

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 Аналіз технологічних особливостей процесів переробки поліетилентерефталату	10
1.1 Характеристика поліетилентерефталату	10
1.2 Фізичні властивості ПЕТ	15
1.3 Промислові технології переробки поліетилентерефталату	17
1.4 Особливості застосування пластифікаторів	27
1.5 Опис технологічної схеми виробництва пластифікатора на основі продуктів перетворення поліетилентерефталату	29
1.6 Постановка задачі	31
2 Аналіз технологічної схеми виробництва пластифікатора як об'єкту автоматизації	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Особливості керування хіміко-технологічними процесами	33
2.1 Аналіз основних процесів виробництва. Визначення рівня автоматизації процесу	38
3 Розрахунок статичних режимів процесу виробництва пластифікатора	45
3.1 Виконання структурного аналізу ХТС	45
3.2 Розрахунок матеріального балансу	46
4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання пластифікатора	49
4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми	50
4.2.1 Контроль і регулювання температури	51
4.2.2 Контроль і регулювання витрат	52
4.2.3 Контроль і регулювання рівня	52

5	Проектування системи керування в середовищі розробки SCADA-систем	54
5.1	SCADA-системи. Призначення, структура, основні функції.	54
5.2	Опис та структура системи TRACE MODE	55
5.3	Канали проходження інформації в системі TRACE MODE	57
5.4	Створення системи диспетчерського управління процесом виробництва пластифікатора в середовищі TRACE MODE.....	60
5.4.1	Створення головного екрану проекту та налаштування приладів.....	60
5.4.2	Створення програм для обробки вимірювальної інформації, генерації сигналів та управління процесами.....	62
5.4.3	Створення вікна побудови трендів.....	65
5.4.4	Інструкція оператора.....	66
6	Розроблення стартап проекту	70
6.1	Резюме стартапу	70
6.2	Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу	72
6.3	Ключові фактори успіху проекту за методом Шонфільда	73
6.4	Розрахунок основних техніко-економічних показників проекту.....	74
6.5	Карта бізнес-процесів реалізації проекту	77
6.6	Оцінка ризиків та страхування розробки.....	78
	ВИСНОВКИ.....	79
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80

ВСТУП

Вироби із полімерних матеріалів надзвичайно популярні в повсякденному житті людини. Різноманітність сфер використання даного матеріалу вражає, починаючи з роздрібних пластикових виробів (пакели, пляшки, посуд, тощо) закінчуючи використанням в медичній сфері (апарати, прилади, виготовлення «запасних» частин людського організму), будівельній індустрії, машинобудівній та залізничній галуззі (елементи автомобілів, поїздів, літаків, кораблів, ракет, кузова різного транспорту, трубопроводи). Виробництво пластмасових виробів витрачає менше енергії і є менш трудомістким. Завдяки своїм унікальним властивостям (низька щільність, високі діелектричні характеристики, оптимальні теплоізоляційні якості, стійкість до шкідливих впливів, стійкість від впливу різких температурних перепадів, низькі витрати енергії при обробці, оптимальна еластичність, практичність при створенні виробів, наявність багатого спектра кольорів) полімерні матеріали стали ідеальною альтернативою металам, деревині, тощо, що дозволило компаніям заощадити кошти на виробництвах. Таким чином, різні види пластмас і їх застосування грають істотну роль в житті кожної людини. Без цього матеріалу складно уявити будь-яку галузь народного господарства.

Масове виробництво пластику не тільки зробило життя людей більш зручним, але і може призвести до глобальної екологічної катастрофи. Виробництво полімерних матеріалів почалось 60 років тому, за цей час обсяг його випуску виріс в 180 разів - з 1,7 млн. тон в 1954 році до 322 млн. в 2015-му. Пляшок для води, наприклад, найпопулярнішого виробу, виробляють близько 480 млрд. на рік (20 тис. щосекунди).

Океани приймають на себе основний удар пластикового забруднення, кругообіг течій сприяє утворенню «сміттєвих островів»,

найбільший острів – це «Great Pacific Garbage Patch». На 2019 рік його площа складає 1.6 мільйонів квадратних кілометрів (в три рази більше за Францію). При цьому пластик не тільки дрейфує на поверхні, але опускається на дно: вчені з Центру досліджень океану в Кілі (Німеччина) довели, що сміття тоне, «склеюючись» з частками біологічного походження. Тоді ж в японському агентстві з науки і техніки досліджували фотографії океанічних глибин і знайшли безліч слідів антропогенного забруднення - навіть на дні Маріанської западини лежали шматки поліетиленового пакету.

В Україні на переробку йде лише 9% пластику, все інше потрапляє на звалища і в навколишнє середовище. В результаті з 8,3 млрд. тон пластику 6,3 млрд. тон перетворюється в сміття. Проблема була виявлена лише нещодавно, коли людство вже потрапило в пластикову «пастку». Усвідомлення масштабної проблеми штовхнуло людство на пошук методів переробки та утилізації полімерних матеріалів.

Метою роботи є дослідження та керування процесом переробки полімерного матеріалу, а саме поліетилентерефталату. Цільовим продуктом переробки поліетилентерефталату за даним методом є пластифікатор. Пластифікатор являє собою добавку, яку широко використовують в будівельній сфері в якості допоміжної речовини для покращення фізичних властивостей будівельних матеріалів (збільшення пластичності, зменшення в'язкості матеріалів). Тож, технологія, яка розглядається в даній роботі, є унікальною, так як разом з виробництвом корисного матеріалу – пластифікатору, відбувається переробка поліетилентерефталату, полімерного матеріалу, який є основним забруднювачем оточуючого середовища на теперішній час.

1 Аналіз технологічних особливостей процесів переробки поліетилентерефталату

1.1 Характеристика поліетилентерефталату

Поліетилентерефталат (скорочено ПЕТ) є найбільш поширеною термопластичною полімерною смолою з поліефірного сімейства, використовується в волокнах для одягу, у виробництві контейнерів для рідин та харчових продуктів і в поєднанні зі скловолокном для технічних смол. Більша частина світового виробництва ПЕТ припадає на синтетичні волокна (понад 60%) та на виробництво пляшок (близько 30% від світового попиту). В контексті застосування в текстильній промисловості, матеріал ПЕТ називають загальним терміном – поліестер, тоді як акронім ПЕТ зазвичай використовується у контексті з пластиковими упаковками. Поліестер становить близько 18% світового виробництва полімерів і є четвертим за обсягом виробництва полімером після поліетилену (ПЕ), поліпропілену (ПП) і полівінілхлориду (ПВХ). Залежно від процесу переробки та термічної історії поліетилентерефталат може існувати як у вигляді аморфного (прозорого), так і у вигляді напівкристалічного полімеру. Напівкристалічний матеріал може бути прозорим (розмір частинок менше 500 нм) або непрозорим, білим (розмір часток до декількох мікрометрів) в залежності від його кристалічної структури і розміру часток.

Пластикові пляшки з ПЕТ широко використовуються при виробництві безалкогольних напоїв. Для деяких спеціальних пляшок, таких як ті, які призначені для зберігання пива, в ПЕТ додають додатковий шар полівінілового спирту для зниження киснепроникності. При виробництві харчової плівки на спеціальну двоосьово орієнтовну ПЕТ-плівку додають алюмінієвий шар шляхом випаровування тонкої металевої плівки, щоб зменшити її проникність, зробити її непрозорою та світлонепроникною. Ці властивості корисні в багатьох випадках,

включаючи виробництво гнучкої упаковки для харчових продуктів і теплоізоляцію (наприклад, космічні ковдри). Завдяки високій механічній міцності ПЕТ-плівку часто використовують в стрічкових приладах, таких як носій для магнітної стрічки або підкладка для чутливих до тиску клейких стрічок.

Також ПЕТ можна використовувати для виготовлення пакувальних лотків і блістерних упаковок. Лотки вироблені з ПЕТ, який піддається кристалізації, можна використовувати для замороження продуктів харчування, так як вони витримують як і низькі температури (замерзання), так і високі (наприклад для випікання в духовці). І аморфний ПЕТ, і VoPET (biaxially oriented PET) прозорі для неозброєного ока. Барвники, що забезпечують колір, можуть бути легко додані в ПЕТ. При заповненні скляними частинками або волокнами він стає значно жорсткішим і довговічним. ПЕТ також використовується в якості підкладки в тонкоплівкових сонячних елементах та в якості нитки для 3D-друку, а також в 3D-друці пластику PETG.

До недавнього часу, отримувати вторинну ПЕТ-сировину було дуже складно. Існуючі технології та обладнання для рециклінгу поліетилентерефталату були технічно недосконалі і збиткові. Однак, утилізація ПЕТ-продукції також пов'язана з серйозними витратами і забрудненням природи. Це змусило фахівців шукати недорогі способи отримання вторинної ПЕТ-сировини.

В даний час створені і успішно працюють недорогі лінії для переробки ПЕТ. Забруднені відходи, як правило, ПЕТ-пляшки, збираються, сортуються вручну або автоматично і надходять на ділянку дроблення. Виділяють кілька основних напрямків переробки вторинного поліетилентерефталату, які умовно можна розділити на три основні групи: механічний, хімічний та термічний.

Таблиця 1.1 Основні способи переробки вторинного поліетилентерефталату

Розглядаючи докладніше варіанти утилізації і рециклінгу ПЕТ, можна виділити наступні методи:

Захоронення. Самий безперспективний варіант, оскільки цінна полімерна сировина закопується та величезні території стають непридатними для сільськогосподарських потреб.

Спалювання. Цей метод активно використовують, наприклад, в США, а вироблювана при цьому енергія використовується для потреб населення. Метод екологічно небезпечний. Крім того, спалювання не є економічно доцільним.

Радіодеструкція. Метод має на увазі руйнування хімічних зв'язків макромолекул полімерів за допомогою нейтронів, гамма-випромінювання, бета-частинок, що сприяє процесам фото- і термоокислювальної деструкції, і утворенню низькомолекулярних продуктів, які можуть бути задіяні в біоциклічних процесах.

Термічний розклад. Термічний розклад - спосіб утилізації вторинної полімерної сировини, при якому вона «розпадається» на низькомолекулярні сполуки. Сюди відносяться: піроліз і каталітичний термоліз. Так, в США при переробці пластикової тари з ПЕТ отримують мономери - диметилтерефталат і етиленгліколь, які, в свою чергу, знову застосовуються для отримання ПЕТ.

Хімічний рециклінг ПЕТ - сольволіз. При сольволізі ПЕТ піддається деполімеризації при взаємодії з хімічними речовинами, такими як, метанол (метаноліз з отриманням мономера диметилтерефталату); етиленгліколь (гліколіз з отриманням мономера

бісгідроетилтерефталату); кислоти (гідроліз з отриманням терефталевої кислоти) або лугу (омилення). Методи сольволізу досить енергоємні, вимагають високотехнологічного обладнання і тому дуже дорогі. Однак ці методи дають можливість використовувати сировину нижчої якості, оскільки хімічні процеси дозволяють виробляти додаткове очищення. Даний напрямок передбачає, наприклад, проведення процесу деполімеризації відходів ПЕТ нейтральним гідролізом до терефталевої кислоти і етиленгліколю, які знову йдуть на синтез ПЕТ. Процес є безперервним. Це найбільш поширений, економічний і безпечний для навколишнього середовища спосіб переробки відходів ПЕТ. Досить поширеним способом хімічної переробки відходів поліетилентерефталату є гліколіз і поліконденсація вторинного ПЕТ з додаванням ненасичених багатоосновних кислот або їх ангідридів з метою отримання порівняно недорогої ненасиченої поліефірної смоли. Процес деполімеризації є відносно дорогим способом переробки вторинної ПЕТ оскільки передбачає значні енергетичні витрати або використання дорогих хімічних продуктів. Продукти деструкції ПЕТ із застарілих відходів широко використовують знову в синтезі ПЕТ, для отримання пластифікаторів, лаків, матеріалів для покриттів і ін.

Грануляція. Для переробки ПЕТ відходів використовують дробарки, млини, гранулятори. Під механічним і тепловим впливом відходи переходять у смолоподібний стан. Потім на виході з гранулятора розплав продавлюють через калібрувальні отвори і нарізують на гранули, які потім охолоджуються. Іноді цей процес проводять з використанням різних стабілізаторів, модифікаторів, барвників та інших добавок, що підвищують якість грануляту. Вторинний поліетилентерефталат може бути використаний в якості добавки для поліпшення фізико механічних або електромеханічних характеристик іншого полімеру.

Агломерація. Рівномірність завантаження плівкових відходів в переробне обладнання після промивання забезпечується агломерацією. При агломерації з плівки виходять окатиші (компактні зерна) довільної форми з досить високою насипною щільністю і гарною сипучістю.

Агломерація менш енергоємна, більш продуктивна, ніж грануляція і тому дозволяє знизити витрати на підготовку матеріалу до подальшої переробки. Крім того, агломерація протікає без зміни молекулярної маси матеріалу при цьому в процесі агломерації можливе введення в полімер барвників, стабілізаторів, наповнювачів. Найбільш ефективні дискові агломератори безперервної дії, коли відходи ПЕТ, подрібнені до розміру пластівців 5-10 мм, безперервно подаються в зону агломерації.

Екструзія. Найпоширеніший спосіб переробки подрібнених відходів поліетиленерефталату. ПЕТ переробляється литтям під тиском у всіх типах ливарних машин, призначених для переробки термопластів. Відзначається, що застосування екструзії сумішей з переробленого вторинного і первинного ПЕТ покращує реологічні властивості вторинного полімеру і робить його більш придатним для видування. Можливий варіант, коли ПЕТ змішують з поліетиленом високого тиску і модифікаторами до отримання композиції, за властивостями близькою до ливарного з температурою розплаву – 250-260 °С. Повністю аморфна структура виходить при температурі форми 50 °С. Аморфні вироби мають кращу стійкість до ударних навантажень, але більш низькою температурою експлуатації.

Переробка «пляшка-в-пляшку» (bottle-to-bottle). Цей спосіб об'єднує всі методи отримання продукту, який можна знову використовувати для виробництва харчової упаковки і пляшок для напоїв. Незважаючи на те, що в країнах Європи рециркуляція "пляшка в пляшку" освоюється відносно недавно, вже в 2004 році переробка вже використаних ПЕТ пляшок досягла 500 тисяч тон, що дало 20% зростання їх використання. У

США цей вид переробки розвивається вже протягом багатьох років і ще більше розвинений ніж в Європі.

1.2 Фізичні властивості ПЕТ

ПЕТ в своєму природному стані являє собою безбарвну, напівкристалічну смолу. В залежності від того, як він обробляється, міцність ПЕТ може варіюватись від напівжорсткого до жорсткого, також цей матеріал дуже легкий. Це забезпечує хороший бар'єр вологості та захист газових речовин. ПЕТ також є хорошим засобом для зберігання алкоголю (проте вимагає додаткової "бар'єрної" обробки) і розчинників. Він сильний та стійкий до зовнішніх впливів. ПЕТ стає білим при взаємодії з хлороформом, а також з деякими іншими хімічними речовинами, такими як толуол. Кристалізація на рівні 60% є верхньою межею для комерційних продуктів, за винятком поліефірних волокон. Прозорі продукти можуть бути отримані швидким охолодженням розплавленого полімеру нижче температури склування з утворенням аморфної твердої речовини. Подібно склу, аморфний ПЕТ утворюється, коли його молекулам не дають достатньо часу для впорядкованого розташування при охолодженні розплаву. При кімнатній температурі молекули заморожуються на місці, але, якщо достатня кількість теплової енергії повертається в них при нагріванні, вони знову починають рухатися, дозволяючи кристалам утворюватися і зростати. Ця процедура називається кристалізацією в твердому стані. При повільному охолодженні розплавленого полімеру утворює більш кристалічний матеріал. Цей матеріал має сфероліти, що містять багато дрібних кристалітів, коли кристалізуються з аморфної твердої речовини, а не утворюють один великий монокристал. ПЕТ гігроскопічний, що означає, що він поглинає воду з навколишнього середовища. Однак коли цей «вологий» ПЕТ потім нагрівається, вода гідролізує ПЕТ, знижуючи його пружність. Таким чином, перш ніж смолу можна обробляти, її необхідно

висушити. Сушка досягається за рахунок використання вологопоглинача або осушувачів перед подачею ПЕТ в технологічне обладнання. Усередині сушарки гаряче сухе повітря закачується в нижню частину бункера, що містить смолу, таким чином, що воно проходить через гранули, видаляючи вологу на своєму шляху. Гаряче вологе повітря залишає верхню частину бункера і спочатку проходить через додатковий охолоджувач, тому що легше видалити вологу з холодного повітря, ніж з гарячого. Отримане холодне вологе повітря потім пропускається через шар осушувача. Нарешті, холодне сухе повітря, що виходить з шару вологопоглинача, повторно нагрівається в технологічному нагрівачі і повертається через ті ж процеси в замкнутому контурі. Як правило, рівні залишкової вологи в смолі перед обробкою повинні складати менше 50 частин на мільйон (частин води на мільйон частин смоли по масі). Час перебування сушки не повинно бути коротше чотирьох годин. ПЕТ також можна сушити в сушарках зі стисненим повітрям. Сушарки зі стисненим повітрям не використовують сушильне повітря повторно. Сухе та нагріте стиснене повітря циркулює через гранули ПЕТ, як в осушувачі, і потім випускається в атмосферу.

ПЕТ піддається різним типам деформації під час обробки. Основні деградації, які можуть статися, - це гідролітичне і, можливо, найбільш важливе термічне окислення. Коли ПЕТ розкладається, відбувається кілька речей: знебарвлення, розрив ланцюгів, що приводить до зниження молекулярної маси, поява ацетальдегіду і поперечних зв'язків (утворення «гелю»). Зміна кольору відбувається через утворення різних хромофорних систем після тривалої термічної обробки при підвищених температурах. Це стає проблемою, коли оптичні вимоги до полімеру дуже високі, наприклад, при пакуванні. Термічна і термоокислювальна деградація призводить до поганих характеристик технологічності і продуктивності матеріалу.

Одним із способів полегшити деформацію під час обробки є використання ізофталевої кислоти. Вона знижує температуру плавлення і ступінь кристалічності ПЕТ (особливо важливо, коли матеріал використовується для виготовлення пляшок). Таким чином, смола може бути пластично сформована при більш низьких температурах і/або з меншою силою. Це допомагає запобігти деградації, знижуючи вміст ацетальдегіду в готовому продукті до прийняттого (тобто непомітного) рівня

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості поліетилентерефталату.

1.3 Промислові технології переробки поліетилентерефталату

Було визначено, що в усьому світі щорічно виробляється більше ніж 56 мільйонів тон ПЕТ. У той час як більшість термопластів, в принципі, можуть бути перероблені, вторинна переробка ПЕТ-пляшок є більш практичною в порівнянні з іншими полімерними виробами. Основним видом використання переробленого ПЕТ є поліефірні волокна, обв'язувальні і нехарчові контейнери. У зв'язку з можливістю переробки ПЕТ і великої кількості відходів, що утворюються після споживання у вигляді пляшок, ПЕТ швидко завойовує ринкову частку в якості килимового волокна. У 1999 році компанія Mohawk Industries випустила everSTRAND, 100% ПЕТ-волокно з вторинної переробкою. З тих пір більше 17 мільярдів пляшок було перероблено в килимове волокно. Pharr Yarns, постачальник для багатьох виробників килимів, в тому числі Looptex, Dobbs Mills і Berkshire Flooring виробляє килимове волокно з ПЕТ BCF («bulk continuous filament» або «об'ємна безперервна нитка»), що містить мінімум 25% вторинної сировини. ПЕТ, як і багато інших пластмас, також є відмінним кандидатом для термічної утилізації (спалювання), так як він складається з вуглецю, водню і кисню, з незначними кількостями каталітичних елементів (але без сірки). ПЕТ

володіє енергетичним вмістом м'якого вугілля. При переробці поліетилентерефталату, ПЕТ або поліестеру, як правило, необхідно розрізняти три способи:

1. Хімічна переробка назад у вихідну сировину, тобто очищену терефталевою кислотою (РТА) або диметилтерефталат (DMТ) і етиленгліколь (EG), де структура полімеру руйнується повністю, або в проміжних продуктах процесу;
2. Механічна переробка, при якій вихідні полімерні властивості зберігаються або відновлюються;
3. Хімічна рециркуляція, при якій відбувається перетерифікація, і додаються інші гліколи / поліоли або гліцерин, щоб отримати поліол, який можна використовувати іншими способами, такими як виробництво поліуретану або виробництво поліуретанової піни.

Хімічна переробка ПЕТ є економічно ефективною тільки при використанні ліній з переробки з високою продуктивністю – понад 50000 тон в рік. Такі лінії можна побачити тільки на виробничих майданчиках дуже великих виробників полієфіру. Кілька спроб промислового масштабу по створенню таких заводів по переробці хімічних речовин були зроблені в минулому, але без особливого успіху. Навіть багатообіцяюча хімічна переробка в Японії до цих пір не стала промисловим проривом. Це пояснюється двома причинами: по-перше, складність послідовного і безперервного отримання пляшок з відходами в такій величезній кількості на одному майданчику, по-друге, постійно зростаючі ціни і мінливість цін на зібрані пляшки. Ціни на упаковані пляшки виростили, наприклад, в період з 2000 року приблизно з 50 євро / тонна до більш ніж 500 євро / тонна в 2008 році.

Механічна переробка або пряма циркуляція ПЕТ в полімерному стані в даний час здійснюється в самих різних варіантах. Ці види процесів

типові для малих і середніх підприємств. Економічна ефективність може бути досягнута з виробничими потужностями в діапазоні 5000-20000 тон / рік. В цьому випадку сьогодні можливі майже всі види зворотного зв'язку з переробленим матеріалом. Ці різноманітні процеси переробки детально розглянуті нижче.

Крім хімічних забруднювачів і продуктів розкладання, що утворюються під час першої обробки і використання, механічні домішки являють собою основну частину домішок, що знижують якість в потоці рециркуляції. Вторинні матеріали все частіше впроваджуються в виробничі процеси, які спочатку були призначені тільки для нових матеріалів. Тому ефективні процеси сортування, розділення і очищення стають найбільш важливими для високоякісного переробленого поліестеру.

Говорячи про промисловість по переробці поліестеру, ми концентруємося в основному на переробці ПЕТ-пляшок, які тим часом використовуються для упаковки всіх видів рідин, таких як вода, газовані безалкогольні напої, соки, пиво, соуси, миючі засоби, побутова хімія і так далі. Пляшки легко відрізнити завдяки формі і консистенції, і вони відокремлюються від пластикових відходів або автоматичними, або вручну. Створена індустрія переробки полієфіру складається з трьох основних розділів:

1. Збір ПЕТ-пляшок і поділ відходів: логістика відходів.
2. Виробництво чистих пляшкових пластин: виробництво пластин.
3. Переробка ПЕТ-пластин в кінцеву продукцію: переробка пластин.

Проміжним продуктом з першої секції є відходи пляшкових тюків (великий перев'язаний згорток товару, велика зв'язка речей, зазвичай в упаковці) з вмістом ПЕТ більш 90%. Найпоширеніша форма торгівлі - це

тюки, але на ринку часто зустрічаються цегельні або навіть пухкі попередньо нарізані пляшки. У другому розділі зібрані пляшки перетворюються в чисті пластини з ПЕТ-пляшок. Цей етап може бути більш-менш складним в залежності від необхідної кінцевої якості пластин. На третьому етапі пластини з ПЕТ-пляшок переробляються для будь-якого виду продуктів, таких як плівка, пляшки, волокно, нитка, або проміжні продукти, такі як гранули, для подальшої переробки та конструювання пластмас. Крім цієї зовнішньої (постспоживчої) утилізації пляшок з поліестеру, існує безліч процесів внутрішньої (постспоживчої) переробки, коли витрачений даремно полімерний матеріал не виходить з виробничого майданчика на вільний ринок, а замість цього повторно використовується в тій же виробничій схемі. Таким чином, відходи волокна безпосередньо повторно використовуються для виробництва нового волокна, відходи пресформ безпосередньо використовуються для виробництва заготовок, а відходи плівки безпосередньо використовуються для виробництва нової плівки.

Очищення і знезараження. Успіх будь-якої концепції переробки полягає в ефективності очищення і знезараження в потрібному місці під час обробки і в необхідному або бажаному рівні. Як правило, відбувається наступна послідовність: чим раніше видаляються сторонні речовини, і чим ретельніше це робиться, тим ефективніше процес. Висока температура пластифікації ПЕТ в діапазоні 280 ° C (536 ° F) є причиною того, що майже всі поширені органічні домішки, такі як ПВХ, поліолефін, хімічні маса і паперові волокна, полівінілацетат, клей-розплав, фарбувальні речовини агенти, цукор і білкові залишки перетворюються в пофарбовані продукти розпаду, які, в свою чергу, можуть виділяти додатково продукти реактивної деградації. Потім число дефектів в полімерному ланцюзі значно зростає. Розподіл часток за розмірами дуже великий: великі частки розміром 60-1000 мкм, які видно неозброєним

оком і які легко фільтруються, представляють менше проблем, оскільки їх загальна поверхня відносно мала і тому швидкість розкладання нижче. Вплив мікроскопічних часток, яких багато, збільшує частоту дефектів в полімері. Девіз «за тим, що око не бачить, серце не сумує», вважається дуже важливим у багатьох процесах переробки. Тому, крім ефективного сортування, видалення видимих домішкових частинок за допомогою процесів фільтрації в розплаві відіграє особливу роль в цьому випадку.

В цілому можна сказати, що процеси виготовлення пластин з ПЕТ-пляшок настільки ж різноманітні, наскільки різні види відходів розрізняються між собою за складом і якістю. З точки зору технології не існує тільки одного способу зробити це. Є багато компаній, які пропонують заводи для виготовлення пластин і компоненти, і складно вибрати те чи інше виробництво. Проте, існують процеси, які поділяють більшість з цих принципів. Залежно від складу і рівня домішок вихідного матеріалу застосовуються такі загальні етапи процесу: 1) розкриття тюків, розтин брикетів; 2) сортування та фільтрації за різними кольорами, сторонніми полімерами, особливо ПВХ, сторонніми речовинами, видалення плівки, паперу, скла, піску, ґрунту, каменів і металів; 3) попереднє очищення без різання; 4) грубе різання в сухому вигляді або в поєднанні з попереднім пранням; 5) видалення каменів, скла і металу; 6) повітряне просіювання для видалення плівки, паперу та етикеток; 7) шліфування, сухе і / або вологе; 8) видалення полімерів низької щільності; 9) гаряче прання; 10) їдке миття і травлення поверхні, підтримання внутрішньої в'язкості і знезараження; 11) промивання; 12) промивання чистою водою; 13) сушка; 14) повітряне просіювання пластин; 15) автоматичне сортування пластин; 16) водний контур і технологія очищення води; 17) контроль якості пластин.

Кількість можливих домішок і дефектів матеріалу, які накопичуються в полімерному матеріалі, постійно збільшується - як при

переробці, так і при використанні полімерів. Що стосується перероблених ПЕТ-пляшок, зазначені дефекти можна сортувати за такими групами:

1. Реакційноздатні полієфірні ОН або СООН-кінцеві групи перетворюються на мертві або неактивні кінцеві групи, наприклад утворення кінцевих груп вінілового ефіру шляхом дегідратації або декарбоксілювання терефталевої кислоти, реакції кінцевих груп ОН або СООН з монофункціональними продуктами розкладання, такими як монокарбонові кислоти або спирти. Результатами є зниження реакційної здатності під час повторної поліконденсації і розширення молекулярно-масового розподілу.
2. Частка кінцевих груп зміщується в напрямку кінцевих груп СООН, утворених в результаті термічної і окислювальної деградації. Результатом є зниження реакційної здатності і збільшення кислотного автокаталітичного розкладання під час термічної обробки в присутності вологи.
3. Кількість поліфункціональних макромолекул збільшується. Накопичення гелів і довголанцюгових розгалужень.
4. Кількість, концентрація і різноманітність неолімерних, ідентичних, органічних і неорганічних сторонніх речовин збільшуються. З кожною новою тепловою напругою органічні сторонні речовини будуть реагувати розкладанням. Це викликає вивільнення інших речовин, що підтримують деградацію, і фарбувальних речовин.
5. Гідроксидні і пероксидні групи утворюються на поверхні виробів з поліестеру в присутності повітря (кисню) і вологості. Цей процес прискорюється ультрафіолетом. Під час прихованого процесу обробки гідропероксид є джерелом кисневих радикалів, які є джерелом окисної деградації. Руйнування гідропероксидов має відбуватися до першої термічної обробки або під час пластифікації і може підтримуватися відповідними добавками, такими як антиоксиданти.

Беручи до уваги вищезгадані хімічні дефекти і домішки, під час кожного циклу рециркуляції відбувається постійна зміна наступних характеристик полімеру, які виявляються хімічними і фізичними лабораторними аналізами: 1) збільшення кінцевих груп COOH; 2) збільшення колірного числа b ; 3) збільшення мутності (прозорі продукти); 4) збільшення вмісту олігомерів; 5) зниження фільтрації; 6) збільшення вмісту побічних продуктів, таких як ацетальдегід, формальдегід; 7) збільшення видобутих сторонніх домішок; 8) зниження характеристичної або динамічної в'язкості; 9) зниження температури кристалізації і збільшення швидкості кристалізації; 10) зниження механічних властивостей, таких як міцність на розтягнення, відносне подовження при розриві, або модуль пружності; 11) розширення молекулярно-масового розподілу. У той же час переробка ПЕТ-пляшок - це стандартний промисловий процес, який пропонують найрізноманітніші інженерні компанії.

Приклади переробки поліестеру. Процеси рециркуляції з полієфіром майже так само різноманітні, як процеси виробництва на основі первинних гранул або розплаву. Залежно від чистоти перероблених матеріалів, поліестер сьогодні може використовуватися в більшості процесів виробництв полієфіру у вигляді суміші з первинним полімером або, все частіше, в якості 100% переробленого полімеру. Деякі винятки, такі як BOPET-плівка (biaxially oriented PET) малої товщини, спеціальні застосування, такі як оптична плівка або пряжа з допомогою FDY-прядіння зі швидкістю більшу за 6000 м/хв, мікрофіламенти і мікрОВОлокна виробляються тільки з первинного поліестеру.

Просте повторне гранулювання пляшкових пластин. Цей процес складається з перетворення відходів пляшок в пластини, шляхом сушки і кристалізації пластин, пластифікації і фільтрації, а також гранулювання. Продукт являє собою аморфний повторний гранулят з

характеристичною в'язкістю в діапазоні 0,55-0,7 дН / г, в залежності від того, як була проведена повна попередня сушка пластин ПЕТ. Особливістю є: ацетальдегід і олігомери містяться в гранулах на більш низькому рівні; в'язкість дещо знижується, гранули є аморфними і повинні бути кристалізовані і висушені перед подальшою обробкою.

Вибір способу повторного гранулювання означає наявність додаткового процесу конверсії, який, з одного боку, є енергоємним і дорогим, і викликає термічне руйнування. З іншого боку, етап гранулювання забезпечує наступні переваги:

- інтенсивна фільтрація розплаву;
- проміжний контроль якості;
- модифікація добавками;
- вибір продукту і поділ за якістю;
- збільшена гнучкість обробки.

Виробництво ПЕТ-гранул або пластин для пляшок (від пляшки до пляшки). Цей процес в принципі аналогічний описаному вище; проте отримані гранули кристалізуються безпосередньо (безперервно або періодично) і потім піддаються твердофазній поліконденсації (SSP) в барабанній сушарці або реакторі з вертикальною трубкою. Під час цієї стадії обробки відповідна характеристична в'язкість 0,80-0,085 дН / г відновлюється знову, і в той же час зміст ацетальдегіду знижується до <1 ч / млн. Той факт, що деякі виробники обладнання та лінійні виробники в Європі і Сполучених Штатах докладають зусиль, щоб пропонувати незалежні процеси переробки, наприклад, так званий процес «від пляшки до пляшки» (B-2-B), такий як BePET, Starlinger, URRC або BÜHLER, спрямований, як правило, на надання доказів «існування» необхідних залишків при екстракції і видалення модельних забруднень згідно FDA застосовують так званий контрольний тест, який необхідний для

застосування обробленого полієфіру в харчовій промисловості. Крім цього схвалення процесу, проте, необхідно, щоб будь-який користувач таких процесів постійно перевіряв межі FDA для сировини, виробленого ним самим для свого процесу.

Пряма конверсія пляшкових пластин. З метою економії коштів все більше число виробників проміжних полієфірних волокон, таких як прядильні, обв'язувальні або ливарні млина, працюють над прямим використанням пластин ПЕТ, від обробки використаних пляшок, з метою збільшення виробництва кількості полієфірних проміжних сполук. Для коригування необхідної в'язкості, крім ефективної сушки пластівців, можливо, також необхідно відтворити в'язкість шляхом поліконденсації в фазі розплаву або твердофазної поліконденсації пластин. Новітні процеси переробки ПЕТФ-пластин включають в себе двушнекові екструдери, багатошнекові екструдери або багатооборотні системи і одночасну вакуумну дегазацію для видалення вологи і запобігання попередньої сушки пластин. Ці процеси дозволяють перетворювати висушені ПЕТ-пластини без істотного зниження в'язкості, викликаного гідролізом.

Що стосується споживання ПЕТ пляшкових пластин, основна частина (близько 70%) перетворюється в волокна і нитки. При використанні безпосередньо вторинних матеріалів, таких як пластини пляшок, в процесах прядіння, є кілька принципів обробки. Починаючи з пляшкових пластин, в'язкість можна встановлювати за ступенем сушки. Додаткове використання TiO_2 необхідно для повної тусклої або напівтусклої пряжі. Щоб захистити фільтри, в будь-якому випадку необхідна ефективна фільтрація розплаву. В даний час кількість РОУ, виготовленого з 100% переробленого поліестеру, є досить низьким, оскільки цей процес вимагає високої чистоти прядильного розплаву. Практично завжди використовується суміш нових і перероблених гранул. В цьому випадку також необхідна в'язкість може регулюватися за

допомогою сушіння або регулювання вакууму в разі вакуумної екструзії. Однак для регулювання в'язкості можна також використовувати модифікатор довжини ланцюга, такий як етиленгліколь або диетиленгліколь. Неткане прядіння - в області тонкого титрування для текстильних виробів, а також неткане важке прядіння в якості основних матеріалів, наприклад. для дахових покриттів або в дорожньому будівництві - можуть бути виготовлені шляхом прядіння пляшкових пластин. Однією з областей підвищеної зацікавленості, де використовуються перероблені матеріали, є виробництво високоміцних пакувальних смуг і мононитки. В обох випадках вихідна сировина являє собою в основному перероблений матеріал з більш високою характеристичною в'язкістю. У процесі прядіння з розплаву виготовляються високоміцні пакувальні стрічки, а також мононитка.

Переробка на мономери. Поліетилентерефталат може бути деполімеризований з отриманням складових мономерів. Після очищення мономери можна використовувати для приготування нового поліетилентерефталату. Ефірні зв'язки в поліетилентерефталаті можуть бути розщеплені гідролізом або перетерифікацією. Реакції протилежні тим, які використовуються у виробництві.

Частковий гліколіз. Частковий гліколіз (перетерифікація етиленгліколю) перетворює жорсткий полімер в коротколанцюгові олігомери, які можна фільтрувати в розплаві при низькій температурі. Після звільнення від домішок олігомери можуть бути повернуті в виробничий процес для полімеризації. Завдання полягає в подачі 10-25% пляшкових пластин при збереженні якості гранул пляшки, які виробляються на лінії. Ця мета вирішується шляхом розкладання пластин ПЕТ-пляшок - вже під час їх першої пластифікації. Крім того, при такому способі обробки можливість хімічного розкладання гідропероксидів

можлива шляхом додавання відповідного Р-стабілізатора безпосередньо при пластифікації.

1.4 Особливості застосування пластифікаторів

Пластифікатори - це речовини, які вводять до складу полімерних матеріалів для забезпечення (або підвищення) еластичності, пластичності при переробці та експлуатації. Пластифікатори знижують температуру технологічної обробки композицій, покращують морозостійкість полімерів. Деякі пластифікатори можуть підвищувати вогне-, світло- і термостійкість полімерів. Загальні вимоги до пластифікатора: хороша сумісність з полімером, низька летючість, відсутність запаху, хімічна інертність, стійкість до екстракції з полімеру рідкими субстанціями, наприклад, маслами, миючими засобами. Як правило, пластифікатори є фталевими домішками, які додають до бетонних сумішей з метою покращення якості. Під час приготування бетону, що б підвищити його міцність, зменшують кількість доданої води, після чого бетонна суміш стає складною для змішування, цю ситуацію спрощують додаючи пластифікатори.

Пластифікатори для бетону являють собою спеціальні добавки, які дозволяють надавати бетонній суміші більше пластичності та рухливості. Рідкий бетон використовується не тільки для дрібної заливки, а й при використанні бетононасосу, який не може працювати з дуже щільним бетоном. Зазвичай, щоб домогтися більшої пластичності бетону, до суміші додають більшу кількість води. Порушення водного балансу призводить до того, що отримана конструкція втрачає якість і міцність, а значить, істотно скорочується довговічність виробу. При випаровуванні зайвої води в конструкції залишаються не заповнені порожнечі, зменшується міцність бетону. Щоб залізобетонні конструкції залишалися міцними і надійними, необхідно використовувати мінімальну кількість

води, необхідну лише для правильної гідратації цементу і для замішування бетону.

Додаткової гнучкості можна досягти шляхом додавання пластифікаторів, які чудово справляються з поставленим завданням.

Пластифікатори вважаються найбільш популярним типом добавок для бетонних конструкцій, так як вони виконують важливі функції, такі як: підвищують пластичність бетонної суміші, дозволяють заощадити цемент, який використовується в розчині, підвищують морозостійкість бетону, знижують ймовірність утворення тріщин в монолітних конструкціях, знижують усадку бетонної маси в процесі твердіння, покращують показники міцності на стиск і міцності конструкції в цілому, покращують показники зкріплення суміші і арматури, яка входить до складу конструкції, можливість економії не тільки на цементі, але і на електриці, яка необхідна для пропарювання і підтримки особливої температури в камерах. Саме тому використання пластифікаторів є корисним при роботі з будівельними сумішами.

Технологія отримання пластифікатора, що розглянута в даній роботі, базується на взаємодії полімерного матеріалу (ПЕТ) та триізопропаноламінової кислоти в середовищі з етиленгліколем. Хімічні реакції, що описують даний процес, наведені на рисунках 1.1 та 1.2.

Рисунок 1.1 – Реакція між подрібненим поліетилентерефталатом та триізопропаноламіном

Рисунок 1.2 – Реакція отримання розчину триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти в етиленгліколі

Продуктом кінцевої реакції є речовина $C_{19}O_8NH_{31}$ – пластифікатор (цільовий продукт даного виробництва).

1.5 Опис технологічної схеми виробництва пластифікатора на основі продуктів перетворення поліетилентерефталату

На рисунку 1.3 наведена технологічна схема процесу виробництва пластифікатора. Дане виробництво вимагає виконання наступних процесів:

- 1) Отримання реакційної суміші (напівпродукту) в результаті реакції між триізопропаноламіном та подрібненим поліетилентерефталатом в реакторі 4 при температурі 195-200 °С.
- 2) Фільтрація отриманої реакційної суміші.
- 3) Охолодження відфільтрованої реакційної суміші до температури 170-180 °С.
- 4) Отримання розчину триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти в етиленгліколі як наслідок реакції між водою, етиленгліколем та відфільтрованою реакційною сумішшю.
- 5) Очищення отриманого розчину триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти в етиленгліколі шляхом випаровування етиленгліколю для повторного використання при температурі 200-250°С.
- 6) Охолодження розчину триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти в теплообміннику за температурою 120 °С.
- 7) Отримання цільового продукту – пластифікатора (водного розчину триізопропаноламінової солі естеру терефталевої кислоти), шляхом змішування речовини з водою в співвідношення 1:1 в ємності 11.

Технологічна схема виробництва пластифікатора наведена на рисунку 1.3.

Рисунок 1.3 – Технологічна схема процесу отримання пластифікатора на хімічного перетворення ПЕТ:

1 – бункер ПЕТ; 3 – ємність триізопропаноламіну; 2 – дозатор ПЕТ; 4 – реактор отримання триізопропаноламінової солі естеру терефталевої кислоти (напівпродукт); 6 – теплообмінник; 5 – фільтр грубого очищення; 8 – ємність етиленгліколю; 7 – реактор отримання триізопропаноламінової солі естеру терефталевої кислоти з етиленгліколем; 9 – рекуперативний випарний апарат (для випаровування етиленгліколю); 10 – теплообмінник; 12 – проміжна ємність; 11 – ємність готового продукту; I – подрібнений ПЕТ; III – реакційна суміш (напівпродукт); II – триізопропаноламін; IV – осад; VI – розчин триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти в етиленгліколі; V – етиленгліколь; VIII – вода; VII – розчин триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти; XI – теплоносій; XII – готовий продукт – водний розчин триізопропаноламінової солі естеру терефталевої кислоти (пластифікатор).

Процес отримання пластифікатора починається з взаємодії в реакторі 4 подрібненого ПЕТ з триізопропаноламіном. Щоб забезпечити розчинення ПЕТ реакція відбувається за температурою 195-200°C. Реактивна суміш після реактора 4 надходить до фільтра 5, з метою видалення забруднюючих частинок. Фільтрація відбувається при тиску 0,3-0,4 Мпа. Далі відбувається охолодження отриманої очищеної від забруднюючих часток реакційної суміші до температури 170-180°C в теплообміннику 6.

Охолоджена та очищена реакційна суміш потрапляє до реактора 7, де разом з водою та етиленгліколем відбувається реакція отримання триізопропаноламінової солі естеру терефталевої кислоти з етиленгліколем при температурі 150°C.

Далі необхідно очистити отриманий розчин від етиленгліколю, для цього речовина після реактору потрапляє до випарного апарату 9.

Етиленгліколь випаровується при температурі 200-250°C, та потрапляє на повторне використання до реактора 7.

Очищений розчин триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти потребує охолодження, для цього після випарного апарату він потрапляє до теплообмінника, де відбувається охолодження за температурою 120°C.

Після теплообмінника речовина потрапляє до ємності 11, де відбувається останній етап виробництва, а саме взаємодія з водою у співвідношення 1:1. Після чого, маємо готовий продукт – пластифікатор (водний розчин триізопропаноламінової солі естеру терефталевої кислоти).

1.6 Постановка задачі

Виробництво пластифікатору на основі ПЕТ є доцільним, так як людство використовує полімерні матеріали все більше, і більше, проте практично весь обсяг виробленого ПЕТ стає сміттям.

Екологічне забруднення навколишнього середовища підтверджує необхідність переробки та утилізації ПЕТ.

Метою роботи є розробка системи керування процесом виробництва пластифікатора. Для розробки системи керування необхідно виконати наступні задачі:

1. Проаналізувати технологічні особливості процесу отримання пластифікатора на основі продуктів перетворення поліетилентерефталату.
2. Провести аналіз технологічної схеми отримання пластифікатора як об'єкта автоматизації. Визначити необхідний рівень автоматизації виробництва пластифікатора.
3. Виконати розрахунок статичних режимів процесу отримання пластифікатора в програмному середовищі ChemCAD.
4. Визначити параметри контролю, сигналізації та керування. Визначити точність вимірювальних приладів контролю та регулювання й діапазон можливої зміни параметрів.

5. Обрати середовище розробки SCADA-системи, що буде мати необхідний функціонал для вирішення задачі керування процесом виробництва пластифікатора.
6. Розробити проект SCADA-системи, для керування процесом виробництва пластифікатора.
7. Розробити та обґрунтувати основні аспекти економічної доцільності виробництва пластифікатора у вигляді стартап проекту.

2 Аналіз технологічної схеми виробництва пластифікатора як об'єкту автоматизації

2.1 Особливості керування хіміко-технологічними процесами

Під керуванням розуміють дії, спрямовані на підтримання або поліпшення функціонування об'єкта управління. В об'єкт управління поступають збурюючі впливи, які призводять до відхилення вихідних параметрів об'єкта, що характеризують виконання мети управління. Інформація про поточні значення вихідних параметрів передається в керуючу систему, де вони порівнюються з відповідними заданими значеннями. В результаті порівняння виникають керуючі впливи, що надходять в об'єкт управління. Об'єктом управління є динамічна система, характеристики якої змінюються під впливом збурюючих і керуючих впливів. Об'єктами управління можуть бути механізми, машини і апарати, в яких протікають технологічні процеси (подрібнення, перемішування, кристалізація, сушка і т. п.), виробництва (синтетичного каучуку, сірчаної кислоти, автомобільних шин і т. п.), підприємства (заводи, фабрики) і цілі галузі промисловості (хімічна, нафто-переробна і нафтохімічна і ін.). найбільш складний об'єкт управління-народне господарство країни.

Технологічні процеси одного типу (наприклад, процеси нагрівання) можуть відрізнятися апаратурним оформленням, властивостями перероблюваних речовин і т. д. Однак вони протікають по одним і тим же законам і характеризуються аналогічними залежностями між параметрами (наприклад, між температурою, тиском і витратою теплоносіїв). Для процесів одного типу, що протікають в апараті найбільш поширеної конструкції, може бути розроблено рішення по автоматизації, в принципі прийнятне для всіх різновидів цих процесів. Будемо називати його типовим рішенням автоматизації. Типове рішення

значно полегшує роботу по автоматизації для кожного конкретного випадку.

Таблиця 3.1 – Типи технологічних процесів

У деяких об'єктах протікають процеси, що підкоряються різним законам. Наприклад, технологічний процес в ректифікаційній колоні підпорядковується законам гідродинаміки (так як відбувається переміщення потоків), тепло- і масопередачі (бо між потоками рідини і пару постійно здійснюється тепло- і масообмін), автоматизувати такі процеси набагато складніше, ніж процеси, що протікають тільки по одному закону.

Рисунок 3.1 Схема керування об'єктом

Технологічні процеси, здійснювані на підприємствах хімічної промисловості, характеризуються великою кількістю різних параметрів. Особливо складні в цьому відношенні хімічні та масообмінні процеси. Незважаючи на різноманіття параметрів, всі вони можуть бути об'єднані в три групи: вхідні, режимні та вихідні.

Вхідні параметри характеризують матеріальні та енергетичні потоки на вході в апарат (витрата сировини, тиск пари, що гріє і т. д.). Внутрішні режимні параметри дають уявлення про умови протікання процесу

всередині апарату. У деяких об'єктах управління значення параметрів неоднакові в різних точках одного й того самого апарату (наприклад, в ректифікаційної колоні тиск, температура і склад продукту змінюються по висоті колоні). Такі параметри називають розподіленими на відміну від зосереджених параметрів (наприклад, тиск в ресивері). Управляти об'єктами з розподіленими параметрами, як правило, складніше, ніж об'єктами з зосередженими параметрами.

Об'єкт управління є заданою, незмінною частиною системи управління. Для того щоб система досягла мети управління, необхідно, знаючи властивості об'єкта управління, створити відповідну йому керуючу систему. Властивості об'єкта управління вивчають на підставі його статичних і динамічних характеристик. Отримати характеристики об'єкта можна аналітичним методом і експериментальними методами - активним і пасивним.

Для отримання статичної характеристики об'єкта аналітичним методом необхідно скласти рівняння, що зв'язує вихідну величину з вхідною в сталому (статичному) стані об'єкта. Далі задаються різними значеннями вхідної величини і за рівнянням розраховують відповідне значення вихідної величини. За отриманими даними будують лінію статичної характеристики об'єкта.

При надходженні збурення в об'єкт, що знаходився в стані рівноваги, виникає перехідний процес, при якому вихідна величина змінюється в часі. Процес зміни вихідної величини в часі є динамічною характеристикою об'єкта. Для отримання динамічної характеристики аналітичним методом потрібно вирішити диференціальне рівняння, що зв'язує вхідну і вихідну величини об'єкта в часі, тобто отримати криву зміни вихідної величини.

Однак при цьому важко врахувати конкретні особливості даного технологічного об'єкта, такі, як зміна активності каталізатора поява

накипу і т. п. Тому аналітичний метод використовують для отримання характеристик тільки простих об'єктів управління.

Експериментальний активний метод (метод штучних впливів) полягає в тому, що вхідному параметру об'єкта повідомляють пробні зміни (ступеневу, імпульсну, у вигляді гармонійних коливань і т. п.). Реєструючи при цьому зміну вихідного параметра об'єкта в часі, отримують динамічну характеристику об'єкта, а побудувавши графік (таблицю) залежності між окремими значеннями вхідних і усталеними значеннями вихідної величини, отримують статичну характеристику об'єкта.

При дослідженні складних об'єктів з багатьма взаємопов'язаними параметрами необхідно зняти характеристики для всіх можливих режимів роботи об'єкта з урахуванням всіх джерел збурень. Після проведення експериментів результати дослідів обробляють.

Для реалізації цього методу можуть бути використані як наявні на установці контрольно-вимірювальні прилади, так і встановлені спеціально.

Перевага аналітичного методу полягає в його простоті, а також в тому, що не потрібно багато часу для спостереження і обробки результатів. Однак в діючі технологічні апарати не завжди можна вносити зміни вхідних параметрів. Крім того, в ряді випадків неможливо простежити реакцію об'єкта тільки на пробну зміну, так як в об'єкти, як правило, надходять і інші дії.

Пасивний метод (статистичний) заснований на дослідженні об'єктів управління в процесі нормальної експлуатації. Протягом тривалого часу (6-12 місяців) фіксують дані нормально працюючої апаратури, після обробки яких отримують характеристики об'єкта. Пасивний метод найбільш перспективний. Правда, він застосовується в меншій мірі, ніж

активний, так як пов'язаний зі збором і обробкою великою кількістю інформації.

2.2 Аналіз основних процесів виробництва. Визначення рівня автоматизації процесу.

Продуктивність установки по кінцевому продукту є показником ефективності процесу переробки ПЕТ (розрахункова витрата пластифікатору). Від наступних параметрів залежить продуктивність виробництва: склад вихідних речовин, підтримання процесів схеми згідно технологічного регламенту та співвідношення компонентів реакцій. Так, взаємодію триізопропаноламіну з подрібненим поліетилентерефталатом в реакторі 4 слід проводити при інтенсивному перемішуванні та заданій температурі. Модель реактора з мішалкою базується на припущенні про ідеальне перемішування реагуючої суміші. Важливо підтримувати задане співвідношення реагентів на вході в реактор з точки зору управління. В залежності від кількості подрібненого ПЕТ, що завантажується в реактор за допомогою дозатора, регулюється витрата триізопропаноламіну на вході до реактора.

Температура суміші на виході з теплообмінників є показником ефективності теплообміну в теплообмінниках 6 та 10, а підтримання цієї температури на регламентному значенні є метою управління.

З рівняння теплового балансу може бути знайдена залежність температури суміші від ряду основних параметрів процесу теплообміну:

$$, \quad (2.1)$$

де G_X, G_T – витрати холодного та гарячого теплоносіїв;

c_X, c_T – питомі теплоємності холодного та гарячого теплоносіїв;

t'_X, t'_T – температури холодного та гарячого теплоносіїв на вході в теплообмінник;

t''_T – температура теплоносія на виході з теплообмінника.

Регулювання температур напівпродукту та цільового продукту на виході теплообмінників здійснюється за рахунок зміни витрати

охолоджуючої води. Вирішуючи дане рівняння відносно температури холодного теплоносія (суміш подрібненого ПЕТ з триізопропаноламіном) на виході отримаємо:

(2.2)

Витрату гарячого теплоносія (G_T) можна легко стабілізувати або використати для внесення ефективних керуючих впливів. Витрата холодного теплоносія (G_X) визначається іншими технологічними процесами, а не процесом нагріву, тому параметр G_X не може бути ні стабілізованим, ні використаним для внесення керуючих впливів, при зміні G_X в теплообмінник будуть поступати сильні збурення. Температури t'_T та t'_X , а також питомі теплоємності c_X та c_T визначаються технологічними режимами інших процесів, тому стабілізувати або змінювати їх при веденні процесу нагріву недоцільно, а часто і просто неможливо. Температура t''_T є вихідним параметром процесу і не може впливати на величину t''_X .

Регулюючий вплив доцільно вносити шляхом зміни витрати G_T . Як об'єкти регулювання температури теплообмінники володіють значними запізненнями, тому потрібно з великою увагою віднестись до вибору місця установки датчика і закону регулювання.

В якості контрольованих величин слід брати витрати теплоносіїв, їх кінцеві та початкові температури, тиск. Сигналізації підлягають температура t''_X , а також припинення подачі теплоносіїв.

Хімічна реакція отримання триізопропаноламінової солі естеру терефталевої кислоти відбувається в реакторі 7 при температурі 150°C в середовищі етиленгліколю з водою. Процес відбувається при інтенсивному перемішуванні. Ручне керування двигуном перемішуючого пристрою передбачено для оператора. На вході в реактор підтримується задане співвідношення реагентів: реакційна суміш – етиленгліколь,

шляхом зміни витрати етиленгліколю в ємності 8. Витрата води коригується в залежності від витрати напівпродукту. Регулювання температури в реакторі здійснюється за рахунок зміни витрати теплоносія в сорочку реактора.

Керування співвідношенням компонентів реакції є важливим для отримання якісного продукту. В якості об'єкта управління приймемо трубопроводи по яким транспортуються рідини. Показником ефективності даного процесу є витрата G речовини, що переміщується. Процес переміщення в хімічній промисловості є допоміжним, його необхідно проводити таким чином, щоб забезпечувати ефективний режим основного процесу.

Метою управління є підтримування постійності витрати G . Масова витрата речовини і трубопроводі визначається за формулою:

$$(2.3)$$

Швидкість V залежить від ряду параметрів:

$$(2.4)$$

де P_n, P_k – тиск на початку і в кінці трубопроводу;

μ – динамічна в'язкість переміщуваної речовини.

Проаналізуємо всі величини, що впливають на витрату G і визначимо можливість їх стабілізації та використання для внесення регулюючих впливів.

Величину P_n можна стабілізувати або цілеспрямовано змінювати шляхом зміни показників роботи насосу, до яких відноситься к-сть оборотів валу та кут нахилу лопастей. Тиск P_k дорівнює тиску в апараті, куди прямує рідина. В'язкість μ та густина ρ рідини визначається попереднім технологічним процесом, тому їх зміна є збурюючими впливами, ліквідувати які неможливо. Рушійна сила залежить від характеристик насосу, від тиску в апаратах, в які і з яких переміщається

рідина, і від загального гідравлічного опору трубопроводу (суми опорів трубопроводу, поворотів, звужень, арматури).

При запуску, налагодження та підтримання нормального режиму процесу переміщення необхідно контролювати витрату G , а також тиск у всмоктувальній і нагнітаючій лініях насосу; для правильній експлуатації установки потрібно контролювати температуру підшипників і обмоток електродвигуна насосу, температуру і тиск мастила, охолоджуючої рідини; для підрахунку техніко-економічних показників процесу слід контролювати кількість енергії, що споживається приводом. Сигналізації підлягає тиск в лінії нагнітання; оскільки значна зміна свідчить про серйозні порушення процесу. Крім того, слід сигналізувати тиск і наявність потоку в системі охолодження, температуру підшипників і обмоток електродвигуна, масла і води. Також сигналізується положення засувки в лініях всмоктування і нагнітання. Якщо тиск в лінії нагнітання або параметри, що характеризують стан об'єкта, продовжують змінюватися, незважаючи на прийняті обслуговуючим персоналом міри, то повинні спрацювати автоматичні пристрої захисту. Вони відключають діючий апарат переміщення і включають резервний. В деяких випадках переміщення повинне забезпечити стабілізацію параметру процесу, або попереднього, або наступного. Наприклад зміною витрати речовини підтримувати постійний тиск в апараті або ж зміною витрати в трубопроводі стабілізувати рівень в апараті. З огляду на різноманіття процесів хімічної технології і завдань, які ставляться при їх проведенні, можна сказати, що в якості регульованої величини при переміщенні потоків можуть служити будь-які параметри цих процесів: температура, концентрація, щільність, товщина плівки, час і т. д.

Якщо заздалегідь відомо, що на установку переміщення будуть надходити збурення, що призводять до зміни витрати (і, отже, регульованої величини) в наступному апараті, слід застосовувати

багатоконтурну систему регулювання. Основним регулятором в цій системі буде регулятор параметру, сталість якого слід забезпечити, а допоміжним - регулятор витрати.

Аналіз об'єкту на збурюючі впливи показав, що більшу частину з них не вдається ліквідувати. Слід також враховувати можливість виникнення внутрішніх збурюючих впливів (наприклад, корозію внутрішньої поверхні трубопроводу або відкладення солей на ній). Враховуючи це, необхідно в якості регулюючої величини обрати витрату G . Регулюючі впливи при цьому можуть бути внесені ступенем відкриття дросельного приладу

Розчин триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти в етиленгліколі поступає в випарний апарат 9. Задачею випарного апарату є видалення етиленгліколю з поверненням його у виробництво в майбутньому. Концентрація розчиненої речовини в упареному розчині є показником ефективності даного процесу, а метою керування – підтримання заданого значення цієї концентрації. Рівняння матеріального балансу випарної установки по розчиненій речовині та матеріального балансу по всій кількості речовини мають вигляд:

(2.5)

де $G_{c.p}$, $G_{y.p}$ – витрати свіжого та упареного розчинів;

$C_{c.p}$ – концентрація розчиненої речовини в свіжому розчині;

$C_{y.p}$ – концентрація розчиненої речовини в упареному розчині.

Рівняння матеріального балансу по всій кількості речовини має вигляд:

(2.6)

де G_{Π} – витрата парів розчинника.

З рівнянь 2.5 – 2.6 отримуємо:

(2.7)

Стабілізувати та змінювати для отримання оптимального режиму процесу випаровування можна витрату $G_{c.p}$. При зміні концентрації $C_{c.p}$, що визначається попередніми технологічними процесами, в випарний апарат надходять збурюючі впливи, до надходження в об'єкт їх неможна ліквідувати. Значення режимних параметрів процесу (температури, тиску та концентрації розчину в апараті), що залежать від параметрів сировини та інтенсивності підводу тепла до кип'ятильника, визначають значення витрати G_{Π} .

Враховуючи наявні збурюючі впливи та необхідність досягнення мети управління в якості головної регулюємої величини рекомендується обрати концентрацію $C_{y.p}$, та шляхом зміни витрати $G_{c.p}$ вносити регулюючі впливи. В схемі передбачена проміжна ємність 12 без якої якість регулювання погіршується при роботі випарної установки. Таким чином підтримується максимально можлива продуктивність апарату при досягненні цілі керування. Змінювати інтенсивність подачі тепла до кип'ятильника для регулювання концентрації $C_{y.p}$ може привести до плівкового кипіння, що не є економічним. Таким чином для досягнення мети керування процесом необхідно регулювати наступні параметри:

- температурну депресію шляхом зміни витрати $G_{c.p}$;
- тиск в апараті шляхом зміни витрати G_{Π} ;
- витрату теплоносія.

До сигналізації були прийняті відхилення концентрації $C_{y.p}$ від заданого значення і припинення подачі розчину. Для запобігання псуванню продукту і аварії пристрій захисту має відключити лінію теплоносія. Рівень розчину регулюється шляхом зміни витрати упареного розчину для підтримання матеріального балансу в апараті.

Витрата води в ємності готового продукту 11 подається у співвідношенні 1:1 до витрат триізопропаноламінової солі терефталевої

кислоти після випарного апарату. В схемі автоматизації передбачені контури контролю витрат речовин між апаратами та контури контролю рівня в ємностях 3, 8, 11, 12 з сигналізацією максимального рівня.

3 Розрахунок статичних режимів процесу виробництва пластифікатора

3.1 Виконання структурного аналізу ХТС

В даній технологічній схемі наявний один зворотній зв'язок (потік 3). В цьому потоці на технологійній схемі присутній етиленгліколь, який не є реагентом реакції, а є лише середовищем, в якому проходить основна реакція отримання пластифікатора, таким чином, етиленгліколь не впливає на матеріальний баланс і тому рецикл етиленгліколю при моделюванні схеми не використовувався. Випарний апарат 8 також не був використаний при моделюванні за тієї ж причини, так як додання цього апарату до схеми є не доцільним і не впливає на матеріальні баланси.

Апарати технологічної схеми які не є масообмінними, такі як фільтр, бункер, дозатор та ємності для речовин, не були використані при моделюванні технологічної схеми в середовищі ChemCad, так як не впливають на загальний матеріальний баланс.

В зв'язку з тим, що елемент «реактор» в середовищі ChemCAD має один вхід, є потреба в доданні додаткового інструменту для зведення необхідних вхідних речовин в один потік, який потім потрапляє на вхід до реактора. Щоб поєднати потоки I (ПЕТ) та II (суміш триізопропаноламіну) до входу в реактор, було використано додатковий апарат – змішувач (2). Така сама ситуація стосується й другого реатора. Для вирішення проблеми також було додано додатковий змішувач (4) для поєднання потоків III (суміш триізопропаноламіну), VIII(вода) та V(етиленгліколь) в один до реактора 7.

Виходячи з прийнятих рішень, було складено таблицю відповідності, яка наведена нижче (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Список використаних блоків та матеріальних потоків

Структурна схема отримання поліетилентерефталату зображена на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Структурна схема отримання поліетилентерефталату

Визначимо послідовність розрахунку апаратів. Для цього складаємо матрицю суміжності A :

Визначення комплексів:

Логічне множення матриці C и C транспонованої:

З отриманої матриці можна зробити висновок, що система не містить комплексів. Попередня послідовність розрахунку схеми виглядає наступним чином: ППРС=[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

3.2 Розрахунок матеріального балансу

Для розрахунку матеріальних балансів процесу виробництва було використано програмний моделюючий комплекс Chemcad 6.3.1. Матеріальні баланси та розрахунки створювались на основі схеми, яка зображена на рисунку 3.3. Схема, створена в середовищі Chemcad, містить лише масообмінні апарати. Результати розрахунку матеріального балансу схеми наведено в таблицях 3.5 – 3.6.

Рисунок 3.3 - Схема отримання триізопропаноламіну в CHEMCAD

6.3.1

Завдяки багатій бібліотеці приладів та апаратів ChemCAD було знайдено та використано потрібні апарати. Головним критерієм підбору апаратів була найбільша відповідність апаратів з бібліотеки ChemCAD до характеристик реальних апаратів.

Для відображення відповідності між апаратами з технологічної схеми до обраних об'єктів створена таблиця відповідностей, яка наведена нижче.

Таблиця 3.2 – Таблиця відповідностей

При виборі апаратів та побудови схеми використовувались лише те апарати, які впливають на матеріальний баланс, тому такі апарати як фільтр, випарний апарат, дозатор та ємності не були використані при побудові схеми.

Варто звернути увагу на те, що етиленгліколь є середовищем для проходження реакції суміші триізопропаноламіну з ПЕТ, він не є реагентом реакції, тому не впливає на матеріальний баланс, саме тому розробка рециклу етиленгліколю при моделюванні схеми була недоречною та не використовувався. Для надання зведеної інформації щодо використаних блоків та потоків між ними, створена таблиця 3.3, яка наведена нижче.

Таблиця 3.3 – Список використаних блоків та матеріальних потоків

Опис блоків бібліотеки моделей:

- Simple heat exchanger – теплообмінний апарат.
- Mixer – змішувач. Змішує кілька потоків в один.
- Kinetic Reactor – кінетичний реактор. Реактор для моделювання складних послідовних, або серійних реакцій. Застосовується коли відомі стехіометричні рівняння процесу.

Таблиця 3.4 – Специфікація апаратів

Таблиця 3.5 – Матеріальний баланс змішувача 1.

Таблиця 3.6 – Матеріальний баланс реактора 2.

Таблиця 3.7 – Матеріальний баланс теплообмінника 3.

Таблиця 3.8 – Матеріальний баланс змішувача 4.

Таблиця 3.9 – Матеріальний баланс реактора 5.

Таблиця 3.10 – Матеріальний баланс теплообмінника 3.

Таблиця 3.11 – Матеріальний баланс змішувача 5.

Таблиця 3.12 – Загальний матеріальний баланс

Таблиця зі зведеним загальним матеріальним балансом показує, що розрахунки були виконані вірно.

4 Автоматизація технологічної схеми процесу отримання пластифікатора

Автоматизація процесів виробництва включає в себе процес підбору приладів та технічних засобів, які трансформують виробничі процеси завдяки передачі задач управління та контролю від людей до пристроїв та автоматичних приладів. Це дозволяє максимально утилізувати всі ресурси виробництва створюючи умови для підвищення ефективності праці, покращення якості виробленої продукції та зведення до мінімуму ймовірності виникнення браку продукції або порушення виробництва через людський фактор. Основними цілями автоматизації технологічного процесу є:

- скорочення чисельності обслуговуючого персоналу;
- збільшення обсягів продукції, що випускається;
- підвищення ефективності виробничого процесу;
- підвищення якості продукції;
- зниження витрат сировини;
- підвищення ритмічності виробництва;
- підвищення безпеки;
- підвищення екологічності;
- підвищення економічності.

Щоб досягти поставлених цілей необхідно вирішити ряд задач автоматизації технологічного процесу, а саме:

- поліпшення якості регулювання;
- підвищення готовності обладнання;
- зберігання інформації про хід технологічного процесу і аварійних ситуаціях;
- поліпшення ергономіки праці операторів процесу;

- достовірність інформації про матеріальні компоненти, які застосовуються у виробництві.

Втілення в реальність поставленої мети вимагає оснащення технологічного обладнання основними приладами та засобами автоматизації:

- вимірювальними перетворювачами;
- вторинними вимірювальними приладами;
- засобами регулювання та керування регуляторами або програмованими і логічними контролерами
- виконавчими механізмами;
- регулюючими органами.

4.1 Аналіз параметрів технологічної схеми

Процес виробництва пластифікатора має відбуватись з забезпеченням визначеної норми виготовлення. Випуск необхідної кількості продукції з конкретно встановленими технічними показниками має проходити при наявності регулювання наступних параметрів: витрата триізопропаноламіну на вході до реактора 4, витрата етиленгліколю на вході до реактора 7, витрата поліетилентерифталату на вході до реактора 4, температури в реакторах, витрата води на вході до ємності з розчином триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти.

На базі результатів аналізу схеми виробництва було обрано параметри контролю, регулювання та встановлено рівень автоматизації процесу. Після визначення параметрів виробництва було встановлено норми технологічного режиму та допустимі відхилення.

З врахуванням особливостей технологічної схеми було обрано місця для заміру параметрів, номінальні значення параметрів та межі їх зміни. Підібрані та встановлені дані наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва пластифікатора

Продовження таблиці 4.1

Продовження таблиці 4.1

Схема автоматизації процесу виготовлення пластифікатора включає контури контролю та сигналізації, контури регулювання та контури контролю.

При розробці схеми автоматизації процесу було вирішено побудувати систему керування на базі сучасної SCADA-системи, а також розробити дублюючу систему автоматизації на базі локальної автоматики. Це забезпечить стабільність роботи системи керування в разі відмови однієї з них.

4.2 Опис схеми автоматизації з використанням локальної автоматики

4.2.1 Контроль і регулювання температури

Вимірювання температури буде здійснюватись за допомогою термоперетворювачів марки ТСП-1187. Дані термоперетворювачі здійснюють вимір температури в діапазоні від -200°C до 600°C .

Регулюючий вплив, що надходить від регулятора, поступає до виконавчого механізму марки МЭО, після того, як сигнали від первинного перетворювача надходять до ПІД-регулятора (марка ТРМ10). подача теплоносія регулюється за допомогою виконавчого механізму з метою підтримання температури 200°C в реакторі. Регулювання подачі дифельної суміші також реалізується завдяки використанню виконавчого механізму, мета регулювання полягає в підтриманні температури 120°C

розчину триізопропаноламінової солі терефталевої кислоти після теплообмінника.

4.2.2 Контроль і регулювання витрат

Безкамерна діафрагма використовується для вимірювання витрати. Сигнал з витратоміра відразу надходить на дифманометр. На ПІД регулятор сигнал надходить після вторинного перетворювача. Безкамерна діафрагма (марки 12X18H10T) використовується в якості звужуючого пристрою для контролю та регулювання витрати.

4.2.3 Контроль і регулювання рівня

Акустичний рівнемір «ЭХО-5Н» використовується в якості первинного перетворювача для регулювання рівня в бункері з подрібненим ПЕТ. Регулюючий вплив з регулятора потрапляє до виконавчого механізму (МЭО-40) після того, як сигнал в вторинного перетворювача потрапив до ПІД-регулятора.

Акустичний рівнемір «ЭХО-5Н» використовується в якості первинного перетворювача для регулювання рівня у ємності з триізопропаноламіном. Регулюючий вплив потрапляє до виконавчого механізму (МЭО-40) після того, як сигнал в вторинного перетворювача потрапив до ПІД-регулятора.

Акустичний рівнемір «ЭХО-5Н» використовується в якості первинного перетворювача для регулювання рівня у ємності з етиленгліколем. Регулюючий вплив потрапляє до виконавчого механізму (МЭО-40) після того, як сигнал в вторинного перетворювача потрапив до ПІД-регулятора.

Акустичний рівнемір «ЭХО-5Н» використовується в якості первинного перетворювача для регулювання рівня у ємності готовим продуктом (пластифікатором). Регулюючий вплив потрапляє до виконавчого механізму (МЭО-40) після того, як сигнал в вторинного перетворювача потрапив до ПІД-регулятора.

Первинний перетворювач рівнеміра «ЭХО-5Н»-АП-91 та вторинний перетворювач акустичного рівнеміра «ЭХО-5Н»-ППИ-5Н використовуються для забезпечення контролю, регулювання та сигналізації рівня випарного апарату. Також використано регулятор рівня рідини САУ-М7Е, який має сигналізацію верхнього та нижнього рівня.

5 Проектування системи керування в середовищі розробки SCADA-систем

5.1 SCADA-системи. Призначення, структура, основні функції.

На теперішній час SCADA-системи широко використовуються для проектування програмного забезпечення АСУТП. Під цією загальною назвою, як правило, об'єднуються дві групи програмних продуктів: компоненти, що відносяться до системи проектування і програмне забезпечення SCADA, яке функціонує в складі АСУТП певного об'єкта. Для початку зупинимось на основних функціях, які входять в склад будь-яких SCADA-систем. Supervisory Control And Data Acquisition - система збору даних і оперативного диспетчерського управління. Таким чином, в назві виділяються дві основні функції, що покладені на SCADA систему:

- збір даних про технологічний процес, що контролюється;
- управління технологічним процесом, яке реалізується відповідальними особами на основі зібраних даних і правил (критеріїв), виконання яких забезпечує найбільшу ефективність і безпеку технологічного процесу.

У більш широкій інтерпретації на SCADA-систему покладається виконання таких основних функцій:

- Прийом інформації про контрольовані технологічні параметри від контролерів нижніх рівнів і датчиків.
- Збереження отриманої інформації в архівах.
- Математична обробка прийнятої інформації.
- Графічне представлення ходу технологічного процесу, а також вимірнувальної та архівної інформації в зручній формі.
- Прийом команд оператора і передача їх до контролерів нижніх рівнів і виконавчих механізмів.

- Реєстрація подій, пов'язаних з контрольованим технологічним процесом і діями персоналу, відповідального за експлуатацію та обслуговування системи.
- Оповіщення експлуатаційного і обслуговуючого персоналу про виявлені аварійні події, що пов'язані з контрольованим технологічним процесом і діями персоналу в аварійних ситуаціях.
- Формування звітних документів на основі архівної інформації.
- Обмін інформацією з автоматизованою системою управління підприємством в цілому.
- Безпосереднє автоматичне керування технологічним процесом відповідно до заданих алгоритмів.

Якщо спробувати коротко охарактеризувати основні функції, то можна сказати, що SCADA-система збирає інформацію про технологічний процес, забезпечує інтерфейс з оператором, зберігає історію процесу і здійснює автоматичне керування процесом в тому обсязі, в якому це необхідно.

5.2 Опис та структура системи TRACE MODE

TRACE MODE 6 - це програмний комплекс, призначений для розробки і запуску в реальному часі програмного забезпечення розподілених автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) і рішення ряду завдань управління підприємством (АСУП). Для вирішення завдань АСУП в TRACE MODE 6 інтегрований пакет TFACTORY.

Комплекс програм TRACE MODE 6 можна розділити на 3 частини:

1. Інтегроване середовище розробки проекту (IC) - єдине програмне середовище, яке містить всі необхідні засоби для розробки проекту. Підсумком розробки проекту в IC є створення файлів, що містять необхідну інформацію про алгоритми роботи АСУ. Ці файли потім

розміщуються на апаратних засобах (комп'ютерах і контролерах) і виконуються під управлінням виконавчих модулів TRACE MODE.

2. Виконавчі модулі (монітори реального часу, МРВ) - програмні модулі різного призначення, під керуванням яких в реальному часі виконуються складові частини проекту, що розміщуються на окремих комп'ютерах або в контролерах.
3. Драйвери обміну - драйвери, що використовуються моніторами TRACE MODE для взаємодії з пристроями, протоколи обміну з якими не вбудовані в монітори.

Перш за все, слід звернути увагу на інтегровану середу розробки проекту TRACE MODE 6. Вона об'єднує функції всіх редакторів: бази каналів (РБК), представлення даних (РПД), шаблонів (РШ) і т.д. в одній програмній оболонці. Робота в інтегрованому середовищі розробки TRACE MODE 6 починається з вибору стилю розробки проекту АСУТП. Розробка проекту TRACE MODE 6 може починатися в одному з трьох стилів: Простому, Стандартному, Комплексному. В процесі розробки завжди можна перейти до іншого стилю, як тільки виникне така необхідність.

При виборі першого стилю в дереві проекту автоматично створюється один вузол робочої станції (RTM 1) і головний екран, після чого можна відразу приступати до розробки мнемосхеми технологічного процесу. Нові екрани, канали, джерела даних, програми та інші компоненти додаються в тому ж дереві проекту. Розміщуючи на екрані графічні елементи (ГЕ), користувач відразу отримує можливість здійснити їх динамізацію і прив'язку до аргументів екрану. Аргументи ж, в свою чергу, прив'язуються до каналів, а канали зв'язуються з джерелами і приймачами даних.

Рисунок 5.1 – Схема інформаційних зв'язків

Канали це основні структури даних TRACE MODE 6, в інших SCADA системах подібні інформаційні одиниці можуть називатися тегами або точками. Канал може зберігати інформацію про один технологічний параметр (сигнали введення / виведення), або результат обчислень. Канал TRACE MODE 6, в залежності від його типу, може містити значення з плаваючою точкою або ціле значення. Джерелами даних можуть бути, наприклад, PLC контролери, плати УСО або внутрішні генератори сигналів. Джерело даних TRACE MODE 6 не має власної інформаційної ємності, він всього лише описує, звідки повинні надходити дані в канал. Тобто джерело даних не має сенсу без прив'язки до каналу, а один канал в даний момент часу може бути пов'язаний тільки з одним джерелом даних. Проте один канал може бути пов'язаний з будь-якою кількістю інших компонентів екранів, програм або шаблонів документів через їх аргументи.

У стандартній розробці (рис. 5.1) вводиться ще два ключових поняття, шаблон екрану і виклик екрану, які в сукупності замінюють саме поняття екрану в стандартному стилі розробки. Ядро TRACE MODE 6 розглядає всі компоненти, будь то екрани, програми на мові FBD або SQL-запити, як «чорні ящики», в які дані передаються через вхідні аргументи, потім виробляються якісь дії всередині компонента, після чого з компонента через аргументи (в цьому випадку вихідного типу) виходять оброблені дані, результат роботи компонента. З точки зору побудови операторського інтерфейсу така архітектура дозволяє дуже легко тиражувати однотипні фрагменти інтерфейсу користувача, функції обробки вимірювальної інформації та інші об'єкти.

5.3 Канали проходження інформації в системі TRACE MODE

Канал являє собою базове поняття системи. Дані з зовнішніх пристроїв записуються в канали. Дані з каналів потрапляють на зовнішні

пристрої і виводяться в різних формах на екрані монітора. В канали оператор заносить керуючі дані. Значення з каналів записуються в архіви, оперативні звіти і в усі документи, що генеруються. У каналах здійснюється перетворення даних. Змінюючи значення на системних каналах, можна управляти виведенням на екран інформації, звуковими ефектами, архівами і т.д., тобто всією системою.

Сукупність усіх каналів називається базою каналів, вона є математичною основою програмного забезпечення кожного вузла системи управління.

З точки зору програміста канал являє собою інформаційну структуру, що включає до свого складу сукупність змінних і констант, а також методів формування і перетворення значень цих змінних. Дані надходять до каналу і, пройшовши задану для каналу обробку, формують інші значення.

Залежно від напрямку руху інформації, тобто від зовнішніх джерел (дані з контролерів або системні змінні) в канал або навпаки, канали підрозділяються на вхідні (тип INPUT) і вихідні (тип OUTPUT).

Змінні, константи і ідентифікатори каналу утворюють список його атрибутів. Частина атрибутів задається в редакторах інтегрованого середовища розробки. Атрибути можуть бути змінені в реальному масштабі часу при роботі монітору реального часу.

Кожен канал має чотири основних значення: In - вхідне, A - апаратне, R - реальне і Q - вихідне. Значення каналу також є його атрибутами. Величина, подана на вхід каналу, перетворюється за допомогою процедур. Результати виконання цих процедур формують інші значення каналу. Значення каналу можуть бути представлені в одному з наступних форматів: число з плаваючою точкою; 16-бітове ціле число. Перший формат призначений для зберігання і обробки аналогових

змінних, другий - для роботи з дискретними змінними і для здійснення логічних операцій.

Рис. 5.2 – Схема обробки інформації в каналі типу INPUT

Вхідні канали. Вхідний канал отримує дані із зовнішнього джерела (контролер та ін.) Або отримує значення якої-небудь системної змінної (наприклад, лічильник помилок обміну, довжина архіву та ін.). Запитуване каналом значення надходить на його вхід. Для вхідних каналів не визначено вихідне значення. Перетворення значень в них закінчується формуванням реального значення.

Рисунок 5.3 – Схема обробки інформації в каналі типу OUTPUT

Вихідні канали. Вихідний канал передає дані приймача. Приймач може бути зовнішнім (значення змінної в контролері, в іншому МРВ та ін.) або внутрішнім - одна з системних змінних, що керує роботою даного МРВ (номер звукового файлу, номер екрану, виведеного на монітор, і ін.). І зовнішні і внутрішні приймачі даних завжди зв'язуються з вихідними значеннями каналів.

Апаратні значення і входи / виходи. Значення вхідних каналів, які зв'язуються з джерелами, називаються вхідними значеннями. Шляхом масштабування і зсуву (попередньо встановлені для дискретних каналів) вони перетворюються в апаратні значення.

У вихідних каналах рух інформації здійснюється в зворотному напрямку. Значення, які пов'язані з приймачами даних, називаються вихідними. Вони формуються з апаратних значень. Апаратні значення каналів мають таку назву, оскільки в них зручно отримувати величини уніфікованих сигналів, з якими працює апаратура введення / виведення.

Реальні значення. Ці значення призначені для зберігання величин параметрів або сигналів управління в реальних одиницях.

5.4 Створення системи диспетчерського управління процесом виробництва пластифікатора в середовищі TRACE MODE

5.4.1 Створення головного екрану проекту та налаштування приладів

В середовищі TRACE MODE була побудована технологічна схема та створено модуль управління процесом виробництва пластифікатора. З права над фільтром розташовано пристрій контролю тиску. Після реакторів для виміру виходу речовин проходження реакцій розташовано два пристрої виміру втрат речовин. На корпусах реакторів та після теплообмінників розташовані манометричні термометри.

Рисунок 5.4 – Технологічна схема отримання пластифікатора у Trace Mode 6

Графічне середовище Trace Mode має широкий спектр інструментів для побудови візуалізації, такі як: лінія, ламані, криві, прямокутники, плоскі фігури, об'ємні фігури, а також різні кнопки, тренди (графіка), вимикачі, прилади для відображення значень, регулятор у вигляді повзунка, діаграми. Серед представлених засобів були обрані необхідні елементи для побудови схеми та користувацького інтерфейсу.

Таблиця 5.1 – Ламані, криві та плоскі фігури в середовищі Trace Mode 6

Таблиця 5.2 – Об'єкти в середовищі Trace Mode 6

Таблиця 5.3 – Об’ємні фігури в середовищі Trace Mode 6

Після побудови схеми та встановлення приладів було створено канали параметрів для прив’язки приладів. Прив’язка приладів – це зв’язок між певними значеннями каналів, аргументами програми та екрану. Для того, щоб створити програму або екран спочатку потрібно створити аргументи. Створення аргументів відбувається за допомогою таблиці, яка зображена на рисунку 5.5. Позначення використовується для створення нового аргументу. В таблиці кожний рядок – аргумент. У стовпці ім'я були введені назви для аргументів. У стовпці було вказано тип аргументів: IN- для передачі в програму або виведення на екран, OUT- для передачі з програми або введення даних через людино-машинний інтерфейс, IN / OUT- передача даних як в програму, так і з неї, вивід на екран і введення даних. У стовпці прив'язка було виконано прив'язки до певних значень каналів.

Рисунок 5.5 – Створення аргументів

Рисунок 5.6 – Прив’язка до каналу

Щоб створити динамічні ефекти та анімацію приладів до проекту було завантажено відеоролики у форматі .avi або .mng та додано анімацію на робочий екран проекту.

Для завантаження відеороликів було використано розділ «Бібліотека відеокліпів».

Рисунок 5.7 – Бібліотека відеокліпів

Імпорт у програму підготовлених відеороликів здійснюється за допомогою кнопки.

Рисунок 5.8 – Імпорт відеокліпів


Після цього відеоролики були додані на екран. Для цього на головному екрані робочого проекту було використано кнопку , після чого в випадаючому списку було обрано розділ «Відеокліп». На головному екрані з правої сторони будуть доступні для використання попередньо завантажені ролики.

Рисунок 5.9 – Завантаження відеокліпів на робочий екран

Обраний відеокліп необхідно перетягнути на екран для використання, редагування та зміни властивостей. Варто зазначити, що можна налаштувати зміну кольору динамічної заливки в залежності від стану технологічного процесу (попередження, аварія, поза межами). Для цього необхідно вибрати колір заповнення і вибрати значення true в полі кольору для діапазонів.

Також в Trace Mode 6 є можливість створення динамічного зображення. Воно відрізняється від статичного тим, що дане зображення змінюється, його стан визначається контрольованим процесом. Зображення може переміщатися, змінювати розміри, може змінюватись пунктир по його контору або об'єкт може бути заповнений до певного рівня. Для отримання динамічного зображення була виконана прив'язка до аргументу, значення якого відображається.

Анімація, що була використана при створенні схеми, зображена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Використані динамічні ефекти в Trace Mode 6

5.4.2 Створення програм для обробки вимірювальної інформації, генерації сигналів та управління процесами

SCADA-системи містять спеціальні мови програмування, що дозволяє розробнику описувати алгоритми обробки вимірювальної

інформації, генерування сигналів, управління процесом. Для забезпечення обміну даними між програмою і каналами вузла служать аргументи програми. Тип кожного аргументу визначає напрямок передачі даних. Для аргументів, які служать для передачі значення в програму, було обрано тип IN, а для передачі з програми- OUT. Для аргументів, які передають дані як в програму, так і з неї, було обрано тип IN / OUT. Для обміну даними програмою була виконана прив'язка кожного аргументу програми до потрібного каналу (аргументу каналу).

Система Trace Mode містить такі мови програмування:

- Техно ST (Structured Text).
- Техно SFC (Sequential Function Chart).
- Техно FBD (Function Block Diagram).
- Техно LD (Ladder Diagram).
- Техно IL (Instruction List).

Для створення програм була обрана мова FBD (Function Block Diagram), ця мова широко широко застосовується в АСУТП для створення алгоритмів управління даними. Він відрізняється наочністю і дозволяє будувати досить складні процедури з типових функціональних блоків. Вхід блоку може бути аргументом, константою або пустим (в деяких випадках). Перший вхід, який має назву RUN, управляє розрахунком. Вихід блоку з'єднується з входами інших блоків або підключається до відповідних каналів бази даних. Вхідні аргументи блоку також прив'язуються до каналів. Алгоритми створених програм описані нижче.

1. Логічна схема для генерації значення тиску на фільтрі.

Рисунок 5.10 – FBD програма для генерації значення тиску на фільтрі

2. Логічна схема для генерації значення температури речовин після теплообмінника 10.

Рисунок 5.11 – FBD програма для генерації значення температури

3. Логічна схема контролю температури в реакторі 4.

Рисунок 5.12 – FBD програма для генерації значення температури в
реакторі 4

4. Логічна схема контролю температури в реакторі 7.

Рисунок 5.13 – FBD програма для генерації значення температури в
реакторі 7

5. Логічна схема для генерації значення температури суміші після теплообмінника 6.

Рисунок 5.14 – FBD програма для генерації значення температури після
теплообмінника 6

6. Логічна схема для генерації значення витрати після реактора 7.

Рисунок 5.15 – FBD програма для генерації значення витрати після
реактора 7

7. Логічна схема для генерації значення витрати після реактора 4.

Рисунок 5.16 – FBD програма для генерації значення витрати після реактора 4

8. Логічна схема для генерації рівня заповнення реактора 4.

Рисунок 5.17 – FBD програма для генерації рівня заповнення реактора 4

9. Логічна схема для генерації рівня заповнення реактора 7.

Рисунок 5.18 – FBD програма для генерації рівня заповнення реактора 7

10. Логічна схема для генерації рівня заповнення ємності готового продукту.

Рисунок 5.19 – FBD програма для генерації рівня заповнення ємності готового продукту

5.4.3 Створення диспетчерського вікна побудови трендів для моніторингу зміни вимірюваних величин в реальному часі

Динаміку зміни технологічного параметра в часі зручно представити у вигляді залежності зміни даного параметра в часі. З цієї причини в SCADA-системах набули широкого поширення об'єкти, які дозволяють представити зміну певного параметра в часі. Тренд реального часу відображає в реальному часі зміну параметра. Відбувається

постійний зсув залежності вліво, нові значення контрольованого параметра постійного додаються до побудованої залежності справа.

Щоб змінити параметри створених трендів потрібно використати кнопку на панелі інструментів. Після чого стане доступним вікно налаштувань (рис. 5.20), яке складається з двох розділів: загальні властивості та криві.

Рисунок 5.20 – Вікно налаштувань трендів

Для внесення змін в налаштування кривих було використано додаткові налаштування, які зображені на рисунку 5.21.

Рисунок 5.21 – Розширені налаштування трендів


Також оператор має можливість переглядати графічні залежності за певний проміжок часу, для цього необхідно використати функцію «тимчасових міток», яка має позначення на екрані у вигляді кнопки . Вигляд вікна вибору мітки часу зображено на рисунку 5.22 .

Рисунок 5.22 – Вікно вибору мітки часу

Графічні тренди містять елементи навігації, які зображені головному екрані робочого проекту.

Таблиця 5.5 – Властивості кнопок навігації

5.4.4 Інструкція оператора. Опис запуску та використання SCADA-системи

- 1) Першим кроком є запуск середовища TRACE MODE 6. Для цього треба встановити за запустити з робочого столу програму TRACE MODE 6, яка має ярлик, що зображений на рисунку 5.23.

Рисунок 5.23 – Ярлик середовища TRACE MODE 6

- 2) У запущеній програмі TRACE MODE 6 потрібно перейти до вікна вибору проекту, для цього необхідно перейти до File->Open.

Рисунок 5.24 – Відкриття готового проекту TRACE MODE 6

- 3) В діалоговому вікні перейти до директорії, яка містить потрібний проект та обрати його.

Рисунок 5.25 – Вибір проекту TRACE MODE 6


- 4) Щоб запустити проект необхідно скористатись кнопкою  на панелі інструментів. Після запуску проекту відкриється вікно, що зображене на рисунку 5.26.

Рисунок 5.26 – Запуск проекту TRACE MODE 6

- 5) Для зручності використання можна перейти до повноекранного режиму, для цього необхідно використати кнопку. Вигляд робочого проекту у повноекранному режимі зображено на рисунку 5.27 . В цьому режимі панель інструментів відсутня, проте, є «лінійка меню», яка забезпечує користувачу всі необхідні функції. Лінійку меню можна довільно переміщати в будь-яке місце екрану.

Рисунок 5.27 – Повноекранний режим перегляду проекту TRACE
MODE 6

- 6) Для оператора були створені кнопки навігації, які дозволяють потрапити до допоміжних вікон. Створена панель навігації зображена на рисунку 5.28.

Рисунок 5.28 – Допоміжна панель навігації

- 7) Щоб переглянути тренди необхідно скористатись кнопкою, що розташована на головному екрані робочого проекту. Оператор може керувати відображенням графічних залежностей, тобто перегляди відразу усі, або обирати, яку саме криву відобразити на екрані.

Рисунок 5.29 – Вікно трендів

Керування відображенням кривих здійснюється за допомогою кнопки «+».

Рисунок 5.30 – Керування кривими

Щоб повернутись до головного вікна робочого проекту необхідно скористатись кнопкою, що зображена на рисунку 5.31.

Рисунок 5.31 – Навігація вікна трендів

- 8) Для переходу до вікна налаштувань ПІД-регуляторів слід скористатись кнопкою.

Рисунок 5.32 – Вікно налаштувань регуляторів

Дане вікно передбачене для зміни, при необхідності, коефіцієнтів підсилення та інших параметрів регулятора. Кнопка дозволяє відкрити діалогове вікно для зміни значень.

Щоб повернутись до головного вікна робочого проекту необхідно скористатись кнопкою, що зображена на рисунку 5.33.

Рисунок 5.33 – Навігація вікна налаштувань

- 9) Щоб завершити роботу перш за все необхідно зупинити проект. Для цього необхідно скористатись кнопкою. Після цього необхідно закрити програму використовуючи кнопки або за допомогою меню «Файл» -> «Вихід».

6 Розроблення стартап проекту

6.1 Резюме стартапу

Бізнес-ідея: застосування продуктів перетворення поліетилентерефталату для виробництва пластифікатора.

Метою стартапу є реалізація переробки поліетилентерефталату шляхом використання продуктів перетворення поліетилентерефталату у виробництві пластифікатора.

Тема: отримання пластифікатора на основі продуктів перетворення поліетилентерефталату.

Назва: виробництво пластифікатора.

Суб'єкт замовлення: підприємства, що виробляють пластифікатори.

Об'єкт дослідження: метод виробництва пластифікатора, переробка поліетилентерефталату шляхом використання продуктів перетворення у виробництві, можливість зменшення викидів основних забруднювачів навколишнього середовища (полімерів), економічна доцільність використання продуктів перетворення поліетилентерефталату у виробництві, розробка системи автоматичного контролю витрат енергії для виробництва пластифікатора.

Місце розробки у інноваційному ланцюжку цінностей: B2B та B2C модель. Так як виробництво спрямовано на взаємодію з юридичними особами (підприємствами) та взаємодію безпосередньо з кінцевими споживачами.

Таблиця 6.1 – Плановий обсяг продукції по місяцям на перший рік.

Продукт – пластифікатор.

Технологія являє собою взаємодію поліетилентерефталату з триізопропаноламіном у середовищі з етиленгліколем. Технологія унікальна тим, що виробництво пластифікатора включає в себе додавання

продуктів перетворення поліетилентерефталату, який в свою чергу є полімерним матеріалом. Полімерні матеріали є основними забруднювачами навколишнього середовища на даний час. Окрім цього, дана технологія забезпечує не лише переробку поліетилентерефталату, але й виготовлення корисного продукту – пластифікатора, який широко використовується в сфері будівництва. Схема виробництва складається з двох реакторів, двох теплообмінників та випарного апарату.

Джерела сировини. Для виготовлення пластифікатора використовуються наступні компоненти: триізопропаноламін «Реактивснаб» (Казахстан), поліетилентерефталат (Україна), етиленгліколь (Україна), вода (Україна).

Кваліфікація персоналу. Головний інженер, інженер-механік, начальники зміни, оператори мають вищу технічну освіту. Бухгалтер має вищу економічну освіту.

Споживачами є підприємства, що виробляють пластифікатори.

Ринок збуту. Стрімко зростаюча сфера будівництва помітно збільшує обороти з кожним роком. Відповідно до цього, потреба у сировині та будівельних матеріалах, які є фундаментальною частиною діяльності сфери будівництва, теж зростає. Тому дана технологія виробництва пластифікатора буде користуватися попитом.

Конкурентні переваги. Дана технологія виробництва пластифікатора передбачає взаємодію поліетилентерефталату з триізопропаноламіном у середовищі з етиленгліколем. Поліетилентерефталат є полімерним матеріалом. Період розкладу пластифікаторів складає більше 300 років, в той час як світове виробництво з кожним роком зростає експоненційно. З 1950 року по 2018 було вироблено близько 6.3 мільярдів тон пластику, з них було перероблено близько 9%, а спалено - 12%. Величезна кількість пластикових відходів неминуче потрапляє в навколишнє середовище.

Пластикове забруднення негативно впливає на земну поверхню, водні шляхи і океани. Поширення пластикового забруднення корелює з невисокою ціною і довговічністю пластмас, що визначає високий рівень їх використання людиною. Велика кількість виробів із пластику, вироблених щороку, виробляється для одноразового використання: одноразові упаковки або продукти, які зазвичай завжди викидають протягом одного року. Часто споживачі різних видів пластмасових виробів використовують їх один раз і потім викидають або замінюють їх. Тому перед людством постає питання про переробку та утилізацію полімерних відходів.

Основною конкурентною перевагою даного методу виробництва пластифікатора є використання поліетилентерефталату, так як виробництво передбачає не лише отримання цільового продукту – пластифікатора, а і переробку поліетилентерефталату.

У країнах Європейського союзу переробляють близько 80% полімерних матеріалів, але на даний момент в Україні на вторинну переробку потрапляє менше ніж 3% використаних ПЕТ, саме тому дане виробництво є доцільним та конкурентоспроможним.

Вартість розробки: процес розробки відбувався в ході дипломного проекту, але для фіналізації креслень, тощо, залучено команду експертів – 45 тис.грн.

Ринкова ціна складатиме близько: 40 грн/кг.

Період повернення капіталовкладень – 0,8 років.

6.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Таблиця 6.2 – Загрози і можливості зовнішнього середовища.

Продовження таблиці 6.2.

Продовження таблиці 6.2.

Таблиця 6.3 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища.

Продовження таблиці 6.3.

Таблиця 6.4 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища.

6.3 Ключові фактори успіху проекту за методом Шонфільда

Після визначення основних факторів та проведення аналізу зовнішнього і зовнішнього оперативного середовищ було виділено ключові фактори успіху технології виробництва пластифікатора з використанням продуктів перетворення полімерного матеріалу (ПЕТ). В якості ключових факторів успіху проекту було обрано такі, на які підприємство має вплив під час виробництва і реалізації продукту.

Обрані ключові фактори успіху за методом Шонфільда наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Оцінки характеристики за методом Шонфільда.

Для визначення бальної оцінки кожної характеристики використовується коефіцієнт вагомості. Розраховані з врахуванням коефіцієнту вагомості оцінки характеристики наведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Оцінки характеристики з урахуванням коефіцієнту вагомості

Після розрахунку бальних оцінок було виконано порівняння конкурентних переваг даного підприємства з конкурентами, для чого було побудовано графік (рисунок 6.1) для візуалізації отриманих результатів.

Рисунок 6.1 – Порівняння конкурентних переваг підприємства з конкурентами.

Аналізуючи отримані показники бачимо, що дане виробництво має найвищу ефективність перероблення полімерних відходів та має найвищу якість вихідного продукту.

Проте, швидкість виробництва нижча за продукцію першого конкурента, також показник ціни найгірший серед конкурентів. З отриманих результатів можна зробити висновок, що дана продукція буде користуватись попитом, так як фактори ефективності переробки та якості продукції найкращі, а фактори ціни та швидкості компенсуються за рахунок перших двох лідуючих показників.

6.4 Розрахунок основних техніко-економічних показників проекту

Під час розгляду джерел фінансування стартап проекту з виробництва пластифікатора було виділено такі джерела фінансування, як власні та запозичені кошти.

Власні кошти включають в себе:

- заощадженні кошти;
- розроблений фонд розвитку виробництва, науки і техніки, який створений за рахунок збору чітко встановленого відсотку з прибутку підприємства.

До запозичених коштів відносимо:

- інвестиції від вітчизняних та іноземних інвесторів, які проявляють зацікавленість в розвитку нових технологій виробництва пластифікатора.

Необхідний персонал для реалізації відповідного обсягу робіт, та комплектації робочих місць протягом зміни, є: начальник зміни, оператор та механік.

На підставі цього приймаємо, що чисельність явочна: $Ч_{яв.} = 3$ чоловіка, а за списком $Ч_{з.с.} = 14$ чоловік. Перелік посад, кількість працівників та їх заробітна плата наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Персонал цеху.

Розрахуємо фонд оплати праці:

Відрахування на соціальні заходи здійснюються за встановленим законодавством ставками від витрат на оплату праці і складає 22%.

Затрати на сировину наведено у вигляді таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Розрахунок вартості сировини для виробництва пластифікатору.

Річні затрати на сировину:

Витрати на електроенергію. Розрахуємо витрати на електроенергію за нерегульованим тарифом, тариф за приєднану потужність: ; Потужність обладнання: ; Освітлення цілодобове: .

Підприємство працює 12 годин на добу, 250 днів на рік. Річні витрати на електроенергію:

Витрати на опалення цеху. Загальна площа: 2500 м²; тарифна ставка на опалення: 33 грн./м² міс; Сезон опалення: 6 місяців.

Амортизаційні відрахування. Здійснюються за прийнятими методами і нормами.

Таблиця 6.9 – Розрахунок вартості ОЗ підприємства з виробництва пластифікатора.

Розраховуємо величину амортизаційних відрахувань:

Сумарні цехові витрати наведено у таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Сумарні затрати цеху виробництва пластифікатора.

Розрахунок ціни за основними методами ціноутворення:

1. Метод, орієнтований на витрати (витратний метод):
2. Агрегатний метод – застосовується до товарів із складових елементів:
3. Параметричний метод – враховує вагомість якісних параметрів товару і оцінку цих параметрів споживачем:
4. Метод ціноутворення на основі поточних цін або конкурентний метод.

На даний момент ціна на ринку за один кілограм пластифікатору складає 80,35 грн. Ми можемо варіювати в районі цієї ціни виставляючи більшу або меншу.

5. Баловий метод. Визначимо ціна одного балу:

Визначимо ціну нового виробу:

Ціна реалізації кінцевої продукції , розрахуємо ціну річного випуску продукції:

Визначаємо прибуток підприємства:

Рентабельність підприємства:

Коефіцієнт економічної ефективності:

Період повернення капіталовкладень:

Фондовіддача основних засобів виробництва:

Фондоємність:

Зведемо всі розраховані в розділі 4 показники до таблиці 6.11

Розрахуємо точку беззбитковості. Розрахуємо собівартість продукції за витратами на виготовлення 1 кілограму пластифікатора. На кілограм пластифікатора ми витрачаємо сировини на грн, тобто на один кілограм продукції ми витрачаємо грн. Позначимо точку беззбитковості через X у кілограмах. Витрати за рік складатимуть:

Таблиця 6.11 – Основні техніко - економічні показники цеху з виробництва пластифікатора на основі продуктів перетворення ПЕТ.

Після розрахунку техніко-економічних показників було виконано аналіз отриманих даних, які свідчать про те, що дане підприємство є прибутковим.

6.5 Карта бізнес-процесів реалізації проекту

Даний стартап проект створюється з ціллю впровадження нового, інноваційного методу виробництва пластифікатора, який дозволить переробляти полімерні матеріали.

Карта бізнес-процесів виконання стартап проекту

Таблиця 6.12 – Карта бізнес-процесів виконання стартап проекту.

Продовження таблиці 6.12.

Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Таблиця 6.13 – Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Продовження таблиці 6.13.

6.6 Оцінка ризиків та страхування розробки

Таблиця 6.14 – Ризики інноваційної розробки та ймовірність їх настання.

Продовження таблиці 6.14.

Таблиця 6.15 – Методи управління ризиками.

Продовження таблиці 6.15.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз особливостей переробки та фізичних властивостей поліетилентерефталату. Проаналізовано схему отримання пластифікатора на основі хімічної переробки вторинного поліетилентерефталату.

Проведено аналіз технологічної схеми отримання пластифікатора в якості об'єкту керування, що дозволило обґрунтовано обрати параметри контролю та регулювання, рівень автоматизації процесу та канали внесення регулюючих впливів.

В середовищі ChemCAD спроектовано схему та розраховано параметри процесу виробництва в статиці. Отримано та досліджено параметри потоків, сумарний матеріальний і тепловий баланс процесу, визначено норми параметрів та границі їх зміни.

На підставі проведеного аналізу схеми виробництва пластифікатора розроблено SCADA-систему диспетчерського керування та збору даних в середовищі TRACE MODE 6. Розроблена система має необхідний функціонал для роботи оператора, відповідає поставленим вимогам до керування процесом та доступна для використання.

Розроблено стартап-проект. Виконано аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища, визначено місце стартапу у ланцюжку цінностей та ключові фактори успіху. Проаналізовано ризики розробки та визначено методи управління ними. Розраховано техніко-економічні показники виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ботвинко Т.В., Бондаренко С.Г. Керування процесом отримання пластифікатора на основі SCADA системи TRACE MODE. Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Херсон: ФОП Вишемирський В. С., 2019. С.226-228.
2. Ботвинко Т.В., Бондаренко С.Г., Василькевич О.І. Комп'ютерний розрахунок процесу отримання пластифікатора на основі вторинного поліетилентерефталату. Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Херсон: ФОП Вишемирський В. С., 2018. С.119-123.
3. Бондаренко С. Г., Ботвинко Т. В., Василькевич О. І., Лімонник Ю. М. Аналіз модифікованого процесу отримання пластифікатора на основі продуктів перетворення поліетилентерефталату як об'єкту керування. Комп'ютерне моделювання в хімії та технологіях і системах сталого розвитку – КМХТ-2019: Збірник наукових статей Сьомої міжнар. наук.-практ. конф. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019 . С. 94-100.
4. Голубятников, В.А. Автоматизация процессов в химической промышленности: навч.-метод. посіб. Москва: 1972. С. 7 – 18.
5. Мезенцев А.А., Павлов В.М. Организация управления современных АСУ ТП: учебно-методическое пособие. Томск, 2007. 128 С.
6. Беданок, А.Ю. Основные направления переработки и использования вторичного полиэтилентерефталата : навч.-метод. посіб. Москва: 2007.
7. Ла Мантия, Ф. Вторичная переработка пластмасс. Пер. с англ.; Под ред. Г.Е. Заикова. : навч.-метод. посіб. СПб.: Профессия, 2006. 400 С.

8. Беданок, А.Ю. Полиэтилентерефталат: новые направления рециклинга : навч.-метод. посіб. Москва. 2009.
9. Зелке С., Пластиковая упаковка / Пер. с англ. 2-го изд.; Под ред. А.Л. Загорского, П.А. Дмитрикова. : навч.-метод. посіб. СПб.: ЦОП «Профессия». 2011. 560 с
10. Кузнецов, С.В. Вторичные пластики: переработка ПЭТФ отходов. 2001. №9. С. 3 - 7.
11. Пилунов, Г.А. Переработка отходов полиэтилентерефталата. 2001. №6. С. 22-28.
12. Митрофанов, Р.Ю. Переработка отходов полиэтилентерефталата : навч.-метод. посіб. Москва. 2006 С. 8.
13. Опис FBD (Function Block Diagram): веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/5841068/page:6/>
14. Описание SCADA-системы : веб-сайт. URL: <http://mysagni.ru/fea/ait>
15. Бондаренко С. Г. Автоматизация технологических процессов : навч.-метод. посіб. 2017. 163 с.
16. Системы автоматического контроля и сбора информации (SCADA) : веб-сайт. URL: <http://bourabai.kz/dbt/scada.htm>
17. Програмне забезпечення SCADA Trace Mode : веб-сайт. URL: <http://tracemode.com.ua/>
18. Plastic Trash Plagues the Ocean : веб-сайт. URL: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plastic-trash-plagues-ocean>
19. Plastic pollution : веб-сайт. URL: <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>