

## Література

1. Озонирование камер при хранении пищевых продуктов / Е.А. Ильина, В.В. Коваль, Р.А. Козлова и др. // Холодильная техника. – 1979. – № 8. – С. 56-57.
2. Т.П. Троцкая, И.Е. Голубец, А.Р. Генселевич, А.М. Миронов, В.М. Гришук. Санитарная обработка технологического оборудования и производственных помещений на предприятиях молочной промышленности методом озонирования // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч-практ. конф. – Минск, 2009. – С.14-20.
3. Новицкая Н.С. Инновация: озоновая технология для обеспечения санитарии и гигиены на молочных предприятиях // Молочная промышленность – 2009. – С. 42-44.
4. Литинский Г.А. Современные методы дезинфекции в пищевой промышленности и перспективы в условиях Молдавии. – Кишинев, 1993. – С. 6.
5. Резго Г.Я. Исследование изменения качества и сроков хранения полукопченых колбас в озонируемых камерах: Автореф. дис. канд. тех. наук – Л., 1975. – 32 с.
6. Дегтерев Г.П. Современные технологии в молочном животноводстве России и их влияние на качество сырого молока // Молочная река. – 2004. – Зима. – С. 12-15.
7. Озонирование как метод борьбы с вредителями мукомольного производства / Т.П. Троцкая, А.И. Рачковская 4-я Международная научная конференция студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (г. Могилев) 21-23 апреля 2004.
8. Гранкова Л.И. Производство семенного и производственного картофеля с использованием некогерентного красного света и озона в условиях южной части Нечерноземной зоны России: автореферат дис. канд. сельскохоз. наук – Москва, 2008. – 23 с.
9. Гениатулина И.А. Улучшение условий и охраны труда работников животноводства и птицеводства путем разработки и внедрения озонаторных установок: автореферат дис. канд. тех. наук – Орел, 2006. – 19 с.

УДК 663.46.011.067.1

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ ПИВА В УМОВАХ АВ «In Bev Україна»

**Лєвашов В.В., інженер з якості продукції  
Миколаївське відділення АВ «In Bev Україна»  
Мельник І.В., канд. техн. наук, доцент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

*Фільтрування пива — найважливіший процес у технології його приготування, тому що є останнім етапом процесу, який впливає на якість і термін зберігання продукту до розливу. При правильно підбраному співвідношенні різноманітних фракцій кізельгуру формується стійкий до змін рівень тиску первинного шару. Метою дослідження було вивчення параметрів при відфільтруванні нефільтрованого пива з досягненням при цьому високої якості фільтрату з найменшою ступеню муті і найменшою кількістю мікроорганізмів.*

*Filtration of beer is the most important process in technology of its preparation because it is the last stage of the process which influences on a quality and on a period of storage of the product before the pouring. With a correctly chosen correlation of various fractions of kieselguhr the level of pressure of primary sphere, which is stable to changes, forms. The main goal of research was examination of the parameters, when the filtration of not filtered beer is passing, with achievement of the filtrate of a high quality with the least degree of dregs and the least quantity of microorganisms.*

Ключові слова: фільтрування, кізельгур, нефільтрат, прозорість пива, різниця тиску, фільтраційна лінія, біологічна стабільність продукту.

Фільтрування — процес розділення, при якому з пива видаляються залишкові дріжджові клітини та інші зважені частинки муті. При фільтруванні відділяються також речовини, які можуть виділятися в пиві в найближчі тижні або місяці з пивовою мутністю.

Мета фільтрування — зробити пиво настільки стійким, щоб в ньому на протязі тривалого час не виникло ніяких видимих змін і пиво зберігало свій зовнішній вигляд.

Фільтрування проходить наступним чином. Мутна рідина (нефільтрат) завдяки фільтрувальній перегородці розділяється на прозорий фільтрат і фільтрувальний залишок або фільтруючий шар. Рухомою силою даного процесу завжди є різниця тисків на вході у фільтр і на виході із нього. Тиск на вході завжди більший тиску на виході. Чим більша різниця тисків, тим вищий опір фільтра, який являється наслідком фільтрування. Опір підвищується в кінці фільтрування [1, 2].

При приготуванні пива фільтрація має велике значення, так як є останнім етапом процесу, під час якого ще можна вплинути на якість і термін придатності продукту до того часу, коли його розіллють.

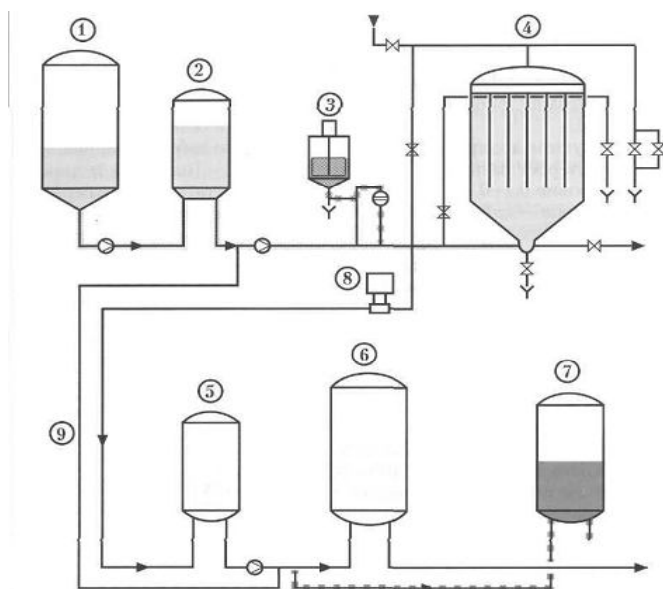
За допомогою фільтрації можна досягнути наступних результатів: збільшити прозорість пива завдяки усуненню муті, спричиненої надмірним вмістом білка і дубильними комплексами; покращити біологічну стабільність продукту шляхом видалення залишкових клітин дріжджів; знешкодження різних макромолекул, таких як протеїни, поліфеноли, полісахариди, а також  $\alpha$  і  $\beta$ -глюканів, які при транспортуванні і зберіганні можуть визвати помутніння в розлитому пиві.

Мета роботи: дослідження процесу фільтрації пива з визначенням оптимальних параметрів роботи кізельгурового фільтра, зокрема співвідношення дрібної і середньої фракції в суміші кізельгуру.

Фільтрація проводиться на фільтраційній лінії, яка складається з послідовно підключених в ряд сепаруючих апаратів, при цьому кожний етап виконується на певному специфічному апараті (рис. 1).

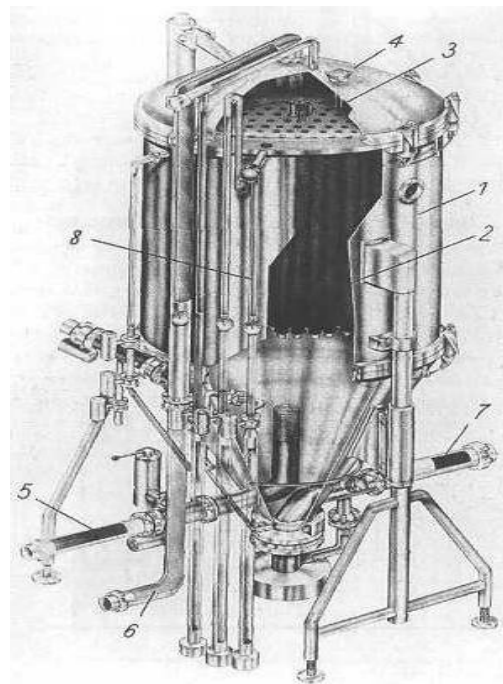
Мета намівної фільтрації полягає в тому, щоб за допомогою намівного фільтру і допоміжних фільтраційних матеріалів відфільтрувати не фільтроване пиво, досягнувши при цьому високої якості фільтрату з невеликою ступеню муті й найменшою кількістю мікроорганізмів.

Намівний свічний фільтр — це циліндрична вертикальна ємкість з конічним днищем, здатна витримувати надлишковий тиск (рис. 2).



1. Лагерний танк. 2. Буферний танк. 3. Дозатор.  
4. Кізельгуровий фільтр. 5. Буферний танк. 6. Форфас. 7.  
Танк збору смарочного пива. 8. Мутномір.  
9. Циркуляційний трубопровід

**Рис. 1 – Кізельгурова фільтраційна установка**



1. Корпус фільтру. 2. Фільтраційні свічки.  
3. Перфорована плита для кріплення свічок.  
4. Кришка фільтру. 5. Подача нефільтрату.  
6. Вихід фільтрату. 7. Викид кізельгуру.  
8. Деаераційна лінія

**Рис. 2 – Свічний фільтр (розріз)**

Під кришкою фільтра знаходиться перфорована пластина, до якої підвішені фільтраційні свічки. Фільтраційні свічки — це фільтраційні перегородки, на які намівається допоміжне фільтрувальний засіб (кізельгур).

По всій довжині фільтраційної свічки, яка може досягати більше 2 м, утворюються дуже вузькі щілини. У фільтрі може нараховуватися до 700 свічок. Це дає дуже велику фільтрувальну поверхню, котра гарантує високу виробничу потужність фільтру.

Фільтрувальна поверхня однієї фільтраційної свічки складає: при діаметрі 25 мм і довжині 1,5 м — 0,118 м<sup>2</sup>; при діаметрі 30 мм і довжині 1,5 м — 0,141 м<sup>2</sup>; при діаметрі 35 мм і довжині 1,5 м — 0,220 м<sup>2</sup>.

На свічному фільтрі встановлюється цілий ряд трубопроводів, з'єднань і контрольних приладів. Всі елементи фільтра розміщені таким чином, щоб ні за яких обставин не допустити потрапляння кисню в пиво (ні на початку, ні в процесі, ні в кінці фільтрації).

Подібна компоновка вимагає значних витрат.

Проведення процесу фільтрації і миття фільтру відбувається наступним чином.

Фільтр наповнюється деаерованою водою і переходить в режим циркуляції.

В воду дозується кізельгур для нанесення першого фільтрувального шару. Кізельгур наливається на свічки до тих пір, поки на свічках не утвориться опорний шар, вода повертається мутною. Після першого шару аналогічним шляхом наноситься другий шар кізельгуру.

Після намівання починається процес фільтрації. Нефільтроване пиво повільно, знизу вгору, витискає воду з фільтру. Пиво проходить крізь свічки і фільтрується. В пиво дозується суміш різної фракції кізельгуру, попередньо приготовленої в дозаторі суміші. Слід звернути увагу, що границя між водою і пивом не встановлена, і тому утворюється суміш води й пива — головний фільтраційний залишок.

Фільтрація проходить в такий же спосіб. Дозований кізельгур утворює все більш товстий шар навколо свічок, дозволяючи фільтрувати пиво більш ефективно, проте рівень тиску на вході у фільтр через більш великий шар кізельгуру збільшується. Цикл фільтрації повинен закінчуватися, коли максимально досягнутий рівень тиску досягає 6–8 бар.

Процес фільтрації закінчується тим, що пиво знизу витискається деаерованою водою. На цьому етапі також утворюється невелика кількість суміші пива і води — залишковий фільтрат, який повинен відділятися від основної маси фільтрованого пива.

Кізельгур видаляється в пастообразному або рідкому вигляді. Попередньо він видаляється із свічок поштотами стисненого повітря, або сумішшю води і стисненого повітря.

Миття фільтра здійснюється протитечією. Потік води чергується з подачею стисненого повітря, що призводить до утворення вихорів і повітряних поштотів, завдяки яким свічки добре промиваються зсередини.

На останньому етапі фільтр, всі трубопроводи і з'єднання стерилізуються підкисленою гарячою водою, після чого фільтр готовий до нового циклу фільтрації.

Кізельгур (діатоміт) — це осадова гірська порода, що складається переважно з решток діатомових водоростей. Зазвичай пухка або слабо зацементована, світло-сірого або жовтуватого кольору. В різних кількостях в діатоміті зустрічаються кульки (глобули) опалу, а також уламкові і глинисті мінерали. Хімічно діатоміт більш ніж на 80 % складається з водного кремнезему(опалу).

Таких водоростей налічується більше 15000 видів. Мільйони років тому вони покривали дно морів і океанів у такій кількості, що протягом часу з них утворився товстий шар. У деяких місцях товщина шару кізельгуру досягає декількох сотень метрів. Кізельгур добувають: в Ломпоку (Каліфорнія), Халіско (Мексика), Мювате (Ісландія), Мюрат (Франція), Аліканте (Іспанія), Аріке (Чилі) і в двох областях Китаю.

Видобуток кізельгуру на родовищах зазвичай проводиться відкритим способом. Кізельгур викопують екскаватором, сортують за якістю і вивозять на великих вантажних машинах на зберігання під відкритим небом. Матеріал подрібнюють, висушують при температурі 400 °С у роторних трубчастих печах. При такій обробці зберігається звичайна форма оболонки діатомітів і її пористість, яка дозволяє виготовляти кізельгур для дуже тонкої фільтрації.

Щоб можна було виготовити швидко фільтрувальний кізельгур, висушений матеріал нагрівають до 800 °С. Зовнішня оболонка кізельгуру спікається, утворюючи великі частинки. Внутрішня пориста структура та її фільтраційна активність залишається без змін. Характеристика типів кізельгуру, які використовуються для свічного фільтру, приведені у табл. 1.

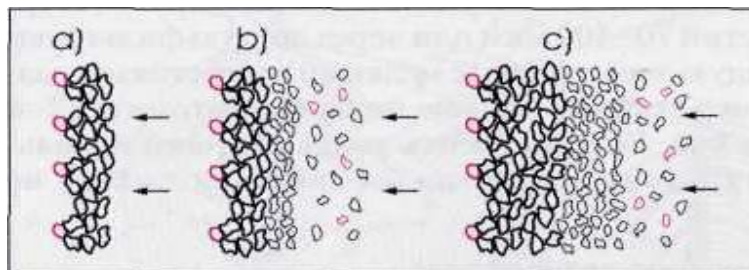
**Таблиця 1 – Характеристика типів кізельгуру**

Тип кізельгуру	Відносні витрати, г/г	Пропускна здатність (світло проникання), од. ЕВС	Фракції
Filter-Cel	100	100	Тонка
Standart Super-Cel	213	85	Середня
Hayflo Super-Cel	534	58	Груба

Фільтрація за допомогою кізельгуру проходить крізь дрібно пористу фільтрувальну поверхню з дрібними отворами, розмір яких більше дрібного діатоміту (2–4 мкм). Якщо наносити тільки тонкий кізельгур, то він проникає би крізь фільтрувальну поверхню не затримуючись, і пиво ставало ще більш каламутним, ніж було раніше.

Для досягнення бездоганного фільтраційного ефекту фільтраційний шар наносять в три етапи:

— 1-й основний (попередній) шар; деаерована вода або фільтруюче пиво циркулює крізь фільтр разом з концентрованою сумішшю грубого кізельгуру при надмірному тиску 2–3 бар. При цьому утворюється стабільний до змін тиску первинний шар, який повинен не допускати потрапляння дрібного допоміжного фільтраційного засобу в фільтрат. Цей первинний шар є найважливішим елементом для подальшого нанесення кізельгуру і фільтрації. Частинки цього первинного шару спираються один на одного і перешкоджають своєму подальшому пересуванню (рис. 3), для попереднього шару витрачають 700–800 г/м<sup>2</sup> кізельгуру, що становить 70 % від усього кізельгуру, використовуваного для нанесення попередніх шарів.



а) 1-й основний шар; б) 2-й основний шар; в) поточне дозування

**Рис. 3 – Нанесення кізельгуру**

— 2-й основний або запобігаючий шар; він необхідний для того, щоб після попередніх шарів вже перший фільтрат був прозорий. Цей шар знову намивається за допомогою деаерованої води або фільтруючого пива, але для нього використовують більш дрібні фільтраційно-активні розчини кізельгуру. Вони затримують муť і знижують закупорку фільтра. Велике значення має повністю рівномірне нанесення попередніх шарів на всю фільтраційну поверхню. Звуження поверхні в середині або з краю призводить до нерівномірності проходження фільтрату і може стати причиною підвищення мутності. Всього на основні шари загальною товщиною 1,5–3 мм витрачають близько 1000 г/м<sup>2</sup> кізельгуру. Процес триває 10–15 хв.

— Поточне дозування служить, перш за все, для того, щоб підтримувати проникність кізельгуру, а значить і продуктивність фільтра після початку фільтрації на постійному рівні. Постійна продуктивність необхідна, так як поштовхи тиску або нерівномірність стікання пива руйнують нанесені на свічки шари кізельгуру, і пиво буде з підвищеною мутністю, що не повинно відбуватися ні за яких обставин. Постійна продуктивність означає незмінне підвищення різниці тиску на вході і виході з фільтра. Необхідно докласти всіх зусиль, щоб підвищення різниці тиску відбувалося повільно і рівномірно до досягнення гранично допустимого надлишкового тиску: для наливних циліндричних фільтрів ця величина становить 6–8 бар за годину. У середньому різниця тисків повинна підвищуватися на 0,2–0,3 бар за годину. Склад суміші кізельгуру підбирається на виробництві дослідним шляхом. Зазвичай використовують для поточного дозування такий склад: на 2/3 із середнього і на 1/3 із тонкого кізельгуру. Витрати кізельгуру для поточного дозування становлять від 60 до 120 г/л пива.

При фільтрації зазвичай виникають ті чи інші проблеми, і невелика помилка може призвести до великих наслідків. Основними джерелами проблем при фільтрації можуть бути: звільнення газів — це означає появу повітряних пробок у фільтрі; нерівномірне нанесення попередніх шарів; дефекти в ущільненні вала, або не щільно встановлені свічки; використання неналежних фільтраційних засобів; мікробіологічні проблеми; важко фільтруюче пиво; помилки при проведенні процесу (наприклад, потрапляння O<sub>2</sub>).

Завдання в нанесенні попередніх шарів полягає у формуванні стійкого до змін рівня тиску первинного шару, що можливо при правильно підбраному співвідношенні грубого та дрібного кізельгуру. На перший шар необхідно витратити приблизно близько 70 % загальної кількості грубого кізельгуру. Другий шар наноситься у вигляді тонкого кізельгуру — приблизно так, через який в подальшому проводиться фільтрація.

У більшості випадків відмовляються від двох окремих попередніх шарів, і наносять шар, який складається з суміші грубого і тонкого кізельгуру в один прийом. Витрата кізельгуру в цьому випадку становить 800...1200 г/м<sup>2</sup> (це дорівнює товщині шару 1,5–3 мм). Об'ємна витрата рідини при нанесенні повинна бути при тиску 2 бар, в 1,5–2 рази більше об'ємних витрат рідини при фільтрації.

Нанесення попередніх шарів триває близько 10 хв. При дуже швидкому нанесенні і спорожнюванні виникають тріщини і завихрення, які зносять шар у бік, і тим самим, погіршують роботу фільтру.

При фільтрації різниця тисків між входом і виходом з фільтра постійно збільшується, так як фільтраційний шар стає все товще і товще і утворює все більший опір.

Дослідження проводились на кізельгуровому свічному фільтрі марки M27-L2-M (фірми Steinecker), оснащеному мішалкою FT-40. Останній цикл фільтрації закінчується при досягненні максимального тиску в фільтрі. Результати дослідження процесу фільтрування у 3-х послідовностях з різним співвідношенням фракцій кізельгуру представлені в табл. 2.

**Таблиця 2 – Результати дослідження**

Тривалість, год	Кількість дріжджів до фільтру, тис.	Тиск на вході, бар	Доза кізельгуру, г/гЛ	Мутність, од. ЕВС	
				до фільтру	після фільтру
<b>Дослід № 1</b>					
0	100	2,7	180	153,0	0,52
1	200	2,9	160	162,0	0,53
2	200	3,8	160	153,0	0,50
3	200	4,97	140	200,0	0,48
4	200	6,06	140	200,0	0,46
5	200	6,63	140	153,0	0,42
6	200	7,2	140	155,0	0,36
7	200	7,2	120	155,0	0,34
<b>Дослід № 2</b>					
0	250	2,67	180	193,0	0,56
1	250	2,94	180	180,0	0,52
2	200	3,75	160	172,0	0,50
3	100	3,99	120	120,0	0,50
4	50	4,46	100	150,0	0,43
5	150	5,46	120	156,0	0,41
6	150	5,83	120	146,0	0,38
7	50	6,6	120	148,0	0,38
8	50	6,98	120	143,0	0,38
9	50	7,03	120	142,0	0,34
10	200	7,22	120	168,0	0,34
11	200	7,25	100	168,0	0,34
12	200	7,18	100	167,0	0,32
<b>Дослід № 3</b>					
0	100	2,64	170	67,0	0,49
1	100	2,8	170	48,7	0,46
2	50	2,8	170	48,7	0,46
3	100	3,13	150	48,7	0,46
4	200	3,37	130	70,1	0,42
5	150	3,69	130	93,0	0,44
6	50	3,82	120	68,4	0,47
7	100	4,25	110	89,1	0,46
8	100	4,37	100	89,1	0,45
9	100	4,46	100	64,5	0,43
10	50	4,54	80	90,5	0,41
11	50	4,92	80	93,1	0,39
12	50	5,8	70	67,4	0,39
13	50	6,4	60	90,0	0,36
14	100	6,38	60	90,0	0,36
15	100	6,62	60	37,0	0,32
16	100	6,68	60	35,0	0,32

При потоковому дозуванні необхідно підтримувати зростання різниці тисків на постійному рівні 0,1–0,2 бар/год (в циліндричних фільтрах — 0,5 бар/год). Працюючи з сумішшю кізельгуру, можна змінити співвідношення кізельгурової суміші. Якщо використовують один сорт кізельгуру, то необхідного зрос-

тання тиску можна досягти шляхом зміни швидкості дозування. Фракційний склад кізельгуру, використаний при послідовно проведених 3-х дослідів, приведений на рис. 4.

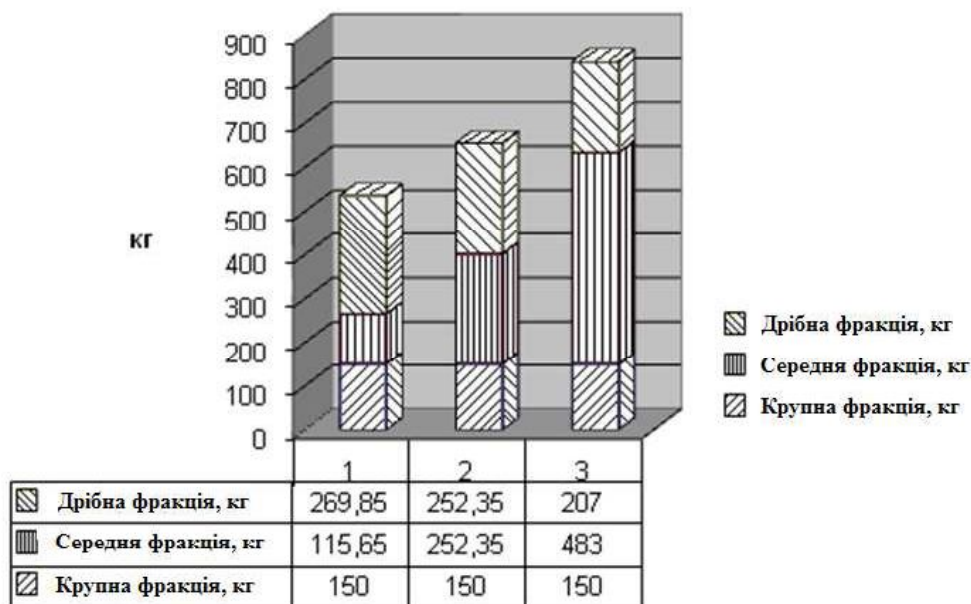


Рис. 4 – Витрати кізельгуру по фракціям, кг

При правильному дозуванні різниця тисків збільшується лінійно зі швидкістю 0,2 бар/год. При дуже низькому дозуванні лінійного збільшення тиску не відбувається, і дріжджі поступово закупорюють шар кізельгуру. Це призводить до незворотної втрати пористості фільтраційного шару, і в результаті, до стрімкого зростання рівня тиску (блокування). Прорив дріжджів, тобто так званий «дріжджовий удар», також є наслідком недостатнього за часом потокового дозування. Занадто велике дозування призводить до повільного підвищення різниці тисків і передчасного заповнення робочого об'єму фільтра кізельгуром. Проаналізовані результати досліджень представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Зведена таблиця результатів дослідження

Показники	Дослід №1	Дослід №2	Дослід №3
Витрати кізельгуру, г/гл	132	104	80
Витрати кізельгуру, кг	535,5	654,7	840
Кількість на фільтрованого пива, гл	2963	4378	6889
Середня мутність до фільтру, од. ЕВС	166,4	157,9	70
Мутність пива після фільтру, од. ЕВС	0,3	0,3	0,36
Тривалість, год	7	12	16

#### Висновки

В першому досліді за 7 годин роботи фільтра, де в суміші кізельгуру переважала дрібна фракція (50 %), отримали показники по мутності, котрі не перевищують гранично допустим норми (0,8 ЕВС), але на виході не досягаються задані об'єми виробництва готового пива, що потребує додаткової фільтрації.

В досліді № 2 за 12 годин роботи фільтра при використанні суміші кізельгуру (по 38,5 % дрібної і середньої фракції) також досягли необхідних показників пива по мутності, як і в досліді № 1. Цикл фільтрації збільшився на 5 годин і можлива додаткова фільтрація.

Третій варіант фільтрації найбільш оптимальний, тому що становить 16 годин, що не потребує в подальшому додаткової фільтрації, відфільтроване пиво відповідає параметрам якості, аналогічним в досліді № 1 і № 2, а також проведення процесу потребує найменших витрат енергії, води і кізельгуру.

#### Література

1. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: Пер. с нем. – СПб.: Профессия, 2001. – 921 с.
2. Тихомиров В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств. – М: Колос, 1998. – 448 с.