МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ФАКУЛЬТЕТ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Дипломний проект на тему

**Технологія виробництва спирту на спиртовому заводі «Nemiroff»**

Студент: Букреєва

Ольга Михайлівна

Керівник: к.х.н., доцент

Шиян Петро Леонідович

# Київ-2006

**Зміст**

Вступ

1. Літературний огляд

2. Біохімія та мікробіологія процесу

2.1 Загальна характеристика дріжджів

2.2 Умови життєдіяльності дріжджів

2.2.1 Температура та рН

2.2.2 Склад поживного середовища

2.2.3 Види та джерела харчування

2.2.4 Інші фактори

2.3 Біохімія бродіння та дихання

2.3.1 Анаеробний розпад вуглеводів

2.3.2 Аеробний розпад вуглеводів

2.4 Мікроорганізми – супутники дріжджів

2.4.1 Характеристика сторонніх мікроорганізмів

2.4.2 Мікрофлора води та повітря

2.5 Природно чиста культура дріжджів

3. Технологічна частина

3.1 Опис апаратурно-технологічної схеми

3.2 Асортимент і характеристика готової продукції

3.3 Характеристика сировини та допоміжних матеріалів

4. Розрахунок основного та допоміжного обладнання

4.1 Конструктивний розрахунок ректифікаційної колони

4.2 Матеріальний баланс ректифікаційної колони

4.3 Тепловий баланс ректифікаційної колони

4.4 Гідравлічний розрахунок ректифікаційної колони

4.5 Розрахунок та підбір допоміжного обладнання

5. Економічна частина

5.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності будування підприємства

5.2 Техніко-економічна характеристика підприємства, що будується

5.3 Розрахунки економічної ефективності будівництва

5.3.1 Розрахунок початкових інвестицій і нормованих оборотних коштів

5.3.2 Розрахунок обсягу виробництва і реалізації продукції

5.3.3 Розрахунок чисельності виробничого персоналу та фонду заробітної плати

5.3.4 Розрахунок статей на виробництво і збут 1 дал. умовного спирту

5.3.5 Розрахунок ефективності заходу

6. Охорона праці та навколишнього середовища

6.1 Загальні питання охорони праці

6.2 Організація управління охороною праці на підприємстві

6.3 Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників

6.4 Промислова санітарія

6.4.1 Шкідливі речовини, які зустрічаються на виробництві

6.4.2 Метеорологічні умови

6.4.3 Вентиляція

6.4.4 Освітлення

6.4.5 Шум

6.5 Електробезпека

6.6 Пожежна безпека

6.7 Охорона навколишнього середовища

Висновок

Список використаних джерел

**Реферат**

В дипломній роботі викладені науково-технічні досягнення в області спиртового виробництва. Технічним рішенням проекту являється встановлення в ректифікаційному відділенні колони кінцевої очистки, що дозволить покращити якість спирту та збільшити його вихід.

Викладені та обговорені різні сучасні методи виробництва етилового спирту за різними технологіями з різноманітної сировини.

Проведений розрахунок основного та допоміжного обладнання.

Виконано розрахунок економічної доцільності виробництва етилового спирту з меляси на даному заводі, визначені собівартість продукції та присутні при цьому витрати.

МЕЛЯСА, СПИРТ ЕТИЛОВИЙ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ДРІЖДЖІ, СУСЛО, ДРІЖДЖЕГЕНЕРАТОР, БРОДІННЯ, САХАРОЗА.

**Реферат**

В дипломной работе изложены научно-технические достижения в области спиртового производства. Техническим решением проекта является установка в ректификационном отделении колонны конечной очистки, что позволит улучить качество спирта, а также увеличить его выход.

Изложены и обговорены различные современные методы производства этилового спирта по различным технологиям из различного сырья.

Проведен расчет основного и дополнительного оборудования.

Произведен расчет экономической целесообразности производства этилового спирта из мелассы на данном заводе, определена себестоимость продукта, а также расходы, сопровождающие производство.

МЕЛАСА, СПИРТ ЭТИЛОВЫЙ, РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОНА, ДРОЖЖИ, СУСЛО, ДРОЖЖЕГЕНЕРАТОР, БРОЖЕНИЕ, САХАРОЗА.

**Вступ**

В економіці України ринок алкогольної продукції займає вагоме місце. Сьогодні вітчизняна спиртова промисловість за рік може випускати більше 60 млн. дал спирту. Ставиться завдання покращити якісні показники спирту та горілки, знизити їх собівартість та підвищити ефективність переробки. На сьогодні усі питання, які пов’язані з виробництвом, реалізацією і споживанням етилового спирту та алкогольних напоїв в Україні, регулюються державою. Проте саме зараз доробляється законопроект про передачу спиртових заводів у приватну власність, що дозволяє будівництво спиртових заводів у безпосередній близькості до підприємств-виробників лікеро-горілчаних виробів.

З одного боку, виробництво спирту забезпечує економічну безпеку і технологічну незалежність країни. Таким чином, спирт – один з бюджетоформуючих продуктів. Проте, як показує практика, розвиток підприємств, що знаходяться у приватній власності, в наш час іде більш інтенсивно. До того ж алкогольні напої, виготовлені на власному спирті, відрізняються за органолептичними, економічними показниками, що робить їх більш конкурентноспроможними і відкриває ринок експорту високоякісних алкогольних напоїв.

Як приклад можна привести компанію «Nemiroff», що має у своїй власності лікеро-горілчаний та спиртовий заводи. Всі лікеро-горілчані вироби готуються з власного спирту, а надлишок продукту (спирту) підприємство має змогу продавати. Це робить виробництво лікеро-горілчаної продукції більш економічно привабливим з точки зору зниження собівартості сировини (спирту), що, в свою чергу, приводить до зниження собівартості лікеро-горілчаної продукції. А також підприємство-виробник лікеро-горілчаних напоїв отримує високоякісний спирт і має змогу сам контролювати його якість при надходженні на виробництво. Як результат, компанія «Nemiroff» за якістю алкогольних напоїв займає одне з перших місць, а також є великим експортером лікеро-горілчаних виробів на ринки країн ближнього зарубіжжя, Східної Європи та Америки.

Отже, проект передачі спиртових заводів у приватну власність має очевидні переваги, перш за все для споживачів та виробників лікеро-горілчаної продукції, а також у законі буде обумовлений державний контроль та частка прибутку, що надходитиме до державного бюджету, від виробництва спирту. Це робить проект привабливим і для держави також.

На сьогодні надзвичайно важливим фактором для спиртової промисловості є проблема зниження собівартості кінцевого продукту – харчового етилового спирту, покращення його якісних показників, а отже і покращення економічних та органолептичних показників лікеро-горілчаних напоїв.

Також етиловий спирт є привабливий у використанні з точки зору горючого для транспортних засобів. Якщо розглянути закордонний досвід використання етилового спирту як транспортного палива, то можна виділити такі позитивні моменти: перш за все - низька собівартість, по-друге – екологічно чистий вид палива, по-третє – ресурсозберігаючий фактор, в четвертих – економічна вигода від великих продажів продукту. Отже всі позитивні сторони для економіки країни освітлені. З точки зору привабливості для окремих підприємств-виробників спирту теж є свої позитивні сторони: спирт, як багатотоннажний продукт промисловості країни є велико прибутковим, до того ж відпадають витрати підприємств на повторну переробку отриманого низькоякісного спирту.

Надзвичайно велике значення в розвитку спиртової промисловості України має зниження дефіциту енергоносіїв шляхом розробки і впровадження у виробництво ресурсо- та енергозаощаджуючих технологій нового покоління. Для цього необхідний науково-обгрунтований підхід до споживання енергії виробництвами та прогнозування шляхів їхнього подальшого удосконалення. Резервом зниження витрат енергії і сировини є максимальна утилізація вторинних енергетичних ресурсів, оптимізація всіх технологічних процесів за допомогою математичного моделювання і комп’ютеризації.

Даним проектом передбачається будівництво нового спиртового заводу у смт. Немирів і знаходитиметься безпосередньо поблизу лікеро-горілчаного заводу, що теж є власністю корпорації «Немиров». Саме це передбачає покращення якості лікеро-горілчаних виробів, що виготовляються на лікеро-горілчаному заводі у смт. Немирів, а також зниження їх собівартості за рахунок зменшення витрат на сировину. До того ж корпорація отримуватиме додатковий прибуток від продажу спирту іншим підприємствам.

В умовах нестабільної ситуації на ринку енергоносіїв України все актуальнішою стає проблема зменшення витрат пари на перегонку і ректифікацію спирту. На середньостатистичному заводі її споживання складає близько 55 кг/дал, а використання запропонованої в даному проекті установки за патентом 2178 дозволить зменшити витрати пари до 35-40 кг/дал навіть при встановленні колони кінцевої очистки. Що зробить будівництво заводу економічно привабливим, з малим терміном окупності, а також дозволить виробляти спирт з малими затратами енергоносіїв, що в наш час являється найбільш актуальною темою.

Також актуальною проблемою із введенням нового ДСТУ на спирт етиловий ректифікований стало покращення якості спирту. Тому для зменшення вмісту головних домішок в спирті встановлено колону кінцевої очистки. Це дозволить не лише покращити його якість, а і збільшити вихід на 1-1,5%. Поліпшити якість спирту дозволить вода, що видобуватиметься із двох свердловин глибиною 700 м кожна, які дозволяють отримувати природно чисту питну воду, що має показники відповідно до ДСТУ. Все це дозволить збільшити прибутки. До того ж прибутки корпорації збільшаться за рахунок зручного розташування заводу (є можливість будування власної залізничної колії), зменшення витрат на транспортування спирту та сировини.

**1. Літературний огляд**

Сировина, що використовується для виробництва спирту, повинна щорічно відновлюватися в кількості, достатній для промислової переробки, мати високий вміст крохмалю чи цукру та добре зберігатися, що забезпечує економічну доцільність виробництва. Цим вимогам відповідають клубні картоплі, зерно рослин сімейства мятликових (злаків) та меляса.

Відповідно до географічного положення та структури господарства, що склалася, в різноманітних країнах для виробництва спирту використовують різноманітні види сировини.

**Картопля.** З усіх видів рослинної харчової сировини картопля в найбільшій мірі відповідає технологічним вимогам спиртового виробництва. З картоплі з одиниці посівної площі отримують в 3 – 4 рази більше крохмалю у порівнянні з зерном. Картопляний крохмаль швидше розварюється, утворюється рухливе сусло, в ньому знаходяться азотисті та фосфорні речовини в кількості, достатній для харчування дріжджів, з нього отримують найбільший вихід спирту. При переробці картоплі виробнича потужність заводу на 10% більша, ніж при переробці зерна, а витрати палива на 12% менші ніж собівартість спирту.

До недоліків картоплі як сировини для виробництва спирту відносять значні витрати праці на вирощування картоплі, погану зберігаїмость через великий вміст вологи та легке підупадання під вплив захворювань, а також великі витрати на транспортування на великі відстані.

**Зернові культури.** На спирт перероблюють будь-яке зерно, в тому числі й зерно, що не використовується в харчових та кормових цілях. Щорічний об’єм переробки складає (%): пшениці 50 (переважно дефектної), ячменю 20, ржі 12, кукурудзи 8, проса 5, вівса 2 та інших культур (грачихи, вікі, гороху, рису та ін.) 3. для приготування солоду використовують конвенційне високоякісне зерно.

**Кукурудза.** Із зернових культур кращою сировиною для виробництва спирту є кукурудза (Zea mays). В ній міститься порівняно більше крохмалю, менше клітковини, більше жиру (що підвищує харчову цінність барди). Родючість кукурудзи в 2 – 3 рази вища родючості інших зернових культур.

**Пшениця, ячмінь, овес, ріж.** Ріж (Secale), пшениця (Triticum), ячмінь (Hordeum) та овес (Avena) вирощуються в нашій країні та могуть використовуватися в якості сировини для виробництва спирту, проте виробництво спирту саме з цих зернових культур веде до великих грошових витрат, що в свою чергу впливає на підвищення собівартості спирту**,** до того ж технологічна схема виробництва спирту ускладнюється через необхідність розварювання сировини та осахарювання крохмалю.

**Меляса.** Мелясою називають останній маточний розчин – відтік, що утворюється при відокремленні кристалів сахарози на центрифугах. В мелясі містяться цукрі соку цукрового буряка чи цукрового тросику, що не видаляються при її хімічній очистці, та сахароза, яку виділяти класичним методом кристалізації вже економічно невигідно. При видобутку цукру з буряку вихід меляси у перерахунку на безводну коливається від 3,5 до 5% від її маси. З мелясою відходить від 10 до 15% усього цукру, що міститься в буряку, який перероблюється.

Відповідно до виду вихідної сировини для виробництва цукру розрізнюють бурячну та тросникову мелясу. В нашій країні цукровий тросник не вирощується, проте на цукрових заводах після буряку на білий цукор перероблюють імпортований цукор-сирець. Мелясу, що при цьому отримують називають сирцевою.

Меляса являє собою густу в’язку рідину темно-коричневого кольору зі специфічним запахом карамелі та меланоїдинів; бурячна меляса має також запах три метиламіну та інших летких амінів, що утворюються при розпаді бетаїну.

Для спиртового виробництва меляса – найкраща сировина. Цінність її в тому, що поряд з високим вмістом цукру в ній знаходяться всі речовини, необхідні для нормальної життєдіяльності дріжджів. При переробці меляси спрощується технологічна схема, тому що виключається операції розварювання сировини та осахарювання крохмалю ферментами солоду чи культур плісеневих грибів. В меляснім суслі відсутні декстрини та неосахарений крохмаль, тому воно швидше зброджується, при цьому зменшуються витрати вуглеводів, що зброджується, та збільшується вихід спирту у перерахунку на умовний крохмаль, знижується собівартість спирту та підвищується виробничисть праці. До того ж з мелясної барди можна отримувати великий асортимент цінних для народного господарства продуктів, які ідуть як побічні продукти при виробництві етилового спирту і на їх виробництво не потребується додаткових витрат. Що також робить економічно привабливим виробництво спирту з бурячної меляси.

Зараз в Україні при виробництві спирту із меляси заключною стадією виробництва являється перегонка бражки і ректифікація спирту.

Ректифікацію можна здійснювати в установках періодичної або безперервної дії. Ректифікаційні установки періодичної дії використовують найчастіше у виноробстві (виробництво коньяку). Недоліком установки періодичної дії є необхідність безперервного збільшення флегмового числа, тобто зменшення продуктивності установки для забезпечення заданого складу дистиляту, тоді як частина ЛЛК у кубі безперервно зменшується. Недоліком також є нерівномірність у часі споживання установкою енергії та охолодження агента.

В установках безперервної дії вихідну суміш безперервно подають у колону так само безперервно відводять дистилят з конденсатора і кубовий залишок з кубової частини колони. Обігрівання колони може бути відкритим або за допомогою кип’ятильника – так зване закрите обігрівання. Відкрите обігрівання допускається, коли конденсат водяної пари не дає шкідливих домішок. Його здійснюють за допомогою барботера, який занурюють в кубовий залишок. При закритому обігріванні поверхня теплообміну може бути розташована як безпосередньо в кубовій частині, так і поза її межами.

При одержанні ректифікованого спирту безпосередньо з бражки використовують брагоректифікаційні установки. Вони звичайно мають три основні колони та 1 – 3 додаткові, що встановлюють вразі необхідності. В залежності від способу включення бражної колони в схему розрізняють брагоректифікаційні установки прямої, непрямої та напівпрямої дії.

Принципова особливість установок прямої дії полягає в живленні спиртової колони спирто-водяною парою, що виходить безпосередньо з бражної колони. В установках прямої дії теплота граючої пари використовується дворазово.

Принципова особливість установок непрямої дії – попереднє вилучення з бражки спирту та супутніх йому домішок, в результаті чого одержується спирт-сирець (бражний дестилянт), який у рідкому вигляді направляється в елюраційну колону, а потім у спиртову для очистки.

Треба відзначити, що в установках непрямої дії колони зв’язані між собою тільки рідинними потоками, в той час як в установках прямої дії – рідинними і паровими потоками, що ускладнює регулювання їх роботи.

В установках напівпрямої дії живлення елюраційної колони водно-спиртовою парою, яка виходить безпосередньо з бражної колони, а не бражним дистилятом.

Незалежно від того яка брагоректифікаційна колона прийнята для встановлення виділення чистого концентрованого розчину етилового спирту (ректифікату) здійснюється в ректифікаційних колонах. Вони можуть працювати як під тиском так і під вакуумом. Спосіб контактування потоків може бути ступінчатим (у тарільчатих колонах) або безперервним (у насадних або плівкових).

Ректифікаційні колони можуть бути повними і неповними. Повна колона складається з відгінної і концентраційної частин. Живлення у повну колону вводиться в середню частину (на верхню тарілку відгінної частини колони).

Неповна колона має тільки відгінну частину або одну концентраційну. Живлення у неповну відгінну колону подається на її верхню тарілку, в неповну концентраційну – під нижню в пароподібному вигляді.

У колонах спеціальні контактні пристрої (тарілки, насадки) створюють умови, що сприяють максимальному наближенню взаємодіючих парового та рідинного котлів.

Конструкція контактного пристрою повинна забезпечувати якомога більш інтенсивний масообмін на ньому. Це досягається у першу чергу шляхом створення розвиненої поверхні контакту фаз. У практиці спиртової промисловості, як правило, застосовують тарілчасті контактні пристрої. Вони можуть бути ковпачковими, сітчастими, клапанними, лускоподібними та іншими [ 14].

На даний час на спиртових заводах використовують дві безперервні схеми: одно потокова і двопотокова.

Одно потоковою схемою передбачається приготування із антисептованої меляси однієї розсиропки концентрацією сухих речовин 22-24%, на якій спочатку розмножують виробничі дріжджі, а потім дозрілі дріжджі піддають подальшому зброджуванню. Одно потокову схему зброджування меляси рекомендують використовувати на спиртових заводах, де виробляють хлібопекарні дріжджі. При цьому стійкість виделиних дріжджів із дозрілої бражки вище, ніж при двохпотоковому методі переробці меляси.

Сутність двох потокової схеми зброджування меляси заклечається в тому, що перероблювану мелясу ділять на два потоки. Одну частину меляси, яку антисептують збагачують поживними речовинами, розбавляють водою до концентрації сухих речовин 12-14% і приготовану розсиропку використовують в якості поживного середовища для безперервного розмноження дріжджів в дріжджегенераторах. Іншу частину меляси без будь-якої підготовки розбавляють до концентрації 32-34% сухих речовин і направляють в головний бродильний апарат батареї, в якому змішують дозрілі дріжджі і бродильну розсиропку в співвідношенні 1:1. Проведення процесу зброджування по одно- і двох потоковій схемі принципово одинакове. Двох потокову схему доцільно використовувати на спиртових заводах, що не виробляють хлібопекарські дріжджі. Вона дає можливість отримати більш високий вихід і покращити якість спирту.

Поряд з цими методами зброджування меляси на спиртових заводах значне поширення отримав двухстадійний спосіб переробки меляси з використанням двох рас дріжджів. Він підвищує вихід спирту при переробці меляс, що містять рафінозу, а при переробці безрафінозної сировини – підвищують вихід і значно покращюють мальтозну активність хлібопекарних дріжджів. Мелясна розсиропка по цьому способу зброджується двома расами дріжджів, що вирощені в різних дріжджегенераторах. Одну расу дріжджів подають в головний бродильний апарат, іншу – в 4,5-ий. Щоб підвищити вихід спирту із меляси, що містить рафінозу, зброджування необхідно проводити в першій стадії дріжджами раси В, а у другій – дріжджами Г-75. Для отримання високих виходів дріжджів з підвищеною мальтозною активністю, мелясну розсиропку на першій стадії зброджують гібридами 112, у другій дріжджами раси В.

При одно потоковій вдосконаленій схемі застосовується знижена концентрація мелясної розсиропки для дріжджегенераторів. Одночасно для забезпечення встановленої міцності бражки необхідно внести в головні бродильні апарати необхідну кількість нерозбавленої меляси, яка недодана в дріжджегенератори. В дозрілій бражці, що отримана по такій схемі: накопичується менша кількість вторинних продуктів бродіння, особливо гліцерину, знижується величина незброджених цукрів і підвищується накопичення біомаси.

У зв’язку з викладенним вважаю доцільним зброджувати мелясу за одно потоковою вдосконаленою схемою, що вже довгий час дає гарні результати при використанні її на інших спиртових заводах.

Антисептування і стерилізацію меляси, а також додавання в неї необхідного для дріжджів фосфорного і азотного живлення проводять в апаратах антисептування переодичної дії.

Процес культивування дріжджів здійснюється в дріжджегенераторах. Вони можуть бути розміщені на одному рівні з бродильними апаратами з розмноженням дріжджів в одному-двох перших апаратах чи в групі паралельно працюючих апаратів, що розміщені над бродильною батареєю. В останньому випадку погіршується обслуговування і регулювання дріжджегенерування, необхідне більш високе виробниче приміщення, але процес розведення дріжджів проходить безперервно, без порушення роботи дріжджової і бродильної батареї при стерилізації одного із дріжджегенераторі. Така схема найбільш прийнятна для заводів, що виробляють хлібопекарські дріжджі, де необхідна більш часта затіна дріжджів.

Конструкція дріжджегенераторів повинна відповідати слідуючим вимогам:

1. Апарат повинен бути герметичним ы мати ефективний пристрій для миття і дезінфекції.

2. В апараті повинна бути мінімальна кількість внутрішніх пристроїв з простою, легкодоступною миттю і дезінфекції конфігурацією.

3. Повітря розподільча система повинна бути ефективною, нескладною по будові, стійкою і надійною в роботі з мінімальним гідравлічним опором.

4. Поживні речовини і дріжджі повинні рівномірно розподілятися по всьому культуральному середовищу.

В найбільшій мірі цим вимогам для умов спиртового виробництва конструкція дріжджегенератора з пневмоциркуляційним аератором.

Апаратурно-технологічну схему зброджування меляси на спирт необхідно вибрати таку, щоб вона забезпечувала хороший масообмін між дріжджовими клітинами і зароджуваним середовищем і створювала умови для ефективної профілактичн6ої стерилізації обладнання і трубопроводів.

Апаратурні схеми для безперервного зброджування меляси представляють собою складні системи з багатьма осередками інфікування бражки. Вони складаються з бродильних апаратів, послідовно з’єднаних в батарею системою трубопроводів для переміщення бражки по апаратам, а також насосів для перекачування бражки в період проведення періодичної стерилізації і додаткового верхнього розподільного трубопроводу. Тому стерилізація проводиться кожні 36 годин.

Установка для безперервного зброджування меляси складається з бродильних апаратів, що з’єднані між собою в батарею горизонтальними переточними трубопроводами, розміщеними між кожними двома апаратами. Переточні комунікації вварені по дотичній до циліндричної частини апарату для переміщення бражки в апаратах за рахунок енергії потоку. Внизу кожного бродильного апарату встановлені пропелерні мішалки.

При зброджуванні меляси утворюється значна кількість піни, яка викликає порушення технологічного режиму, приводить до виробничих втрат. Піну гасять хімічними і механічними методами. В якості хімічних піногасників використовують жироподібні речовини, що здатні на поверхні рідини утворювати плівку з невеликим поверхневим натягом, в результаті чого бульбашки піни лопаються. При виборі хімічних піногасників необхідно враховувати її вартість, ефективність гасіння піни і дію на дріжджі. Синтетичні жирні кислоти погіршують ріст дріжджів, тому в якості піногасників використовувати їх не бажано.

Для механічного гасіння піни в бродильних апаратах використовують недолив 7-10% до об’єму апарату. Між чотирма головними бродильними апаратами з обох сторін апарату встановлюють над рівнем бражки переточні трубопроводи для піни, яка переходить з головних апаратів в наступні і руйнуються на поверхню бражки.

Найбільш ефективним способом вловлювання спирту із газів бродіння є адсорбція його водою в спеціальних ловушках різної конструкції.

В спиртоловушках колпачкового типу подачу води регулюють так, щоб вміст спирту у виходящій водно-спиртовій рідині був 1,5-1,7%. При підвищенні міцності спиртові пари поглинаються неповністю і значна частина їх втрачається з виходящими газами.

Більш ефективна ловушка плівчато-конденсаторного типу. Ця ловушка працює по принципу абсорбції спиртових парів тонкою плівкою води із охолодженого газу, який турбулентно рухається назустріч воді в вертикальних трубах. Кінцева абсорбція спиртових парів водою проходить на сітчатих тарілках. Цією ловушкою практично вловлюється весь спирт і водно-спиртова рідина має міцність 5-7% об. Переваги такої лопушки дуже великі в порівнянні з іншими видами їх, тому її прийнято до встановлення.

Спирт-ректифікат безпосередньо із бражки отримують на установках прямого, напівпрямого і непрямої дії.

В апаратах прямої дії головні домішки виділяють безпосередньо із бражки в елюраційній колоні, яка зв’язана з бражною. Елюрована бражка надходить в бражну колону, де із неї виделяються решта етилового спирту, проміжні домішки, сивушне масло, азотні речовини і залишок головних домішок.

Спиртові пари, що виділяються в бражній колоні, розділяються на два потоки: великий надходить в ректифікаційну колону, де спирт зміцнюється і звільняється від проміжних і головних домішок, менший використовують в якості обігріваючого пару в елюраційній колоні.

Ці апарати найбільш економічні за витратами тепла, але якість спирту нижча, чим в апаратах непрямої чи напівпрямої дії. В експлуатації вони важче, так як порушення режимів в бражній і елюраційних колонах впливають на умови роботи ректифікаційної колони.

В установках напівпрямої дії бражка надходить в бражну колону, а пари з неї, пройшовши ловушку – в елюраційну колону. В ній флегма, що стікає в нижню частину колони, звільняється від головних домішок і в рідкому вигляді елюрат подається в якості живлення в ректифікаційну колону. В ректифікаційній колоні всі процеси проходять одинаково, як і в установках прямої дії.

Основним недоліком апаратів напівпрямої дії являється неправильне конструювання елюраційної колони,в якій відношення площ перерізів концентраційної і виварної частин рівні одиниці, а для забезпечення нормального режиму роботи переріз концентраційної частини повинен бути в 3-4 рази більше перерізу виварної. Тому експлуатаційні показники цих установок нижчі, ніж установок непрямої дії.

Установки непрямої дії відрізняються тим, що всі спиртові пари, що виділяються з бражної колони, конденсуються, і елюраційна колона живиться рідким конденсатом. Елюрат, звільнений майже повністю від головних домішок, надходить в ректифікаційну колону, де відбираються стандартний спирт, сивушне масло і сивушний спирт. Спирт етиловий головну фракцію відбирають з конденсатора елюраційної колони. Тепла і води в установках непрямої дії використовується приблизно стільки, скільки в апаратах напівпрямої дії. Перевагою апаратів непрямої дії являється те, що рідинне живлення всіх колон забезпечує незалежність їх роботи від зміни тиску, що забезпечує використання автоматичних приладів і регуляторів.

До установки приймаємо установку за патентом 2178. Перегонка і ректифікація при цьому буде здійснюватися в 4-х колонній БРУ: бражна, елюраційна і ректифікаційна колони, а також колона кінцевої очистки, що працює в режимі повторної ректифікації.

Це дозволить не лише зменшити витрати пари до 35-40 кг/дал, але й збільшити вихід ректифікованого спирту, так як зменшиться відбір спирту етилового головної фракції.

Використання в схемі закритого обігріву колон являється важливим джерелом економії тепла. В умовах мелясних спиртових заводів це дозволяє забезпечити живлення котлів на 90-95% конденсатом гріючого пару, різко скоротити витрати на хімічне очищення живильної води.

Отже для монтажу на даному заводі вибираємо брагоректифікаційну установку непрямої дії. Вона стабільна в роботі, легка в керуванні та регулюванні, на ній одержують спирт високої якості. Ректифікаційна колона у неї повна з багатоковпачковими тарілками і працює під тиском.

**2. Біохімія та мікробіологія процесу**

**2.1 Загальна характеристика дріжджів**

Цукор, що міститься в суслі, зброджується у спирт дріжджами Saccharomyes cerevisiae, які являють собою одноклітинні мікроорганізми, що відносяться до класу аскоміцетів (сумчастих грибів).

Зазвичай дріжджі розмножуються брунькуванням і дуже рідко (в умовах великого дефіциту поживних речовин) спороутворенням.

Дріжджові клітини бувають яйцеподібної, еліпсоїдальної, овальної чи витягнутої форми, яка як і їх довжина (6…11 мкм) залежить від умов росту та виду дріжджів. Відношення поверхні клітини до її об’єму впливає на швидкість масообмінних процесів між клітиною та поживним середовищем і, як наслідок, на інтенсивність життєдіяльності дріжджів.

Так, відношення поверхні клітини до об’єму дріжджів Sacch. cerevisiae раси XII дорівнює 0,46, термотолерантних дріжджів Sacch. Cerevisiae К-81 – 0,5…0,62, дріжджів Schizosaccharomyces pombe – 0,46. Дріжджі раси К-81 накопичують більше біомаси дріжджових клітин, ніж дріжджі раси XII, при різних значеннях рН середовища (3,2…4,2) і оптимальній температурі для кожної з них.

Дріжджова клітина складається із оболонки, цитоплазми та ядра. Зовнішня частина оболонки утворена полісахаридами типу геміцелюлоз, здебільшого мананом та невеликою кількістю хітину, внутрішня частина – білковими речовинами, фосфоліпідами і ліпоїдами. Оболонка регулює внутрішній стан клітини і має вибіркову проникливість, що суттєво відрізняє її від звичайних напівпроникливих мембран. Товщина клітинної оболонки дріжджів до 400 нм.

Цитоплазматична мембрана (плазмаламма) має товщину 7…8 нм, розміщена під клітинною стінкою і відокремлює її від цитоплазми. Плазмалемма - головна перешкода, що обумовлює осмотичний тиск в клітині, обумовлює вибірковий рух поживних речовин із середовища до клітини та вивід метаболітів із клітини. Плазмалемма складається із бімолекулярного шару ліпідів, до якого входять білкові молекули. Ліпіди зорієнтовані неполярними кінцями всередину, один до одного, а полярними – назовні.

Переміщення речовин через цитоплазматичну мембрану йде внаслідок молекулярної дифузії і в результаті активного руху, в якому беруть участь специфічні ферменти, і в цьому випадку речовини можуть проникати до клітини і проти градієнту концентрацій. Наприклад, амінокислоти швидко проникають до клітини із середовища, навіть якщо їх концентрація у цитоплазмі в 100 - 200 разів вища від концентрації у поживному середовищі.

Цитоплазма має гетерогенну структуру і тягучу консистенцію. Колоїдний характер її обумовлений білковими речовинами. Крім них у цитоплазмі містяться рібозонуклеопротеіди, ліпоїди, вуглеводи та велика кількість води. Цитоплазма молодих клітин ззовні гомогенна. При старінні в ній з’являються вакуолі, рівномірна зернистість, жирові і ліпоїдні гранули. В цитоплазмі з її органоїдами (хондріосомами, мікросомами, вакуолями) і включеннями йдуть важливі ферментативні процеси.

Мітохондрії (хондріосоми) мають форму зернинок, паличок чи ниток. Мітохондріальні мембрани складаються з білків (80%) і ліпідів (20%). До складу мітохондрій входять також поліфосфати, РНК і ДНК. Мітохондрії розмножуються самостійно, репліцирують власну мітахондріальну ДНК і продуцирують власні білки. Поживні речовини, проникнувши до клітини, адсорбуються і акумулюються хондріосомами і підпадають під швидкі перетворення внаслідок концентрації в цих осередках клітини відповідних ферментів. В мітохондріях повністю проходить цикл трикарбонових кислот і важливіша енергетична реакція – окислювальне фосфорилювання. Тому їх розглядають як основну «силову станцію» клітини. Тут же проходять реакції активування амінокислот в процесі синтезу білка, ліпідів та інших сполук.

Мікросоми (рібосоми) являють собою включення у вигляді субмікроскопічних зернинок, які складаються з ліпідів, білків та рибонуклеїнових кислот (РНК), що зумовлюють синтез білків за рахунок активованих амінокислот, які поступають із мітохондріальної системи.

Ядро – невелике шароподібне чи овальне тіло, оповите цитоплазмою та нерозчинне в ній. В ядерних структурах відокремлені у вигляді включень дезоксірибонуклеїнова кислота (ДНК) та її протеїд (ДНКП), міститься велика кількість РНК.

Обов’язків органоїд клітини вакуолі –ємкості, наповнені клітинним соком та відокремлені від цитоплазми вакуолярною мембраною. Форма вакуолів змінюється внаслідок руху і контракції цитоплазми. Вакуоль в молодих клітинах складається з великої кількості малих ємкостей, в старих – з однієї дуже великої. Клітинний сік являє собою водний розчин різноманітних солей, вуглеводів, білків, жирів та ферментів. У вакуолях скупчуються різноманітні сполуки, які повинні підпадати під ферментативні перетворення, утворює продукти життєдіяльності та відходи.

В молодих дріжджових клітинах жиру зазвичай нема, в зрілих він міститься лишень у невеликої кількості клітин у вигляді малих капель, у старих – крупних капель.

Глікоген – запасна поживна речовина, що накопичується при культивуванні дріжджів на середовищах, багатих цукром, і при нехватці його швидко витрачається. В молодих клітинах глікогену мало, в зрілих – значна кількість (до 40%).

По зовнішньому стану можна визначити фізіологічний стан дріжджів. У виробничих середовищах одночасно є молоді, зрілі, брунькуючиїся старі та відмерлі клітини. Найбільшою бродильною енергією володіють зрілі клітини.

Дріжджі, що використовують у виробництві спирту, повинні мати високу бродильну енергію (швидко і повністю зброджувати цукри) та анаеробний тип дихання, бути стійкими до продуктів свого обміну та продуктів обміну сторонніх мікроорганізмів, а також до зміни складу середовища, виносити велику концентрацію солей та сухих речовин, що містяться в суслі при переробці меляси повністю зброджувати рафінозу. При відокремленні дріжджів із зрілої бражки та використанні їх як хлібопекарських вони повинні відповідати вимогам, висунутим до хлібопекарським дріжджам по стійкості при зберіганні, під׳ємної сили, зимазній та мальтозній активності.

Збільшення бродильної активності дріжджів може бути досягнуто різними шляхами: мутагенезом, гибрідізацією та ін. Для отримання рас дріжджів з властивостями, які вимагалися, найбільш ефективним виявився метод гібридизації, тому що при схрещуванні двох батьківських видів дріжджів можна підібрати раси із заздалегідь відомими властивостями.

Способами генетичної інженерії отримані високоефективні раси дріжджів, які володіють амінокислотною активністю. Промислове використання таких дріжджів дозволить суттєво прискорити процес зброджування сусла і зменшити витрати оцукрюючи матеріалів.

**2.2 Умови життєдіяльності дріжджів**

До умов, що забезпечують нормальну життєдіяльність дріжджів, відносяться перш за все температура, рН та склад поживного середовища.

**2.2.1 Температура та рН**

Дріжджі живуть і розмножуються в обмежених температурних умовах, і для нормальної їх життєдіяльності необхідна температура 29 – 30 0С. за дуже великої чи дуже низької температури життєдіяльність дріжджів послаблюється чи припиняється. Максимальна температура для розвитку дріжджів 38 0С, мінімальна 5 0С; при температурі 50 0С дріжджі гинуть.

Оптимальні температури для розвитку та виявлення максимальної бродильної активності не завжди співпадають. Дріжджі вирощені при температурі, наприклад, 17 - 22 0С, мають велику бродильну енергію. Зброджування мелясного сусла при температурах, вищих за 30 0С негативно відображається на виході та якості дріжджів, як і відокремлені із зрілої бражкита використовуються в якості хлібопекарних. Ферментативна активність, під׳ємна сила та стійкість таких дріжджів при зберіганні знижується, тому для вирощування дріжджів і зброджування мелясного сусла рекомендується наступний температурний режим: 28 – 290С в дріжджегенераторах, 30 – 31 0С у двох головних бродильних апаратах і 28 – 29 0С в кінцевих апаратах.

При підвищенні температури дикі дріжджі та бактерії розмножуються значно швидше сахароміцетів. Якщо при 32 0С коефіцієнт розмноження диких дріжджів у 2 – 3 рази більше коефіцієнта розмноження сахароміцетів, то при 38 0С вже у 6 – 8 разів більше. Внаслідок прискореного розвитку бактерій збільшується кислотність бражки. В обох випадках зменшується вихід спирту.

На життєдіяльність дріжджів значною мірою впливає активна кислотність середовища. Йони водню змінюють електричний заряд колоїдів плазмової оболонки клітин і залежно від концентрації можуть зменшувати чи збільшувати її проникливість для окремих сполук та йонів. Від значення рН залежить швидкість надходження поживних речовин в клітину, активність ферментів, утворення вітамінів. При зміні рН середовища змінюється і напрямок самого бродіння. Якщо рН зсувається в лужний край, то збільшується утворення гліцерину.

Життєдіяльність дріжджів зберігається у рамках рН середовища від 2 до 8; для їх вирощування оптимальним являється рН 4,8 – 5. При рН нижче 4,2 дріжджі продовжують розвиватися, тоді як ріст молочнокислих бактерій зупиняється. Цю властивість дріжджів використовують для пригнічення розвитку бактерій в інфікованому середовищі, яке підкислюють до рН 2,8 – 4 і витримують визначений час.

**2.2.2 Склад поживного середовища**

Про потребу дріжджів в поживних речовинах судять за їх хімічним складом, що залежить від поживної речовини, умов культивування дріжджів та їх фізіологічних особливостей. Середній елементарний склад дріжджових клітин (%): вуглець 47, водень 6,5, кисень 31, азот 7,5 – 10,фосфор 1,6 – 3,5. вміст інших елементів незначний (%): кальцію 0,3 – 0,8, калію 1,5 – 2,5, мангану 0,1 – 0,4, натру 0,06 – 0,2, сірки 0,2. В дріжджах знайдені мікроелементи (мг/кг): залізо 90 -350, мідь 20 -135, цинк 100 – 160, молібден 15 – 65.

У пресованих дріжджах знаходиться 68 – 76% води і 32 – 24% сухої речовини. В залежності від стану колоїдів в дріжджовій клітині може бути 46 – 53% внутріклітинної вологи і 22 – 27% міжклітинної. При зміні загальної вологості дріжджів змінюється співвідношення між кількістю внутріклітинної та міжклітинної вологи. Видалення 85% води з дріжджів при температурі не вищої від 50 0С майже не впливає на їх життєдіяльність.

Сухі речовини дріжджів включають в себе 23 28% органічних сполук і 5- 7% золи. Склад органічних сполук наступний (%): білки 13 – 14, глікоген 6 – 8, целюлози 1,8 – 2, і жиру 0,5 – 2.

**Білок.** Дріжджі містять в середньому 50% сирого білку в перерахунку на суху речовину і близько 45% дійсного білку. До складу сирого білку входять всі сполуки азоту, до яких відносяться похідні нуклеїнових кислот, пуринові та піримідінові основи, азот вільних амінокислот.

**Глікоген.** При відсутності поживних речовин в середовищі глікоген перетворюється на спирт та діоксид вуглецю.

Наряду з глікогеном міститься трегалоза – дуже мобільний резервний вуглець, обумовлюючий стійкість хлібопекарських дріжджів. Вміст трегалози збільшується зі зменшенням азоту та при рН нижче 4,5.

**Жир.** До складу жиру входять здебільшого олеїнова, ліноленова і пальмітинова кислоти. Він містить 30 -40% фосфатидів.

**Зола.** Зола складається з наступних основних окислів (%): Р2О5 – 25 - 60, К2О – 23 – 40, СаО - 1 – 8, МgO – 4 – 6, Na2O – 0,5 – 2, SO3 – 0,5 – 6, SO2 – 1 – 2, Fe2O3 – 0,05 – 0,7.

**Мікроелементи.** Вони мають важливе значення для розмноження та життєдіяльності дріжджів, входять до складу ферментів, вітамінів та інших сполук, що беруть участь в їх синтезі. Мікроелементи впливають на швидкість та характер різноманітних біохімічних процесів. Наприклад, кобальт стимулює розмноження дріжджів, підвищує вміст в клітинах азотистих речовин небілкової природи, перш за все ДНК, РНК і вільних амінокислот. Він стимулює також синтез вітамінів – рібофлавіна та аскорбінової кислоти. Стимулююча дія мікроелементів обумовлена тим, що вони утворюють з ферментами металоорганічні та внутрішньокомплексні сполуки. Ефект, що отримаємо залежить від міцності зв’язку ферменту з молекулою субстрату чи активації субстрату в проміжному активному комплексі.

**Вітаміни та інші фактори росту.** Для нормального розвинення і спиртового бродіння дріжджі потребують вітаміни, які являють собою кофактори багатьох ферментів. Сахароміцети у більшій чи меншій мірі можуть синтезувати всі вітаміни, за виключенням біотину, який повинен обов’язково міститись в поживному середовищі.

Ненасичені жирні кислоти з 18 атомами вуглецю, особливо олеїнова, також являються важливими факторами росту. Стимулюючий вплив олеїнової кислоти спостерігається тільки при незначній її концентрації, не перевищуючої 0,5 мг/мл. При збільшенні концентрації швидкість росту дріжджів набагато зменшується.

**2.2.3 Види та джерела харчування**

Розрізняють екзогенне та ендогенне харчування дріжджів: при екзогенному харчуванні поживні речовини потрапляють до клітини із зовнішнього середовища, при ендогенному дріжджі використовують (в основному при голоданні) свої резервні речовини: глікоген, трегалозу, ліпіди азотисті сполуки.

**Вуглецеве харчування.** Дріжджі (Saccharomyes cerevisiae) використовують вуглець із різноманітних органічних сполук: глюкози, маннози, галактози, фруктози (D - форми). Пентози Sacch. cerevisiaeне асимілюють. При відсутності гексоз джерелом вуглецю можуть бути також гліцерин, маніт, етиловий та інші спирти, органічні кислоти (молочна, оцтова, яблучна, лимонна).

Слід враховувати поліауксію – послідовність споживання різноманітних джерел вуглецю. При періодичному культивуванні в першу чергу споживаються глюкоза та фруктоза. Послідовність засвоювання жирних кислот залежить від раси дріжджів, що використовуються, та складу цих кислот. Наприклад, оцтова кислота перешкоджає споживанню молочної, а молочна – гліколевий. Оцтова кислота і глюкоза засвоюються одночасно. Як правило, в першу чергу засвоюється з суміші те джерело вуглецю, яке забезпечує найбільшу швидкість росту дріжджів.

При безперервному культивуванні дріжджів зі збільшенням швидкості розбавлення середовища в ньому залишається більше вуглецевого компоненту, який засвоюється останнім.

Дісахариди, з яких спиртові дріжджі використовують мальтозу та сахарозу, попередньо підпадають під вплив гідролізу відповідними ферментами дріжджів до моносахаридів. При переході від анаеробних умов до аеробних послаблюється можливість дріжджів зброджувати глюкозу та мальтозу, а сахарозна активність їх підвищується в 2,5 рази. Дріжджі споживають мальтозу тільки при відсутності в середовищі фруктози та глюкози. Мальтоза зброджується майже повністю під час стаціонарної фази росту дріжджів.

Органічні кислоти мають важливе значення при метаболізмі вуглецю, енергетичному обміні мікроорганізмів, синтетичних та дисиміляційних процесах. Використання кислот жирного ряду в якості джерела вуглецю залежить від виду та раси дріжджів, концентрації кислоти, довжини її вуглецевого ланцюга та ступеня електролітичної дисоціації. Непоганими субстратами служать кислоти з довжиною вуглецевого ланцюга від С2 до С4 при порівняно низькій концентрації. Калійні солі кислот, що містять у молекулі від 2 до 5 атомів вуглецю, стимулюють ріст дріжджів в 1,4 – 3,3 рази сильніше порівняно з відповідними кислотами.

Жирні кислоти з середньою довжиною вуглецевого ланцюга (від С6 до С10) в значно меншій мірі споживаються дріжджами і тільки в умовах дуже низької концентрації (0,02 – 0,05%). При більш високій концентрації розвиток дріжджів пригнічується. Жирні кислоти з 12 – 17 атомами вуглецю в молекулі засвоюються вибірково в залежності від роду та виду дріжджів.

Будь-який з проміжних продуктів циклу Кребса (піровиноградна, лимонна, янтарна, фумарола, яблучна кислоти) можуть бути єдиними джерелами вуглецю для життєдіяльності дріжджів.

**Азотне харчування.** Дріжджі мають можливість синтезувати всі амінокислоти, що входять до складу їх білка, безпосередньо з неорганічних азотистих сполук при використанні в якості джерела вуглецю органічних сполук - проміжні продукти розпаду вуглеводів, які утворюються при диханні та бродінні.

Дріжджі Sacch. Cerevisiae засвоюють лишень дві форми азоту: аміачний та органічних речовин. Ці мікроорганізми ефективно використовують азот сульфату і фосфату амонію, мочевини, аміачних солей оцтової, молочної, яблучної та янтарної кислот. В присутності цукрів, що зброджуються. Аміачні солі є для дріжджів джерелом лише азоту; однак при використанні його звільнюються кислоти, що змінюють рН середовища. Аміачний азот використовується дріжджами краще, ніж азот багатьох амінокислот.

Амінокислоти – одночасно джерело азоту та вуглецю, при цьому останній засвоюється з кетокислот, що утворюються в результаті відщеплення аміногруп. Можлива і безпосередня асиміляція амінокислот з поживного середовища, яке містить їх повний набір та будь-який цукор, що зброджується. Як наслідок знижуються витрати цукру середовища на харчування дріжджів та дещо збільшується вихід спирту при бродінні.

Завдяки асиміляції амінокислот забезпечується синтез білка, в тому ж числі і ферментів, активуються деякі ферменти, що вже є в клітині, прискорюється процес брунькування дріжджових клітин.

Для споживання органічного азоту (амінокислот, амідов) багатьом дріжджам необхідні вітаміни (біотин, пантотеновая кислота, тіамін, пірідоксін та ін.). дріжджі не засвоюють такі азотисті сполуки, як білки, бетаїн, холін, пурини та аміни у вигляді етіламіна, пропіл- та бутіламіна. Пептиди займають середнє положення між амінокислотами та білками. Споживання дріжджами пептидів знижується з підвищенням їх складності. Деяка кількість пептидів в середовищі поряд з іншими формами азоту сприяють використанню амінокислот.

На утворення 10 млрд. дріжджових клітин витрати азоту в умовах анаеробіозу складають 66 – 77 мг, в умовах аеробіозу 37 -53 мг. Про умови культивування та фізіологічний стан дріжджів говорять по вмісту азоту в них, який залежить від складу середовища, кількості додатково вводимих поживних речовин та від раси дріжджів. В дріжджах, що отримують на спиртових заводах, загального азоту 7 – 10% (іноді до 12) на суху речовину.

**Фосфорне харчування.** В анаеробних умовах дріжджі засвоюють фосфор головним чином у початковому періоді бродіння – 80-90% від максимальної кількості в дріжджах. Молоді дріжджові клітини, що енергійно розмножуються багатші на фосфор у порівнянні зі старими, що не брунькуються. Наприклад, після 6 годин бродіння дріжджі містять 2,15% фосфору на суху речовину, до кінця бродіння – лише 1%.

**2.2.4 Інші фактори**

Швидкість росту дріжджів залежить від різниці осмотичного тиску в клітині та в суслі: чим вона більша, тим швидше розмножуються дріжджі. В наслідок цього більш активний фізіологічний стан дріжджів спостерігається при зброджуванні меляси за двох поточною схемою.

При обробці спиртових дріжджів ультразвуком в декілька разів підвищується активність інвертази, в деяких випадках стимулюється їх ріст.

Спирти, ефіри та слабкі розчини луг розчиняють липоїдниї речовини клітин дріжджів. спирти навіть у невеликих концентраціях (3 – 4%) гальмують брунькування дріжджів. однак в безперервному потоці середовища, що зброджується, дріжджі могуть розмножуватися при відносно високій концентрації спирту (7 – 8 об. %) та продовжувати зброджування цукрів до концентрації 10 – 12 об. %. розмноження дріжджів при безперервному зброджуванні залежить головним чином від вмісту поживних речовин та менше від кількості спирту в середовищі.

Формалін, кислоти та солі важких металів відносяться до плазматичних отрут. Невелика кількість формаліна (0,09%) порушує нормальну життєдіяльність дріжджів, а доза 0,001% гальмує їх брунькування. Зазвичай дози речовин, знижують бродильну енергію дріжджів, значно вище доз, затримуючих брунькування.

Сірчаниста, азотиста та фтористоводородна кислоти й їх солі в дуже малих концентраціях перешкоджають нормальному росту дріжджів.

Вільні органічні кислоти оказують більш інгібіруючу дію на дріжджі, ніж їх солі. Летючі органічні кислоти навіть в незначних концентраціях пригнічують їх розмноження та прискорюють їх відмирання. Найбільш сильні інгібітори – мелясна та капронова кислоти. Особливо чуттєві дріжджі до летючих органічних кислот при зниженні рН середовища до 4. в цих умовах через добу в дріжджовій популяції спостерігається велика кількість плазмолізованних клітин та бруньок.

Мурашина кислота знижує коефіцієнт розмноження дріжджів, не викликаючи при цьому відмирання клітин. Оцтова кислота - порівняно слабкий інгібітор.

Деякі важкі метали в дуже малих концентраціях вбивають дріжджові клітини (срібло – 0,000001%, мідь – 0,005%), а в концентраціях, що не піддаються визначенню хімічним аналізом, гальмують ріст дріжджів. Бактерицидна дія важких металів залежить від складу середовища, її кислотності, температури та густини дріжджової популяції.

В разі присутності фурфуролу в середовищі, що зброджується, зменшується кількість клітин, що брунькуються, та їх розмір. Навіть при незначному вмісті фурфуролу знижується мальтозна і зимазна активність дріжджів, що були виділені з мелясної бражки.

Сульфонал у невеликих концентраціях (70 – 100 г на 1 т меляси) не впливає на життєдіяльність дріжджів і пригнічує молочнокислу мікрофлору. Хлор, хлорне вапно, манганокислий калій, сильно окислюючи органічні сполуки, руйнують їх.

В бражках з підвищеним вмістом йонів Са, Мg, Fe у дріжджових клітин втрачається водна оболонка, через що зменшується йонна сфера й електричний заряд на поверхні клітин і створюються умови для аглютинації дріжджів.

Спиртові раси дріжджів мають негативний електрокінетичний потенціал: від -7 до -13 мВ, через що вони адсорбують на своїй поверхні меланоїдини з позитивним потенціалом. Зі зниженням рН середовища електрокінетичний потенціал меланоїдинів зростає, у зв’язку з чим збільшується ступінь адсорбції їх на дріжджових клітинах. Меланоїдини присвоюють дріжджам темний колір, сприяють відмиранню дріжджових клітин, і, як наслідок, приводять до зниження їх ферментативної активності, а саме активності інвертази та каталази.

Десорбція фарбуючи речовин з поверхні дріжджової клітини проходить інтенсивно при рН промивної води вище 9. При рН близько 3 фарбуючи речовини не десорбуються.

Багато ферментів дріжджів активуються в присутності сульфгідрильних сполук, що містять SH-групи, таких, як цистеїн, глютатіон. Ці сполуки легко перетворюються одне в друге, мають важливе значення в активуванні та шелюгуванні дії багатьох окислювально-відновлювальних і гідролітичних ферментів, що визначають життєдіяльність та обмінні процеси мікроорганізмів.

SH-групи грають важливу роль в ланцюгу окислювально-відновлювальних реакцій, і являються необхідною ланкою в передаванні електрона від сукцината до кисню повітря через цитохром. Активність багатьох дегідрогеназ, флавонових та пірідоксалевих ферментів пов’язана з наявністю в молекулі вільних SH-груп.

Відновлений глютатіон та цистеїн прискорюють спиртове зброджування внаслідок відновлення SH-групи толових ферментів, що беруть участь в анаеробному та аеробному окислюванні цукрів. Однак використання цих речовин дуже дорого коштує та економічно недоцільне; в якості їх аналогів може бути використаний дріжджовий автолізат.

**2.3 Біохімія бродіння та дихання**

**2.3.1 Анаеробний розпад вуглеводів**

Ферментативна дисиміляція вуглеводів в анаеробних умовах, що відбувається з виділенням енергії та приводить к утворенню продуктів неповного окислення, називається бродінням. В цьому процесі акцептором водню слугують органічні сполуки, які утворюються в реакціях окислення (наприклад, оцтовий альдегід при спиртовому бродінні); кисень у цих реакціях не бере участі.

Схема хімічних перетворень при спиртовому бродінні описується такими послідовностями:

- утворюються фосфорні етери цукрів. Під впливом ферменту гексокинази та аденілових кислот, що є донорами та акцепторами фосфорної кислоти, глюкоза перетворюється в глюкопіранозо-6-фосфат. Аденілові кислоти в дріжджах містяться у вигляді аденозинмонофосфату (АТФ), адинозиндифосфату (АДФ) та аденозинтрифосфату (АТФ). Гексокиназа каталізує перенос однієї фосфорної групи з АТФ на глюкозу. При цьому АДФ перетворюється в АДФ, а залишок фосфорної кислоти приєднується по місцю розташування шостого вуглецевого атома. Дія ферменту активується йонами мангану. Подібно до цього йде перетворення D-фруктози та D-манози. Глюкокіназна реакція визначає швидкість процесу бродіння.

- глюкозо-6-фосфат під дією ферменту глюкозофосфатизомерази підпадає під вплив ізомеризації – перетворенню в глюкозо-6-фосфат. Реакція зворотна та здвигнута у бік фруктозо-6-фосфату.

- фруктозо-6-фосфат під дією ферменту фосфофруктокинази приєднує по місцю першого вуглецевого атому другий залишок фосфорної кислоти за рахунок АТФ та перетворюється в фруктозо-1,6-дифосфат. Ця реакція практично не зворотна. Молекула цукру переходить до оксоформи та стає лабільною, що має можливість до подальшого перетворення, тому що послаблюється зв'язок між третім та четвертим атомами вуглецю.

- під дією ферменту альдолази (що активується йонами Со2+, Са2+, Zn2+) фруктозо-1,6-дифосфат розпадається на дві фосфотриози – 3-фосфогліцериновий альдегід та фосфодиоксіацетон. Ця реакція зворотня.

- між фосфотриозами відбувається реакція ізомеризації, що каталізується ферментом триозофосфатізомеразою. Рівновага встановлюється при 95% 3-фосфогліцеринового альдегіду та 5% фосфодіоксиацетону.

- в індукційний період, поки що в якості проміжного продукту не утворюється оцтовий альдегід, між двома молекулами 3-фосфогліцеринового альдегіду під впливом ферменту альдегідмутази при участі молекули води проходить реакція дисмутації. При цьому одна молекула фосфогліцеринового альдегіду відновлюється, та утворюється фосфогліцерин, друга окислюється в 3-фосфогліцеринову кислоту. Фосфогліцерин у подальших реакціях не бере участі та після відщеплення фосфорної кислоти являється побічним продуктом спиртового бродіння.

При встановленому процесі окислення 3-фосфогліцеринового альдегіду в 3-фосфогліцеринову кислоту проходить складним шляхом. Спочатку він перетворюється в 1,3-дифосфогліцериновий альдегід, приєднуючи залишок неорганічної фосфорної кислоти, після цього під дією ферменту триозофосфатдегідрогенази у присутності НАД (нікотинамідаденіндинуклеотиду) окислюється в 1,3-дифосфогліцеринову кислоту. НАД, коли вступає в реакцію зі специфічним білком, утворює анаеробну дегідрогеназу, яка має властивість віднімати водень безпосередньо від фосфогліцеринового альдегіду та інших органічних сполук.

- при участі ферменту фосфотрансферази залишок фосфорної кислоти, що містить макроенергетичний зв'язок, передається з 1,3-дифосфогліцеринової кислоти на АДФ з утворенням АТФ та 3-фосфогліцеринової кислоти. Енергія, що звільнюється при окисленні фосфогліцеринового альдегіду, резервирується в АТФ.

- під дією ферменту фосфогліцеромутази 3-фосфогліцеринова кислота ізоиерується в 2-фосфогліцеринову кислоту.

- в результаті віддавання води, що викликано перерозподілом внутрішньої енергії, 2-фосфогліцеринова кислота перетворюється у фосфоенолпіровіноградну кислоту, яка містить макроенергетичний зв'язок. Реакцію каталізує енолаза, що активується йонами Mn2+, Mg2+, Zn2+.

Максимальна дія енолази виявляється в інтервалі рН 5,2 -5,5. При рН 4,2 молекули енолази агрегуються, при рН 3 – 4 денатурується не зворотно.

- під дією ферменту фосфотрансферази у присутності йонів К+ залишок фосфорної кислоти передається від фосфоенолпіровіноградної кислоти на АДФ, резервуя енергію в АТФ.

- енолпіровіноградна кислота, що утворилася, перетворюється у більш стабільну форму.

- під дією ферменту карбоксилази від піровіноградної кислоти відщеплюється діоксид вуглецю та утворюється оцтовий альдегід.

- фермент алкогольдегідрогеназа переносить водень з відновленого НАД. Н2 на оцтовий альдегід, в результаті чого утворюється етиловий спирт та регенерується НАД.

**2.3.2 Аеробний розпад вуглеводів**

В умовах аеробіозу розпад вуглеводів до утворення піровиноградної кислоти триває так само, як і при анаеробіозі, але на відміну від нього піровиноградна кислота повністю окислюється до діоксиду вуглецю та води у циклі три карбонових кіслот – ЦТК. У цьому циклі послідовно відбуваються окисно-відновні реакції, в яких під дією специфічних дегідрогеназ відбувається перенос водню на молекулярний кисень – кінцевий його акцептор. Однак перенос відбувається не безпосередньо, а завдяки молекулам-переносчикам, що утворюють так званий дихальний ланцюг.

При катаболізмі глюкози утворюються дві молекули піровіноградної кислоти. Спочатку одна з них підпадає під реакції окислювального декарбоксилірування, в результаті яких утворюється ацетил-КоА (активована оцтова кислота):

Друга молекула піровіноградної кислоти під дією ферменту піруваткарбоксилази конденсується з молекулою оксиду вуглецю з утворенням щавєлєвооцтової кислоти:

При встановленому циклі щавєлєвооцтова кислота утворюється з яблучної (малата).

Особисто ЦТК починається з конденсації ацетил-КоА з молекулою щавєлєвооцтової кислоти, що каталізується ферментом цитратсинтазою. Продуктами реакції являються лимонна кислота (цитрат) та вільний кофермент А:

За один оберт молекули піровіноградної кислоти приєднуються три молекули Н2О, виділяються 5 молекул Н2 та утворюються 3 молекули СО2.

В ЦТК «спалюються»не тільки вуглеводи, але й жирні кислоти (після попередньої деградації до ацетил-КоА), а також більшість амінокислот (після видалення аміногрупи у реакціях дезамінірування чи переамінірування).

В результаті аеробного та анаеробного розпадів вуглеводів дріжджам доставляється енергія та забезпечуються процеси синтезу біомаси різними попередниками. З щавєлєвооцтової та α-кетоглютарової кислот в результаті відновлювального амінування та переамінірування утворюються відповідно аспарагінова та глютамінова кислоти. Аспарагінова кислота може утворюватися також із фумарової кислоти. Синтез цих двох кислот займає головне місце у синтезі білків з вуглеводів. При конденсації фосфодиоксіацетону з альдегідами можуть утворюватися пентози, гексози та різноманітні полісахариди. Для синтезу біомаси дріжджі використовують також інші – анаплеротичні – шляхи, наприклад пентозофосфатний шлях. Пентозофосфати – попередники нуклеотидів та нуклеїнових кислот.

Тому що при повному окисленні цукру значно більше звільняється енергії та утворюється реакційно здатних метаболітів для синтетичних процесів, то збільшується швидкість розмноження та збільшується біомаса дріжджів.

**2.4 Мікроорганізми – супутники дріжджів**

При зброджуванні сула дріжджами необхідно захищати їх від сторонніх мікроорганізмів бактерій та диких дріжджів, що заносяться з сировиною, водою та повітрям. Потрапивши в дріжджові та бродильні апарати, вони можуть накопичуватися в значній кількості і навіть витісняти виробничу культуру дріжджів. Контамінуючи мікроорганізми споживають з сусла частину поживних речовин, тому вихід спирту знижується. Крім того вони утворюють органічні кислоти та інші продукти, що інактивують ферменти оцукрюючи матеріалів і знижують бродильну енергію дріжджів, в результаті чого в дозрілій бражці підвищується кількість незброджених цукрів та крохмалю. Хлібопекарські дріжджі, що були виділені з інфікованої мелясно – спиртової бражки, мають низку ферментативну активність та стійкість.

**2.4.1 Характеристика сторонніх мікроорганізмів**

**Молочнокислі бактерії.** Молочнокислі бактерії бувають циліндричні чи паличкобразні, а також сферичні чи кулевидні (кокки), грам позитивні, нерухомі, неспороутворюючі. Гетеро ферментні молочнокислі бактерії наряду з молочною кислотою утворюють летючі кислоти, спирт, діоксид вуглецю та водень.

Оптимальна температура для росту більшості молочнокислих бактерій 20 – 30 0С. Термофільні види їх краще розвиваються при температурі 49 – 51 0С. Молочнокислі, як і інші без спорові бактерії гинуть при 70 – 75 0С.

**Оцтовокислі бактерії.** Оцтовокислі бактерії – грам негативні, паличкообразні без спорові суворо аеробні організми, що розвиваються в тих самих умовах, що і дріжджі. Бактерії могуть окислювати етиловий спирт в оцтову кислоту. Деякі види бактерій могуть окислювати також глюкозу в глюконову кислоту, ксилолу та арабінозу – в ксилонову та араба нову кислоти. Етиловий спирт – головне джерело життєдіяльності оцтовокислих бактерій.

При накопиченні в суслі, що зброджується 0,01% оцтової кислоти, затримується, а при 0,2% пригнічується життєдіяльність дріжджів.

**Маслянокислі бактерії.** Маслянокислі бактерії – сурово анаероби, що мають рухомі великі спороутворюючи палички довжиною 10 мкм. Поряд з масляною кислотою вони можуть утворювати (в меншій кількості) оцтову, молочну, капронову, каприлову та інші кислоти, а також етиловий та бутило вий спирти. Збудники цього зброджування розвиваються головним чином у трубопроводах, насосах та інших прихованих місцях. Оптимальна температура для росту бактерій 30 – 40 0С, при рН нижче 4,9 вони не розвиваються. Маслянокислі бактерії становлять велику загрозу для спиртового виробництва, тому що масляна кислота, яку вони виробляють, навіть в дуже малих концентраціях (0,0005%) пригнічує розвиток дріжджів.

**Гнилісні бактерії.** Гнилісні бактерії викликають розпад білкових речовин. В аеробних умовах відбувається повна мінералізація білку аж до діоксиду вуглецю, аміаку, сірководню, води та мінеральних солей. В анаеробних умовах накопичуються різноманітні органічні речовини з різким запахом та отрутні.

**Дикі дріжджі.** Ці дріжджі становлять значну загрозу для спиртового виробництва. Вони споживають багато цукру та утворюють малу кількість спирту. у великій кількості дикі дріжджі негативно впливають на хлібопекарські якості чистих культур дріжджів. Багато з них перетворюють цукор в органічні кислоти і окислюють спирт.

**2.4.2 Мікрофлора води та повітря**

У воді для приготування мелясного сусла повинно бути не більше 100 бактерій в 1 мл. На спиртових заводах нерідко використовують воду з відкритих водоймищ, в якій знаходиться велика кількість різноманітних мікроорганізмів. В 1 мл такої води може знаходитися декілька сотень кислотоутворюючих бактерій.

Найбільш поширений, надійний та дешевий шлях обеззаражування води – її хлорування. Для цього використовують гіпохлорит натрія, хлорне вапно, дво- та триосновну сіль гіпохлорита кальція, хлорамін та ін.

Повітря для аерирування сусла в дріжджегенераторах очищують, інакше разом з ним вноситься значна кількість мікроорганізмів, шкідливих для спиртового бродіння та погіршуючи якість хлібопекарських дріжджів. Повітродувки забирають повітря з найбільш віддалених від землі місць (вище даху заводу). Для видалення з повітря загрубілих частинок на всмоктуючим повітроводі встановлюють олійні фільтри.

Використовують також фільтри, наповнені також скляною ватою.

**2.5 Природно чиста культура дріжджів**

Для засівання сусла в бродильних апаратах використовують дріжджі природно чистої культури, які відрізняються від чистої культури тим, що їх вирощують в умовах обмеженого потрапляння сторонніх мікроорганізмів, розвиток яких пригнічують.

Температура росту сторонніх мікроорганізмів майже не відрізняється від оптимальної температури росту дріжджів та спиртового бродіння, тому бактеріостатичні умови для них створюють зниженням активної кислотності сусла до рН 3,8 – 4,0 за допомогою сірчаної чи молочної кислоти. Хоча ці умови менш сприятливі для розмноження дріжджів, ніж при рН 4,7 – 5,0, вони забезпечують отримання мікробіологічно достатньо чистих культур.

**3. Технологічна частина**

**3.1 Опис апаратурно-технологічної схеми**

Меляса на завод поступає залізничним транспортом. Із залізничнодорожної цистерни меляса потрапляє у зливну воронку, яка розміщена між залізничними коліями, а потім йде у прийомний збірник, з якого вона шестирінчатим насосом безпосередньо подається на виробництво, або у мелясосховище, а вже звідти по мірі необхідності меляса відбирається на переробку.

Меляса подається в напірні збірники, з них вона самопливом потрапляє на ваги, які розраховані на 10т, з вагів у проміжний збірник, а звідти в 2 заторних апарати, по трубопроводу надходить вода та додається антисептик. В окремому збірнику готується розчин поживних речовин, сюди із складу подається діафоній фосфат (коли немає ортофосфорної кислоти) і карбамід та вода, потім все переміщується повітрям. Готовий розчин відцентровим насосом перекачується в мірник розчину поживних речовин, з якого подається в заторний апарат. З цистерни в мірник соляної кислоти підходить соляна кислота, яка також поступає до заторного апарату. Сюди ж додають олеїнову кислоту. Від повітродувки до барботера у заторному апараті підводиться повітря. Гази, що утворюються при перемішуванні відводяться газовим трубопроводом. Періодично заторний апарат та інше обладнання стерилізується (не менше двох годин) парою.

Затор витримують не менше 8 годин, а потім передають його на механічний вловлювач, з якого відцентровим насосом перекачується у напірний збірник, з якого меляса частково (20-25%) подається у бродильне відділення, а решта (70-75%) у дріжджегенераторне відділення.

Чисту культуру дріжджів отримують в центральній лабораторії, а потім розводять в АЧК. З АЧК дріжджі перепускаються зтисненим повітрям в држджегенератори. Перший дріжджегенератор заповнюється 8 годин. Вони з’єднані комунікаціями і заповнюються почергово.

Закачавши перший дріждігенератор, сюди подається розсиропка із розсиропника. У розсиропнику меляса доводиться до концентрації 17% сухих речовин, t=24-26 0С, pH=4.95-5.1 і поступає безперервно на всі 5 дріжджегенераторів. За час поки заповнюється перший дріжджегенератор, з другого спускають дріжджі в бродильне відділення, він миється, обробляється хлорним вапном, пропарюється, охолоджується, потім половина дріжджової маси з першого дріжджегенератора перекачується у другий, і розсиропка подається до двох разом. Так заповнюється вся батарея. В дріжджегенераторах дріжджі безперервно продувають утисненим повітрям з розрахунку на 1 м3 первичного середовища 5-7 м3/год повітря, що сприяє кращому живленню дріжджових клітин киснем. Повітря для цього відбирається повітродувкою, що знаходиться на вулиці. При керуванні йде сильне виділення піни, яку гасять олеїновою кислотою, що подається в дріжджегенератори, покриваючи сусло плівкою. Гази бродіння з піною, що залишилась, по трубопроводу йдуть на піновловлювач, в якому є сітка, що затримує залишки піни, руйнуючи її. Далі гази бродіння уже без піни поступають у спиртовловлювач. Водно-спиртова суміш, що утворюється, подається в збірник водно-спиртової суміші.

Для підтримання тиску на дріжджегенераторах встановлено вакуум-переривачі.

Концентрація мелясного сусла, приготованого для виробництва, не повинна перевищувати 18% ср., одержати бражку з вмістом спирту не більше 6-6,5%, бо висока концентрація ін активує мальтозу дріжджів.

В дріжджах міститься 2,5-3% спирту, оптимальна температура бродіння 28-30 0С, кислотність 0,3-0,4 град., рН=4,9. на стадії дріжджегенерування повинно зброджуватись до 30% цукру і накопичуватися 100-120 млн. дріжджових клітин в 1 мм.

При зброджуванні цукрів меляси, виділяється багато тепла, яке відводиться завдяки охолоджуваній воді, що подається на змійовик.

При встановленій роботі дріжджі через спеціальні воронки, що встановлені у дріжджегенераторах, подаються у бродильне відділення.

Зрілі дріжджі з дріжджегенераторів по комунікаціям самопливом потрапляють в перший головний бродильний апарат. Одночасно з потоком дріжджів в перший бродильний апарат подають з напірного збірника розсиропку 55-60%. Подачу розсиропки у перший бродильний апарат продовжують весь час, протягом якого зрілі дріжджі поступають у цей апарат. Після його заповнення дріжджами ти подачі туди розсиропки, бражку перепускають у другий бродильний апарат. Одночасно подають розсиропку, в такій кількості, щоб повністю компенсувати цукри, що недодані в дріжджову розсиропку.

Кількість меляси, яку слід додати, залежить від початкової концентрації мелясного сусла. Піну, яка утворилася при бродінні, гасять олеїновою кислотою.

Після заповнення другого бродильного апарату бражку перепускають у третій, четвертий і так далі, до повного заповнення бродильної батареї.

Кількість розсиропки, що надходить в обидва бродильні апарати вимірюють візуально-щілевими витратомірами.

З останнього дозріла бражка відцентровим насосом через фільтри подається на дріжджові сепаратори, де відокремлюються дозрілі дріжджі від бражки.

Вуглекислотні пари разом з парами спирту підходять у спиртовловлювач, де спирт вловлюється, вуглекислота направляється у вуглекислотний цех.

Для миття та стерилізації бродильні апарати звільняють спеціальним насосом.

Технологічна карта процесу бродіння шляхом по вдосконаленій одно типовій схемі:

- концентрація мелясної розсиропки, що поступає в дріжджегенератори 17,0 % середовища;

- кислотність розсиропки 0,3-04 0Д;

- температура в дріжджегенераторах 28-30 0С;

- кислотність в дріжджегенераторах 0,3-0,5 0Д;

- рН в дріжджегенераторах 5,0-5,2;

- біомаса в дріжджах 20,0-25,0 г/л;

- температура бродіння 28-30 0С;

- кислотність в бродильних апаратах 0,5 0Д;

- вміст алкоголю в зрілій бражці 6,0-8,5 % об.;

- біомаса дріжджів в дозрілій бражці 28-32 г/л.

Для одержання ректифікованого спирту із бражки використовується брагоректифікаційна установка за патентом 2178 з колоною кінцевої очистки.

Зріла бражка відцентровим насосом подається в додатковий підігрівач, в якому підігрівається на 10-12 0С. потім бражка подається в бражний підігрівач, в якому підігрівається до температури 80-90 0С теплом водно-спиртових парів з бражної колони.

Підігріта бражка подається в сепаратор СО2 для видалення з неї вуглекислоти. Гази з сепаратора відводяться в конденсатор, а потім у спиртоловушку. Неконденсовані пари відводяться через зрошувальний вловлювач в атмосферу.

Сепарована бражка поступає на 25 живильну тарілку бражної колони. Бражка виварюється від алкоголю і через гідро затвор барда виводиться в збірник барди.

Бражна колона може обігріватися як безпосередньо введенням пари з колектора на барботер у виварній камері колони, так і при допомозі кип’ятильників. В останньому випадку гріючий пар підводиться в його між трубний простір, конденсат граючої пари відводиться в збірник.

В нижню частину кип’ятильника підводиться барда. В трубах кип’ятильника проходить кип’ятіння барди, утворена з неї пара вводиться у виварну камеру колони.

Водно-спиртові пари з колони спочатку направляються в кип’ятильник елюраційної колони, де вони обігрівають її. Пари конденсуються на половину. Конденсат містить 6-7% спирту, пари подаються у збірник від сепарованої бражки. Далі вони направляються в бражний підігрівач, конденсуються і поступають на тарілки елюраційної колони.

Неконденсовані пари в підігрівачах конденсуються в конденсаторі. Конденсат також направляється на тарілку елюраційної колони. На виварних тарілках елюрується бражний дистилят водно-спиртовими парами, що підіймаються з кип’ятильника і виварної камери. Головні домішки підіймаються в концентраційну камеру колони.

Бражний дистилят, що пройшов елюрацію і звільнений від головних домішок, називають елюратом і виводять із виварної камери колони на тарілку живлення ректифікаційної колони.

Головні домішки концентрують у верхній частині елюраційної колони, в її дефлегматорі та конденсаторі. Флегму із дефлегматора повертають у елюраційну колону на верхню тарілку, для зрошення і концентрування домішок. Із конденсатора відбирають фракцію головну етилового спирту.

Фракцію головну етилового спирту охолоджують в холодильнику і через ротаметр, по якому регулюють її відбір, і ліхтар, підводять для обміну в спиртовимірюючий апарат. Враховану фракцію головну етилового спирту відводять у зливне відділення.

Елюрат вводять на шістнадцяту тарілку ректифікаційної колони. Лютерну воду виводять із виварної камери колони гідрозатвором. Із ректифікаційної колони спиртовий пар направляють в дефлегматор для конденсації, і утворену при конденсації флегму повертають на верхню тарілку колони. Частину спиртової пари виводять із дефлегматора в конденсатор. Із цього конденсатора відбирають не пастеризований спирт і направляють його на повторне очищення в елюраційну колону на одну з її верхніх тарілок. Відбір не пастеризованого спирту регулюють по ротаметру і відводять в елюраційну колону на одну з верхніх тарілок.

Із куба колони кінцевої очистки відбирають погон в кількості 2-5%, об’єм якого регулюють по ротаметру і відводять на шістнадцяту тарілку ректифікаційної колони. Повторно очищений ректифікований спирт відбирають із верхніх тарілок колони кінцевої очистки.

Спирт охолоджують в холодильнику і через ліхтар і контрольний спиртовимірюючий прилад направляють у зливне відділення.

Сивушне масло концентрується на п’ятій – одинадцятій нижніх тарілках ректифікаційної колони. Із цієї зони сивушно-спиртовий пар направляють в конденсатор, із якого конденсат подають в змішувач, де змішують з водою та направляють на маслопромивач.

З зони сімнадцятої, дев’ятнадцятої тарілок відбирають сивушний спирт, який направляють у конденсатор сивушного спирту, з якого через холодильники направляють у зливне відділення.

**3.2 Асортимент і характеристика готової продукції**

Асортимент продукції, що планується випускати на Немирівському спиртовому заводі наводиться в таблиці 3.2.1.

Спирт етиловий ректифікований вищої очистки повинен відповідати вимогам ДСТУ 4221:2003.

За органолептичними показниками спирт етиловий ректифікований повинен відповідати вимогам, зазначеним в таблиці 3.2.2.

Таблиця 3.2.1 - Асортимент продукції, що планується випускати.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва продукції | % від загальної кількості | Одиниця виміру | Товарна продукція | |
| за добу | за рік |
| Умовний спирт-сирець у тому числі: | 100 | дал | 10000 | 3650000 |
| - спирт етиловий ректифікований в/о | 96,6 | дал | 9660 | 3525900 |
| - спирт етиловий головна фракція | 1 | дал | 100 | 36500 |
| - сивушне масло | 0,4 | дал | 40 | 14600 |
| - сивушний спирт | 1 | дал | 100 | 36500 |
| - витрати при перегонці | 0,2 | дал | 20 | 7300 |
| - витрати при ректифікації | 0,8 | дал | 80 | 29200 |
| Хлібопекарні дріжджі |  | т | 35 | 12775 |

Таблиця 3.2.2 - Органолептичні показники спирту етилового вищої очистки.

|  |  |
| --- | --- |
| Назва показника | Характеристика |
| Зовнішній вигляд | Прозора рідина без сторонніх частинок |
| Колір | Безбарвна рідина |
| Смак і запах | Характерний для кожного сорту етилового спирту, виробленого із відповідної сировини, без присмаку та запаху сторонніх речовин |

За фізико-хімічними показниками спирт етиловий ректифікований вищої очистки повинен відповідати вимогам, зазначеним в таблиці 3.2.3.

Таблиця 3.2.3 - Фізико-хімічні показники.

|  |  |
| --- | --- |
| Назва показника | Норма для спирту |
| Об’ємна частка етилового спирту, за температури 20 0С, не менше | 96,0 |
| Проба на чистоту з сірчаною кислотою | Витримує |
| Проба на окислюваність за температури 20 0С, хв, не менше | 15 |
| Масова концентрація альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід в безводному спирті, мг/дм3, не більше | 4,0 |
| Масова концентрація сивушного масла; пропіловий, ізопропіловий, бутило вий, ізобутиловий і ізоаміловий спирти в перерахунку на суміш пропілового, ізобутілового та ізоамілового спиртів (3:1:1) в безводному спирті, мг/дм3, не більше | 10 |
| Масова концентрація сивушного масла в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) в безводному спирті, мг/дм3, не більше | 4,0 |
| Об’ємна частка метилового спирту в перерахунку на безводний спирт, %, не більше | 0,03 |
| Масова концентрація вільних кислот (без СО2) в перерахунку на оцтову кислоту в безводному спирті, мг/дм3, не більше | 15,0 |
| Масова концентрація органічних речовин, що окислюються в перерахунку на оцтово етиловий естер, в безводному спирті, мг/дм3, не більше | 30 |
| Проба на форфурол | Витримує |
| Масова концентрація сухого залишку, мг/дм3, не більше | 10,0 |

Головна фракція етилового спирту повинна відповідати вимогам ТУУ 18.401-97 і показникам, що наведені в таблиці 3.2.4.

Таблиця 3.2.4 - Показники головної фракції етилового спирту.

|  |  |
| --- | --- |
| Назва показника | Характеристика та норми |
| Зовнішній вигляд | Прозора рідина без сторонніх частинок та осаду |
| Колір | Прозора рідина з жовтувати або зеленуватим відтінком |
| Запах | Характерний для ефірів та альдегідів |
| Обємна частка етилового спирту, %, не менше | 92 |
| Масова концентрація альдегідів, в перерахунку на оцтовий альдегід, г/дм3 безводного спирту, не більше | 10 |
| Масова концентрація кислот в перерахунку на оцтову кислоту, г/дм3 безводного спирту, не більше | 1,0 |
| Масова концентрація ефірів в перерахунку на оцтово етиловий ефір, г/дм3 безводного спирту, не більше | 30 |
| Масова концентрація вищих спиртів (сивушного масла), г/дм3 безводного спирту, не більше | 1,0 |
| Обємна частка метилового спирту, %, не більше | 1,5 |

Сивушне масло повинно відповідати вимогам ГОСТ 17071-91, показники наведено в таблиці 3.2.5.

Таблиця 3.2.5 - Показники сивушного масла.

|  |  |
| --- | --- |
| Показники | Характеристика та норми |
| Зовнішній вигляд | Прозора рідина без механічних домішок. При перемішуванні не повинна утворюватись мутність |
| Колір | Від світло-жовтого до світло-коричневого |
| Температурна межа перегонки при тиску 101,33 кПа (760 мм.рт.ст.), 0С, не менше | 120 |
| Об’ємна частка сивушного масла, %, не менше | 50,0 |
| Густина при 20 0С, г/см3, не більше | 0,837 |
| Показник зазолення, n 20/Д, не менше | 1,395 |

**3.3 Характеристика сировини та допоміжних матеріалів**

Сировиною для виробництва спирту є меляса. Вона являється побічним продуктом при виробництві цукру.

Меляса представляє собою темно-коричневу в’язку рідину із специфічним запахом, що обумовлений продуктами карамелізації цукрів (карамелі) і конденсації амінокислот з моноцукрами (меланоїдиини), а також три метиламіном, що є продуктом розкладання бетаїну і присутній в мелясі в невеликій кількості.

Хімічний склад нормальної меляси, що забезпечує нормальний вихід, характеризується даними, що приведені в таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1 - Хімічний склад нормальної меляси.

|  |  |
| --- | --- |
| Показники меляси | Вміст |
| Сухі речовини (по рефрактометру), % | 78,9-84,0 |
| pH (активна кислотність) | 6,7-9,5 |
| Лужність, град | 0,5-5,0 |
| Кислотність, град | 0,0-0,5 |
| Азот (загальний),% | 1,56-2,06 |
| Фосфор (Р2О5), % | 0,039-0,055 |
| SO2, % | 0,012-0,060 |
| Цукор: |  |
| - по прямій поляризації | 47,8-52,5 |
| - інвертний | 0,12-1,02 |
| - рафінозний | 0,06-1,08 |
| Доброякісність, % | 58,8-64,2 |
| Летючі кислоти (в перерахунку на оцтову), % | 0,36-1,0 |
| Нітрати, % | 0,03-0,30 |
| Нітрити, % | сліди |

До допоміжних матеріалів основного виробництва можна віднести формалін, соляна кислота, гашене вапно, карбамід, діамонійфосфат, фосфорна кислота.

Тобто фосфору, а нерідко ц азоту, що знаходиться в мелясі недосить для нормальної життєдіяльності дріжджів, тому в неї добавляють в якості першого джерела ортофосфорну кислоту, а в якості другого джерела – сульфат амонію, карбамід чи діафоній фосфат, який містить оба ці елементи.

Для підкислення дріжджового сусла в виробництві спирту з меляси використовують сірчану або соляну кислоту.

В виробництві спирту для мийки обладнання та пригнічення сторонньої мікрофлори використовують миючі та антимікробні речовини.

Таблиця 3.3.2 - Допоміжні матеріали.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Найменування матеріалу | Стандарти чи технічні умови | Вміст основного компоненту | Класифікація |
| 1. | Вода питна | ГОСТ 2874-82 |  | Питна умовно чиста |
| 2. | Кислота соляна | ГОСТ 1625-89Е |  | Технічна |
| 3. | Формалін | ГОСТ 1625-89Е | СНОН - 37% | Технічний |
| 4. | Хлорне вапно | ГОСТ 1692-85 | Clакт –32-35% | Технічне |
| 5. | Карбамід | ГОСТ 2081-92 | N – 46.3% | Технічний |
| 6. | Кислота ортофосфорна:   * технічна   - термічна | ГОСТ 6582-80  ГОСТ 10678-76Е | Н3РО4 – не менше 70% |  |
| 7. | Діамонійфосфат | ГОСТ 8515-75 | Р2О5 – не менше 50%  NH3 – 22.5% | Технічний |

**4. Розрахунок основного та допоміжного обладнання**

**4.1 Конструктивний розрахунок ректифікаційної колони**

Теоретичну кількість тарілок ректифікаційної колони визначаємо графічно за допомогою побудови кривої рівноваги та робочої лінії колони.

Для цього проводимо побудову вищевказаних ліній в масштабі 5мм – 4% мол (додаток №1).

Значення величини переводимо у % мол.: , при цьому знаходимо величину В за формулою (4.1.1.) та відкладаємо її на осі ординат:



(4.1.1.)



Величину переведемо в % мол. і відкладаємо на осі абсцис



Визначаємо графічним шляхом число зміни концентрацій верхньої та нижньої частини колони.

Для верхньої частини колони



Для нижньої частини колони



Для нижньої частини колони на ділянці зміни концентрацій в межах х=0,002 %мол. до хn=0,2 %мол. необхідну кількість теоретичних тарілок визначаємо за формулою Сореля (4.1.2.):

(4.1.2.)



де G – величина парового потоку, кмоль;

Величина рідинного потоку L визначається за формулою (4.1.3.)

(4.1.3.)



де L/ – величина потоку елюрату, кмоль;

L/ =79,5 кмоль;

L// – величина потоку флегми, кмоль;

L//=80,9 кмоль.



Таким чином:



Тоді загальне число тарілок для нижньої частини колони складає (4.1.4.):

(4.1.4.)



Тоді дійсне число тарілок для нижньої частини колони буде дорівнювати (4.1.5.):

(4.1.5.)



де η – коефіцієнт корисної дії тарілок;

η=0,5.



Приймаємо nд=11 шт.

Враховуючи неможливість точного визначення числа тарілок графічним шляхом приймаємо з урахуванням визначеної графічним шляхом nтв=20 шт.

При цьому дійсне число тарілок визначемо з урахуванням їх коефіцієнта корисної дії (4.1.6.):

(4.1.6.)



Таким чином загальна кількість тарілок складає (4.1.7.):

(4.1.7.)



Швидкість руху пари у вільному перерізі колони для багатоковпачкових тарілок визначаємо за формулою (4.1.8.):

(4.1.8.)



де А і m – величини, які при відстані між тарілками 170 мм, відповідно дорівнюють: А=0,7, m=0,515.

ρn – визначаємо в залежності від міцності та тиску у верхній частині колони.

ρn=1,3 кг/м3.

При цьому:



Площу поперечного перерізу колони визначаємо з урахуванням можливої фор фаски колони за формулою (4.1.9.):

(4.1.9.)



Таким чином діаметр колони складає (4.1.10.):

(4.1.10.)



Приймаємо діаметр колони 1600 мм при цьому дійсна швидкість парового потоку буде (4.1.11.):

(4.1.11.)



Висоту колони визначаємо за формулою (4.1.12.):

(4.1.12.)



де h – відстань між тарілками, мм;

h=170 мм;

h1 – відстань від нижньої тарілки концентраційної частини колони до верхньої тарілки виварної частини колони;

(4.1.13.)



h2 – відстань від верхньої тарілки до кришки;

(4.1.14.)



h3 – відстані від днища до першої нижньої тарілки;

(4.1.15.)



h4 – висота кришки;

(4.1.16.)



h5 – відстань днища від патрубка для виведення лютерної води;

(4.1.17.)



30 мм – товщина днища.

Тоді:



Діаметри патрубків для підводу та відводу продуктів визначаємо за формулою (4.1.18.):

(4.1.18.)



де G – витрати продуктів, кг/с;

ρ – густина відповідного продукту, кг/м3;

ω – швидкість руху продуктів у патрубку, м/с.

Таким чином діаметр патрубка для відводу водно-спиртових парів має таку величину:



Приймаємо діаметр патрубка 350 мм.

Діаметр патрубка для вводу елюорату:



Приймаємо діаметр патрубка 60 мм.

Визначаємо діаметр патрубка для відводу спирту-ректифікату з урахуванням загальної кількості патрубків, що працюють одночасно (4.1.19.):

(4.1.19.)



де n – кількість одночасно працюючих патрубків;

n=4.

Приймаємо діаметр патрубка 45 мм.

Діаметр патрубка для вводу флегми становитиме (4.1.20.):

(4.1.20.)



де n – кількість одночасно працюючих патрубків;

n=1.

Приймаємо діаметр патрубка 150 мм.

Діаметр патрубка для відведення лютерної води:



Приймаємо діаметр патрубка 500 мм.

Кількість рідинної суміші, що циркулює через кип’ятильник знаходимо по формулі (4.1.21.):

(4.1.21.)



Тоді діаметр патрубка для підключення кип’ятильника становитиме:



Приймаємо діаметр патрубка 75 мм.

Площу поперечного перерізу ковпачків приймаємо рівною площі всього перерізу колони, тоді швидкість пари в горловинах ковпачків становитиме (4.1.22.):



Визначаємо необхідне число ковпачків на тарілці колони (4.1.23.):

(4.1.23.)



де Д1 – прийнятий діаметр ковпачків, мм;

Д1=100 мм.



До установки приймаємо типову тарілку ТСК – Р з діаметром 1600 мм, числом ковпачків 66 шт. та діаметром ковпачка 100 мм.

Для стікання рідини встановлюємо три зливні стакани, при цьому висота їх над тарілкою становитиме 5 мм.

Діаметр зливного стакану (4.1.24.):

(4.1.24.)



Приймаємо діаметр зливного стакану 50 мм.

**4.2 Матеріальний баланс ректифікаційної колони**

Враховуючи, що густина безводного спирту складає ρ = 0,79 кг/дм3, продуктивність ректифікаційної колони по безводному спирту згідно з рівнянням (4.2.1.) складає:

(4.2.1.)



При цьому, враховуючи, що масовий вміст абсолютного спирту в спирті-ректифікаті складає 94,2% мас, кількість дистиляту відповідно рівнянню (4.2.2.) становитиме:

(4.2.2.)



Так, як в ректифікаційній колоні здійснюється відбір безводного спирту з непастеризованими спиртами, сивушним спиртом, сивушним маслом, та враховуючи його втрати в лютері визначаємо витрати вищезгаданих продуктів за формулою (4.2.3.):

(4.2.3.)



де: G'n – витрати відповідного продукту; кг/с

xn – процентний вміст безводного спирту у відповідному продукті; % мас.

Таким чином кількість безводного спирту, який виходить з колони разом з непастеризованим спиртом відповідно до формули (4.2.4.) складає:

(4.2.4.)



Тоді витрати непастеризованого спирту відповідно до формули (4.2.5.) становитимуть:

(4.2.5.)



Визначаємо кількість безводного спирту у сивушному спирті за формулою (4.2.6.):

(4.2.6.)



Звідси витрати сивушного спирту відповідно до формули (4.2.7.) складуть:

(4.2.7.)



Кількість безводного спирту у погонах парів сивушного масла згідно з формулою (4.2.8.) становитиме:

(4.2.8.)



Звідси витрати погону парів сивушного масла відповідно до формули (4.2.9.) складуть:

(4.2.9.)



Витрати спирту при ректифікації складуть 0,8%, таким чином за формулою (4.2.10.) визначаємо кількість вторинної пари:

(4.2.10.)



Необхідна кількість елюрату для забезпечення роботи колони за формулою (4.2.11.) становитиме при умові вмісту спирту в ньому 43,93% мас:

(4.2.11.)



Таким чином витрати лютерної води визначаємо з рівняння (4.2.12.):

(4.2.12.)



Приймаємо, що флегмове число для ректифікаційної колони складає V=4, при цьому витрати флегми, що повертається в колону, відповідно до формули (4.2.13.) складатимуть:

(4.2.13.)



Величина парового потоку у верхній частині колони відповідно до формули (4.2.14.) має значення:

(4.2.14.)



**4.3 Тепловий баланс ректифікаційної колони**

Рівняння теплового балансу ректифікаційної колони відповідно до формули (4.3.1.) має вигляд:

(4.3.1.)



де Qдод – тепло для забезпечення процесу ректифікації, кВт;

Q1 – тепло, що вноситься в колону з елюратом, кВт;

Q2 – тепло, що вноситься в колону з флегмою, кВт;

Q3 – тепло, що виходить з колони разом з парами дистиляту та флегми, кВт;

Q4 – тепло, що виходить із колони з сивушним спиртом, кВт;

Q5 – тепло, що виходить із колони з сивушним маслом, кВт;

Q6 – тепло, що виходить із лютерною водою, кВт;

Qвт. – втрати тепла в навколишнє середовище, кВт.

Тепло, що вноситься в колону з елюратом визначається за формулою (4.3.2.):

(4.3.2.)



де Се – питома теплоємність елюрату, кДж/кг град;

Се = 1,183 кДж/кг град;

te – температура елюрату, 0С.

Тоді:



Тепло, що вноситься в колону з флегмою, визначаємо за формулою (4.3.3.):

(4.3.3.)



де Cf – питома теплоємкість флегми, кДж/кг.град;

Cf =3,31 кДж/кг град;



Витрати тепла, яке виходить з парами флегми та дистиляту, визначаємо за формулою (4.3.4.):

(4.3.4.)



де if – ентальпія флегми, кДж/кг



Витрати тепла, яке виходить з колони із сивушним спиртом визначаємо за формулою (4.3.5.):

(4.3.5.)



де Cn2 –теплоємкість сивушного спирту, кДж/кг.град;

Cn2 =3,939 кДж/кг град;



Витрати тепла, яке виноситься з потоком сивушного масла визначаємо за формулою (4.3.6.):

(4.3.6.)



де in3 – ентальпія парів сивушного масла, кДж/кг;

in3=1964,5 кДж/кг;



Витрати тепла з лютерною водою визначаємо за формулою (4.3.7.):

(4.3.7.)



де Cл –питома теплоємкість лютерної води, кДж/кг.град;

Cл =4,187 кДж/кг град;

tл – температура лютерної води, 0С.

tл=1030С;



Таким чином витрати граючої пари складуть (4.3.8.):

(4.3.8.)



де J – ентальпія граючої пари, кДж/кг;

J=2724,8 кДж/кг;

tл – температура конденсату, 0С;

tл=128 0С.

(4.3.9.)



де х- коефіцієнт, що враховує витрати тепла в навколишнє середовище;

х=1,05.



Питомі витрати граючої пари на 1 кг безводного спирту визначаємо за формулою (4.3.10.):

(4.3.10.)



**4.4 Гідравлічний розрахунок ректифікаційної колони**

Загальні втрати тиску на тарільці визначається за формулою (4.4.1.):

(4.4.1.)



де Δрп – опр сухих тарілок, Па;

Δрп.р. – опір паро рідинного прошарку, Па;

Δрб – опір за рахунок наявності поверхневого натягу, для ковпачкових тарілок ним можна знехтувати.

Опір сухої тарілки становитиме (4.4.2.):

(4.4.2.)



де – Σβ – сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Для ковпачкових тарілок величину Σβ можна визначити за формулою (4.4.3.):

(4.4.3.)



Таким чином:



Опір паро рідинного прошарку визначаємо за формулою (4.4.4.):

(4.4.4.)



де z – глибина барботажу, м

Глибину барботажу визначаємо з формули (4.4.5.):

(4.4.5.)



де h – відстань між тарілками;

h=170 мм;

W – швидкість руху пари в міжтарілчатому просторі;

W=0,54 м/с.

Таким чином:



Тоді:



Таким чином загальний опір тарілок становитиме:



**4.5 Розрахунок та підбір допоміжного обладнання**

**Ваги.** Для зважування меляси використовують платформні ваги на 10 т. Продуктивність їх визначається по діаметру, який дорівнює 240 мм. При швидкості самопливу меляси 0,25 м/с, витрата секундна її буде дорівнювати відповідно до формули (4.5.1.):

(4.5.1.)



Час заповнення збірника на вагах при 10-тонному навантаженні складе відповідно до формули (4.5.2.):

(4.5.2.)



Кількість зважувань складе відповідно до формули (4.5.3.):

(4.5.3.)



де Щ - добова витрата меляси, т;

10 – граничне навантаження вагів, т.

Тривалість зважування добової витрати меляси при встановленні одних вагів дорівнює відповідно до формули (4.5.4.):

(4.5.4.)



Вагове відділення спиртового заводу працює в одну3 зміну, тому необхідно встановити двоє десятитонних вагів.

**Напірний збірник соляної кислоти.** Збірник розраховується, виходячи з добового запасу, який складає 2,7 м3. Враховуючи коефіцієнт наповнення збірника, його ємність повинна складати (4.5.5.):

(4.5.5.)



На заводі є збірник об’ємом 5 м3.

Його розміри Н=2920 мм.

Д=1770 мм.

**Напірний збірник ортофосфорної кислоти.** Добові витрати розчину ортофосфорної кислоти складають 1,1 м3, а враховуючи коефіцієнт заповнення 0,9 об’єм збірника відповідно до формули (4.5.6). складе:

(4.5.6.)



На заводі є збірник ортофосфорної кислоти V=1,5 м3, з розмірами

Н=1000 мм

Д=1380 мм.

**Збірник розчину карбаміду.** Добова витрата розчину карбаміду складе 1,1 м3. Об’єм збірника при коефіцієнті заповнення 0,9 складе 1,2 м3.

На заводі є збірник з об’ємом 1,5 м3 і розмірами

Д=1000 мм;

Н=1380 мм.

**Апарати для антисептування меляси.** У відділенні встановлено два апарати об’ємом 44 м3 кожний. При коефіцієнті заповнення 0,9 корисна їх ємність дорівнює 44.0,9=40 м3.

Працює відділення в три зміни. В кожній зміні готується 6 заторів. За добу готується попередньої розсиропки з антисептиком і поживними речовинами 688 м3, а за зміну 223 м3.

Тоді на один затор приходиться 223:6=38 м3. Що вміщується в один апарат.

**Насос для перекачування антисептованої меляси.** При добовій витраті антисептованого сусла 688 м**3/**год, його подається в напірний збірник 29 м3.

Встановлюють два насоси СОТ – 30. Їх характеристика:

Q=30 м3/год;

Н=25 м;

N=10 кВт;

n=1600 об/хв.

**Напірний збірник сусла.** Ця ємкість повинна вміщати тридцятихвилинний запас сусла (4.5.7.):

(4.5.7.)



де – Vас – часова витрата сусла, м3;

0,9 – коефіцієнт заповнення збірника.



На заводі встановлено збірник об’ємом 19,6 м3 з розмірами

Д=2350 мм;

Н=3600 мм.

Діаметр патрубків для меляси – 125 мм, для води – 100 мм.

**Дріжджегенератори.** Згідно даних Колоскова загальний об’єм дріжджегенераторів для одно потокової вдосконаленої схеми повинен складати 30 м3 на тисячу дал добової продуктивності заводу. Для даного проекту це 300 м3.

До встановлення приймаються дріжджегенератори об’ємом 72 м3.

При співвідношенні висоти до діаметра 1,5:1, розміри їх будуть:

Д=4220 мм;

Н=6330 мм.

**Піноловушка.** Об’єм її повинен складати 40% від об’єму одного дріжджегенератора, тобто 28,8 м3.

На заводі встановлена ловушка об’ємом 30 м3 з розмірами:

Д=3,0 м;

Н=4,5 м.

**Апарат чистої культури.** Об’єм великого АЧК повинен складати 25% від об’єму дріжджегенератора. Відповідно до формули (4.5.8.) він складатиме:

(4.5.8.)



На заводі встановлений великий АЧК при співвідношенні Н:Д=1,6:1 розміри його будуть дорівнювати відповідно з формулою (4.5.9.):

. (4.5.9.)



Ємність малого АЧК повинна складати 2,5% від об’єму дріжджегенератора. Відповідно до формули (4.5.10.) він складатиме:

(4.5.10.)



На заводі встановлений малий АЧК з розмірами:

Д=1,2 м;

Н=1,44 м.

**Спиртоловушка дріжджегенераторного відділення.** З метою зменшення втрат спирту з видаляємими в атмосферу СО2, встановлюємо у відділенні спиртоловушку з розмірами:

Н=5250 мм;

Д=300 мм.

**Бродильний апарат.** Розрахунок дріжджебродильної батареї проводять по спиртозйому з одиниці геометричного об’єму.

Визначивши загальну геометричну ємність дріжджегенераторів Vдр за формулою (4.5.11.):

(4.5.11.)



де 10000 – добова продуктивність заводу;

7,5 – спиртоз’єм з 1 м3 бродильного апарату.

Об’єм бродильної батареї знаходимо відповідно до формули (4.5.12.):

(4.5.12.)



На заводі є 12 бродильних апаратів по 120 м3, загальна ємність 1440м3. Розміри апарату:

Д=4700 мм;

Н=6500 мм.

На Немирівському спиртовому заводі встановлена бражна колона діаметром 2200 мм, яка має 28 сітчастих тарілок і забезпечує продуктивність 10000 дал спирту за добу.

Висота колони 16095 мм. маса 3246 кг.

Бражна колона комплектується трьома підігрівачами бражки з поверхнею теплообміну 64,5 м2 кожний:

діаметром 1000 мм,

довжиною 4132 мм,

масою 3246 кг.

Однією водяною секцією підігрівача бражки з поверхнею теплообміну 31 м2:

діаметром 600 мм,

довжиною 3445 мм,

масою 983 кг.

Встановлено, що на 100 дал/год продуктивності апарату по спирту необхідно мати 0,35 м3 эмносты сепаратора. При годинній продуктивності апарата по спирту 417 дал. За формулою (4.5.13.) визначаємо об’єм сепаратора:

(4.5.13.)



При (4.5.14.)



Прийнявши Н=2Д, знаходимо V відповідно до формули (4.5.15.):

(4.5.15.)



Звідси:



На заводі встановлений типовий сепаратор бражки:

діаметром 1200 мм;

висотою 2107 мм;

масою 412 кг.

Сепаратор комплектується конденсатором:

площа поверхні теплообміну 31,5 м2;

діаметр 700 мм;

висота 3537 мм;

маса 940 кг.

**Кип’ятильник бражної колони.** Для закритого обігрівання колона оснащена кип’ятильником:

поверхня теплообміну 125 м2;

діаметр 1350 мм;

висота 3000 мм.

**Елюраційна колона.** На Немирівському спиртовому заводі встановлено елюраційну колону діаметром 2000 мм з 42 багатоколпачковими тарілками, яка забезпечує продуктивність 10000 дал спирту за добу. В концентраційній її частині знаходиться 26 тарілок, а у виварній – 16.

Висота колони (4.5.16.):

(4.5.16.)



де h1 – висота кубової частини, 475 мм;

h2 – висота між вивильною та концентраційною тарілками концентраційної частини;

h2=2.h=2.230=460 мм (4.5.17.)

h3 – відстань від верхньої тарілки до верху колони;

h3=1,5. h=1,5.230=345 мм (4.5.18.)



**Дефлегматор елюраційної колони.** Встановлено два пятиходових мідних дефлегматори:

поверхня теплопередачі 49,5 м2;

діаметр труб 32 мм;

діаметр дефлегматора 900 мм;

висота дефлегматора 2500 мм.

**Конденсатор.** Поверхня теплообміну конденсатора становить 20% від поверхні теплообміну дефлегматора:

(4.5.19.)



де – F1-поверхня теплообміну дефлегматора;

2 – кількість дефлегматорів.



У відділенні встановлюється конденсатор з поверхнею теплообміну 28 м2 з розмірами:

діаметр конденсатора 600 мм;

діаметр труб 25 мм;

висота 1500 мм.

**Ловушка.** Оксид вуглецю та інші гази, які не конденсуються, виносять з собою деяку кількість парів спирту. В такому випадку поверхня теплопередачі не повинна перевищувати поверхню більшого конденсатора, тобто 19,8 м2.



Для цієї мети встановлено конденсатор:

поверхня теплообміну 20 м2;

діаметр 700 мм;

висота 1500 мм.

**Кип’ятильник елюраційної колони.** Для закритого обігрівання колони встановлюється кожухотрубний кип’ятильник:

поверхня теплообміну 17 м2;

діаметр 700 мм;

висота 1500 мм.

**Ректифікаційна колона.** Для забезпечення добової продуктивності 10000 дал безводного спирту за добу встановлюється три ректифікаційні колони діаметром 2000 мм з 72 багатоковпачковими тарілками. Відстань між тарілками 230 мм.

У виварній частині знаходиться 20тарілок, а в концентраційній 52 тарілки. Висота колони 21140 мм.

**Дефлегматори.** Встановлюється по два дефлегматори на кожну ректифікаційну колону з розмірами:

поверхня теплообміну 100 м2;

діаметр 1000 мм;

довжиною 1500 мм.

**Конденсатор ректифікаційної колони.** Встановлюється конденсатор:

поверхня теплообміну 50 м2;

діаметр 800 мм;

висота 2500 мм.

**Холодильник ректифікованого спирту.** Встановлений типовий холодильник:

поверхня теплообміну 90 м2;

діаметр 950 мм;

висота 3250 мм.

**Ловушка.** Гази, які не конденсуються, виносять з собою деяку кількість парів спирту та їх з конденсатора ректифікаційної колони направляють в ловушку:

поверхня теплообміну 25 м2;

діаметр 650 мм;

висота 2500 мм.

**Кип’ятильник ректифікаційної колони.** Кожна колона оснащена виносним кип’ятильником:

поверхня теплообміну 150 м2;

діаметр 100 мм;

висота 2000 мм;

кількість труб 250 шт.

**Конденсатор парів сивушного масла.** Встановлено мідний вертикальний теплообмінник:

поверхня теплообміну 7,11 м2;

діаметр труб 25 мм;

висота теплообмінника 1500 мм;

діаметр теплообмінника 400 мм.

**Холодильник головної фракції.** Встановлено холодильник головної фракції з такими розмірами:

діаметр 400 мм;

висота 2550 мм;

маса 378 кг.

**Пробний холодильник.** Встановлено пробний холодильник з такими розмірами:

поверхня теплообміну 0,25 м2;

діаметр 200 мм;

висота 657 мм;

маса 35 кг;

кількість 2 шт.

**Вакуум переривач.** Встановлено вакуум-переривач з такими розмірами:

діаметр 300 мм;

висота 3500 мм;

маса 53 кг;

кількість 8 шт.

**Колона кінцевої очистки.** Приблизну продуктивність колон можна приймати в залежності від діаметра (4.5.20.):

(4.5.20.)



Звідси:



Встановлено колону з характеристиками:

діаметр 2000 мм;

висота 9400 мм;

кількість тарілок 50 шт;

відстань між тарілками 170 мм.

**Дефлегматор.** Встановлено дефлегматор з такими розмірами:

поверхня теплообміну 63 м2;

діаметр 900 мм;

довжина 3250 мм;

маса 2006 кг.

**Конденсатор.** Встановлено конденсатор з такими розмірами:

поверхня теплообміну 10 м2;

діаметр 400 мм;

висота 2650 мм;

маса 380 кг.

**5. Економічна частина**

**5.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності будування підприємства**

В харчовій промисловості етиловий спирт в основному використовується в лікеро-горілчаному виробництві і виноробстві, але значно підвищились вимоги до якості продукції. В багато чому якість лікеро-горілчаних виробів залежить від якості продукції (спирту), що надходить на переробку. Звідси ясно, що першочергове значення має якість спирту, отриманого на мелясних спиртових заводах. З цією метою все більше вдосконалюється технологія, якість обладнання, підвищується кваліфікація його обслуговування. Від цього залежить підвищення ефективності виробництва, ріст продуктивності праці, зниження собівартості продукції.

Територія підприємства займатиме площу 15га. Тут розміщатимуться основні цехи: спиртовий, дріжджовий, вуглекислотний, а також дільниця випарювання барди.

В 500 м на захід від спиртзаводу розміщена станція Немирів. Дві гілки залізничних колій заходять на територію підприємства. По одній з них цистерни з мелясою подаються до мелясних зливів, а по іншій проводиться відвантаження спирту залізничними цистернами.

**5.2 Техніко-економічна характеристика підприємства, що будується**

Немирівський спиртзавод складається з таких основних цехів: спиртово дріжджовий цех, вуглекислотний цех, дільниця випарювання барди, котельня, електроцех, КІП, транспортний цех. На чолі кожного цеху стоїть начальник цеху, що підпорядковується головному інженеру і директору.

В якості палива на спиртовому заводі використовується газ, що надходить від Вінницької НГДУ. Добова потреба в топливі 80 м3.

Електроенергію завод отримує від АК «Вінницяобленерго».

Вода на технологічні потреби використовується із двох артезіанських свердловин глибиною 700м кожна.

Сировиною для виробництва спирту є меляса. Вона поступає на завод із ряду підприємств. В основному це заводи Вінницької області. Основний постачальник меляси Вінницький цукровий завод. Меляса надходить з заводів в залізничних цистернах чи автоцистернах.

Під час будівництва передбачається перевести обігрів елюраційної колони з гострої пари на пари, що виходять із бражної колони. Це дозволить зменшити витрати гріючої пари, а отже зменшити собівартість продукції.

Під час будівництва спиртового заводу передбачається зменшення собівартості продукції за рахунок зменшення витрат на транспортування спирту та сировини.

Також проектом передбачається монтаж колони кінцевої очистки. Це дозволить збільшити вихід спирту та покращити його якість, що перш за все передбачає зменшення собівартості спирту.

**5.3 Розрахунки економічної ефективності будівництва**

**5.3.1 Розрахунок початкових інвестицій і нормованих оборотних коштів**

Кошторисно-фінансовий розрахунок придбання та монтажу нового обладнання приведений у таблиці 5.3.1.

Для розрахунку терміну окупності визначаються капітальні витрати і початкові інвестиції:

Всього початкових інвестицій = Вартість будівництва + (Вартість нового обладнання + Транспортні витрати + Заготівельно-складські роботи + Вартість трубопроводів та насосів + Вартість КВП і засобів автоматики + Витрати на запасні частини + Монтажні роботи + Невраховане обладнання) + Оборотні засоби

Зведений розрахунок початкових інвестицій (капітальних затрат) наведений у таблиці 5.3.2.

**5.3.2 Розрахунок обсягу виробництва і реалізації продукції**

Планування виробничої програми на підприємствах бродильних виробництв здійснюється в наступній послідовності:

- складається розрахунок добової потужності і продуктивності по цехах, відділенням, ділянкам;

- визначається оптимальна тривалість роботи підприємства, цехів, відділень, ділянок;

- на основі вищевказаних розрахунків визначається плановий обсяг випуску основної продукції по усіх видах виробів і в умовній продукції;

- розраховується випуск побічної продукції і відходів виробництва, визначається обсяг інших робіт і послуг промислового характеру;

- визначається обсяг виробництва і обсяг реалізації продукції виходячи з планового обсягу виробництва кожного виду продукції в натуральному вираженні, оптових цін підприємства, роздрібних цін.

Кількість днів роботи заводу наведено у таблиці 5.3.3.

Таблиця 5.3.2 - Зведений розрахунок початкових інвестицій (капітальних затрат).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Основні засоби | Сума, тис. грн |
| 1 | Вартість нового обладнання | 339,00 |
| 2 | Транспортні витрати (4,5%) | 15,26 |
| 3 | Заготівельно-складські роботи (1,25%) | 4,24 |
| 4 | Монтажні роботи (8%) | 27,12 |
| 5 | Вартість трубопроводів та насосів (12%) | 46,27 |
| 6 | Вартість КВП і засобів автоматики (4,3%) | 16,58 |
| 7 | Витрати на запасні частини (3%) | 11,57 |
| 8 | Невраховане обладнання та роботи (15%) | 151,4 |
| 9 | Вартість будівлі | 59,39 |
| Всього початкових інвестицій | | 611,44 |

Таблиця 5.3.3 - Розрахунок числа днів роботи підприємства на рік.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Підрозділ | Всього  календарних днів | Зупинки, днів | | | Число  днів  роботи |
| Поточний ремонт | Капітальний  ремонт | Всього |
| По заводу в цілому | 365 | 10 | 35 | 45 | 320 |

Виробництво у натуральному виробництво у натуральному і вартісному виразі після будівництва заводу наведено у таблиці 5.3.4.

Таблиця 5.3.4 - План виробництва в натуральному та вартісному виразі (з врахуванням витрат).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продукт | Обсяг виробництва в натуральному виразі | Ціна підприємства за одиницю,грн. | Обсяг виробництва, тис. грн. |
| Спирт етиловий умовний, тис. дал, в т.ч. | 2720,0 | - | - |
| Спирт ректифікований в/о, тис. дал | 2627,52 | 20,50 | 53864,16 |
| Масло сивушне, тис. дал | 10,88 | 5,00 | 54,40 |
| Спирт сивушний, тис. дал | 27,20 | 5,00 | 136,00 |
| Фракція головна, тис. дал | 27,20 | 10,00 | 272,00 |
| Дріжджі хлібопекарські, т | 8268,80 | 1450,00 | 11989,76 |
| Втрати, тис. дал. | 27,20 | - | - |
| Всього | - | - | 66316,32 |

Приймаючи коефіцієнт використання потужності на рівні 0,85, а добову продуктивність обладнання 10 тис. дал. Умовного спирту (за проектом) розрахуємо річну виробничу потужність заводу (5.3.1.):

ВП тис. дал. умовного спирту (5.3.1.)



Виробнича програма спиртового заводу містить дані про кількість спирту-сирцю, спирту-ректифікату, ректифікату вищого очищення, хлібопекарських дріжджів, вуглекислоти, а також спиртових продуктів, що утворяться в результаті ректифікації(ефірно-альдегідна фракція, сивушна олія), що повинні бути вироблені підприємством протягом планового року. При цьому враховуються втрати спирту, що виникають у процесі ректифікації. Обсяг виробництва продукції у виробничій програмі встановлюється як у натуральному, так і в грошовому вираженні.

Єдиним вимірювачем обсягу виробництва спирту є спирт-сирець, перерахований на стовідсотковий вміст алкоголю.

Коефіцієнти, що визначають вихід продукції при використанні патоки-меляси, встановлені в наступних межах: для спирту-ректифікату I сорту – 0,94-0,97; ефірно-альдегідної фракції – 0,037-0,047; сивушної олії – 0,0025-0,0035.

Обсяг виробничої програми в вартісному вираженні встановлюється множенням діючих цін одиниці кожного виду виробляємої продукції на загальну їх кількість.

**5.3.3 Розрахунок чисельності виробничого персоналу та фонду заробітної плати**

Наявна чисельність працюючих розраховується на основі галузевих норм технологічного проектування, довідника нормативів чисельності, норм обслуговування, норм часу і виробітку.

Середньоспискова чисельність працюючих визначається як добуток наявної чисельності робітників і коефіцієнта, що дорівнює відношенню номінального до ефективного фонду робочого часу одного робітника, визначеного на основі розробленого балансу робочого часу. Розрахунок корисного фонду робочого часу одного робітника в рік наведений у таблиці 5.3.5.

Для розрахунку основного фонду заробітної плати робітників за основу беруться їх наявна чисельність, режим роботи підприємства, цехів і дільниць, тарифні розряди і годинні тарифні ставки, баланс робочого часу.

Річний тарифний фонд заробітної плати визначається як добуток кількості відпрацьованих людино-днів на денні тарифні ставки.

Фонд додаткової заробітної плати розраховується за тими його складовими, що існують на даному підприємстві. Премії розраховуються згідно з преміальним положенням підприємства (40%) як відсоток до річного фонду основної заробітної плати.

Таблиця 5.3.5 - Розрахунок корисного фонду робочого часу одного робітника в рік.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Показник | Одиниці виміру | Кількість |
| 1 | Календарний час фонду на рік | дні | 365 |
| 2 | Вихідні та святкові дні | дні | 114 |
| 3 | Номінальний фонд робочого часу | дні | 251 |
| 4 | Чергові відпустки | дні | 24 |
| 5 | Ефективний фонд робочого часу | дні | 227 |
| 6 | Середня тривалість робочого дня | год. | 8 |
| 7 | Ефективний фонд робочого часу одного робітника в рік | год. | 1816 |

Доплати за роботу у нічні години та вечірні години планують 20% годинної тарифної ставки за кожну годину роботи. Оплату за працю у вихідні та святкові (неробочі) дні розраховують як добуток добового фонду основної заробітної плати та кількості неробочих днів на рік.

Оплату щорічних і додаткових відпусток можна визначити, виходячи із середньої заробітної плати робітників за 1 люд.-день і середньої тривалості відпуски: річний фонд основної заробітної плати плюс всі визначені раніше премії і доплати відносяться до кількості людино-днів і множаться на середню тривалість відпуски (24 календарних днів – мінімальна тривалість відпуски).

Загальний фонд заробітної плати визначається як сума основної заробітної плати, преміальних виплат, доплат та додаткової заробітної плати.

Розрахунок проектної чисельності працюючих і фонд заробітної плати підприємства подано у таблиці 5.3.6.

**5.3.4 Розрахунок статей на виробництво і збут 1 дал. умовного спирту**

**По статті «Сировина й основні матеріали».** Розраховуємо витрати по мелясі. Розрахунок статті «Основна сировина» наведений у таблиці 5.3.7.

Таблиця 5.3.7 - Розрахунок статті «Основна сировина».

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Найменування сировини | Норма витрат на 1 дал., т. | Вартість за одиницю, грн.. | Витрати на 1 дал, грн.. |
| Меляса, тонн/на 1 дал. безводного спирту з урахуванням витрат на дріжджі та транспортуванням | 0,04390 | 224,15 | 9,84 |

**По статті «Допоміжні матеріали»** планується витрата матеріалів, що беруть участь у технологічному процесі виробництва чи сприяють цьому процесу, а також витрати води на технологічні цілі (сірчана, соляна чи ортофосфорна кислота, формалін, хлорне вапно, кальцинована і каустична сода та ін.). Кількість і вартість допоміжних матеріалів плануються на основі норм їхніх витрат на 1 дал. і діючих цін з урахуванням накладних витрат.

Розрахунок витрат допоміжних матеріалів наведений у таблиці 5.3.8.

**По статті «Побічна продукція і зворотні відходи»** наведений розрахунок у таблиці 5.3.9.

**По статті «Паливо й електроенергія»** розрахунки ведуться в звичайному порядку, виходячи з питомих норм витрати і вартості палива й електроенергії. На великих заводах, особливо де організоване комплексне використання сировини, здійснюється калькулювання пари й електроенергії. Розрахунок витрат палива та електроенергії наведений у таблиці 5.3.10.

Таблиця 5.3.8 - Допоміжні матеріали.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сировина | Одиниці виміру | Норма витрат на 1 дал. | Вартість одиниці, грн.. | Витрати, грн. |
| Ортофосфорна кислота | кг | 0,013 | 0,20 | 0,01 |
| Сірчана кислота | кг | 0,198 | 0,20 | 0,04 |
| Соляна кислота | кг | 0,140 | 0,20 | 0,03 |
| Карбамід | кг | 0,008 | 1,00 | 0,01 |
| Вода | м3 | 8,00 | 0,03 | 0,24 |
| Хлорне вапно | кг | 0,011 | 0,50 | 0,01 |
| Діафоній фосфат | кг | 0,013 | 0,76 | 0,01 |
| Всього | - | - | - | 0,33 |

Таблиця 5.3.9 - Побічна продукція і зворотні відходи.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва | Одиниці виміру | Норма списання витрат на 1 дал. спирту | Вартість одиниці, грн. | Витрати на 1 дал., грн.. |
| Масло сивушне | дал | 0,0034 | 2,50 | 0,0085 |
| Сивушний спирт | дал | 0,0118 | 2,50 | 0,0295 |
| Фракція головна | дал | 0,03684 | 5,00 | 0,1842 |
| Барда | дал | 12,9447 | 0,05 | 0,647235 |
| СО2 | кг | 0,3864 | 0,05 | 0,01932 |
| Всього | - | - | - | 0,888755 |

Таблиця 5.3.10 - Паливо та енергія на технологічні цілі.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Показник | Одиниці виміру | Норма витрат енергоресурсів на 1 дал. | Ціна за одиницю, грн.. | Вартість енергоресурсів,грн.. |
| 1 | Паливо | м.куб. | 5,83 | 0,33 | 1,93 |
| 2 | Пара | т. | 0,035 | 2,4 | 0,08 |
| 3 | Електроенергія | кВТ | 0,575 | 0,18 | 0,10 |
| Всього | | | - | - | 2,11 |

По статтям витрат «Основна заробітна плата виробничих робітників», «Додаткова заробітна плата виробничих робітників», «Відрахування на соціальні заходи» плануються заробітна плата робітників та відрахування на соціальні заходи, що зайняті на всіх стадіях виробництва спирту. Розрахунок основної заробітної плати, додаткової заробітної плати та витрат на соціальні заходи наведений у таблиці 5.3.11.

Таблиця 5.3.11 - Основна заробітна плата, додаткова заробітна плата та витрати на соціальні заходи.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Показник | На весь випуск, грн.. | На 1 дал., грн. |
| 1 | Основна заробітна плата | 768179,20 | 0,2824 |
| 2 | Додаткова заробітна плата | 781042,20 | 0,2871 |
| 3 | Повний фонд оплати праці | 1549221,40 | 0,5696 |
| 4 | Нарахування на зарплату (38,3%) | 563351,80 | 0,2181 |

**По статті «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування»** витрати розраховуються відповідно до галузевої інструкції з планування і калькулювання собівартості продукції і відносяться прямо на кожен вид продукції, що випускається.

Розраховуються відповідно до власності нового обладнання згідно ставки амортизації (24%),ремонтних витрат (6%), витрат на обслуговування і запасні частини (1,5%):

Вартість ОПВФ в базовому році: 19654000,00 грн.

Вартість ОПВФ в проектному році (5.3.2.):

19654000,00+385610-44900=19994712,50 грн. (5.3.2.)

Витрати по статті на весь обсяг після будівництва (5.3.3.):

19994712,50. (0,24+0,06+0,015)=6298334,44 грн. (5.3.3.)

На 1 дал. = 6298334,44 / 2720000,00 = 2,32грн. (5.3.4.)

Розрахунок решти статей та результати розрахунків витрат зводимо до таблиці 5.3.12.

**3.3.5 Розрахунок ефективності заходу**

На основі попередніх розрахунків визначимо прибуток.

Прибуток дорівнюватиме за умов незмінного обсягу виробництва різниці цін між 1 дал. спирту, закупаємого у постачальників та собівартості 1 дал. спирту, виробляємого на власному заводі (5.3.5.):

24,60 – 16,83 = 7,77 грн. на 1 дал. спирту (5.3.5.)

Тоді річний прибуток складатиме (5.3.6.):

7,77. 2627520 = 20415830,40 грн. (5.3.6.)

Отже при будівництві спиртового заводу, корпорація отримує прибуток від зменшення витрат на закупівлю спирту, який складатиме 20415830,40 грн.

Таблиця 5.3.12 - Калькуляція 1 дал. спирту ректифікату.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Показник | Витрати на 1 дал., грн. |
| 1 | Сировина | 9,84 |
| 2 | Зворотні відходи та побічна продукція | 0,89 |
| 3 | Допоміжні матеріали | 0,33 |
| 4 | Паливо та енергія | 2,11 |
| 5 | Основна заробітна плата | 0,28 |
| 6 | Додаткова заробітна плата | 0,29 |
| 7 | Відрахування на соціальні заходи | 0,22 |
| 8 | Витрати на утримання та експлуатацію устаткування | 2,32 |
| 9 | Загально виробничі витрати (150% від основної зарплати робітників) | 0,42 |
| Виробнича собівартість | | 15,82 |
| 10 | Адміністративні витрати (250% від основної заробітної плати робітників) | 0,71 |
| 11 | Витрати на збут (2% від виробничої собівартості) | 0,30 |
| Загальні витрати | | 16,83 |
| Норма прибутку,% | | 26,86 |
| Прибуток | | 4,34 |
| Ціна виробництва | | 20,50 |
| ПДВ, 20% | | 4,10 |
| Оптова ціна підприємства для підприємств-виробників лікеро-горілчаних напоїв | | 24,60 |

**6. Охорона праці та навколишнього середовища**

**6.1 Загальні питання охорони праці**

Закон України «Про охорону праці», прийнятий Верховною Радою України 21 листопада 2002 року [1], передбачає:

- пріоритет життя і здоров’я працівників, повну відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;

- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

- комплексне розв’язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;

- соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб’єктів підприємницької діяльності залежно від форм власності та видів діяльності;

- адаптацію трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров’я та психологічного стану;

- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на цілі, отримання яких не суперечить законодавству;

- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об’єднань громадян, що розв’язують проблеми охорони здоров’я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та їх представниками, між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

**6.2 Організація управління охороною праці на підприємстві**

Служба охорони праці повинна існувати на Немирівському спиртовому заводі, тому що кількість працюючих перевищує 50 чоловік.

Відповідно до ст. 13 закону України «Про охорону праці» [1] роботодавець зобов’язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов’язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;

- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;

- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;

- організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень, умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживає заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров’я виробничих факторів;

- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства (далі – акти підприємства), та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами та актами підприємства з охорони праці;

- здійснює контроль за додержанням працівником технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами, устаткування та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відносно до вимог з охорони праці;

- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці;

- вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків.

Директор

Головний інженер

Відділ охорони праці

Відділ екології

Головний енергетик

Головний механік

Головний технолог

Відділ охорони праці

Спиртоводріжджевий цех

Вуглекислотний цех

Дільниця випарювання

Котельна

Електроцех

Транспортний цех

Рисунок 6.1 – Схема управління охороною праці на Немирівському спиртовому заводі.

На службу охорони праці згідно з пунктами 2.4.4. і 2.4.5. Типового положення про службу охорони праці покладаються обов’язки:

- проведення вступного інструктажу працівників;

- організація підвищення кваліфікації та перевірки знань посадових осіб з питань охорони праці;

- забезпечення працівників правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами з охорони праці;

- проведення паспортизації робочих місць і визначення відповідності фактичних показників паспортним положенням;

- ведення обліку і розслідування нещасних випадків і профзахворювань та аварій.

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;

- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів роботи;

- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працюючих;

- професійного відбору виконавців для певних видів робіт.

Згідно з законом України «Про охорону праці» [1, с.5] за стан охорони праці на підприємстві несе відповідальність директор Немирівського спиртового заводу.

Основними чинниками шкідливості у апаратному відділенні є тепловиділення, так як процес перегонки і ректифікації проходить при 1050С. Шум створюють рідини, що рухаються по трубопроводах, а шкідливі гази виділяються із спиртоловушки.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що існують на підприємствах за природою дії поділяються на групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

На Немирівському спиртовому заводі на працюючих впливають такі фактори, що відносяться до групи фізичних:

* рухомі машини та механізми;
* незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
* підвищена загазованість повітря робочої зони СО2;
* підвищена температура поверхонь обладнання;
* підвищений рівень шуму, вібрації;
* підвищена вологість повітря у окремих відділеннях.

До групи хімічних факторів:

* пари кислот, що використовуються для антисептування меляси;
* пари спирту, що виділяються з дріждерегенераторів, бродильних апаратів та іншого обладнання через нещільності.

**6.3 Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників**

Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників на Немирівському спиртовому заводі представлений у таблиці 6.1. [2].

Таблиця 6.1- Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників.

|  |  |
| --- | --- |
| Шкідливі і небезпечні  виробничі чинники | Джерела їх виникнення |
| Токсичні речовини (тальк, SiO2, MgO, CaO) | Технологічне обладнання |
| Шум, вібрація | Технологічне обладнання |
| Електрична напруга V=220/380 В | Технологічне обладнання |
| Вибухо-пожежонебезпечність:  - спирт (tспл= 28 0С); | Браго-ректифікаційне відділення |
| Влогість φ= 80-85% | Дріжджове відділення |

**6.4 Промислова санітарія**

**6.4.1 Шкідливі речовини, які зустрічаються на виробництві**

При виробництві етилового спирту зустрічаються шкідливі речовини, перелік яких наведений у таблиці 6.2 [3,4,5].

**6.4.2 Метеорологічні умови**

Мікроклімат нормується за допустимими нормами тому, що у всіх відділеннях спостерігається тепловиділення. Тепло виділяється у відділенні дріжджегенерування, бродильному, у відділенні перегонки і ректифікації спирту. Тепло випромінюється від паропроводів, апаратів, бо всі процеси ідуть з виделенням тепла. Тепло виділяється при реакції бродіння, температура дріждегенераторів і бродильних апаратів 28-30 0С.

Таблиця 6.2 - Характеристика шкідливих речовин, які зустрічаються при виробництві етилового спирту.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Речовина | Токсичність | ГДК, мг/м3 | Клас небезпеки |
| Карбамід | Впливає на органи дихання | 10 | III |
| С2Н5ОН | Впливає на слизові оболонки, печінку, нирки | 1000 | IV |
| Тальк | Впливає на органи дихання | 1 | III |

Температура у відділенні перегонки і ректифікації перевищує 100 0С технологічного обладнання. Все воно теплоізольоване, щоб температура на поверхні не перевищувала 45 0С.

Допустимі та оптимальні значення параметрів метеорологічних умов надані в таблиці 6.3 [6].

**6.4.3 Вентиляція**

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в основних виробничих приміщеннях передбачена система вентиляції і опалювання.

У відділенні дріжджегенерування, бродильному, у відділенні перегонки і ректифікації спирту, вуглекислотному передбачена штучна - загально обмінна, приливно-витяжна вентиляція, постійно діюча [6].

У вуглекислотному відділенні крім цього ще передбачена аварійна вентиляція. Опалення в цих відділеннях не передбачене, через велике тепловиділення.

# Таблиця 6.3 – Значення оптимальних та допустимих параметрів метеорологічних умов.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Період року | Категорія робіт по енерговитратах | Температура, оС | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с |
| Холодний період року | Середньої важкості IIа | допустимі | | |
| 17-23 | 75 | 0.3 |
| оптимальні | | |
| 18-20 | 40-60 | 0.2 |
| Теплий період року | Середньої важкості IIа | допустимі | | |
| 27-30 | не більше 75 | 0.4 |
| оптимальні | | |
| 21-23 | 40-60 | 0.3 |

У непромислових приміщеннях передбачена як природна, так і штучна вентиляція, місцева припливно-витяжна. Також передбачене центральне опалення.

**6.4.4 Освітлення**

У виробничих, підсобних і побутових приміщеннях використовується природне освітлення і штучне [8].

Природне освітлення здійснюється через віконні пройоми, що виконані у вигляді засклених дерев’яних рам. Штучне освітлення здійснюється за допомогою світильників. Крім робочого штучного освітлення є аварійне освітлення, яке дозволяє при відключенні робочого освітлення продовжувати обслуговування окремих видів обладнання і безпечну його експлуатацію, а також безпечну евакуацію людей.

Аварійне освітлення здійснюється світильниками з лампами розжарювання, які є в коридорах, на сходах, а також біля пультів управління і панелей КПіА.

На спиртовому заводі всі роботи відносяться до середньої точності розряду зорової роботи - IV.

Коефіцієнт природної освітленості визначаємо за формулою (6.1.):

енIV=енIII. m. с (6.1.)

енIV=1,5. 0,9 1=1,35%

де: ***е****нIV*– коефіцієнт природної освітленості (КПО) для IV пояса світлового клімату;

***e****нIII*- коефіцієнт природної освітленості для III пояса світлового клімату;

***m*** - коефіцієнт світлового клімату (0,9);

***c*** - коефіцієнт сонячного клімату (1 ÷ 0,75).

**6.4.5 Шум**

Шум є одним із найбільш розповсюдженим фактором, що впливає на людину. Він завдає великої шкоди здоров’ю та виробничій діяльності людини. В результаті втоми, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Все це є однією з причин збільшення економічних витрат.

Джерелами шуму на Немирівському спиртовому заводі є рух рідин по трубопроводах, та робота насосів, мішалок та іншого обладнання.

Допустимі норми шуму для спиртових заводів згідно з ГОСТ 12.1.003-83 подано в таблиці 6.5 [ 9].

# Таблиця 6.4 - Характеристика освітлення.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування приміщення | Площа підлоги, м2 | Розряд зорової роботи | Освітлення | | |
| природне | | штучне |
| Вид освітлення (бокове, верхнє) | КПО,  %  енIV | Нормована освітленість, Еmin, лк |
| Відділення дріжджегенерування | 60 | VI | верхнє | 1,35 | 200 |
| Бродильне відділення | 200 | VI | верхнє | 1,35 | 200 |
| Відділення перегонки і ректифікації спирту | 250 | VI | верхнє | 1,35 | 200 |

**6.5 Електробезпека**

З точки зору електробезпеки виробничих приміщень спиртові заводи відносяться до третьої групи. У відповідності з цим встановлена безпечна напруга 12В, промислова частота 50 Гц, струм – постійний. Проводка у виробничих приміщеннях виконана ізольованими кабелями.

В бродильному, апаратному і зливному відділеннях лампи встановлюються у вибухонебезпечних світильниках.

Електродвигуни і пускові пристрої до них в бродильному апаратному і зливному відділеннях виконуються в закритому виконанні.

Для попередження виникнення зарядів статичної електрики приймаються слідуючи заходи:

- заземлення трубопроводів, обладнання, резервуарів;

- в приміщеннях, де можуть виникнути заряди статичної електрики підтримується підвищена відносна вологість повітря (до 70%);

- швидкість руху спирту в трубопроводах не повинна перевищувати 5 м/с;

Для попередження грозових ударів всі об’єкти забезпечуються блискавкозахистом. Захист від прямих ударів блискавки здійснюється установкою блискавковідводів, які складаються з блискавкоприйомника, заземлювача і струмовідводу.

Таблиця 6.5 –Рівень звукового тиску та звуку.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Професія | Рівень звукового тиску цБ в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц | | | | | | | | | Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку |
|  | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1. | Підготовник мелясного сусла | 103 | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 80 |
| 2. | Апаратник вирощування дріжджів | 103 | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 80 |
| 3. | Апаратник процесу бродіння | 103 | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 80 |
| 4. | Апаратник перегонки і ректифікації спирту | 103 | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 80 |

Для захисту від електростатичної індукції все металеве обладнання з’єднується між собою так, щоб воно складало єдиний безперервний електричний ланцюг, який заземлюють в ряді місць [ 10].

Системи блискавкозахисту постійно перевіряються і підтримуються в справному стані [ 10].

**6.6 Пожежна безпека**

Пожежна безпека підприємства (Немирівського спиртового заводу) повинна відповідати вимогам Закону України «Про пожежну безпеку», Правил пожежної безпеки в Україні та вимогам відповідних нормативних актів.

Категорія приміщення Немирівського спиртового заводу відноситься до категорії А [ 11]. Вогнестійкість споруди - I [ 11].

Технологічне устаткування за нормальних режимів роботи повинно бути пожежобезпечним. На випадок небезпечних несправностей і аварій необхідно передбачити заходи, що обмежують масштаб і наслідки пожежі.

Технологічне устаткування, апарати, трубопроводи, арматура, в якій циркулюють речовини, що виділяють вибухонебезпечні пари, гази та пил, повинні, як правило, бути герметичними.

Апаратне відділення має бути обладнане автоматичною пожежною сигналізацією.

Усі виробничі приміщення мають бути забезпечені первинними засобами пожежегасіння. До них належать: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири, тощо).

Також необхідно встановити на території підприємства пожежні щити. До комплекту засобів пожежегасіння, які розміщуються на ньому слід включити: вогнегасники – 3, ящик з піском -1, покривало – 1, гаки – 3, лопати – 2, сокири – 2, ломи – 2.

Мається в наявності пожежний водопровід з гідрантами і пожежними викидними рукавами.

Перелік обов’язкових засобів пожежегасіння наведений у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 - Перелік обов'язкових засобів пожежегасіння**.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Приміщення | Площа, м2 | Первинні засоби пожежегасіння (тип) | Кількість, шт. |
| Відділення підготовки меляси до зброджування | 200 | Хімічно-пінні:  ВП-14, ВП-9ММ | 4 |
| Дріжджове відділення | 60 | Хімічно-пінні:  ВП-14, ВП-9ММ | 2 |
| Бродильне відділення | 200 | Порошкові:  ВП-1, ВПС-6, ВПС-10 | 4 |
| Відділення брагоректифікації | 250 | Порошкові:  ВП-1, ВПС-6, ВПС-10 | 5 |

**6.7 Охорона навколишнього середовища**

На даному етапі розвитку нашої країни питання охорони навколишнього середовища все частіше постає гостро.

Вирішення питання інтенсивного ресурсо- та енергозбереження в значній мірі допомагає вирішувати екологічну проблему, тісно пов’язану з викидами відходів виробництва та продуктів згорання енергоносіїв в навколишнє середовище.

За ступенем впливу на довкілля до нешкідливих належать: після спиртова зернова барда, дріжджі цукроміцети та вуглекислота бродіння, а до шкідливих належать: мелясна барда, головна фракція етилового спирту та сивушне масло.

Щоб менше забруднювати навколишнє середовище, барду, що утворюється в результаті перегонки і ректифікації упарюють і використовують як живлення на полях, для будівництва, як зміцнюючий матеріал, для добування руд.

Вуглекислий газ, що виділяється в результаті бродіння, вловлюється і потім використовується для газування напоїв, як джерело сухого льоду

Щоб не забруднювати повітря, гази, що викидаються в атмосферу в брагоректифікаційному відділенні проходять конденсатор і спиртоловушку для повного вловлювання спиртових парів.

При виробництві спирту утворюється велика кількість сильно забруднених стічних вод.

Стічні води заводу діляться на чотири категорії:

* теплообмінні;
* після продування котлів;
* лютерна вода, конденсати вторинної пари;
* після миття обладнання, господарсько-побутові стоки, первинна і вторинна вода.

Вода умовно чиста надходить на повторне використання, а забруднена на поля фільтрації [12].

**Висновок**

Виробництво етилового спирту із меляси на даному заводі можна вважати доцільним та економічно вигідним. Перш за все через близьке розташування цукрових заводів, що забезпечує зменшення витрат на транспортування меляси, безпосередня близькість лікеро-горілчаного заводу забезпечує зменшення витрат на транспортування спирту. А встановлення брагоректифікаційної установки непрямої дії з ректифікаційною колоною повною з багатоковпачковими тарілками, що працює під тиском, дозволить отримувати спирт високої якості навіть із меляси з низькими витратами.

Також встановлення брагоректифікаційної установки непрямої дозволить не лише зменшити витрати пари до 35-40 кг/дал, але й збільшити вихід ректифікованого спирту, так як зменшиться відбір спирту етилового головної фракції.

Використання в схемі закритого обігріву колон являється важливим джерелом економії тепла. В умовах мелясних спиртових заводів це дозволяє забезпечити живлення котлів на 90-95% конденсатом гріючої пари, різко скоротити витрати на хімічне очищення живильної води.

**Список використаних джерел**

1. Закон України «Про охорону праці», листопад 2002 р.

2. ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 01.01.76.

3. Лазарев Н. В. Вредные вещества в промышленности. – М.: Химия, 1976. – Ч. І. – 336с.

4. Лазарев Н. В. Вредные вещества в промышленности. – М.: Химия, 1976. – Ч. ІІ. – 400с.

5. Макаров Г. В. И др. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1980. – 568 с.

6. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - Введ. 01.01.89.

7. СНиП 2.04.05-91 Нормы проектирования. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. - М.: Стройиздат, 1991

8. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат, 1980. -110с.

9. ГОСТ 12.1.003-83\* ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - Введ. 01.01.1980.

10. Бистров В.П. Охрана труда. Справочное пособие для руководителей предприятий, учреждений, организаций, лечебных и учебных заведений. – С., мсп «Ната» 2005 – с.500.

11. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 01. 07. 92.

12. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.

13. Яровенко В.Л., Маринченко В.А., Смирнов В.А. и др.; Под ред.. проф. Яровенко В.Л. Технология етилового спирта – М.: колос, «Колос-Пресс», 2002. – 465 с.

14. Антипов С.Т., Кретон И.Т., Остриков А.Н. и др.; Под ред. Акад.. РАСХН Панфилова В.А. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Высшая школа, 2001. – 685 с.: ил.

15. Антипов С.Т., Кретон И.Т., Остриков А.Н. и др.; Под ред. Акад.. РАСХН Панфилова В.А. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2. – М.: Высшая школа, 2001. – 680 с.: ил.

16. Цыганков П.С., Цыганков С.П. Руководство по ректификации спирта. – М.: Пищепромиздат, 2002. – 400 с.

17. Научно-технический прогресс в спиртовой и ликеро-водочной отрасли промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 2001. – 256 с.

18. Плевко Е.А., Бакушинская О.А. Микробиология и химико-технологический контроль дрожжевого производства. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 269 с.

19. Самуилов В.Д., Олескин А.В. Техническая биотехнология. – Мосск. Университет, 1994. – 200 с.

20. Герасименко В.Г. Биотехнология. Учебное пособие. – К.: Высшая школа, 1989. – 343 с.

21. Мальцев П.М. Технология бродильных производств. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 580 с.

22. Климовский Д.Н., Смирнов В.А., Стабников В.Н. Технология спирта. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 452 с.

23. О состоянии и направлениях развития производства спирта этилового из пищевого сырья и ликероводочной продукции. – М.: Пищевая промышленность, 2005. – 424 с.