряного значення анодної напруги від номінального за різних значень анодного струму.

Встановити на ПУА номінальні значення напруги на трубці та часу експозиції в діапазоні звичайної роботи апарату даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 0,1 с). Провести опромінювання чутливої ділянки вимірювача за різних значень анодного струму в межах робочого діапазону (від 100 до 300 мА) з кроком 100 мА. Повторити вимірювання при кожному встановленому значенні анодного струму не менше 3-х разів. Результати вимірювань внести до протоколу.

Аналіз результатів вимірювань напруги

Відхилення виміряного значення анодної напруги від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (анодного струму, часу експозиції).

Для кожного встановленого на ПУА значення анодної напруги розраховують середнє арифметичне значення величини реальної анодної напруги за результатами п'яти вимірювань і визначають різницю між ним і номінальним значенням.

При встановленому значенні номінальної напруги 100 кВ або менше різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинна перевищувати 10 кВ. При значенні номінальної напруги вище 100 кВ різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинно перевищувати 10 %.

Відхилення виміряного значення анодної напруги від номінального за різних значень ано-

дного струму.

Для кожного значення анодного струму, при якому проводили вимірювання анодної напруги, розраховують середнє арифметичне значення величини реальної анодної напруги за результатами трьох вимірювань і визначають різницю між цим значенням реальної анодної напруги і відповідним номінальним значенням.

При встановленому значенні номінальної напруги 100 кВ або менше різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинно перевищувати 10 кВ. При значенні номінальної напруги вище 100 кВ різниця між отриманим середнім і відповідним номінальним значенням анодної напруги не повинно перевищувати 10 %.

4.3 Контроль часу експозиції апаратів

Рекомендовані контрольні тести дозволяють визначити реальні значення часу експозиції за постійних умов опромінювання.

Об'єктом контролю є ступінь відхилення вимірюваного часу експозиції від встановленого за допомогою таймера при постійних значеннях усіх чинників експозиції (напруги на трубіці, анодного струму, часу експозиції).

Опис процедур виконання вимірювань

При вимірюваннях розташувати вимірювач часу експозиції на столі для пацієнта таким чином, щоб поздовжній напрямком чутливої ділянки вимірювального приладу був перпендикулярним осі анод-катод рентгенівської трубки. Для виключення впливу неоднорідності просторового розподілу інтенсивності рентгенівського випромінювання на результат вимірювань встановити відстань від фокуса трубки до чутливої ділянки вимірювача 100 см. Розміри радіаційного поля обираються більшими за чутливу ділянку, при цьому опромінювання з'єднувальних кабелів приладу повинно бути мінімальним.

Увімкнути вимірювальний прилад і через деякий час розпочати вимірювання.

Відхилення вимірюваного значення часу експозиції від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (напруги на трубіці, анодного струму)

Встановити на пульті керування рентгенодіагностичного апарата номінальні значення напруги на трубіці й анодного струму в діапазоні звичайної роботи апарата даного рентгенодіагностичного кабінету (80 кВ; 100 мА). Виконати опромінювання при різних значеннях часу експозиції в межах робочого діапазону. При виборі контрольованого значення часу експозиції необхідно враховувати припустимі значення встановлених експозиційних параметрів, щоб уникнути перевантаження рентгенівської трубки. При триваліших експозиціях слід витримувати біль-

ший інтервал між опромінюваннями, достатній для охолодження трубки. Повторити вимірювання при кожному встановленому значенні не менше 3-х разів.

Результати вимірювань внести до протоколу.

Аналіз результатів вимірювань

Відхилення вимірюваного значення часу експозиції від номінального за постійності значень інших параметрів експозиції (напруги на трубіці, анодного струму).

Для кожного встановленого на пульті керування апарата значення часу експозиції розраховують середнє значення вимірюваного часу експозиції за результатами трьох вимірювань і визначають різницю між середнім значенням часу експозиції та відповідним номінальним значенням.

Різниця між середнім значенням вимірюваного часу експозиції і номінальним не може перевищувати $\pm 10,0\%$.

5 Періодичність контролю

Контроль параметрів рентгенодіагностичних апаратів проводиться один раз на рік.

Якщо значення контрольованих параметрів не задовольняють установленим критеріям, відповідний контрольний тест рекомендується провести повторно. Перед проведенням повторних вимірювань слід переконатися, що використовуване дозиметричне обладнання функціонує нормально. За можливістю провести повторні вимірювання з використанням іншого аналогічного дозиметричного приладу, призначеного для відповідних вимірювань.

В разі повторного не виконання цього пункту, слід провести позачерговий технічний огляд рентгенодіагностичного апарату.

Висновки

В даній роботі представлена методика контролю дозоформуєчих параметрів рентгенодіагностичних апаратів.

Методика містить вимоги до проведення періодичних контрольних вимірювань параметрів апаратів для рентгенодіагностики, які суттєво впливають на якість рентгенівського діагностичного зображення і мають контролюватися для підтримки стабільності роботи систем рентгенівського зображення та скорочення дозових навантажень на пацієнта.

Список використаних джерел

1 Про удосконалення організації служби променевої діагностики та променевої терапії: Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 340 від 28 листопада 1997 р. – К., – 1997.

2 Контроль качества технических средств рентгенодиагностики: Сборник статей / Под ред. А. Ф. Цыба и А. М. Гурвича. – Обнинск, 1998.

Надійшла до редакції 31.10.2016

Рецензент: д.т.н., доцент Боряк Костянтин Федорович, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Л. В. Коломиєць, д.т.н., Ю. В. Овчаров, к.т.н., А. И. Стариш, А. И. Розмарица, О. В. Цильвик

КОНТРОЛЬ ДОЗОФОРМИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В статье приведена методика контроля дозоформирующих параметров рентгенодиагностических аппаратов.

Ключевые слова: рентгеновские аппараты, дозоформирующие параметры, контроль.

L. Kolomiets, DSc, Y. Ovcharov, PhD, A. Starish, A. Rozmarytsa, O. Tsilvik

MONITORING OF DOSE-FORMING PARAMETERS X-RAY DIAGNOSTIC INSTRUMENTS

The controlling technique of the dose-forming parameters for X-ray diagnostic devices is given.

Keywords: X-ray machines, dose-forming parameters, control.

УДК 615.47

Л. В. Коломієць, д.т.н., Б. Ч. Бердієв, О. С. Корчевський

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ АПАРАТІВ ГЕМОДІАЛІЗУ

Розглянуті питання метрологічного забезпечення процедури гемодіалізу, порядку проведення калібрування апаратів гемодіалізу та розробки універсальної конструкції адаптера кондуктометра.

Ключові слова: гемодіаліз, штучна нирка, кондуктометр, адаптер, калібрування.

Вступ

Як свідчить статистика, на превеликий жаль, відмінним здоров'ям нирок можуть похвалитися сьогодні одиниці. Ниркова недостатність виникає у 200 – 500 людей з одного мільйона населення. В наш час кількість людей, хворих нирковою недостатністю, щороку збільшується на 10 – 12 %. Коли нирки не справляються з функцією фільтрації, настає отруєння організму продуктами метаболізму через кров, що суттєво позначається на здоров'ї людини. При цьому продукти розпаду не виводяться із організму і поступово накопичуються, що в кінцевому підсумку призводить до порушень в роботі інших життєво важливих органів людини, збою функціонування всього механізму. На останній стадії захворювання консервативне лікування вже малоефективне, тому для очищення крові застосовують гемодіаліз. Це процедура, за якої кров людини пропускається через спеціальну очищувальну систему [1].

Метод гемодіалізу заснований на принципі дифузії та конвекції речовин з малою і середньою молекулярною масою через напівпроникну мембрану, що дозволяє видалити з крові токсичні речовини і продукти метаболізму [2].

Мета статті

Аналіз метрологічного забезпечення процедури гемодіалізу, розробка універсального адаптера для підключення кондуктометра в процесі перевірки апаратів гемодіалізу, які використовуються в медичних закладах України.

Будова та принцип дії апарату гемодіалізу

Загальний вигляд апарату гемодіалізу («штучна нирка») наведений на рис. 1.

Апарат гемодіалізу зазвичай складається з приладу для подачі крові, приладу для приготування та подачі діалізуючого розчину, монітору та діалізотору (рис. 2) [3].

Діалізотор є головним елементом апарату гемодіалізу і має в своєму складі напівпроникну мембрану із целюлози або штучних полімерів.