

УДК 681.5.017:663.551.5

Топольник В.Г., Кузьмін О.В.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ГОРІЛКИ НА ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Розширення торговельно-економічних зв'язків України на зовнішньому ринку і вихід на ринок лідерів вітчизняних виробників лікєро-горілочаної продукції змушують забезпечувати стабільну якість своєї продукції. Це вимагає від наукових і практичних працівників більш детального й комплексного розгляду питань виробництва якісної продукції.

Лікєро-горілочане виробництво – галузь харчової промисловості, яка випускає горілку та лікєро-горілочані напої, має завершений цикл виробництва – від прийняття сировини й допоміжних матеріалів до розфасування готової продукції у пляшки, укладання їх в ящики й передачі до складу готової продукції. Виробництво горілки складається з технологічних процесів підготовки посуду, води, приймання й зберігання спирту, змішування спирту з водою з подальшою обробкою водно-спиртового розчину активним вугіллям та фільтруванням [1].

Увагу фахівців лікєро-горілочаної промисловості найчастіше привертають ті технології, які сприяють поліпшенню не одного, а цілого ряду функціональних властивостей продукту чи параметрів процесу. При цьому проблеми технології розглядаються, як правило, у взаємозв'язку з технічними, організаційно-економічними й іншими питаннями, тобто комплексно.

Бурхливий розвиток науково-технічного прогресу в ХХ ст. та зросла складність досліджуваних процесів і явищ призвели до виникнення таких понять, як складні та великі системи, дослідження та аналіз яких пов'язані зі специфічними труднощами. Необхідність розв'язання цих проблем спричинила появу багатьох прийомів, методів, підходів, які поступово накопичувались, розвивались, узагальнювались, формуючи певну методологію подолання кількісних та якісних труднощів у процесі дослідження складних об'єктів [2]. Комплексне дослідження виробництва горілочаної продукції вимагає системного підходу до вирішення наукових проблем і використання відповідної методології – системного аналізу.

Сьогодні системний підхід використовують практично в усіх галузях знань. Апарат системного аналізу дає можливість розкрити закономірності функціонування технічних, біологічних, соціальних систем, логіку їхнього внутрішнього розвитку, і тому він широко застосовується в цих науках.

Отже, застосування методології системного аналізу є актуальним і продиктовано необхідністю подальшого поглиблення наукових досліджень в галузі виробництва горілочаної продукції, підвищення ефективності й оптимізації технологічних процесів.

Метою цієї роботи є подання складного об'єкта (виробництва горілки) у вигляді системи взаємопов'язаних моделей, що дає змогу формалізувати властивості об'єкта в цілому, його структуру та динаміку.

Виходячи з основних положень і понять системного аналізу, система – це відокремлена сукупність взаємодіючих між собою елементів, яка утворює деяку цілісність, має певні інтегральні властивості, що дозволяє їй виконувати в середовищі визначену

функцію представимо виробництво горілки на сучасних вітчизняних підприємствах як систему.

У системних дослідженнях доводиться розкласти об'єкт на обмежену кількість частин, враховуючи зв'язки між частинами, які характеризують їхню взаємодію. Саме із цього починається інтерпретація досліджуваного об'єкта як складної системи, а його частин – як підсистем. Підсистемою називають сукупність елементів, які об'єднані єдиним процесом функціонування та за взаємодії реалізують певну операцію, що необхідна для досягнення поставленої перед системою в цілому мети.

Якщо деякі підсистеми виявляються все ще занадто складними, то кожную з них можна поділити (зі збереженням зв'язків) на певну кількість більш дрібних підсистем. Процедура поділу підсистем можна продовжувати до отримання таких підсистем, які в умовах даної задачі будуть визнані досить простими та зручними для безпосереднього вивчення.

Найчастіше під структурою системи розуміють сукупність внутрішніх сталих та істотних зв'язків між елементами, яка визначає основні властивості системи. При цьому робиться акцент на тому, що структуру утворюють найсуттєвіші та найстійкіші відношення між об'єктами. Ці відношення формують саме ті системні властивості, які задають закон існування та функціонування системи, забезпечують збереження її основних властивостей за умови різноманітних зовнішніх і внутрішніх змін [3].

На рисунку 1 наведено структурну модель системи виробництва горілки.

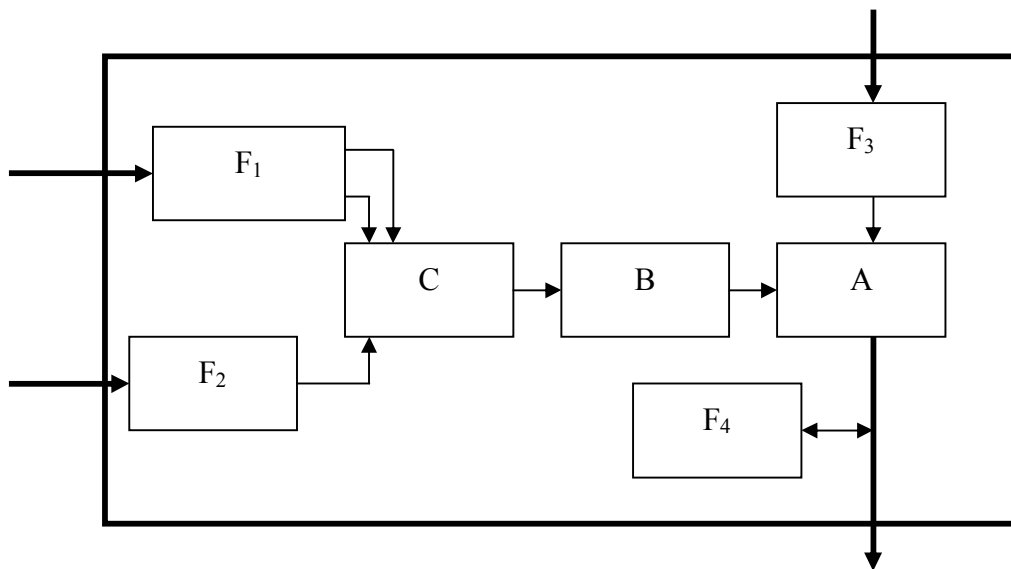


Рисунок 1 – Структурна модель виробництва горілки

Як видно з рисунка 1, система має границі, зв'язки з навколишнім середовищем – три входи й один вихід. Вхід системи – це дія на неї зовнішнього середовища. Вихід системи – результат функціонування системи для досягнення певної мети.

Складну систему, як правило, неможливо «охопити» повністю та детально описати, що на практиці не завжди необхідно. Основна проблема під час описування систем полягає в тому, що доводиться знаходити компроміс між простотою описання та необхідністю врахування численних факторів і характеристик складної системи. Як правило, ця проблема вирішується через ієрархічне описання системи, тобто система описується не однією моделлю, а кількома чи сімейством моделей, кожна з яких описує поведінку системи з погляду різних рівнів абстрагування.

З урахуванням останнього, усередині системи виділено сім підсистем, які мають технологічні зв'язки між собою у вигляді матеріальних потоків. Нами використано запропоновану [4] класифікацію виділених підсистем, суть якої полягає у виділенні підсистем, вихід яких повинен відповідати заданим технологічним показникам матеріального потоку. Підсистема *A* – це підсистема, вихід якої має відповідати вимогам стандарту (або іншої нормативної документації), відповідно до якої він направляється споживачеві. Підсистема *B* – вихід якої повинен відповідати заданим показникам якості, специфічним для даного виробу. Підсистема *C* – вихід якої відповідає вимогам наступних технологічних процесів. Підсистема *F* позначена як така, вихід якої відповідає вимогам поставленої мети її функціонування.

Так, система виробництва горілки має такі підсистеми: F_1 – підготовка води до використання у виробництві горілки; F_2 – підготовка спирту до використання у виробництві горілки; F_3 – підготовка посуду для горілки; F_4 – зберігання готової горілкової продукції; *C* – створення сортировки (водно-спиртового розчину); *B* – обробка сортировки; *A* – виробництво горілки.

Системний аналіз технологічного процесу передбачає його формалізацію. У загальному випадку, формалізація – це подання змістовної сторони явища (процесу), об'єкта спеціальними засобами. Такими засобами, які найчастіше використовують, є графічні моделі.

Формалізація технологічного процесу починається з подання його різними схемами. Найвищий ступінь формалізації технологічного процесу виражає операторна схема; вона узагальнено представляє його фізико-хімічну природу. У цій схемі, залежно від завдань дослідження, технологічний об'єкт подають або типовим оператором, або їхньою сукупністю.

Під час аналізу структури та процесу функціонування системи необхідно досліджувати її «вхід» і «вихід», а також «вхід» і «вихід» кожної підсистеми – елементної бази системи. «Вхід» і «вихід» – це ті елементи системи (підсистеми), які, відповідно, приймають вхідну або передають вихідну інформацію. Вхідна інформація підсистеми – це впливи інших підсистем і окремих елементів на досліджувану підсистему, які призводять до зміни стану останньої. Як вихідну інформацію підсистеми варто розглядати сукупність тих її впливів на інші підсистеми й окремі елементи, які призводять до зміни станів останніх.

Під час аналізу підсистеми варто розглядати лише ті її стани, зміна яких змінює або створює передумови для зміни стану деякої іншої підсистеми або елемента. Кожна така послідовна зміна станів повинна змінювати стан системи в цілому і впливати деяким чином на реалізацію основної функції системи. Причому зміна стану системи буде полягати (за визначенням поняття стану) або у втраті системою деякої властивості, або в придбанні додаткової нової властивості, або у зміні ознаки деякої властивості, або в кількісній зміні ознаки властивості. Інші стани підсистем і системи в цілому, тобто ті стани, що не дають вищевказаних результатів, інтересу під час дослідження систем не представляють.

В [5] до основних технологічних операторів віднесені оператори хімічного й біологічного перетворення, міжфазового обміну, змішування без збереження поверхні поділу, розділення. До допоміжних технологічних операторів віднесені оператори, які змінюють енергетичний і фазовий стан технологічних потоків: нагрівання або охолодження, стискання або розширення, змінювання агрегатного (фазового) стану речовини. Стосовно харчової промисловості введені оператори з'єднання зі збереженням поверхні поділу, ущільнення, усереднення, розчинення, формування й ін. Однак цих операторів недостатньо, щоб описати технологічний процес виготовлення будь-якої харчової продукції.

Крім того, для позначення ряду операцій і процесів у різних галузях виробництва іноді застосовують різні терміни.

Це утрудняє формалізоване подання фізико-хімічних і енергетичних явищ, що відбуваються під час виготовлення горілчаної продукції і вимагають від дослідника глибокого аналізу з метою уніфікації й конкретизації термінології з наступною її формалізацією у вигляді типових для цього виробництва операторів і процесорів.

Слід зазначити, що в [6] порушено семантичну логіку в застосуванні термінів «процесор» і «оператор». У цій роботі «оператор» використовується як сукупність «процесорів». Адже Великий тлумачний словник сучасної української мови [7] дає таке визначення: «Процес – послідовна зміна станів або явищ, що відбувається закономірним порядком»; «операція – окрема дія, частина якогось процесу, що виконується в один прийом». Із цього виходить, що процесор повинен поєднувати оператори, а не навпаки.

Технологічний процес виробництва горілчаної продукції – це сукупність окремих, головним чином послідовно проведених операцій. На ефект кожної операції впливає результат дії на матеріальний потік як у попередній, так і в наступній операціях.

На рисунках 2-6 наведено операторні схеми технологічного процесу виділених підсистем виробництва горілки на лікєро-горілчаних підприємствах компанії «Олімп».

Лікєро-горілчані виробництва використовують для приготування горілки як питну водопровідну воду, так і, що найчастіше, воду з особистого джерела природної води – свердловини, яку накопичують у відстійнику.

Питна вода як основа технологічної води відповідно до ГОСТ 2874-82, має відповідати гігієнічним, мікробіологічним, токсикологічним, органолептичним та фізико-хімічним вимогам.

На рисунку 2 наведено операторну схему підсистеми підготовки води для виробництва горілки. У цій підсистемі виділено три внутрішні підсистеми – процесори питної, пом'якшеної та демінералізованої води.

Для очищення природної води використовують відповідні блоки-оператори:

- фільтр для видалення трьохвалентного заліза, яке утворюється з двовалентного заліза під тиском киснем повітря, оскільки Fe^{3+} негативно впливає на якість горілки, надаючи неприємний «чорнильний» присмак й утворюючи невидиме оком помутніння;
- багат шаровий фільтр з пористих матеріалів для видалення механічних домішок;
- фільтр для видалення колоїдних органічних забруднень;
- карбоновий фільтр забезпечує зниження концентрації вільного хлору і більшої частини розчинених органічних сполук завдяки сорбції на активному вугіллі (АВ);
- ультрафіолетовий стерилізатор.

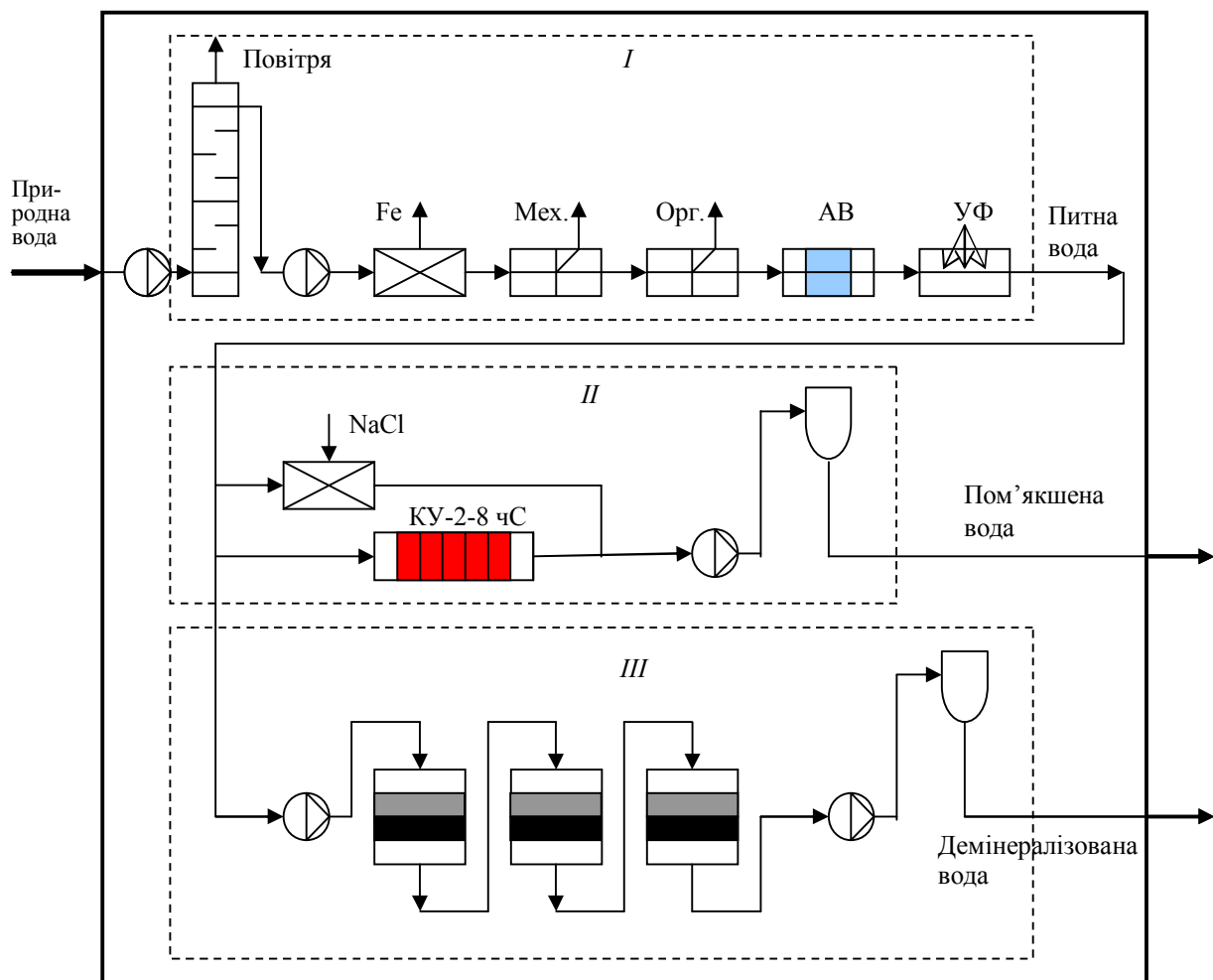
За способом підготовки воду для приготування водно-спиртового розчину частіше всього її поділяють на два типи: пом'якшену і демінералізовану.

Для отримання пом'якшеної води для зниження вмісту солей жорсткості (в основному Ca^{2+} і Mg^{2+}) використовують кухонну сіль та метод натрій-катіонування, заснований на застосуванні сильнокислотного катіоніту КУ-2-8 чС у натрієвій формі.

Для отримання демінералізованої води здійснюють неодноразове очищення води на селективно-проникливих жорстких мембранах методом зворотного осмосу під дією зовнішнього тиску, що перевершує різницю осмотичного тиску розчинів з обох боків мембрани. У зворотньо-осмотичному апараті використовуються мембранні фільтр-елементи, які видаляють до 99% розчинених неорганічних солей, до 99,8% розчинених органічних сполук і 100% мікрофлори.

Пом'якшена і демінералізована вода направляється у збірні ємкості.

На рисунку 3 наведено операторну модель технологічного процесу приймання та зберігання спирту етилового ректифікованого (СЕР).



I – процесор питної води;
 II – процесор пом'якшеної води;
 III – процесор демінералізованої води

Рисунок 2 – Операторна схема підсистеми підготовки води (F_1)

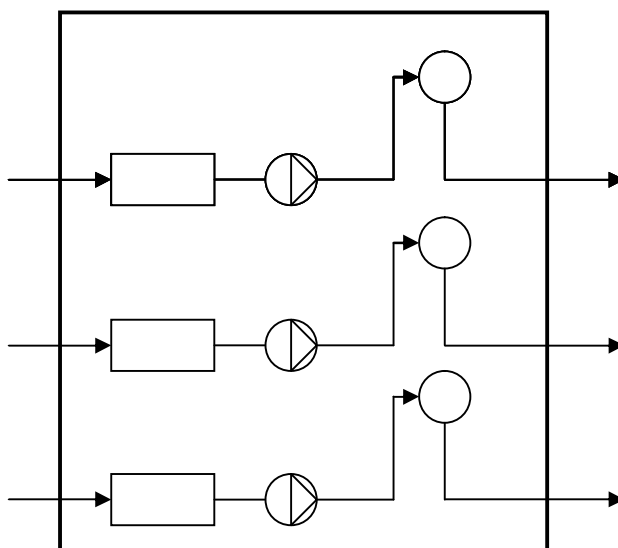


Рисунок 3 – Операторна схема підсистеми приймання й зберігання спирту (F_2)

За ДСТУ 4221:2003, СЕР для виробництва горілки розділяється на класи. До кожного з них встановлюються відповідні вимоги до показників

Фізико-хімічні й органолептичні показники СЕР залежать від конкретних умов виробництва на кожному спиртозаводі, однак з дотриманням вимог ДСТУ 4221:2003.

У реальних умовах різні партії спирту одного й того ж класу одного й того ж спиртозаводу дещо відрізняються за фізико-хімічними та органолептичними показниками. Тому під час приймання кожної партії спирту обов'язково проводиться його хімічний аналіз, дегустація і класифікація, за результатами чого спирт направляється до різних збірників для зберігання.

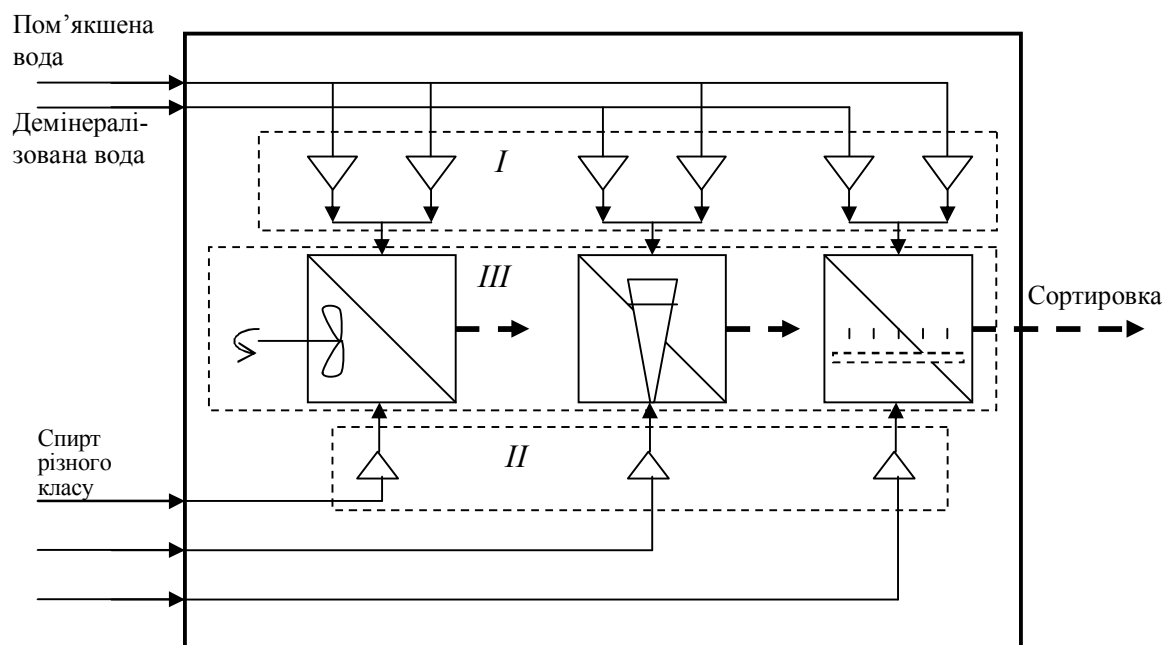
Спирт з відповідних збірників самопливом поступає для приготування водно-спиртового розчину (ВСР).

Для СЕР різного класу технологічна вода повинна готуватись у відповідності з вимогами СОУ 15.9-37-237:2005 за технологічним регламентом ТР У 18.5084-96 і технологічною інструкцією ТІ У-18 4466-94.

Для приготування необхідної якості (ВСР) сортировки потрібна така технологічна вода, яка б найкращим чином відповідала спирту даного класу. Так, горілка, приготовлена на пом'якшеній воді зі спирту будь-якого класу, за смаковими показниками м'яка, однак в умовах зберігання нестабільна, а приготовлена на демінералізованій воді – на смак пекуча, однак стабільна у зберіганні.

Оскільки вимоги до технологічної води не можуть урахувувати умови конкретного виробництва, виробник горілки має вирішувати одну з важливих проблем забезпечення відповідності властивостей води властивостям спирту. Залежно від класу використаного спирту, лікєро-горілчані виробництва застосовують різні співвідношення між пом'якшеною і демінералізованою водою.

З урахуванням вищевикладеного, на рисунку 4 наведено операторну схему процесу приготування сортировки.



I – процесор дозування води;

II – процесор дозування спирту;

III – процесор утворення водно-спиртової суміші

Рисунок 4 – Операторна схема підсистеми створення сортировки (С)

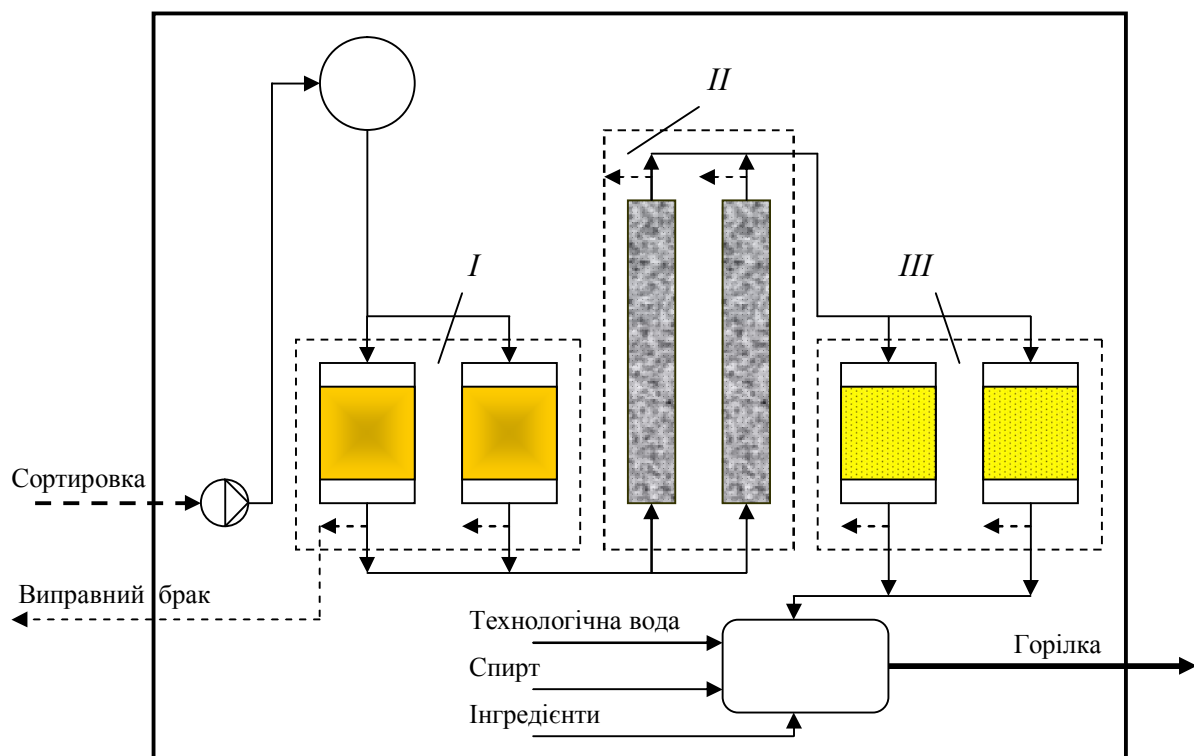
Мікроелементний склад вхідної води, що використовується у виробництві, залежить перш за все від води, яка надходить з природних джерел (у тому числі і водопровідна), а також від кліматичних умов і пори року.

За сучасною технологією за періодичного способу приготування водно-спиртових розчинів (сортировок) для кращого перемішування СЕР змішують з підготовленою водою в певній послідовності: спочатку в сортировочний чан подається розрахована кількість спирту, а потім додається вода. З метою отримання однорідних сумішей й інтенсифікації тепло- і масообміну під час змішування використовується примусове перемішування за допомогою механічних мішалок (найчастіше високошвидкісних пропелерних), пропускання стислого повітря (барботажний метод); під час безперервного способу за допомогою інжектора, доповненого турбулізатором, всередині якого розміщена перфорована труба (спосіб Полтавського ЛГЗ).

Готову сортировку перекачують насосом в напірну ємкість.

Для покращення органолептичних властивостей горілки сортировку обробляють активованим вугіллям (АВ). Вугілля адсорбує домішки і одночасно каталізує окислювальні процеси, які сприятливо впливають на якість горілки. Обробку сортировки здійснюють у динамічних умовах у фільтраційній батареї, яка складається з пісочних форфільтрів, вугільних колонок (однієї або двох), з'єднаних послідовно або паралельно, і пісочних фільтрів.

На форфільтрах відокремлюються механічні домішки, які містяться в сортировці. Фільтрація горілки після вугільних колонок через пісочні фільтри забезпечує утримання дрібнодисперсних часток вугілля, які утворюються внаслідок його стирання в процесі експлуатації, і обумовлює прозорість горілки.



I – процесор фільтрації сортировки;

II – процесор обробки сортировки активним вугіллям;

III – процесор фільтрації обробленої АВ сортировки

Рисунок 5 – Операторна схема підсистеми оброблення сортировки (В)

Фільтрацію через пісочні фільтри проводять зверху вниз. Сортировка з фор-фільтра в колонку поступає повільно, проходячи знизу вверх через шар АВ, а потім спрямовується на пісочні фільтри таким же чином, як і на форфільтри – зверху вниз. Перші мутні порції фільтрату після форфільтра і пісочного фільтра, а також сортировку пониженої міцності після вугільної колонки направляють у сортировочне відділення для переробки (виправний брак).

Горілка після вугільно-фільтраційної батареї надходить у збірник готової продукції (довідні чани), в які добавляють інгредієнти, передбачені рецептурою, і в разі необхідності міцність горілки доводять до стандартної, додаючи спирт або воду, перемішують та перевіряють на міцність.

Готову стандартну продукцію направляють на розлив.

Викладену технологію утворення горілки наведено на рисунку 5.

На рисунку 6 наведено операторну схему підсистеми А, призначену для створення готової горілкової продукції, яка надходить на ринок для продажу споживачу.

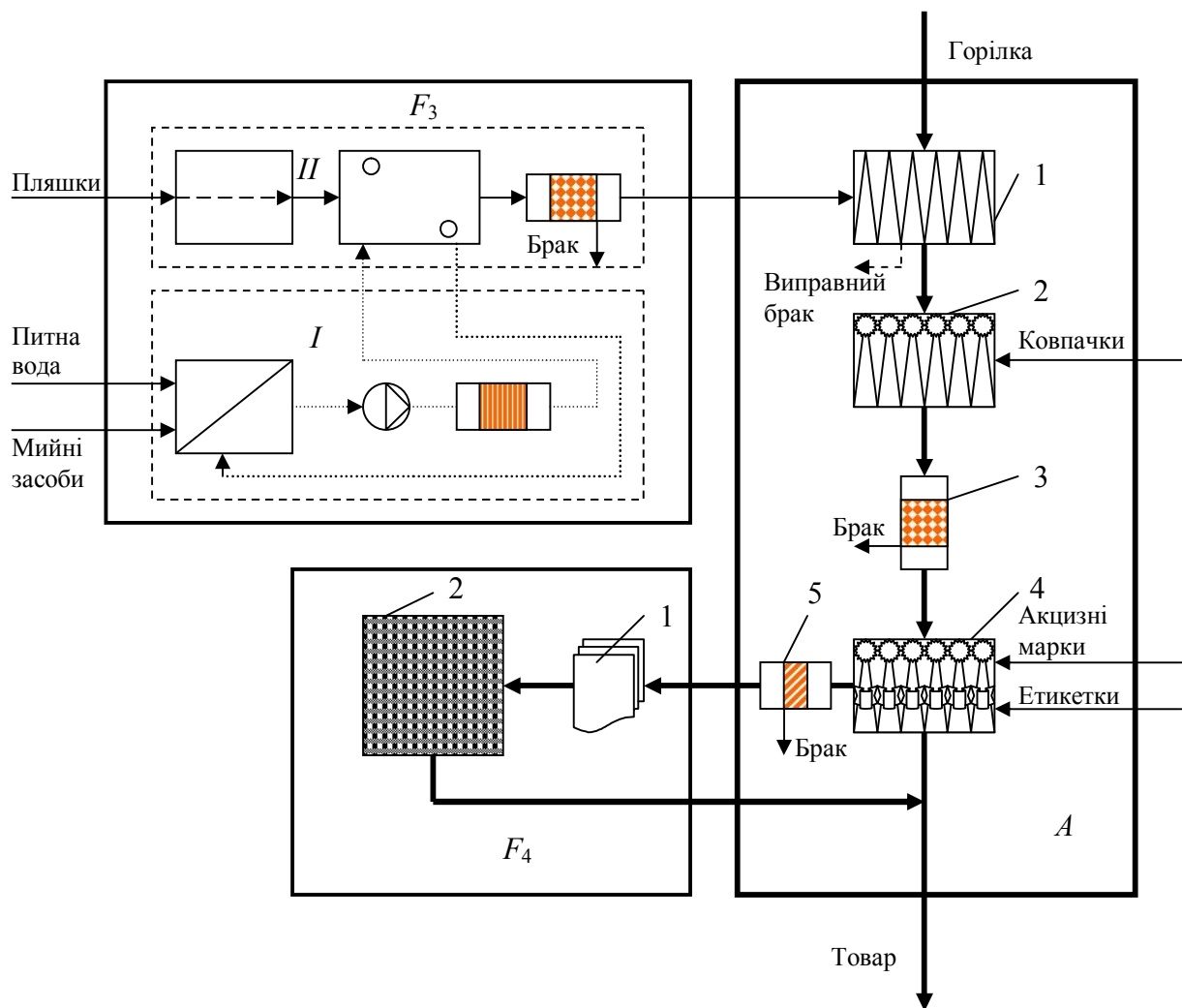


Рисунок 6 – Операторна схема технологічного процесу виготовленої горілкової продукції до реалізації споживачеві на ринку

Функціонування цієї підсистеми потребує функціонування двох допоміжних підсистем – підсистеми підготовки пляшок (F_3), яка складається з процесора утворення мийного розчину (I) і процесора їх миття з подальшою інспекцією вимитих пляшок, і

підсистеми (F_4) укладання пляшок з горілкою в ящики, складування та зберігання запасу готової продукції після проходження лічильника пляшок (1).

Підсистема A – це автоматична лінія, яка складається з розливного автомату (1), укупорочного автомату (2), бракеражного автомату (3), який забезпечує інспекцію якості укупорки пляшок з горілкою, після цього автоматом (4) наносяться на пляшки етикетки й акцизні марки і знову продукція проходить інспекцію (5). Готовий товар потім потрапляє на склад готової продукції або надходить на продаж.

Необхідно підкреслити, що операторна модель розробляється для проведення системного аналізу процесу, а не з метою дублювання технологічної схеми. Тому, залежно від мети системного дослідження, в операторних моделях одні ділянки технологічної системи можуть бути представлені в більш деталізованому вигляді, інші – в узагальненому (менш деталізованому) вигляді.

Більш детально представляється та ділянка технологічного процесу, що породжує проблему (де виникла проблема, на вирішення якої буде спрямовано системне дослідження технологічного процесу).

У підсумку необхідно відзначити, що структурна схема технологічного процесу як взаємозалежна сукупність технологічних операторів є вихідною моделлю для наступного системного його аналізу – формулювання проблем і пошуку способів їхнього рішення.

ВИСНОВКИ

1. Для розкриття закономірностей функціонування виробництва вітчизняної горілкової продукції використано сучасний метод дослідження складних систем.

2. Виробництво горілки представлено у вигляді семи підсистем, що мають певні вимоги до показників якості результату їхнього функціонування.

3. Функціонування кожної підсистеми описано змістовно і формально – у вигляді структурних операторних моделей.

4. Системний аналіз виробництва горілки на вітчизняних підприємствах дозволяє виявити проблеми якісних показників виходу з кожної підсистеми й з усієї системи в цілому.

Подальший напрямок наших досліджень буде полягати у виявленні проблем горілкового виробництва відносно відповідності реального виходу із системи і з кожної підсистеми, бажаного з точки зору виробника, споживача та чинної нормативної документації.

Список літератури

1. Технологічний регламент на виробництво горілок і лікero-горілчаных напоїв. ТР У 18.5084-96. – К. : УкрНДІспиртбіопрод, 1996. – 303 с.
2. Шарапов О. Д. Системний аналіз : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. / О. Д. Шарапов, В. Д. Дербенцев, Д. Є. Семьонов. – К. : КНЕУ, 2003. – 150 с.
3. Старіш О. Г. Системологія : підручник / О. Г. Старіш. – К. : Центр навч. л-ри, 2005. – 232 с.
4. Панфилов В. А. Оптимизация технологических систем кондитерского производства: Стабилизация качества продукции / В. А. Панфилов. – М. : Пищевая промышленность, 1980. – 248 с.
5. Остапчук Н. В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств / Н. В. Остапчук. – 2-е изд., доп. и перераб. – К. : Вища школа, 1991. – 368 с.
6. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / О. Н. Сафонова [и др.] ; под общ. ред. О. Н. Сафоновой. – Х. : ХГАТОП, 2000. – 200 с.
7. Загнітко А. П. Великий тлумачний словник. Сучасна українська мова від А до Я / А. П. Загнітко, І. А. Щукіна. – Донецьк : БАО, 2008. – 704 с.