

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Маяк Данило Олександрович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-20ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за **освітньо-професійною програмою** 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва бітуму

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ас. Карпенко О.В.			
Провідний консультант	ас. Карпенко О.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доц. Соснін К.В.			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)
_____ Бубліков А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавр

студенту Маяк Д.О. академічної групи 151-20ск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація технологічного процесу виробництва бітуму
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» № 328-с від 08.05.2023 р.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	01.05.2023
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	10.05.2023
Визначення моделі об'єкта керування	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта керування. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	15.05.2023
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	25.05.2023
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	31.05.2023

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

ас. Карпенко О.В.
(прізвище, ініціали)

01.05.2023

10.06.2023

Маяк Д.О.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 94 стор., 51 рис., 21 табл., 2 дод.

Об'єкт розробки – система автоматичного керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30, яка використовується у технологічному процесі переробки мазуту у одеському нафтопереробному заводі.

Об'єкт дослідження - вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30 продуктивністю переробки 60,0 т/год мазуту.

Предмет дослідження – модель вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

Мета роботи - розробка моделі об'єкта керування для регульованої продуктивності бітуму в залежності від тиску у колоні. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30.

В розділі охорона праці приведена характеристика об'єкту та умови його експлуатації, зроблено аналіз шкідливих та небезпечних факторів на виробництві, розглянуті питання пожежної безпеки.

МАЗУТ, ВАКУУМ, ПРОДУКТИВНІСТ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ,
ДАТЧИК, ВИКОНАВЧИЙ ПРИСТРІЙ, ДОСЛІДНИЦЬКА СИСТЕМА,
ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Загальні відомості	8
1.1.1 Різновиди бітуму	8
1.1.2 Склад бітуму	10
1.1.3 Сфери використання бітуму	13
1.2 Технологія виробництва бітуму	14
1.2.1 Загальні відомості	14
1.2.2 Процеси виробництва бітуму	15
1.2.3 Процес змішування бітумної продукції	18
1.3 Об'єкта керування	19
1.3.1 Принцип роботи вакуумної дистиляційної колони	20
1.3.2 Характеристика об'єкта керування	21
1.3.3 Структура об'єкту керування	22
1.4 Формулювання задачі дослідження	23
1.5 Висновки за розділом	24
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування	26
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	26
2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування	28
2.2.1 Вибір датчиків	28
2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв	32
2.2.3 Вибір пристроїв керування	36
2.2.4 Вибір джерел живлення	41
2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації	43
2.4 Розробка схеми електричної принципової	46
2.5 Висновки за розділом	48
3 Визначення моделі об'єкта керування	49
3.1 Загальні відомості	49

	5
3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	50
3.3 Розробка методики дослідження об'єкта керування	52
3.4 Виконання експерименту	53
3.5 Обробка результатів експерименту	57
3.5.1 Підготовка даних	57
3.5.2 Структурна ідентифікація	59
3.5.3 Параметрична ідентифікація	62
3.5.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink	65
3.5.5 Перевірка моделі на адекватність	67
3.6 Розробка схеми обмеження зміни керуючого впливу	68
3.7 Остаточна комплексна модель об'єкту керування	69
3.8 Висновки за розділом	70
4 Економічна частина	72
4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування	72
4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування	73
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	74
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	74
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення	76
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	77
4.4.1 Амортизація основних фондів	77
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати	78
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	79
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	79
4.4.5 Витрати на електроенергію	80
4.4.6 Інші витрати	80
4.5 Висновки за розділом	81
5 Охорона праці	82
5.1 Характеристика об'єкту та умови його експлуатації	82
5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів на виробництві	84
5.3 Пожежна безпека	85

	6
5.4 Висновки за розділом	88
Висновки	89
Перелік посилань	92
Додаток А	95
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	96
Відгук	98
Рецензія	100

ВСТУП

Бітум є основним компонентом, що визначає функціональні характеристики будівельних конструкцій і відноситься до числа нафтопродуктів, світове споживання яких постійно зростає з року в рік. Високий попит на бітумні матеріали обумовлений в першу чергу їх універсальністю, низькою вартістю в порівнянні з іншими нафтопродуктами і відносною простотою виробництва.

Сьогодні близько 90 % всього бітуму, виробленого на нафтопереробних і нафтохімічних підприємствах України, отримують окисленням гарячої сировини (нафтових залишків) при проходженні через них повітря. Товарний бітум, отриманий за цією технологією, використовується в дорожньому будівництві і часто має низькі значення якісних показників, особливо вузький температурний діапазон для його застосування, не розрахований на великі середньорічні коливання температури. Також в умовах підвищеної щільності руху вони не можуть гарантувати міцність дороги, її довговічність і, як наслідок, безпечну експлуатацію. Таким чином, виникає необхідність поліпшення функціональних властивостей товарного бітуму, що можна зробити шляхом модифікації їх різними добавками, зокрема полімерними, але вартість таких полімервмісних бітумних матеріалів значно зростає.

Таким чином, дуже важливо проводити дослідження, спрямовані на отримання бітуму з більш високими експлуатаційними характеристиками, ніж окисленого нафтового бітуму, при одночасному зниженні виробничих витрат, пов'язаних із закупівлею сировини і модифікацією присадок. Цього можна досягти, використовуючи технологічний процес виробництва бітумних матеріалів і вторинної сировини: нафтошламів і витратних полімерних матеріалів.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Загальні відомості

1.1.1 Різновиди бітуму

Бітум - це природні або штучно отримані комплексні суміші, що складаються з високомолекулярних вуглеводнів і їх похідних (сірки, азоту, кисневмісної сполуки). Колір бітуму зазвичай коливається від темно-коричневого до чорного і має в'язку або тверду консистенцію. Будучи аморфними речовинами, бітум не має температури плавлення. Перехід від твердого стану до рідкого характеризується температурою розм'якшення. Бітум не розчиняється у воді, повністю або частково розчиняється в бензині, хлороформі, сірковуглеці та інших органічних розчинниках. Щільність бітуму коливається в межах $0,95 \dots 1,50 \text{ г/см}^3$.



Рисунок 1.1 – Бітум

У технічній літературі бітум зазвичай включає широкий спектр речовин з різними фізико-хімічними властивостями:

1. Бітум асфальтовий – характеризується низьким вмістом киплячих речовин і в'язкими властивостями. Бітум асфальтовий за своїм походженням і способом приготування включає в себе:

– природний асфальтовий бітум зустрічається в природі, зокрема гірська смола або вилучений з асфальтовмістких порід, таких як вапняк, доломіт, пісковик та ін.;

– бітум нафтовий асфальт, отриманий при переробці сирової нафти: залишки при первинній обробці, продукт процесу окислення повітрям або крекінгу; розріджений бітум, що містить розчинник, що знижує їх в'язкість і спрощує транспортування.

– емульсії і суспензії - рухливі рідини, що складаються з дрібнодисперсних частинок бітуму, зважених у воді і закріплених емульсією.

2. Асфальтиди - це природний евтектичний бітум, який містить певну кількість нерозчинних залишків.

3. Асфальтові породи - вапняк, доломіт, пісковик та інші породи, що містять асфальт, бітум.

4. Асфальто – природні або синтетичні суміші, в яких бітум асфальту з'єднує інертні мінерали.

5. Асфальтобетонний порошок - продукт тонкого подрібнення асфальтовмісних вапняку або доломіту.

6. Асфальтомастика - це суміш асфальтобетонного порошку з асфальтобітумом, яка вводиться в порошок при нагріванні, або синтетична суміш асфальтобітуму з мінералами.

7. Висококиплячі залишки первинної нафто-переробки: мазут - залишок переробки нафти при атмосферному тиску; гудрон - залишок переробки нафти під вакуумом; крекінг мазуту - залишок переробки нафти крекінгом; кислий гудрон - залишок від очищення нафтопродуктів при контакті з сірчаною кислотою; суміш мазуту і крекінг мазуту з сировою нафтою.

8. В'язкі речовини, отримані руйнівною переробкою органічної речовини або продуктами їх глибоких хімічних перетворень:

– дьоготь - в'язкий рідкий продукт обробки викопного палива: вугілля, горючих сланців, торфу, нафтопродуктів, а також деревини різних видів;

- пек – залишки, отримані в процесі видалення нафтових фракцій з дьогтю;
- кам'яновугільне масло (важке антраценове масло)
- нафтові частини, отримані при переробці кам'яновугільної смоли [1].

1.1.2 Склад бітуму

Органічна частина бітуму зазвичай представлена такими необхідними елементами, як вуглець і водень, а їх зміст варіюється в наступних межах: від 80 до 95 % (для вуглецю) і 12...13 % (для водню). Високий вміст вуглецю дозволяє бітуму різної природи утворюватися під впливом різних факторів, наприклад температури в колоїдну систему. Це підтверджується броунівським рухом і ефектом припливу, який завжди вільно спостерігається в розбавлених розчинах. Крім того, при перегонці бітуму в дистиляти не виявляються навіть сліди асфальту або вуглецеподібних речовин.

Колоїдні молекули вуглецю, таким чином є сублімолюбуючим органічним середовищем Вони являють собою високомолекулярні речовини, в основному відносяться до групи смол. Зміст сірки, азоту і кисню залежить від вмісту похідних, до складу яких входять ці елементи, що, в свою чергу, залежить від походження бітуму і від способів його виготовлення. Весь бітум зазвичай містить деякі мінеральні домішки. У природі - домішки складаються в основному з піску, глини, вапняку, доломіту, гіпсу, чорних металів та ін. Іноді зустрічаються і включення мікроелементів.

Бітум складається з асфальтену, смол і масел. Загальний вміст молитов і смол називається мілілайн. Масла, що містяться в бітумі, знижують температуру розм'якшення і твердість, підвищують пластичність, температуру випаровування і рівень крихкості. Він складається з парафінового з'єднання, представленого однорідним рядом звичайних і розгалужених алканів, з рядом атомів вуглецю, що мають температуру кипіння в межах 350...520 °C і щільність 790...820 кг/м³; нафтові структури з кількістю атомів вуглецю від 20 до 35, щільністю

820...870 кг/м³. Ароматичні сполуки: моноциклічні, мають молекулярну масу 450...620, дициклічні – 430...600, поліциклічні – 420...670.

При переході від моноуглеводнів до множинних ароматичних сполук вуглеводневі бічні ланцюги зменшуються. Смоли надають бітуму твердість, пластичність і еластичність. Це високомолекулярні органічні сполуки з циклічною і неоднорідною структурою з високим ступенем конденсації, з'єднані між собою аліфатичними ланцюгами. Крім вуглецю (79...87 %) і водню (8,5...9,5 %), смоли містять азот (до 2 %), кисень (1...10 %) і сірку (1...10 %). Молекулярна маса смол коливається від 300 до 2500, а щільність коливається в межах 990...1100 кг/м³. Смоли - це проміжна форма між маслами і асфальтеном, хімічний склад яких до цих пір не вивчений.

Асфальтен - концентрат високомолекулярних нафтових сполук, зазвичай неоднорідних. Асфальтен - основний компонент бітуму, що входить до складу структури. Через полярності вони схильні до прикріплення. Молекули асфальтену утворюють партнерів у вигляді пучків паралельних плоских молекул. Оболонка з розчинених масел і смол не дозволяє молекулам асфальтену злипатися. Молекулярна маса партнерів коливається від 1 500 до 4 000, але реальна молекулярна маса асфальту дорівнює 400...500.

Асфальтином служать продукти для подальшого тиску смол і являють собою тверді речовини чорного або коричневого кольору, нерозчинні в вуглеводнях природного складу, спиртових і спиртових ефірних сумішах, але добре розчинні в бензолі і його родичах, сірковуглеці, хлороформі і чотири-хлористому вуглеці. Асфальтобетонні кислоти і ангідрид - речовини сіро-коричневого кольору, густої смолистої консистенції, добре розчиняються в спирті або хлороформі, але важко розчиняються в бензині. Його щільність становить понад 1 000 кг/м³. Карабіни і карбіді є високо-вуглецевими продуктами переробки нафти і її залишків при високій температурі. Карабіни нерозчинні в чотири-хлористому вуглеці, карбоїди - в сірковуглеці.

Серед гетерогенних сполук нафти найбільш поширені сірковмісні органічні сполуки. Основними видами сірковмісних сполук є нафта, сульфіді, дисульфід і

тіофен. У міру підвищення температури кипіння фракцій змінюється хімічний склад компонентів сірки в нафті. Нафтові сполуки, що містять високомолекулярну сірку, в основному представлені тіофеном, похідними сульфідів і тіосциклановими сполуками. Слід зазначити, що сірковмісні компоненти характеризуються багатофункціональними сполуками, частка яких значно збільшується при переході на важкі нафтові залишки. Тому сполуки, в тому числі атоми сірки, зустрічаються в концентратах як високомолекулярних нафтових сполук, що містять азот і кисень.

Азотовмісні сполуки зосереджені в основному у важких нафтових залишках, в смолистих асфальтенових частинах. Вважається, що більшість атомів азоту входять в множинні ароматичні маси молекул смоли і асфальтену, і все їх число пов'язане з ними у вигляді рецептивних партнерів-донорів. Загальний вміст азоту в бітумі рідка перевищує 2%.

Кисневмісні сполуки представлені карбоновими кислотами, фенолами, складними ефірами, кетонами, ангідридом та ін. Близько 60 % кисню, у важких нафтових залишках, зв'язується у вигляді ефірних груп. Загальний вміст кисню в бітумі зазвичай не перевищує 5 %. Склад нафтових кислот визначається сполуками, які містять азот і кисень разом, або сірку і кисень, а атоми азоту і сірки в гетероциклічні сполуки.

Велика частина багатофункціональних сполук входить до складу смолистих асфальтенових матеріалів нафти. Відомо, що нафтовий бітум поряд з основними складовими елементами (С, Н, S, N, О) містить 7...10 % маси. Інші елементи - метали і неметали. На сьогоднішній день виявлено наявність в маслах більше 60 мікроелементів. Основна частина всіх мікроелементів зосереджена на більшій частині висококиплячих масел, при цьому більше 50 % мінералів від їх загальної кількості в нафті зосереджено в асфальтені.

Мінерали, основна частина яких знаходиться в маслах у вигляді солей органічних кислот і комплексів, в яких атом металу поміщений в центр порфіринового циклу або в порожнини інтенсивних ароматичних фрагментів. Основна маса мінералу міститься у вигляді комплексних полідентатних

комплексів. Серед різноманіття мінералів, що містяться в маслах, найбільша інформація обертається навколо ванадію і нікелю, що, очевидно, пов'язано з їх відносно високими концентраціями. Є припущення, що V і Ni входять до складу асфальтену у вигляді відповідних ванадієво-нікелевих порфіринових комплексів, які входять до структури молекул асфальтену і концентруються в киплячих фракціях при температурах вище 350 °С. Мінеральні речовини (Fe, Mg, V, Ni і ін.) присутні в бітумі в невеликих кількостях [1].

1.1.3 Сфери використання бітуму

Бітум - неоспіваний герой нашого сучасного світу. Асфальтове покриття бітумом сьогодні робить дуже рівні дороги для легкої і важкої техніки, якісні злітно-посадкові смуги для посадки і зльоту літаків і навіть хорошу інфраструктуру для залізниць.



Рисунок 1.2 – Асфальтове покриття

Утеплення будинків та промислові функції, такі як захист покриття нафтогазових труб та ліній електропередачі, витримують бітумне покриття та є водонепроникними. Важливий компонент асфальту, який ми використовуємо для будівництва доріг, бітум утримує наші міські вулиці разом і з'єднує міста та

країни на величезних відстанях. Він забезпечує основу для особистих та ділових поїздок, туризму та логістики.

Але справа не тільки в дорогах – бітум життєва важливий для всіх видів будівництва та інфраструктурних проєктів, великих і малих. Без бітуму наш світ був би зовсім іншим місцем; Наші міста і наші будинки були б дуже різними; Наше життя було б менш мобільним і менш пов'язаним. Цей цінний матеріал має незліченну кількість застосувань та застосувань, і з кожним роком відкривається все більше завдяки дослідженням та розробкам у бітумній промисловості.

Бітум не тільки гнучкий і багатофункціональний, він також має ряд інших переваг:

- він швидко встановлюється і безпечний у використанні, а також довговічний і зносостійкий;
- він простий в обслуговуванні та на 100% переробляється, що робить його ідеальним вибором для перспективних будівельних та інфраструктурних проєктів.

1.2 Технологія виробництва бітуму

1.2.1 Загальні відомості

Бітум - це (твердий, напівтвердий, в'язкий), аморфний, цементний матеріал, який можна знайти в різних формах, таких як гірський асфальт, природний бітум, дьоготь і бітум, отримані з нафти, яка називається нафтовим бітумом. В даний час більшість доріг у всьому світі асфальтовані бітумом. Нафтовий бітум зазвичай називають бітумом або асфальтом.

Взагалі, термін «бітумні матеріали» використовується для позначення речовин, в яких присутній бітум або з яких він може бути отриманий. До складу бітумних речовин входять в першу чергу бітуми і гудрони. Бітум зустрічається в природі в декількох формах: тверда – бітум, що легко кришиться в асфальті гірських порід і більш м'який, в'язкий матеріал, який присутній в бітумінозних пісках і асфальтових озерах.

Іншим способом, яким можна отримати бітум, є переробка нафти таким чином, бітум по суті є залишком, отриманим в процесі перегонки нафти. Хоча бітум можна знайти в природному вигляді, в даний час світ покладається для всіх цілей на нафту. Матеріал виробляється таким способом вже більше ста років. Смоли, з іншого боку, дійсно зустрічаються в природі. Гудрони виганяють у вигляді конденсатів від переробки вугілля (при дуже високих температурах), нафти, горючих сланців, деревини або інших органічних матеріалів. Пек виробляють, коли дьоготь частково переганяють так, щоб летючі компоненти випарувалися [2].

1.2.2 Процеси виробництва бітуму

Залишки від перегонки ретельно відібраної сировини є основою для виробництва бітуму. Рафінування бітуму відокремлює більш легкі фракції від залишків. Для виробництва специфікації бітуму використовується кілька методів виробництва залежно від джерела сировини та доступних можливостей обробки.



Рисунок 1.3 – Нафтопереробний завод

Часто підбирається комбінація процесів. На рис. 1.3 та рис. 1.4 показано компіляцію основних процесів нафтопереробки, що використовуються.

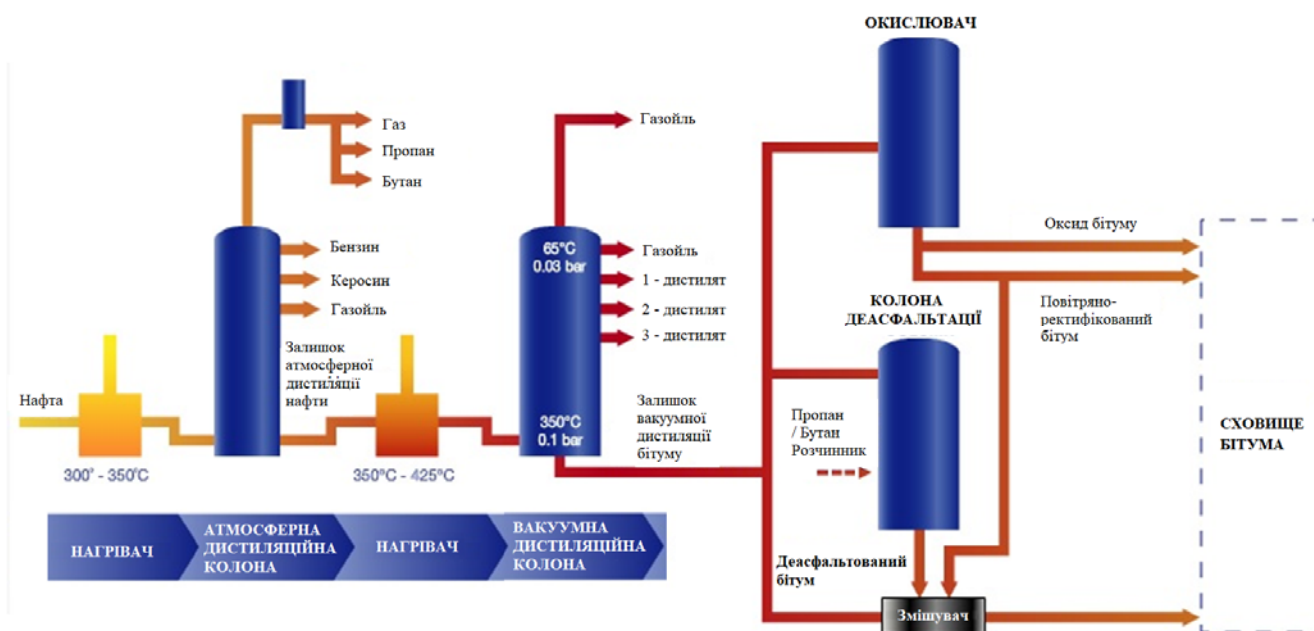


Рисунок 1.4 – Основний процес переробки бітуму

З великої різноманітності сирової нафти, що є у продажу, лише обмежена кількість вважається придатною для виробництва бітуму необхідної якості в промислових кількостях. В цілому це важкі сирі нафти з високим вмістом сірки.

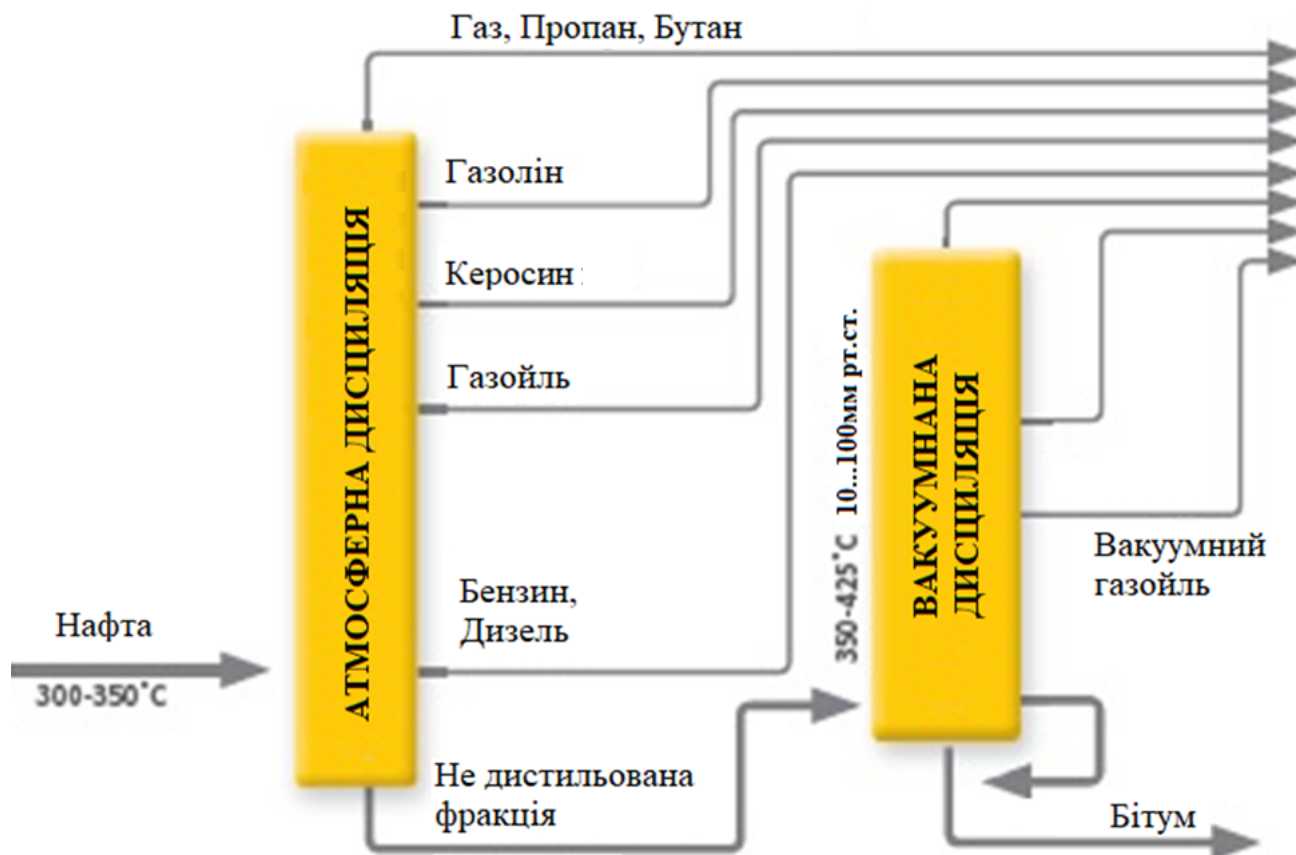


Рисунок 1.5 – Принципова схема процесу дистиляції

У наш час бітум отримують в основному з нафти. Існує два загальних способи заробітку бітуму з нафти.

- дистиляція;
- аерація.

У першому методі, залежить від сировини і способу сепарації, після перегонки в вакуумному стані отримують бітум з відповідними фізичними характеристиками для створення доріг і промислового застосування.

Цей процес включає нагрівання сирової нафти до температури 300...350 С, щоб відокремити легші фракції від компонента, що не кипить, відомого як атмосферний залишок. Більш легкі фракції відбираються і направляються в інші підрозділи НПЗ. Щоб видалити останні сліди більш легких фракцій і уникнути термічної трансформації молекул, атмосферний залишок потім вводять в вакуумну дистиляційну установку, де зниження тиску знижує температури кипіння і дозволяє уникнути небажаного термічного крекінгу молекул. Тиск і температурні умови в процесі вакууму визначають твердість залишку і, як такого, марку бітуму, що виробляється.

Специфічні розчинники також можуть використовуватися для поділу мастильних і бітумних компонентів сирової сировини, не змінюючи їх хімічної структури. Залежно від використовуваного розчинника – пропану або бутану – можна отримати різні категорії бітуму. Контролюючи змінні в процесі вакуумної перегонки, можна виробляти бітуми з різним ступенем твердості. Точка проникнення і температура пом'якшення є двома основними визначальними характеристиками бітумів, вироблених за технічними характеристиками.

Бітум може бути додатково оброблений шляхом продування повітря через нього при підвищених температурах, щоб змінити його фізичні властивості для конкретних застосувань. Таким способом можна виробляти два різних види бітуму, в залежності від ступеня окислення: повітряний ректифікований бітум і окислений бітум. Окислений бітум використовується в покрівельних роботах, тоді як повітряний ректифікований бітум використовується в мощенні та деяких покрівельних роботах.

При другому способі отриманий вакуумний залишок, як правило, має дуже низьку в'язкість і високий ступінь проникнення 300...400 мм. Виріб має низький асфальтен, тому не підходить для оформлення доріг в тропічних і помірних регіонах. Окислений бітум має характерну консистенцію при кімнатній температурі і гумовий характер, що впливає на те, як він реагує на напругу або відбиток. Процес окислення підвищує жорсткість і температуру розм'якшення бітуму і значно змінює ключові фізичні властивості. Варіювання тривалості процесу окислення або видування повітря варіює ступінь реакції і дає відмінні кінцеві продукти.

Щоб перетворити бітумний залишок у бітум з відповідними фізичними властивостями, під час процесу слід додавати важкі молекули, такі як асфальтени. Для цього повітря, яке поєднується з різними типами газів, такими як кисень, азот, CO₂ тощо, натискається компресором, і воно впорскується у вежу, що містить розплавлений бітум вище 200 °C. Процес може бути безперервним або пакетним. Так званий процес напіваерації обумовлює отримання напіввидувного бітуму з відповідним ступенем проникнення і температурою розм'якшення 100/85 або 70/60, який використовується при дорожньому прокладанні і вологобар'єрності будинків.

Якщо в цьому агрегаті або наступному агрегаті процес аерації продовжується, поступово, ступінь проникнення бітуму знижується і температура його розм'якшення збільшується. В результаті видувається твердий бітум з дуже низьким проникненням і такою високою температурою розм'якшення, як 110/10, 90/15, 85/25. Ці види бітуму використовуються в будівлях і добавках в вологобар'єрах.

1.2.3 Процес змішування бітумної продукції

Змішування залишків вищої та меншої в'язкості в необхідних пропорціях може відбуватися на нафтопереробному заводі, на терміналах або на об'єкті третьої сторони, де компоненти суміші та готові продукти можуть бути легко

транспортовані та розподілені для використання. Результатом кожної технології обробки є різні марки бітумних виробів, включаючи:

- бітуми твердих марок – використовуються для мощення;
- суміші бітумів проникнення з розчинником, таким як гас;
- емульсії – стабілізовані суспензії бітуму у воді;
- полімерні модифіковані бітуми – суміші добірних бітумів з полімерами, такими як термопласти або еластомери [2].

1.3 Об'єкта керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30 [3].



Рисунок 1.6 – Вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30

Вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30 використовується на одеського нафтопереробному заводі і має застарілу систему керування, виконану за зразками СРСР, тому потребує негайної заміни.

1.3.1 Принцип роботи вакуумної дистиляційної колони

Залишок від перегонки сирової нафти в атмосферній колоні містить газойлі, які не відновлюються. Температура на виході нагрівача обмежена через побоювання щодо термічного крекінгу. Таким чином, залишок з нижніх частин установки атмосферної дистиляції може бути переданий трубопроводом в іншу ректифікаційну колону, що працює під вакуумом, яка називається вакуумною дистиляційною колоною (ВДК), яка призначена для вилучення додаткових важких дистилятів. Це дозволяє розділяти важкі вуглеводні (температури кипіння більше 450 °C) без загрози часткового термічного розкладання на менш бажані продукти, такі як кокс. Оскільки температури кипіння вуглеводнів є функцією тиску у вакуумній колоні може випаровувати ці компоненти при температурі нижче тієї, при якій буде відбуватися термічний крекінг.

Конструкції ВДК зазвичай поділяються на одну з двох категорій: сухий дизайн і мокрий дизайн.

Сухі конструкції ВДК не вводять гріючу пару у колону, а більш застосовні для виробництва газойлю та палива.

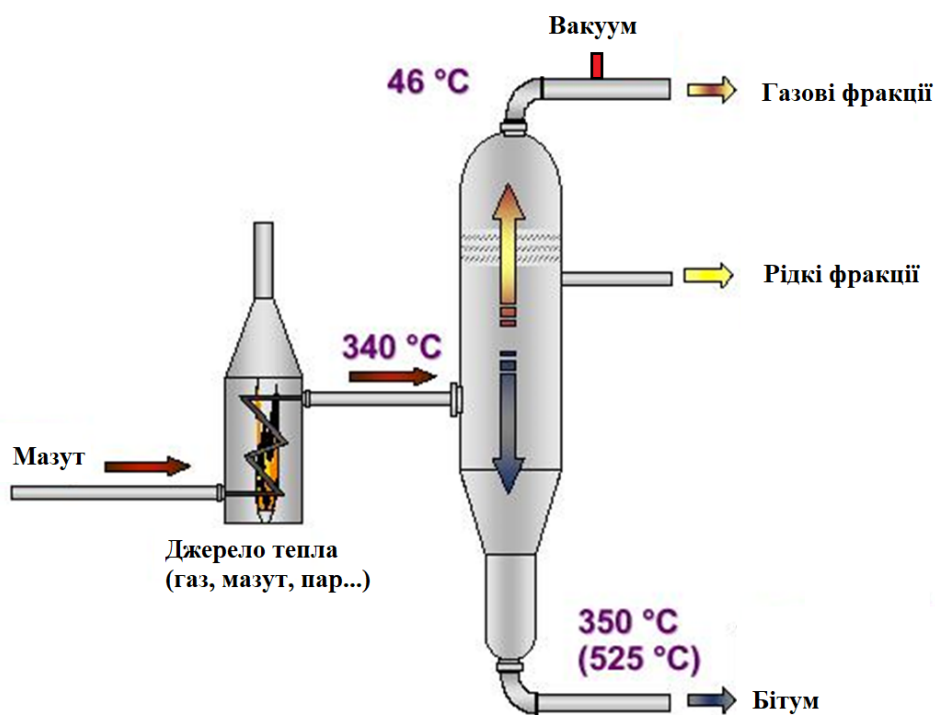


Рисунок 1.7 – Вакуумна дистиляційна колона з «сухим» підігрівом мазуту

ВДК мокрої конструкції нагнітають теплоносії у теплообмінник, який розташований у днища ВДК. Це дозволяє даній конструкції отримати таку ж ступінь пароутворення, як і суха конструкція, але при більш низьких температурах. Мокра конструкція більше підходить для виробництва газойлю, мастил, бітуму або воску.

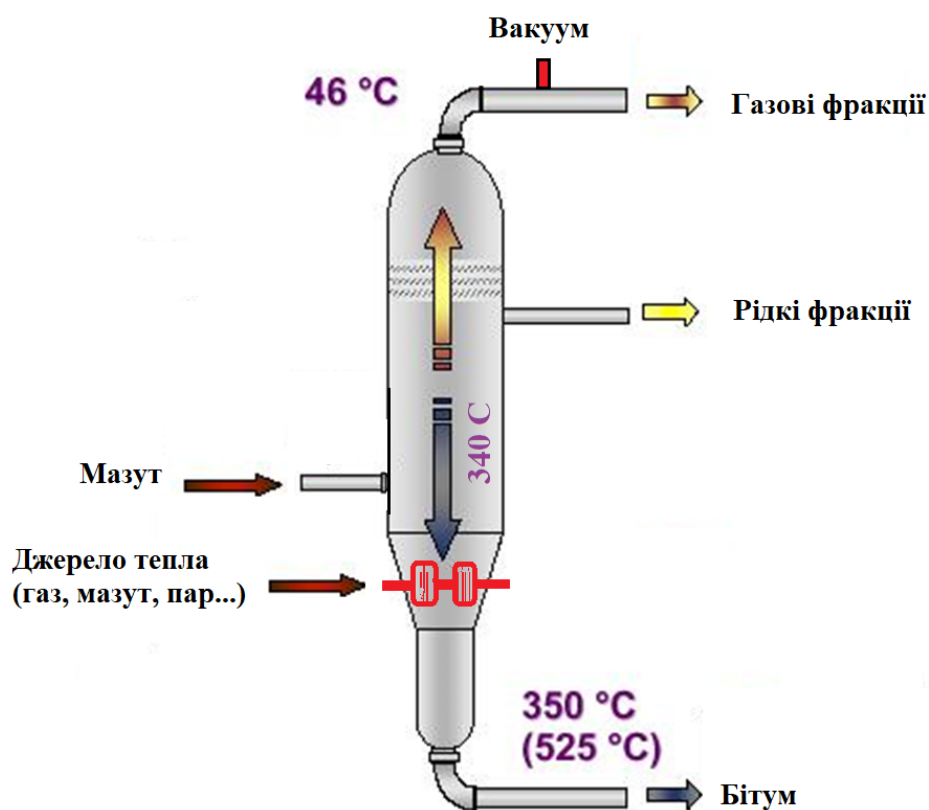


Рисунок 1.8 – Вакуумна дистиляційна колона з «мокрим» підігрівом мазуту

Вакуумні колони, на відміну від атмосферних колон, мають більші діаметри і простіші внутрішні елементи в порівнянні з атмосферними колонами. Вакуум виробляється за рахунок використання парових ежекторів або вакуумних насосів, що тягнуть вакуум на вершині дистиляційної колони.

1.3.2 Характеристика об'єкта керування

Технологічні показники вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30:

- температура сировини (на вході), °C 120...150
- температура рідкої фази в нижній частині, °C 350;
- температура рідкої фази в середній частині, °C 100....250;

- температура у верхн. частині (газовому просторі), °С 40...50;
- тиск надлишковий у колоні, МПа 0,005...0,30;
- потужність газового пальника, МВт 5;
- витрата мазуту, т/год 20...60.
- продуктивність бітуму, т/год 18...50.
- температура бітуму на виході з колоні (атмосф.), °С 525 [3].

1.3.3 Структура об'єкту керування

Вакуумна перегонка вуглеводнів нафти є відомим процесом переробки, який зазвичай використовується в промисловості для мінімізації термічного крекінгу більш важких фракцій сирої нафти та отримання більш легких продуктів. Перегонка цих важких матеріалів під вакуумом, тобто нижчим тиском, знижує температуру кипіння різних вуглеводневих фракцій у колоні і, отже, мінімізує термічний крекінг цих фракцій. У звичайних вакуумних дистиляційних системах перегонка здійснюється у вакуумній колоні в діапазоні розрідження. Важливо в таких системах максимально знизити тиск для поліпшення пароутворення (температура вакуумного бітуму в колоні 350 °С, того ж самого по за колоною - атмосферного вже 525 °С).

На рис. 1.9 Представлена структурна схема вакуумної дистиляційної колоні VDU-80-0,005/0,30 з розташуванням датчиків і виконавчих пристроїв.

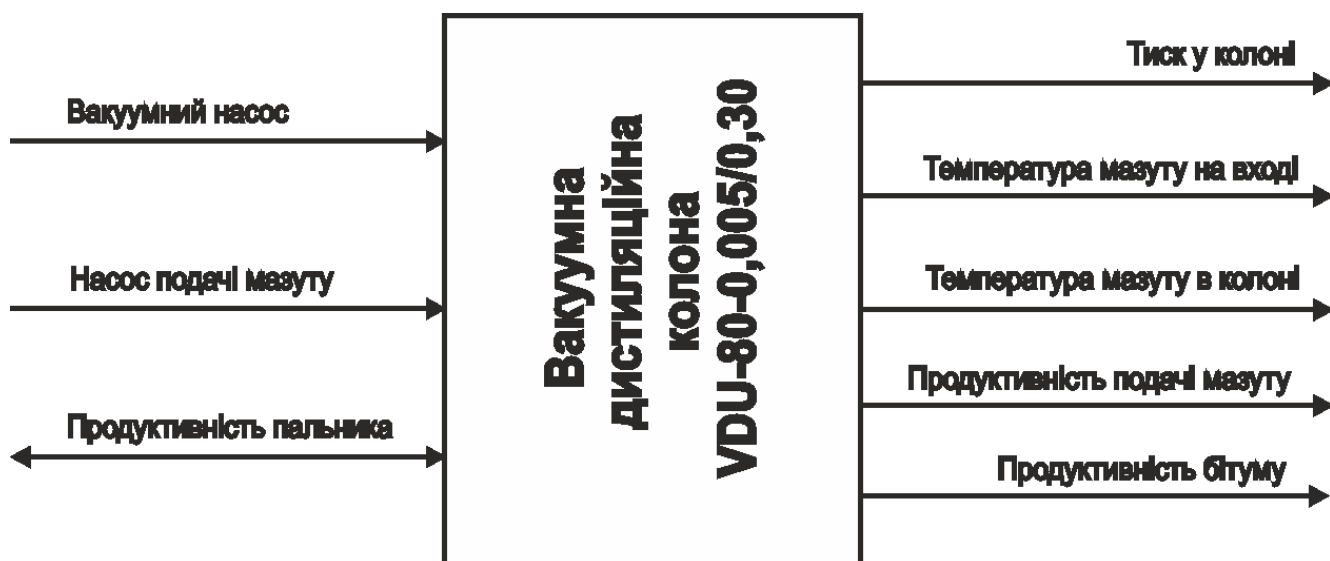


Рисунок 1.9 – Структура об'єкту керування

На об'єкті розташовані наступні датчики:

- тиск у колоні;
- температура мазуту на вході;
- температура мазуту в колоні;
- продуктивність подачі мазуту;
- продуктивність бітуму.

На об'єкті розташовані наступні виконавчі пристрої:

- вакуумний насос;
- насос подачі мазуту;
- продуктивність пальника (інформаційний канал зв'язку).

Датчики збирають інформацію про технологічний процес у вакуумній дистиляційній колоні VDU-80-0,005/0,30.

В залежності від показників датчиків 0 відбувається керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,3 у відповідності до заданих технологічних показників роботи.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Система керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 має підтримувати технологічні параметри дистиляції мазуту з метою отримання основного продукту - бітуму.

Основними каналами керування є канали:

- «продуктивність подачі мазуту – продуктивність бітуму»;
- «тиск у колоні – продуктивність бітуму»;
- «продуктивність пальника – продуктивність бітуму»;

Основними збурючими факторами є:

- коливання температури мазуту на вході;
- нестабільність теплоутворення пальника.

Маємо наступні основні показники:

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| – тиск надлишковий у колоні, МПа | 0,005...0,30; |
| – температура мазуту в колоні, °С | 350; |

– витрата мазуту, т/год 20...60.

Для розробки система керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 обрано варіант побудови за каналом «тиск у колоні – продуктивність бітуму» як більш впливового на якість роботи дистиляційної колони.

Система керування дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 має відповідати вимогам технологічного процесу, наведеного раніше при його огляді і обов'язково бути виконана за допомогою стандартних компонентів, які мають відповідні сертифікати відповідності.

1.5 Висновки за розділом

Об'єктом керування виступає вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30, яка використовується на одеського нафтопереробному заводі і має застарілу систему керування, виконану за зразками СРСР і тому потребує негайної заміни.

Автоматизація вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 включає в себе автоматичне керування, дистанційне керування, технологічний захист, тепловий контроль, технологічні блокування і сигналізацію. Експлуатація вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 повинна забезпечувати надійний і ефективний процес переробки мазуту для заданих технологічних параметрів, який поступає з атмосферної колони. Система керування також має забезпечити для обслуговуючого персоналу безпечні умови праці. Для виконання цих вимог експлуатація повинна здійснюватися в суворій відповідності з законами, правилами, стандартами і директивами.

Автоматизація роботи дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 повинна здійснюватися за такими основним параметром - підтримка заданої продуктивності бітуму.

Для підвищення ефективності роботи технологічного обладнання треба модернізувати систему керування. Таким чином є гостра потреба у математичних моделях об'єктів технологічного обладнання, працюючого у допустимих

технологічних межах, які у наступному мають бути використані при синтезі нової системи керування технологічним обладнанням.

Головною метою роботи є розробка моделі об'єкта керування - дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 для регульованої продуктивності бітуму, в залежності тиску у колоні. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва і отримати кінцевий продукт з заданими технічними характеристиками.

Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи всього технологічного обладнання.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30, яка використовується у технологічному процесі переробки мазуту у одеському нафтопереробному заводі.

Система керування має контролювати наступні параметри технологічного процесу (вказано номінальні значення):

– температури сировини (на вході), °С	120...150;
– температури рідкої фази в нижній частині, °С	350;
– температури рідкої фази в середній частині, °С	100...250;
– температури у верхн. частині (газовому просторі), °С	40...50;
– тиску надлишкового у колоні, МПа	0,005...0,30;
– потужність газового пальника, МВт	5 МВт;
– витрати мазуту, т/год	60.
– витрати бітуму, т/год	50.

Система керування має керувати наступним технологічним обладнанням:

– потужністю газового пальника, МВт	0...5;
– шнековим дозатором подачі мазуту, т/год	20...60.
– вакуумний насос, МПа	0,005...0,30;

Вакуумна перегонка мазуту є відомим процесом переробки, основною метою якого є отримання бітуму. Цей спосіб переробки використовується в промисловості для мінімізації термічного крекінгу важких фракцій сирої нафти, отримання мазуту і побічних більш легких корисних нафтопродуктів продуктів. Перегонка цих важких матеріалів під вакуумом, тобто тиском нижчим атмосферного, знижує температуру кипіння різних вуглеводневих фракцій у колоні і, отже, мінімізує термічний крекінг цих фракцій. Важливо в таких системах максимально знизити тиск для поліпшення пароутворення з нафтопродуктів з різними температурами кипіння. У вакуумних

дистиляційних колонах температурні межі між різними фракціями значно більші ніж у вакуумних колонах, тому якість розділення на фракції значно ліпша.

Призначення відповідних датчиків и виконавчих пристроїв описано у попередньому розділі.

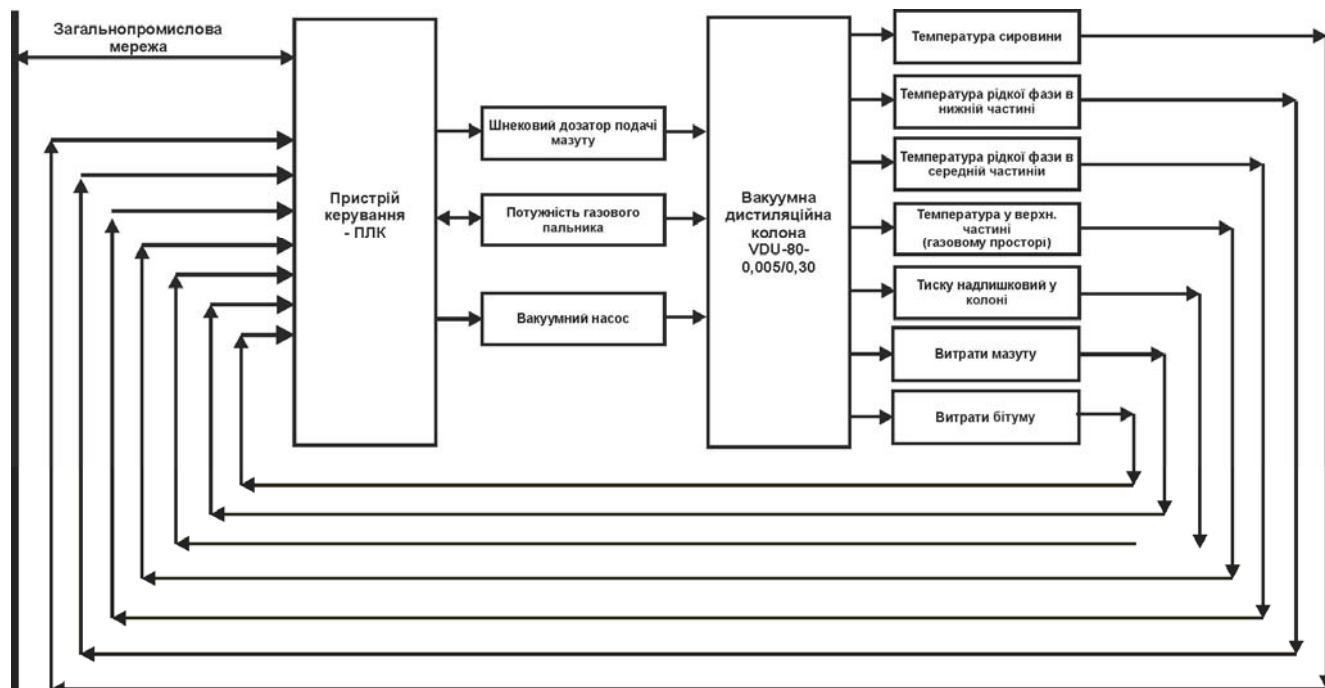


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи керування

Основними каналами керування є канали:

- «продуктивність подачі мазуту – продуктивність бітуму»;
- «тиск у колоні – продуктивність бітуму»;
- «продуктивність пальника – продуктивність бітуму»;

Основними збурючими факторами є:

- коливання температури мазуту на вході;
- нестабільність теплоутворення пальника.

Вибір пристроїв автоматизації для побудови системи керування необхідно здійснювати на основі серійних засобів автоматизації. Якщо є можливість, то необхідно вибирати з пристроїв, вироблених в Україні, або які вже поставляються в Україну.

Вибір приладів буде проводитися відповідно до необхідного діапазону показників сигналів та умов експлуатації.

2.2 Вибір апаратного забезпечення підсистеми керування

Датчики слід обирати відповідно до переліку вхідних сигналів, параметри яких треба вимірювати, враховуючи можливий діапазон їх змін.

2.2.1 Вибір датчиків

В системі керування необхідно здійснювати вимірювання температури в колоні у різних зонах фракцій нафтопродуктів:

- сировини (на вході), °C 120...150;
- рідкої фази в нижній частині, °C 350;
- рідкої фази в середній частині, °C 100....250;
- у верхній частині (газовому просторі), °C 40....50.

Сімейство вимірювальних перетворювачів температури фірми Siemens представлено перетворювачами Siemens SITRANS T, термоперетворювачами опору і термопарами для якісного вимірювання температури в будь-яких, навіть самих екстремальних, умовах. Датчики застосовуються в хімічній, фармацевтичній, харчовій, енергетичній та інших галузях промисловості. Існують варіанти термометрів з цифровою індикацією показань. Також доступні вибухозахищене виконання датчиків. Використаємо перетворювач Siemens SITRANS T серії: TS – універсальний перетворювач з виходом 4...20 мА, з можливістю перепрограмування за допомогою персонального комп'ютеру [4].



Рисунок 2.2 – Датчик температури Siemens SITRANS T TS

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчику температури Siemens SITRANS T TS

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS TS
2	Номинальний діапазон вимірювання, °C	0...+400
3	Принцип вимірювання	Cu25 ... Cu1000
4	Точність, °C	1,5
5	Вихідний сигнал, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...30
7	Потужність споживання, Вт	2
8	Температура експлуатації, °C	-25...+85
9	Матеріал корпусу	сталь 1.4571/316Ti
10	Різьба	G1/2В зовнішня і G1/8В внутрішня

Для контролю надлишкового тиску у колоні у діапазоні 0,005...0,30 МПа (0,05...3 бар) використовуємо вимірювальний перетворювач тиску Siemens SITRANS P ZD сконструйований відповідно до особливих вимог харчової, фармацевтичної та біотехнічної промисловості. Використання високоякісних матеріалів забезпечує виконання гігієнічних вимог. Вимірювальний перетворювач тиску Siemens SITRANS P ZD може замовлятися у багатьох варіантах. Завдяки цьому можливе точне узгодження вимірювального перетворювача тиску з умовами у місці використання [4].



Рисунок 2.3 – Датчик тиску Siemens SITRANS P ZD

Для вимірювання тиску у колоні треба датчик тиску встановлювати у верхній частині колони (газовому просторі) так як температура парів там не сягає

вище 50 °С, а у нижньому секторі температура парів сягає до 350 °С, а допустима температура експлуатації для датчика становить 200 °С.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчику тиску Siemens SITRANS P ZD

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS P ZD
2	Номинальний діапазон вимірювання, бар	-2,5...0,0 бар
3	Принцип вимірювання	Тонко-плівковий техно-датчик
4	Точність, %	0,2
5	Масштабування	1:10
5	Вихідний сигнал, мА	4...20
6	Напруга живлення, В	12...30
7	Потужність споживання, Вт	2
8	Температура експлуатації, °С	-25...+200
9	Матеріал корпусу	нерж. сталь с класом захисту IP65
10	Різьба	G3/4В внутрішня

Для вимірювання витрати мазуту до 60 т/год та бітуму до 50 т/год розглянемо сімейство витратомірів Siemens SITRANS F X, призначений для вимірювання об'ємної і масової витрати пари, газу, струмопровідних і непровідних рідин за допомогою єдиного приладу з можливістю компенсації температури і тиску.



Рисунок 2.4 – Витратомір Siemens SITRANS FX300

Основні переваги: 2-х провідна схема підключення; вимірювання як об'ємних, так і масових витрат пари, газу і струмопровідних і непровідних рідин навіть при коливаннях температури і тиску; можливість виконання пристрою двома перетворювачами [5].

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики витратоміра Siemens SITRANS FX300

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Siemens SITRANS FX300
2	Номінальний діапазон вимірювання, т/г	0...60
3	Точність, %	0,05
4	Вихідний сигнал, мА	4...20
5	Напруга живлення, В	14...36
6	Потужність споживання, Вт	2
7	Температура експлуатації, °С	-25...+85
8	Температура потоку, °С	-25...+240
9	Номінальний тиск, бар	1...100
10	Матеріал корпусу	Сталь 1.4404/316L
11	З'єднання	Фланець DN 150

Для контролю потужності газового пальника для нагріву мазуту у теплообміннику колони слід обирати версію з вбудованою системою керування, та наявністю інформаційного каналу зв'язку.

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон зміння	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Споживання, Вт
1	Температура сировини (на вході)	Cu25 ... Cu1000	Аналог овий	0...400 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12... 30 В	2
2	Температура рідкої фази в нижній частині	Cu25 ... Cu1000	Аналог овий	0...400 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12... 30 В	2
3	Температура рідкої фази в середній частині	Cu25 ... Cu1000	Аналог овий	0...400 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12... 30 В	2
4	Температура у верхній частині (газовому просторі)	Cu25 ... Cu1000	Аналог овий	0...400 °С	±0,1 °С	4...20 мА	0,1 с	12... 30 В	2
5	Надлишковий тиску у колоні	Тонко- плівковий	Аналог овий	-2,5... 0 бар	0,2 %	4...20 мА	0,1 с	12... 30 В	2
6	Витрати мазуту	Витратомір	Аналог овий	0...60 т/г	±0,0 5 %	4...20 мА	0,1 с	14... 36 В	2
7	Витрати бітуму	Витратомір	Аналог овий	0...60 т/г	±0,0 5 %	4...20 мА	0,1 с	14... 36 В	2

2.2.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для регулювання потужності газового пальника для нагріву мазуту у теплообміннику колони будемо використовувати газовий пальник з можливістю регулювання продуктивності пальника у межах не гірше ніж 0; 20...100 %.

Згідно з технічними показниками вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 слід підібрати газовий пальник з потужністю не гірше ніж 5 МВт.

Розглянемо для цього газові моноблочні пальники R512A, R515A, R520A, R525A серії Cinquesento, які працюють у діапазоні потужності від 600 кВт до 8 000 кВт. Пальники мають моноблочну конструкцію корпусу з вбудованим повітряним вентилятором та пультом керування, змонтований на корпусі пальника, що забезпечує максимальну компактність та зручність у процесі обслуговування.

Електричний сервопривід, який керує пропорційна на заслінки регулювання витрати повітря горіння і на газовий дросельний клапан, використовує кулачок з профілем, що варіюється, який дозволяє поліпшити показники газів і досягти ефективного горіння. Панель з мнемосхемою відображає різні фази роботи пальника і дозволяє тримати постійно під контролем правильну роботу пальників.

Пальники можуть бути використані для використання природного газу, зрідженого газу, попутного нафтового газу, також для біогазу.

Варіанти типу регулювання: прогресивне та модульуюче.

Доступна комплектація постачання різними опціями:

- механічне або електронне регулювання (на базі менеджера горіння Siemens LMV 2x/3x, а також LMV 5x) співвідношення повітря / паливо;
- контроль кисню в димарі з безперервним регулюванням системи спалювання;
- окрема панель керування, шафа або настінний монтаж;
- двигун вентилятора з інвертором;
- з вхідними та вихідними сигналами потужності 0...10 В та 4...20 мА;
- протокол MODBUS.

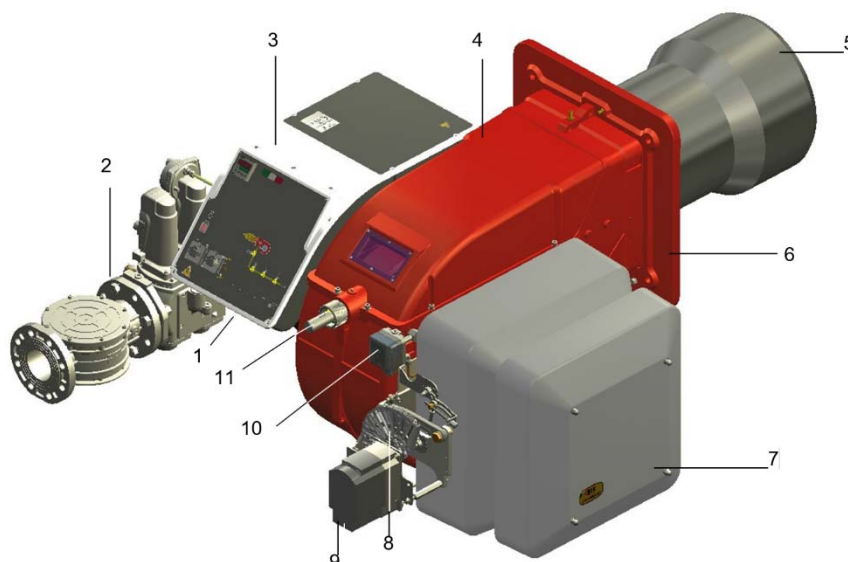


Рисунок 2.5 – Газовий пальник R520A L-RP-S

- | | |
|--|--------------------------|
| 1 - Панель керування з мнемосхемою; | 2 - Газова рампа; |
| 3 - Електричний щит; | 4 – Кришка; |
| 5 - Сопло + голова згоряння; | 6 – Фланець; |
| 7 – Глушник; | 8 - Варіюваний сектор; |
| 9 – Сервопривід; | 10 - Реле тиску повітря; |
| 11 - Регульовальне кільце голови згоряння. | |

Газ надходить з розподільної мережі, проходить через клапанну групу, укомплектовану фільтром та стабілізатором. Стабілізатор підтримує тиск у межах, необхідних для роботи, значень. Електричний сервопривід, який діє пропорційно на заслінки регулювання витрати повітря горіння і на дросельний клапан газу, використовує один кулачок з профілем, що варіюється, який дозволяє оптимізувати показники по газовим викидам і, отже, досягти ефективного спалювання палива.

Положення головки згоряння визначає потужність пальника. Головка згоряння визначає кількість теплової енергії та геометричну форму полум'я. Паливо та повітря подаються окремо по геометричних каналах доки не перетинаються в зоні утворення полум'я (камера згоряння). У камері згоряння відбувається примусова подача повітря та газу.

Мнемосхема на панелі керування, що знаходиться на лицьовій частині пальника, відображає фази роботи.

Газовий пальник R520A L-RP-S має канал регулювання 4...20 мА потужності у межах 1 000...6 400 кВт (15,6...100 %), витрати газу становлять 37...238 м³/год [6].

В системі керування мають бути вихідні ланцюг узгодження з наступним технологічним електрообладнанням:

- вакуумний насос, МПа 0,005...0,30;
- шнековим дозатором подачі мазуту, т/год 20...60.

Для вакуумного насосу використовуються асинхронній трьох фазний електропривод потужністю по 5,1 кВт. Згідно з завданням система керування повинна реалізувати плавне регулювання продуктивності його роботи. Таким чином керування електроприводом повинно бути лінійним (безперервним), тобто треба забезпечувати пропорційне керування. Таким чином для керування електроприводом вакуумного насосу обрано трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930D55N4 на потужність 5,5 з аналоговим входом керування 4...20 мА, та RS-485 (рис. 2.6) [7].

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в табл. 2.5.



Рисунок 2.6 – Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D55N4

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики частотного перетворювача Altivar Process ATV930D55N4

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	5,5
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу керування, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20

Для приводу шнековим дозатором подачі мазуту з продуктивністю до 60 т/год використовуються асинхронні трьох фазний електропривод потужністю 18,6 кВт (380 В). Згідно з завданням система керування повинна реалізовувати плавне регулювання продуктивності його роботи. Таким чином керування електроприводом повинно бути лінійним (безперервним), тобто треба забезпечувати пропорційне керування. Таким чином для керування електроприводом обрано трьох фазний частотний перетворювач Altivar Process ATV930U22N4 на потужність 22 кВт з аналоговим входом керування 4...20 мА, та RS-485 (рис. 2.7) [7].

Технічні характеристики частотного перетворювача наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.7 – Частотний перетворювач Altivar Process ATV930U22N4

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики частотного перетворювача Altivar Process ATV930U55N4

Найменування параметра	Значення
Тип	Скалярний
Напруга живлення, В	~320...~550
Потужність, кВт	22,0
Діапазон частот, Гц	0...240
Діапазон аналогового сигналу керування, мА	4...20
Ступінь захисту	IP20

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Продуктивність газового пальника (нагріву мазуту)	Система регулювання	Аналоговий	15,6...100 %	Лінійний	4...20 мА	0,1 с	-	-
2	Привод вакуумного насосу	4...20 мА	Пропорційний	0...100 %	Лінійний	-	115 кбод/с	-	-
3	Привод шнекового дозатору мазуту	4...20 мА	Пропорційний	0...100 %	Лінійний	-	115 кбод/с	-	-

2.2.3 Вибір пристроїв керування

В якості пристрою керування для вакуумної дистиляційної колона VDU-80-0,005/0,30, обрано програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера 100 мс, контролер має 1 кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми керування. Контролер має модульну структуру, яка забезпечує підключення обраного обладнання і має легке розширення подальшого функціоналу.

До контролеру повинні бути підключені сім аналогових датчиків з типом вихідного сигналу 4...20 мА:

- температура сировини (на вході);
- температура рідкої фази в нижній частині;
- температура рідкої фази в середній частині;
- температура у верхній частині (газовому просторі);
- надлишковий тиску у колоні;
- витрати мазуту;
- витрати бітуму.

До контролеру мають бути підключено два аналогових виконавчих пристрою з типом входу керування 4...20 мА:

- привод вакуумного насосу
- привод шнекового дозатору мазуту.

Продуктивність газового пальника для нагріву мазуту встановлюється і контролюється за допомогою послідовного цифрового інтерфейсу RS-485

Система керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 інтегрується у загально-заводську автоматизовану систему керування технологічним обладнанням (АСК ТП) нафтопереробки також завдяки послідовному цифровому інтерфейсу RS-485. Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 кбайт, об'єм робочої пам'яті 96 кбайт та інтерфейс RS-485.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, кбайт	144
3	Робоча пам'ять, кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS-485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5



Рисунок 2.8 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Для підключення усіх семи аналогових датчиків, які мають стандартний струмовий сигнал 4...20 мА, обрано два модулі аналогового вводу VIPA 231-1BD40, кожних з яких має по чотири аналогових входів.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6



Рисунок 2.9 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Приклад схеми підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА до модуля аналогового вводу наведено на рис. 2.10.

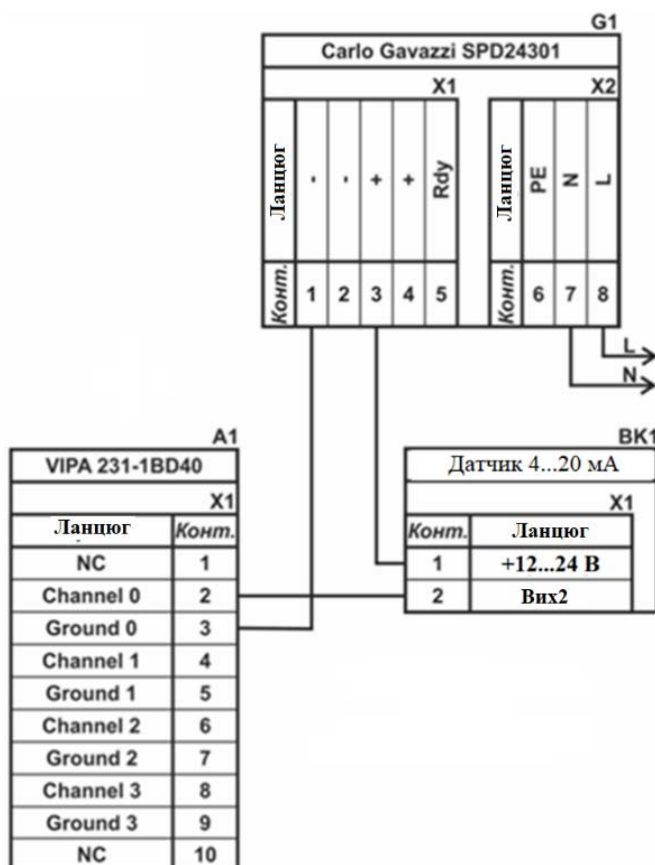


Рисунок 2.10 – Схема підключення датчика з типом вихідного сигналу 4...20 мА

До контролеру є бути підключено два аналогових виконавчій пристрійі з типом входу керування 4...20 мА.

Таким чином потрібен модуль аналогового виводу з діапазоном аналогового сигналу 4...20 мА. Даним вимогам відповідає модуль VIPA 232-1BD40 який має чотири аналогових виходи 4...20 мА.

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики модуля аналогового виводу 232-1BD40

Найменування параметра	Значення
Тип	SM 232, ECO
Кількість каналів	4
Тип каналу	аналоговий
Діапазон вхідного сигналу, мА	4...20, -20...+20
Довжина екранованого провідника, м	200
Споживана потужність, Вт	1,5



Рисунок 2.11 – Модуль аналогового виводу 232-1BD40

Схема підключення частотного перетворювача, для здійснення пропорційного керування двигуном вентилятора, до модуля аналогового виводу наведена на рис. 2.12.

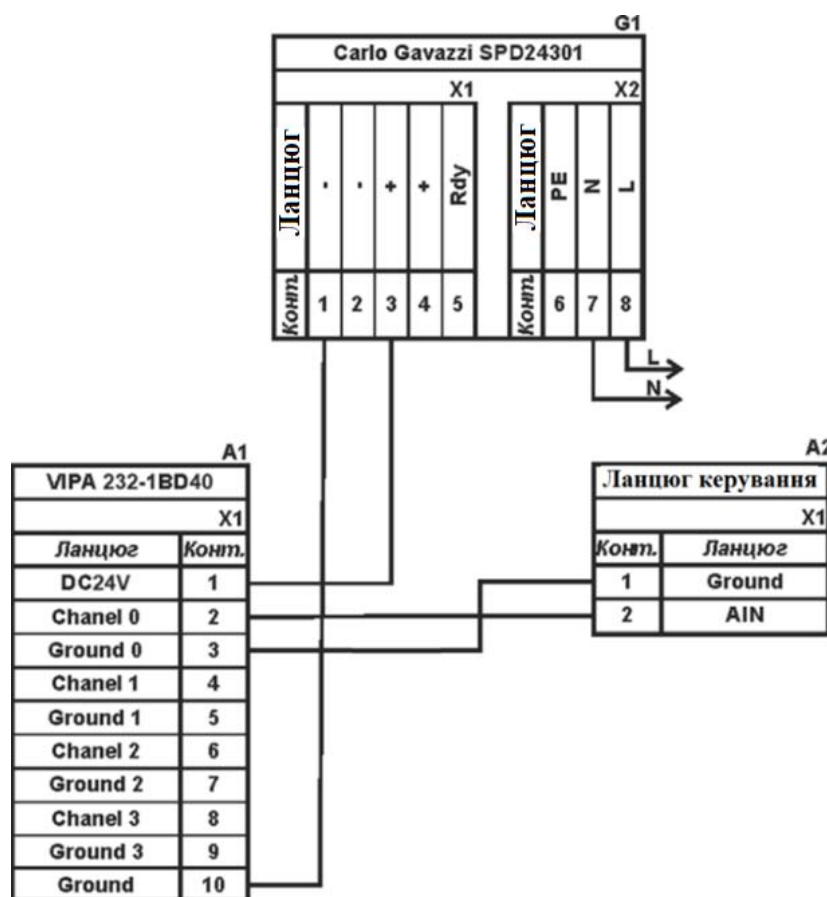


Рисунок 2.12 – Схема підключення частотного перетворювача

Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру за допомогою інтерфейс RS-485 наведена на рис. 2.20.

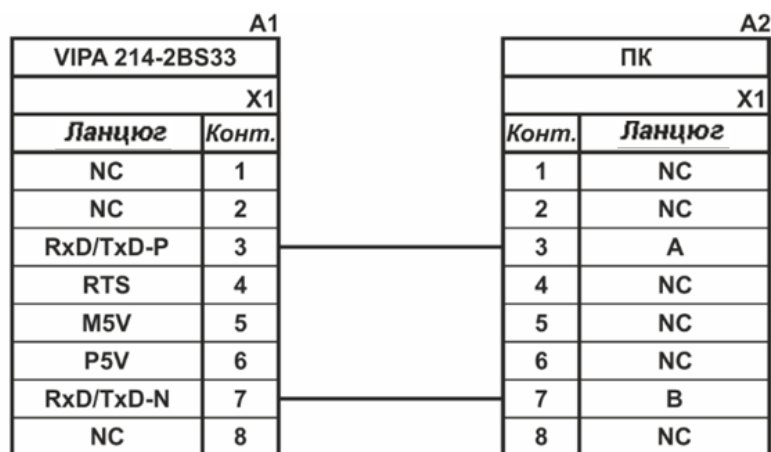


Рисунок 2.13 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

За схемою рис. 2.13, аналогічно за суттю, здійснюються і підключення системи керування газовим пальником.

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Напряга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5,0 Вт
		Зв'язок з АСК ТП и СК газовим пальником		
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу 1	24 В	0,6 Вт
		Температура сировини (на вході)	24 В	2,0 Вт
		Температура рідкої фази в нижній частині	24 В	2,0 Вт
		Температура рідкої фази в середній частині	24 В	2,0 Вт
3	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу 2	24 В	0,6 Вт
		Температура у верхній частині (газовому просторі)	24 В	2,0 Вт
		Надлишковий тиску у колоні	24 В	2,0 Вт
		Витрати мазуту	24 В	2,0 Вт
		Витрати бітуму	24 В	2,0 Вт
5	VIPA 232-1BD40	Модуль аналогового виводу 1	24 В	1,5 Вт
		Привод вакуумного насосу	24 В	1,0 Вт
		Привод шнекового дозатору мазуту	24 В	1,0 Вт

2.2.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5,0 + 2 * 0,6 + 1 * 2,5 = 8,7 \text{ Вт.}$$

2.1)

Виходячи з потужності споживання контролера та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

Таблиця 2.17 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85...~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25



Рисунок 2.14 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.15.

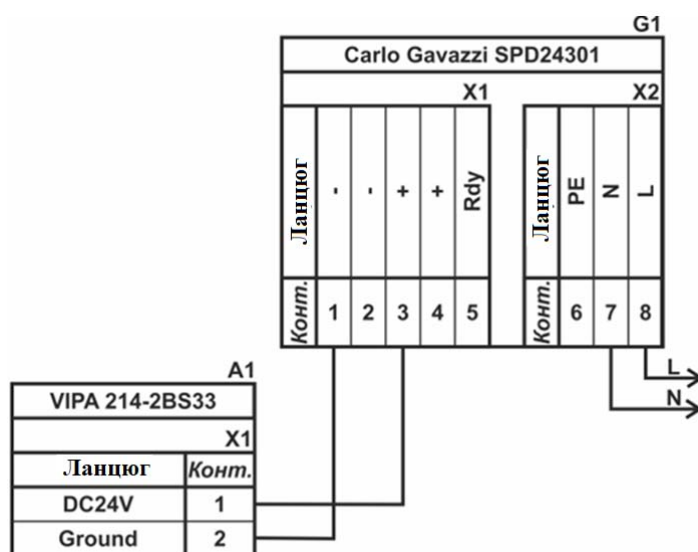


Рисунок 2.15 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для семи аналогових датчиків, двох аналогових ланцюгів керування, які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 7 * 2,0 + 2 * 1,0 = 16,0 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

2.3 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.16.

У якості пристрою керування технологічним процесом використовується програмований логічний контролер (UY 11) – VIPA 214-2BS33. Програмований логічний контролер в складі підсистеми керування підключено до АСУ ТП, за що відповідає контролер більш високого рівня (UY 12), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Температура сировини (на вході колони) вимірюється у вхідному трубопроводі подачі мазуту за допомогою датчика температури (ТЕ 1-1 – Siemens SITRANS T TS), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 1-2 - Siemens SITRANS T TS) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Температура рідкої фази в нижній частині колони вимірюється у відповідному вихідному трубопроводі за допомогою датчика температури (ТЕ 2-1 – Siemens SITRANS T TS), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 2-2 - Siemens SITRANS T TS) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Температура рідкої фази в середній частині колони вимірюється у відповідному вихідному трубопроводі за допомогою датчика температури (ТЕ 3-1 – Siemens SITRANS T TS), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 3-2 - Siemens SITRANS T TS) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

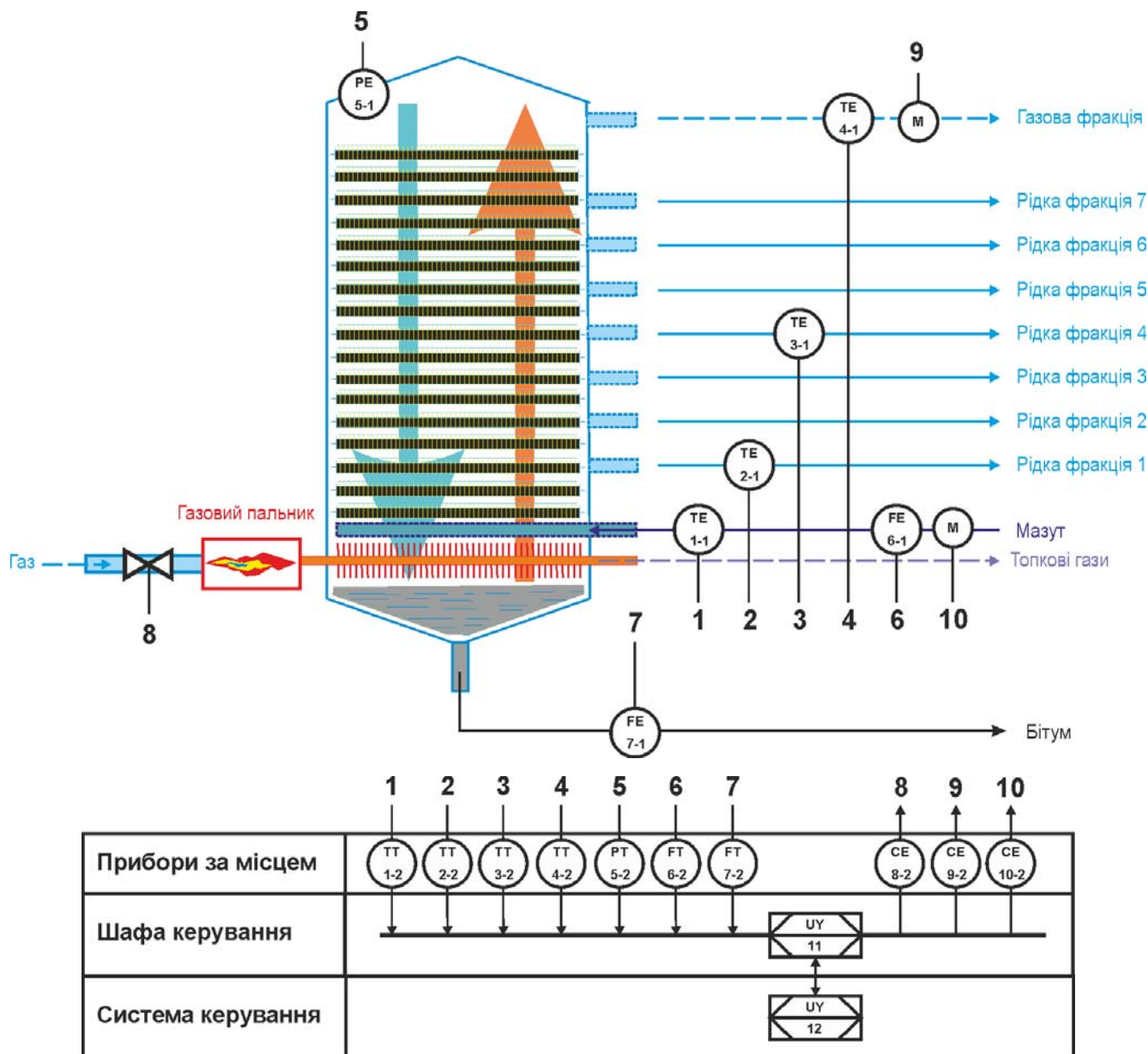


Рисунок 2.16 – Функціональна схема автоматизації вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30

Температура у верхній частині (газовому просторі) колони вимірюється у відповідному вихідному трубопроводі за допомогою датчика температури (ТЕ 4-1 – Siemens SITRANS T TS), вимірне значення за допомогою вбудованого до

датчика перетворювача (ТТ 4-2 - Siemens SITRANS T TS) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Надлишковий тиску у колоні вимірюється за допомогою датчика тиску, встановленого на газопроводі (PE 5-1 – Siemens SITRANS P ZD, вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (PT 5-2 – Siemens SITRANS P ZD) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Витрати мазуту вимірюється за допомогою витратоміру, встановленого на трубопроводі подачі мазуту (FE 6-1 – Siemens SITRANS FX300), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 6-2 – Siemens SITRANS FX300) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Витрати бітуму вимірюється за допомогою витратоміру, встановленого на трубопроводі зливу бітуму (FE 7-1 – Siemens SITRANS FX300), вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (FT 7-2 – Siemens SITRANS FX300) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Регулювання продуктивності газового пальника R520A L-RP-S здійснюється по каналу керування (SE 8-2 – 4...20 мА).

Регулювання продуктивності вакуумного насосу здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (CE 9-2 – Altivar Process ATV930D55N4).

Регулювання швидкості приводу шнекового дозатора подачі мазуту здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (CE 10-2 – Altivar Process ATV930D22N4).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 11 – VIPA 214-2BS33) за допомогою виконавчих пристроїв формує керуючі впливи по підтримці заданого режиму роботи вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

2.4 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30, яка наведена на рис. 2.17.

У системі керування використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), к усім семи аналоговим датчикам (BK1...BK7), та каналам керування частотними перетворювачами (YA1, YA2).

Усі сім аналогових датчиків мають уніфікований сигнал 4...20 мА, таким чином ці датчики підключені до модулів аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X3) до каналів 0, 1, 3, 4 та VIPA 231-1BD40 (A1 – X4) до каналів 0, 1, 3.

Керування продуктивністю вакуумного насосу здійснюється по каналу керування 4...20 мА який підключено до підключені до модуля аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X5) до каналу 0.

Регулювання швидкості приводу шнекового дозатора подачі мазуту здійснюється по каналу керування 4...20 мА який підключено до підключені до модуля аналогового виводу VIPA 232-1BD40 (A1 – X5) до каналу 1.

Регулювання продуктивності газового пальника R520A L-RP-S та зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

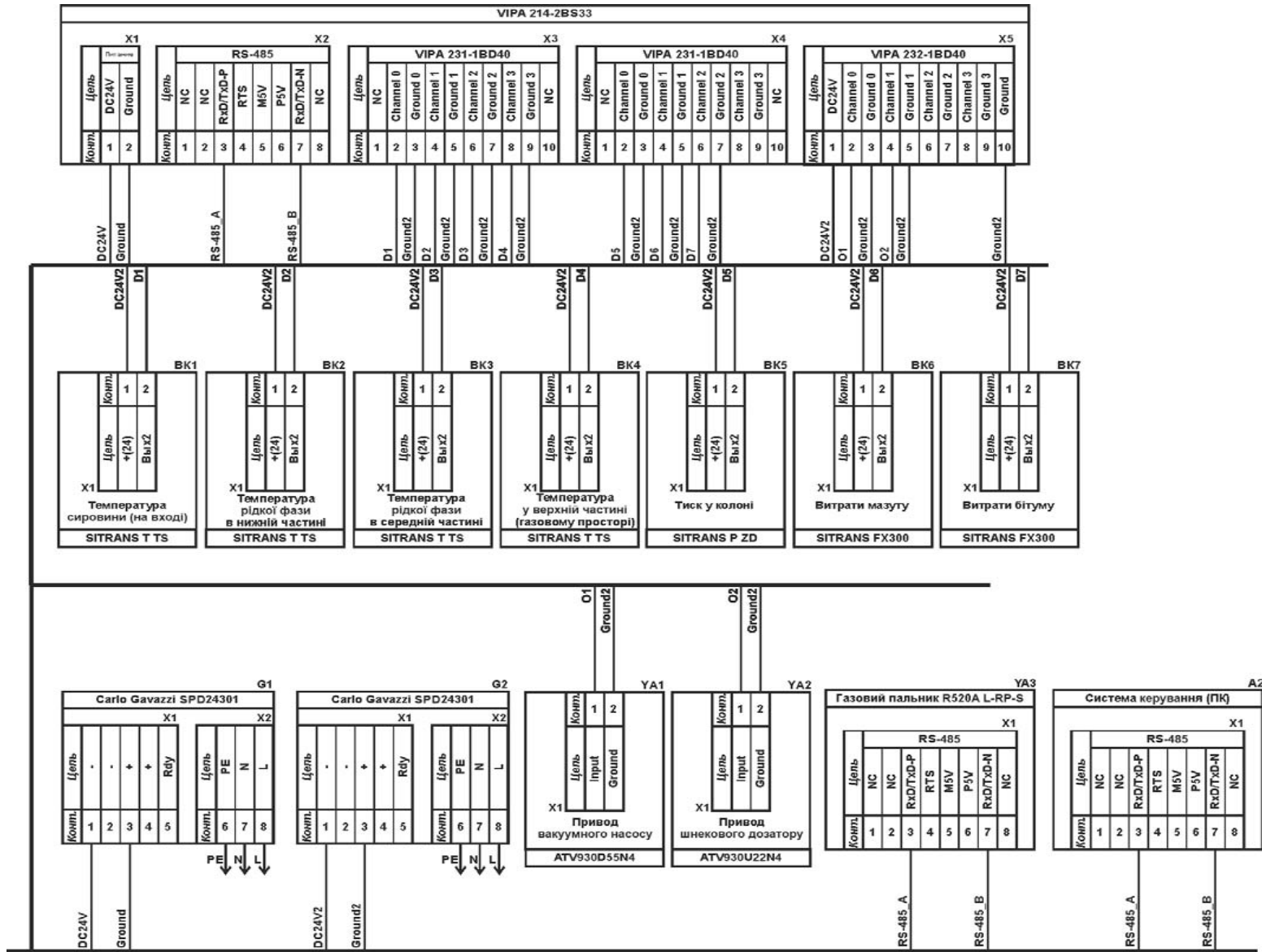


Рисунок 2.17 – Схема електрична принципова системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30

2.5 Висновки за розділом

Для синтезу системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30мобрані необхідні апаратні засоби, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова системи керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

3.1 Загальні відомості

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30, яка використовується у технологічному процесі переробки мазуту на одеському нафтопереробному заводі.

Вакуумна перегонка мазуту є відомим процесом переробки, основною метою якого є отримання бітуму. Цей спосіб переробки використовується в промисловості для мінімізації термічного крекінгу важких фракцій сирої нафти, отримання бітуму і побічних більш легких корисних нафтопродуктів продуктів. Перегонка цих важких матеріалів здійснюється під вакуумом, тобто тиском нижчим атмосферного, що значно знижує температуру кипіння різних вуглеводневих фракцій у колоні і, отже, мінімізує термічний крекінг цих фракцій (температура вакуумного бітуму в нижній частині колоні становить 350 °С, а того ж самого бітуму вже по за колоною, але при атмосферному тиску - вже 525 °С).

Важливо в таких системах максимально знизити тиск для поліпшення пароутворення з нафтопродуктів з різними температурами кипіння. Температура в вакуумній колоні становить – для важких фракцій бітуму 350 °С, а легких газових фракцій 46 °С. Завдяки такому широкому діапазону номінальних значень кипіння для різних фракцій мазуту, розділення у вакуумній колоні відбувається значно якісніше ніж у атмосферній колоні.

Для розробки системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 обрано варіант побудови системи керування за каналом «тиск у колоні – продуктивність бітуму», як більш впливового на якість роботи дистиляційної колоні. Дистиляційна колона має наступні технічні показники:

- тиск абсолютний у колоні, бар -10...-2;
- продуктивність бітуму, т/год 18...50.

Збурючими факторами є коливання температури мазуту на вході вакуумної колоні та нестабільність теплоутворення газового (мазутного) пальника.

Таким чином для синтезу системи керування, моделювання її роботи з метою перевірки її працездатності, перш за все треба мати модель самого об'єкту керування – вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30, яка є регульованою за продуктивністю по бітуму, в залежності від ступеню вакууму у колоні. При цьому всі інші вхідні і вихідні параметри об'єкта керування мають бути фіксованими і знаходитись у номінальному стані.

Продуктивність бітуму контролюються аналоговим датчиком - витратоміром Siemens SITRANS FX300, який призначений для вимірювання масової витрати матеріалу у діапазоні 0...60 т/г.

Регулювання ступеню вакууму (тиску абсолютного) у діапазоні номінальних значень -10...-2 бар здійснюються по аналоговому каналу керування 4...20 мА за допомогою частотного перетворювача Altivar Process ATV930D55N4, який в свою чергу живить асинхронній трьох фазний електропривод потужністю по 5,1 кВт (380 В.)

Надлишковий тиску у колоні вимірюється за допомогою датчика тиску Siemens SITRANS P ZD, який встановлено у верхній частині колони на газопроводі. Виміряне значення тиску за допомогою вбудованого до датчика перетворювача трансформується в стандартний аналоговий сигнал 4...20 мА.

3.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт керування. Основними функціями цієї системи є формування і реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт керування, реєстрування його дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

У кваліфікаційній роботі будуть розглядатися питання по створенню системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 за каналом керування «тиск у колоні – продуктивність бітуму».

Для отримання математичної моделі об'єкту керування треба провести комплексні заходи по дослідженню поведінки об'єкту керування під впливом ряду стандартних вхідних впливів. Візуалізація процесу керування у дослідницькій системі відбувається за допомогою персонального комп'ютера зі SCADA системою zenon. Така система дозволяє, крім функцій керування, виконувати також функції дослідження об'єкта керування, для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього і розроблена структурна схема системи керування, яка наведена на рис. 3.1.

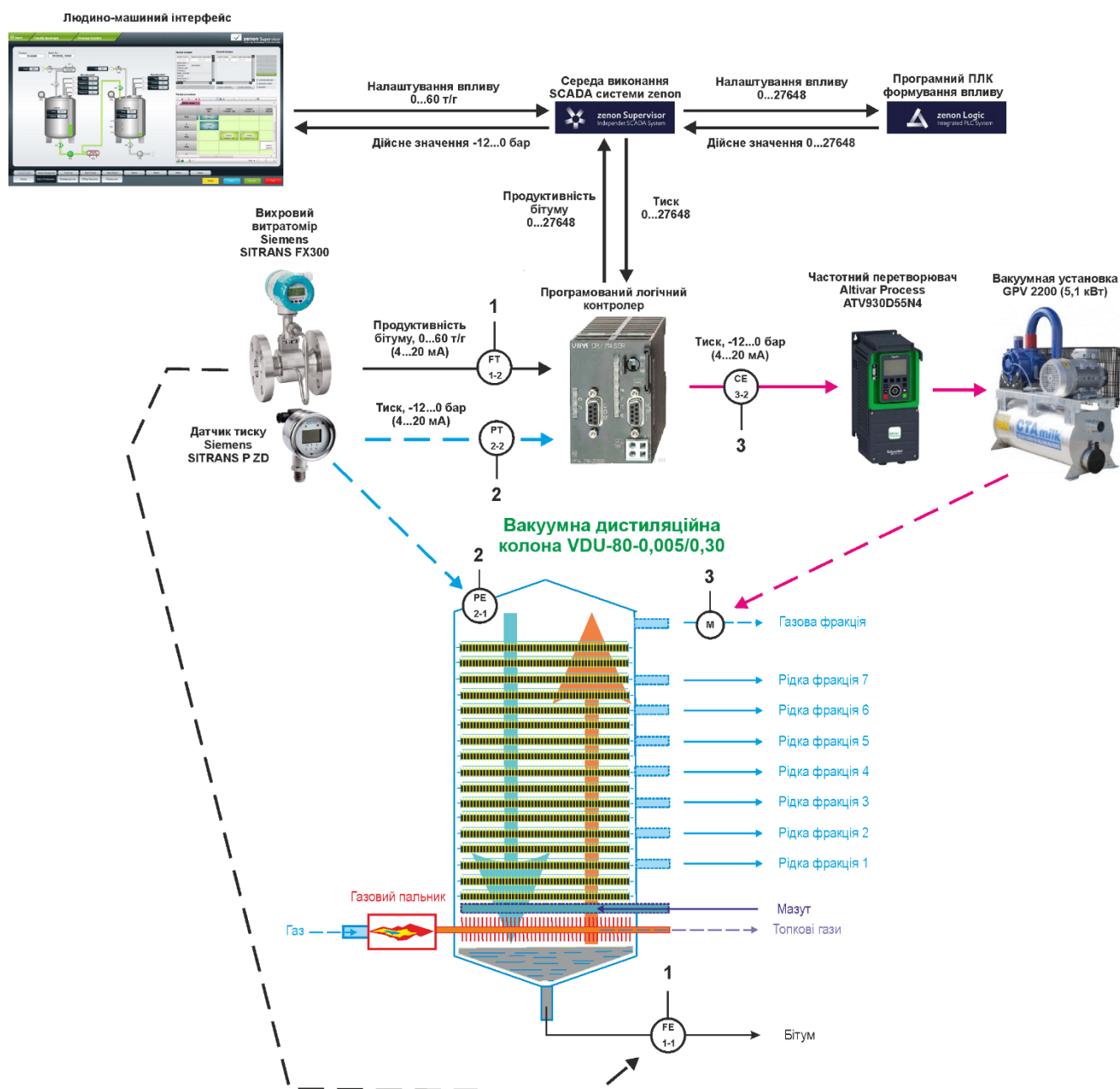


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно зі структурною схемою, система дослідження має формувати керуючий вплив, в якості якого виступає значення абсолютного тиска, який номінально змінюється у діапазоні -10...-2 бар за рахунок чого через певний час і виконуються зміна дійсного значення – продуктивності бітуму. Номінальні значення продуктивності бітуму становлять 18...50 т/г.

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером зі SCADA системою zenon реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

3.3 Розробка методики дослідження об'єкта керування

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів для поданнях їх через систему керування на об'єкт керування. При цьому об'єкт керування не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт керування можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта керування, використовуючи метод активного експерименту, при якому необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі, та перевірочні данні. Виходячи з цього і складено наступний план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт керування до початкових умов, дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати максимальну амплітуду керуючого впливу (100 %), дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.
 - 3.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

3.2. Розбити весь діапазон керуючого впливу на 5...10 рівних частин. Далі запуснути процес реєстрування та поетапно подавати ці значення керуючого впливу на об'єкт керування, поетапно дочекавшись усталеного режиму дійсного значення фіксувати його.

3.3. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

4.1 Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2 Запуснути процес реєстрування.

4.3. Задати керуючий вплив на рівні 100 %, обов'язково дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення, зафіксувати його.

4.4. Задати керуючий вплив на рівні 0 %, обов'язково дочекатися досягнення усталеного режиму дійсного значення, зафіксувати його.

4.5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевіірочних даних.

5.1. Привести об'єкт керування до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу був бажано у 5...10 разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда керуючого впливу змінювалася дискретно (бажано випадково) в діапазоні 0...100 %.

5.3. Запуснути процес реєстрування.

5.4. Запуснути формування псевдовипадкового впливу.

5.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш ніж за 5...10 інтервалів часу перехідного процесу плюс час затримки.

5.6. Зупинити процес реєстрації.

3.4 Виконання експерименту

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив – тиск буде змінюватися дискретно з максимально можливого значення до мінімального, а відповідне дійсне значення – продуктивність бітуму, під впливом керуючого значення з

часом буде теж поступово змінюватися з максимального значення до мінімального значення.

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта керування (рис. 3.2).

Тиск у колоні, за технічними параметрами для вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30, лінійна регулюється у межах номінального діапазону керуючого впливу зі значеннями тиску -10...-2 бар, що становить відповідно повний діапазон регулювання (100 %).

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні максимального значення з номінальним значенням у -2 бар (0 %, фактично 0 бар). Після досягнення усталеного режиму – максимальної продуктивності бітуму з номінальним значенням 50 т/г, керуючий сигнал було встановлено на рівні мінімального значення тиску з номінальним значенням у -10 бар (100 %, фактично -8 бар), а після досягнення усталеного режиму – мінімальної продуктивності бітуму з номінальним значенням у 18 т/г експеримент було закінчено.

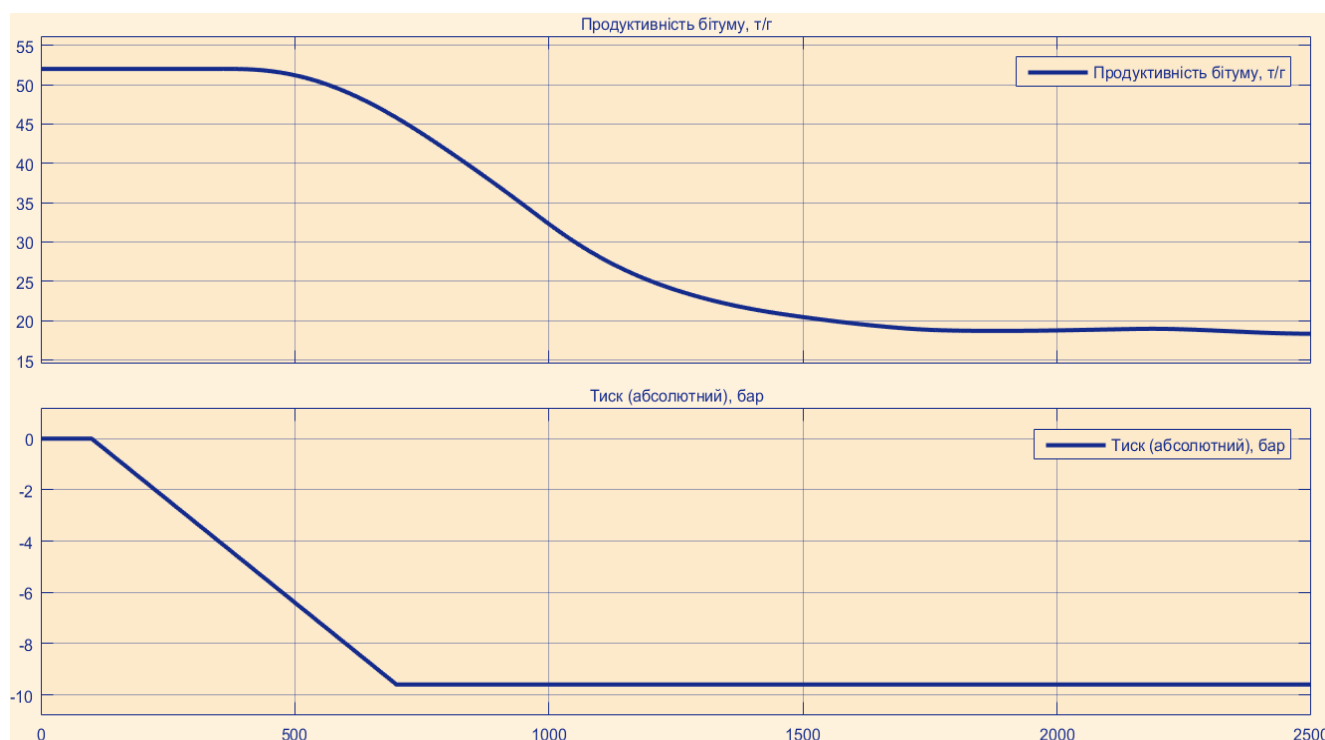


Рисунок 3.2 – Отримання динамічної характеристики

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.3). Враховуючі реальний максимальний діапазон змін

керуючого впливу (тиск, який розвиває вакуумний компресор), який склав діапазон значень $-1.6 \dots -11.2$ бар, діапазон змін $0 \dots -9,6$ бар становитиме діапазон $0 \dots 100$ % для керуючого впливу без постійної складової.

Далі цей діапазон керуючого впливу розбили на шість зон.

Спочатку було встановлено керуючий вплив на рівні 0 бар (0 %), після досягнення усталеного режиму перейшли до етапу отримання статичної характеристики.

Для цього було встановлено керуючий сигнал на рівні $-1,6$ барс (16,7 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Далі було встановлено керуючий сигнал на рівні $-3,2$ барс (33,4 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

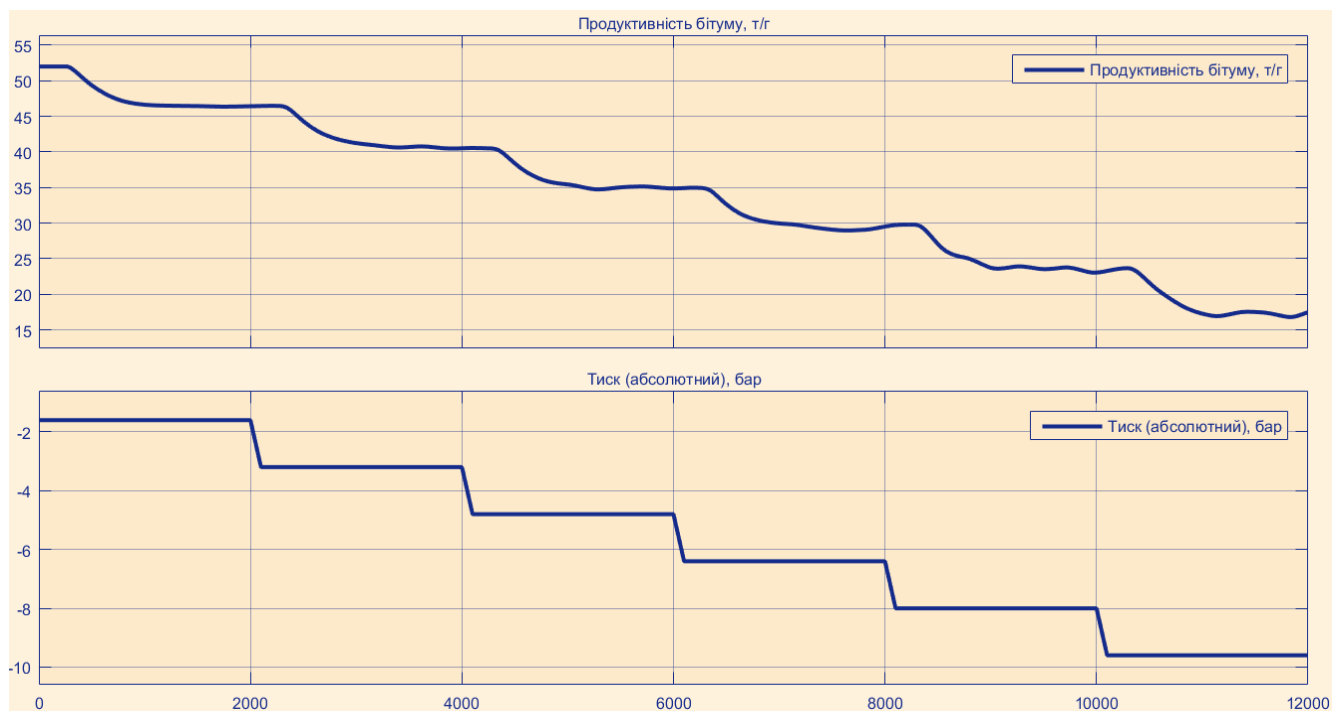


Рисунок 3.3 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

Далі було встановлено керуючий сигнал на рівні $-4,8$ барс (50,0 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Далі було встановлено керуючий сигнал на рівні -6,4 бар (66,7 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Далі було встановлено керуючий сигнал на рівні -8,0 бар (83,4 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Далі було встановлено керуючий сигнал на рівні -9,6 бар (100,0 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина.

Після цього експеримент було закінчено.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.4).

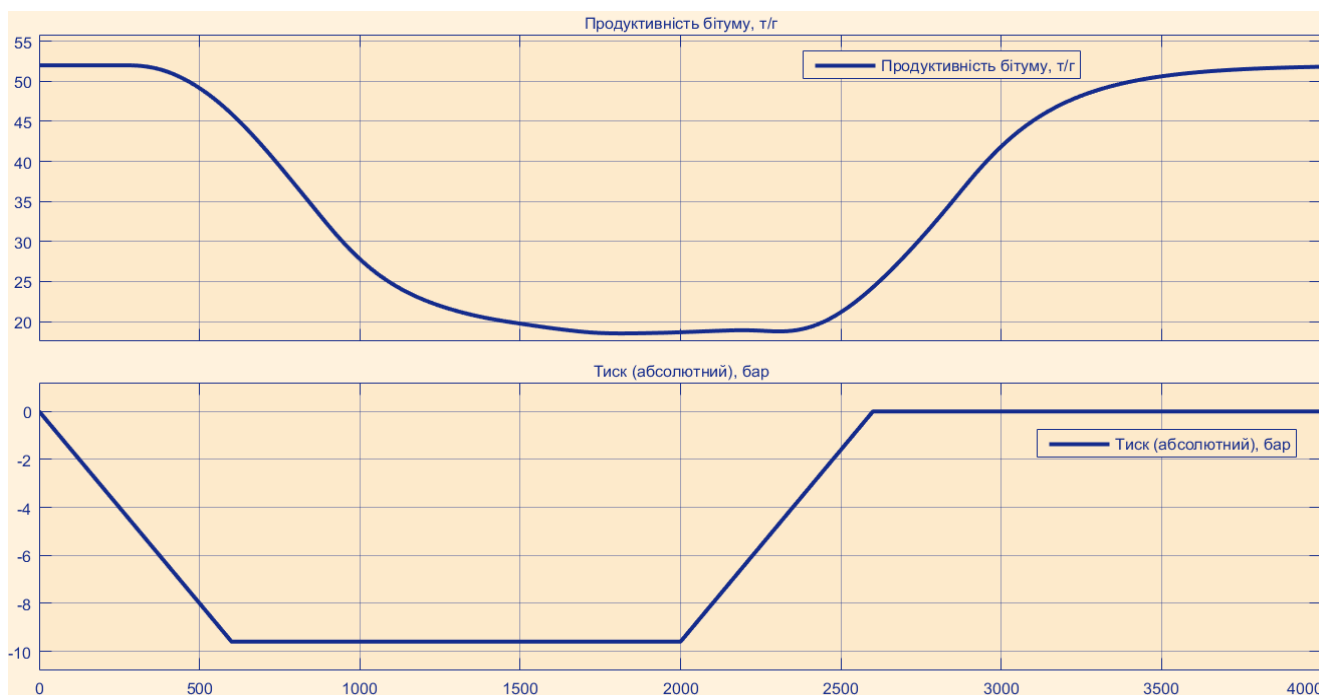


Рисунок 3.4 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

Для цього було встановлено керуючий вплив на рівні 0 бар (0 %), після досягнення усталеного режиму для дійсного значення, була зафіксована його величина, після досягнення усталеного режиму дійсного значення було встановлено керуючий вплив на рівні на рівні -9,6 бар (100 %), після досягнення усталеного режиму було встановлено керуючий вплив на рівні 0 бар (0 %), після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.5).

Для цього керуючий вплив було налаштовано на випадкову послідовність в діапазоні $0 \dots -9,6,0$ бар/с ($0 \dots 100$ %), з інтервалом зміни 650 с. Так як наростання тиску з мінімального значення до максимального становить близько 600 с, перехідний процес близько 2 500 с, відповідно постійна часу 500 с (рис. 3.2). Сама реєстрація відбувалася на інтервали часу, який дорівнює $7 \dots 8$ перехідних процесів 15 000 с.

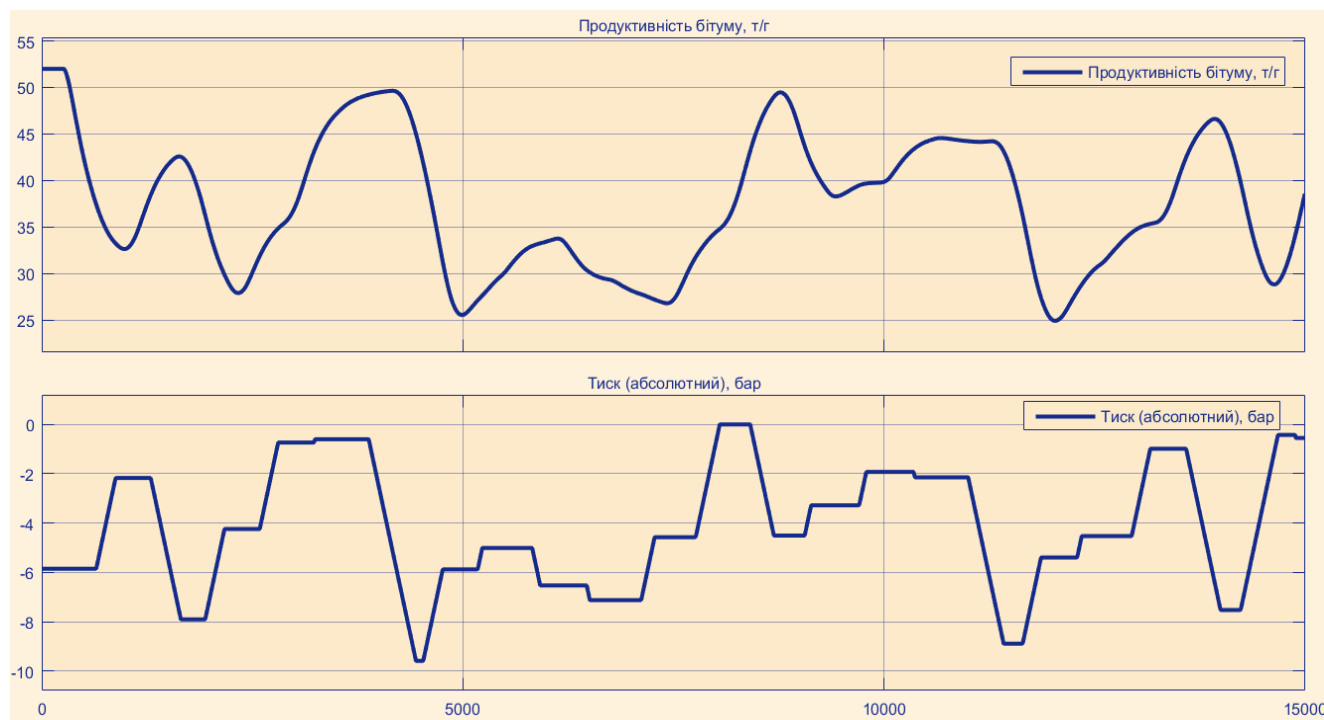


Рисунок 3.5 – Отримання перевірочних даних

У результаті виконання плану експерименту було проведено всеосяжне дослідження об'єкта керування та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевірочні дані.

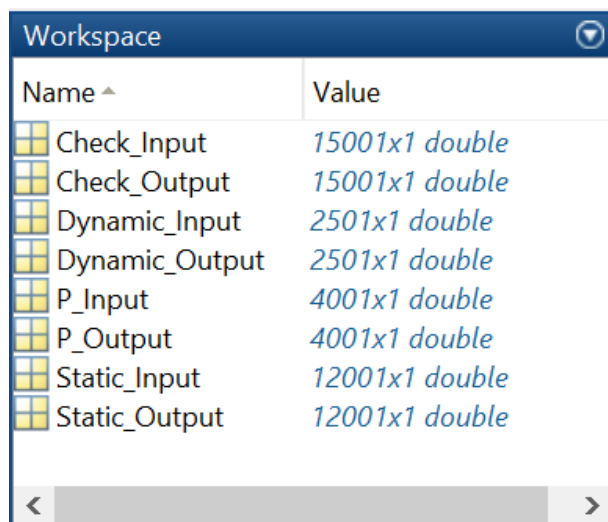
3.5 Обробка результатів експерименту

3.5.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.6).

Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_Input”, “Dynamic_Ounput”, даним для побудови статичної характеристики “Static_Input”, “Static_Ounput”, даним отриманим при П-образному керуючому впливі “P_Input”, “P_Output”, перевірочним даним “Check_Input”, “Check_Otput”. Суфікс “_Input” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Output” дійсне значення.

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”. Та з отриманих даних була видалена статична складова.



Name ^	Value
Check_Input	15001x1 double
Check_Output	15001x1 double
Dynamic_Input	2501x1 double
Dynamic_Output	2501x1 double
P_Input	4001x1 double
P_Output	4001x1 double
Static_Input	12001x1 double
Static_Output	12001x1 double

Рисунок 3.6 – Імпортовані данні

На рис. 3.7 та рис. 3.8 показані результати моделювання з видалення статичної складової для динамічної, статичної, П-образної та перевірочної характеристик.

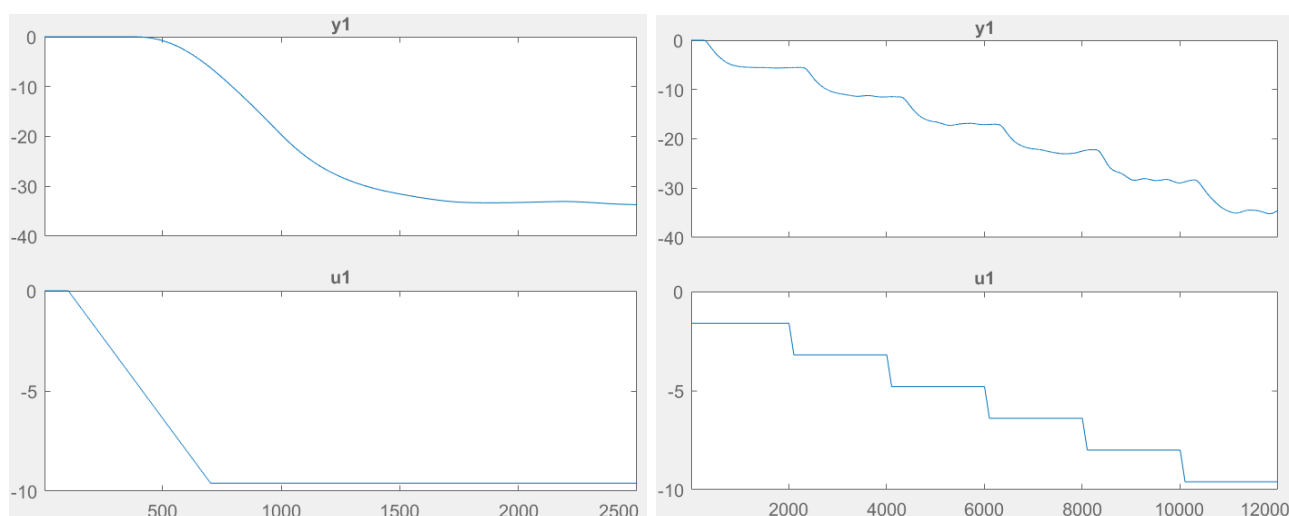


Рисунок 3.7 – Динамічна і статична характеристики з видаленими статичними складовими

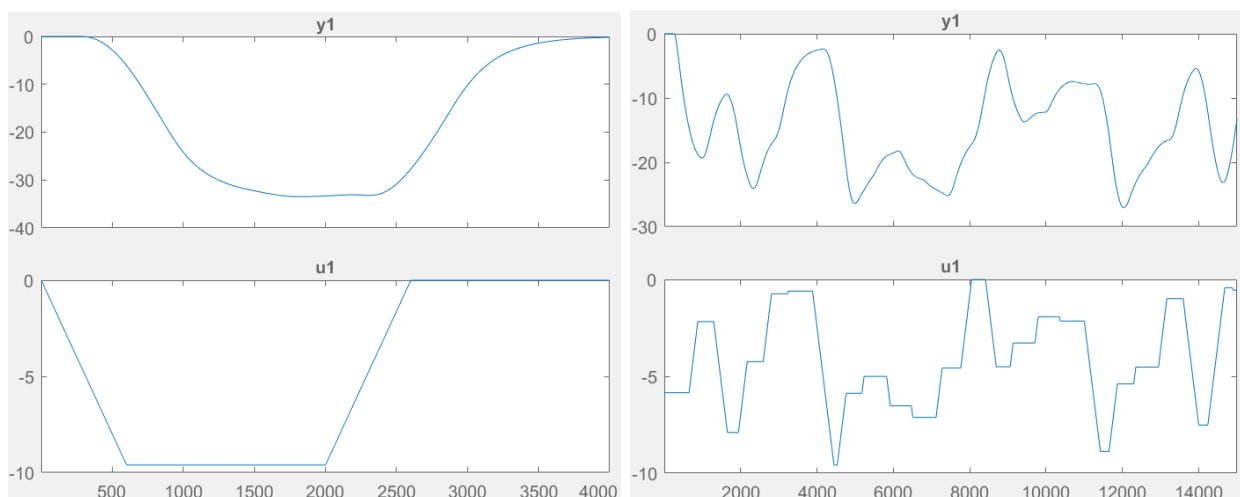


Рисунок 3.8 – П-образна та перевірна характеристики з видаленими статичними складовими

3.5.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта керування проаналізуємо динамічну характеристику об'єкта керування (рис. 3.9).

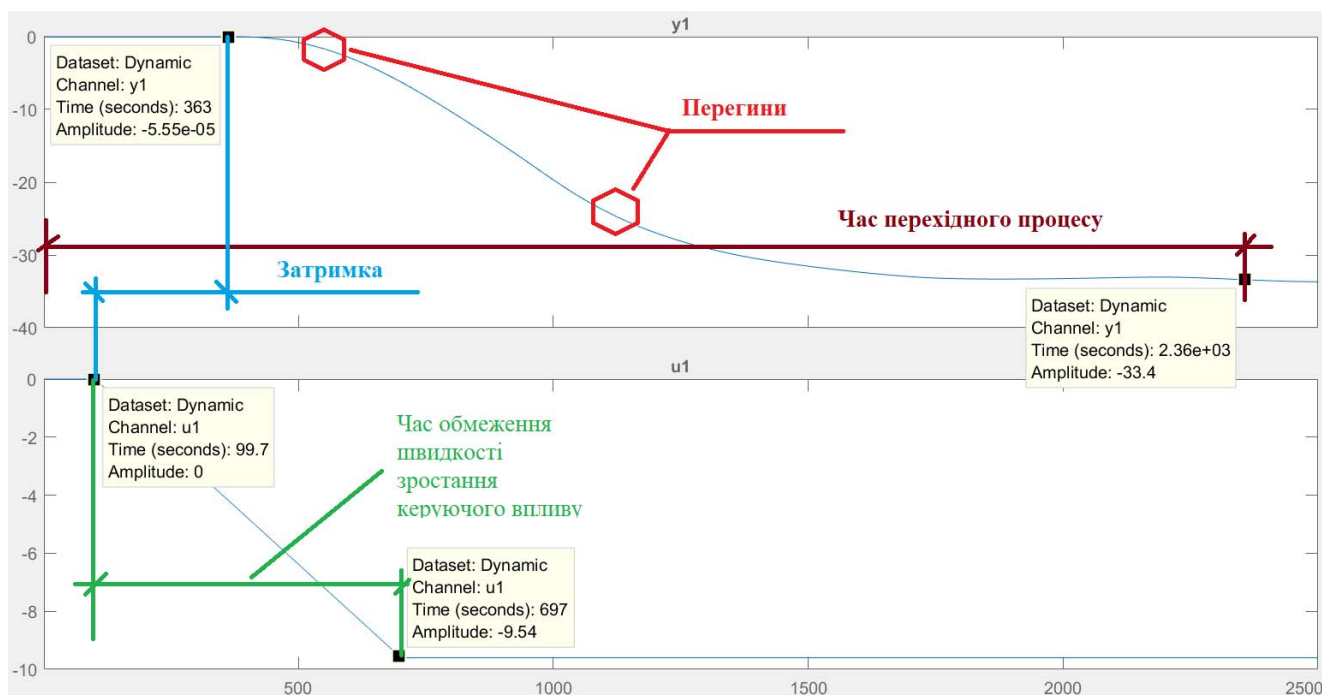


Рисунок 3.9 – Аналіз динамічної характеристики

Після подачі мінімального значення керуючого впливу дійсно значне змінюється з значним запізненням, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об'єкт володіє запізненням - приблизно десь 250 с. Скоріш за все це може бути пов'язано з фізико-хімічними процесами перегонки мазуту, часом

розповсюдження легких фракцій у самій конструкції вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

На динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта керування може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням.

Коефіцієнт посилення $K \approx -34,4 / -9,54 = 3,6$. Час перехідного процесу $2 \cdot 360 - 100 = 2 \cdot 260$ с, а постійна часу $2 \cdot 260 / 5 \approx 452$ с, затримка $363 - 100 = 263$ с.

Проаналізуємо об'єкт керування на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.10).

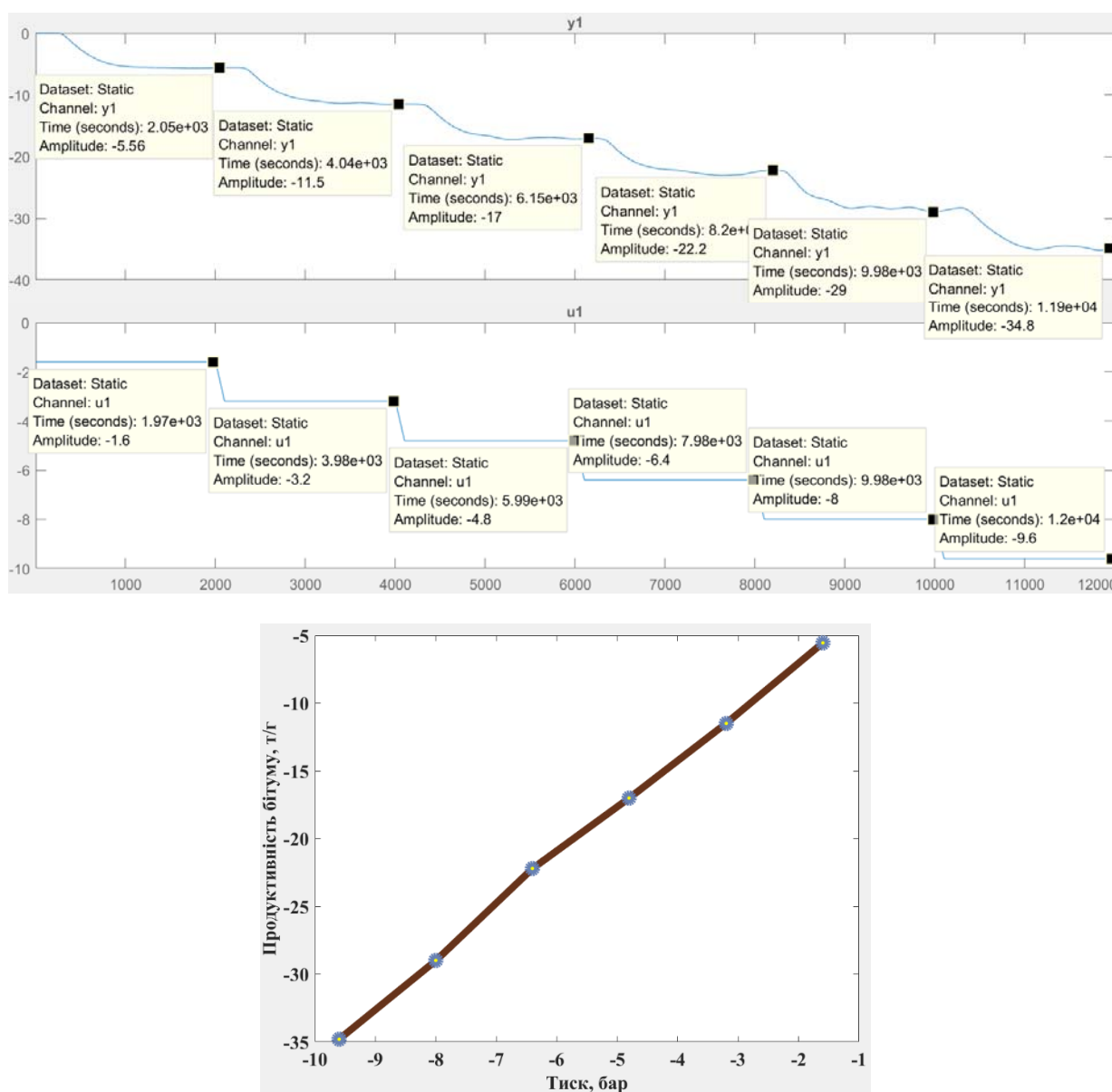


Рисунок 3.10 – Статична характеристика

Для перевірки статичної характеристики на лінійність розраховано коефіцієнти посилення для усіх точок крім нульових:

```
Static_Gain =
3.4750  3.5938  3.5417  3.4687  3.6250  3.6250
Максимальне відхилення коефіцієнту підсилення: 4.31
```

За статичною характеристикою та отриманими коефіцієнтами посилення об'єкт керування є лінійним в усьому досліджуваному діапазоні керуючих впливів та для його опису можуть бути використані лінійні моделі, так як відхилення коефіцієнту посилення у всьому діапазоні менше ніж величина технічної похибки 10 %.

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.11).

Зменшення керуючого впливу з 0 бар (0 %) до -9,6,0 бар (100 %) приводить до відповідного зменшення дійсного значення, а збільшення керуючого впливу з -9,6 бар (100 %) до 0 бар (0 %) приводить до відповідного збільшення дійсного значення. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями і є об'єктом з самовирівнюванням.

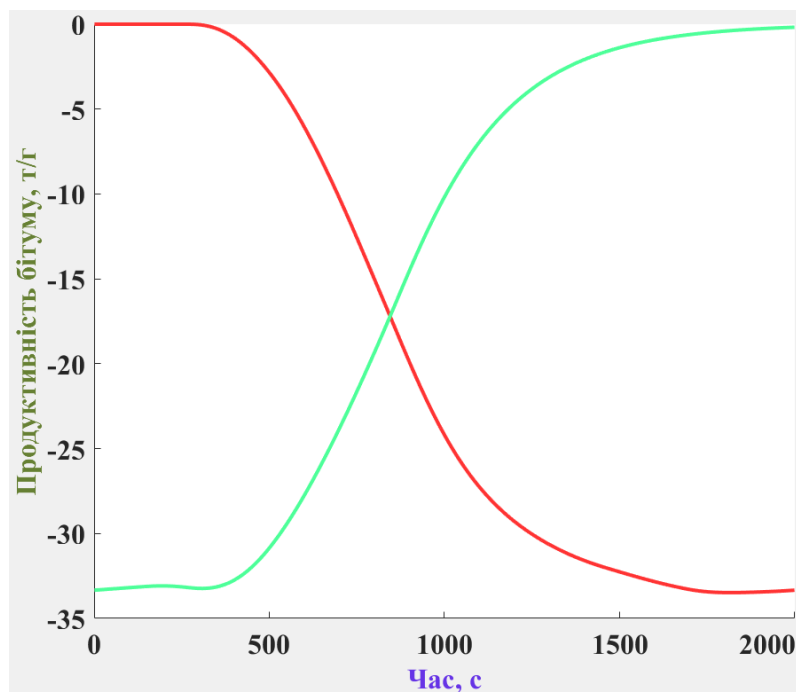


Рисунок 3.11 – Аналіз симетричності характеристика при П-образному керуючому впливі

З метою аналізу симетричності об'єкта керування його характеристика, яка отримана при П-образному впливі була поділена на ділянки підйому та спаду з метою порівняння ділянок підйому та спаду, яке виконувалося через порівняння стандартних середнє квадратичних відхилень:

Порівняння ділянок підйому та спаду: 1.19 %

За отриманою П-характеристикою при аналізі симетричності середнє квадратичне відхилення менше ніж величина технічної похибки 10 %. Тобто можна стверджувати, що час перехідного процесу, форма та стандартне середнє квадратичні відхилення ділянок підйому та спаду співпадають, таким чином об'єкт керування є симетричним та може бути представлений однією лінійною моделлю.

За результатами структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт керування є лінійним, симетричним, має два дійсні від'ємні домінуючі корені та ланку чистого запізнення. На підставі цього об'єкт керування може бути описано аперіодичною ланкою другого, або більш високого порядку с запізненням:

$$W(s) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1) \cdot (T_2 s + 1)}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція моделі об'єкта керування; s – оператор диференціювання; k – коефіцієнт посилення; τ – час запізнення, с; T_1, T_2 – постійні часу, с.

3.5.3 Параметрична ідентифікація

Параметрична ідентифікація виконувалася у програмному забезпеченні System Identification Toolbox яке входить до складу математичного пакета MATLAB.

До програмного забезпечення System Identification Toolbox (рис. 3.12) імпортувалися підготовлені дані без статичної складової – «Dynamic».

Дані динамічної характеристики використовувалися для розрахунку параметрів моделі об'єкта керування, а перевіірочні дані «Check», для оцінки відповідності отриманої моделі до об'єкта керування.

Для визначення параметрів моделі об'єкта керування використано метод «Process Models». Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рис. 3.12.

Розрахунок параметрів виконувався через метод Process Models для аперіодичних ланок першого, другого та третього порядку з запізненням.

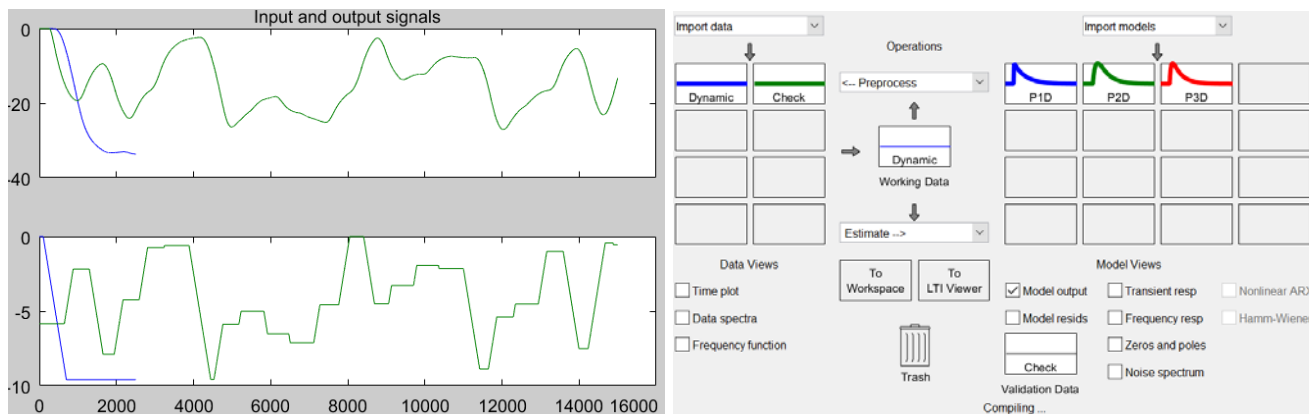


Рисунок 3.12 – Налаштування System Identification Toolbox

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.13 та в табл. 3.1.

Параметри ідентифікації за методом Process Models P1D:

$$G(s) = \frac{K_p}{1+T_{p1}s} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 3.5539 \pm 0.0024453$$

$$T_{p1} = 333.56 \pm 0.99601$$

$$T_d = 255$$

Fit to estimation data: 95.89%

FPE: 0.3248, MSE: 0.324

Параметри ідентифікації за методом Process Models P2D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 3.4896 \pm 0.00072056$$

$$T_{p1} = 72.923 \pm 0.62763$$

$$T_{p2} = 243.21 \pm 0.77711$$

$$T_d = 255$$

Fit to estimation data: 98.92%

FPE: 0.02262, MSE: 0.02253

Параметри ідентифікації за методом Process Models P3D:

$$G(s) = \frac{K_p}{(1+T_{p1}s)(1+T_{p2}s)(1+T_{p3}s)} * \exp(-T_d*s)$$

$$K_p = 3.4935 \pm 0.0030447$$

$$\begin{aligned} T_{p1} &= 253.12 \pm 3.6623 \\ T_{p2} &= 38.857 \pm 11.635 \\ T_{p3} &= 0.047259 \pm 9.5587 \\ T_d &= 255 \end{aligned}$$

Fit to estimation data: 95.82%

FPE: 0.3375, MSE: 0.3356

За допомогою «Model output» показана відповідність отриманих моделей P1D, P2D та P3D до перевірочних даних Check, отриманих на об'єкті керування, наведена на рис. 3.13 та представлена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Відповідність отриманих моделей до перевірочних даних об'єкта керування

Назва параметру	P1D	P2D	P3D
k	3,5539	3,4896	3,4935
T_1, c	333,56	72,923	253,12
T_2, c	-	243,21	38,857
T_3, c	-	-	0,047259
τ	255	255	255
НСКП, %	95,89	98,92	95,82
ПОП	0,3248	0,02262	0,3375
СКП	0,324	0,02253	0,3356
НСКП, %	87,52	93,95	89,51

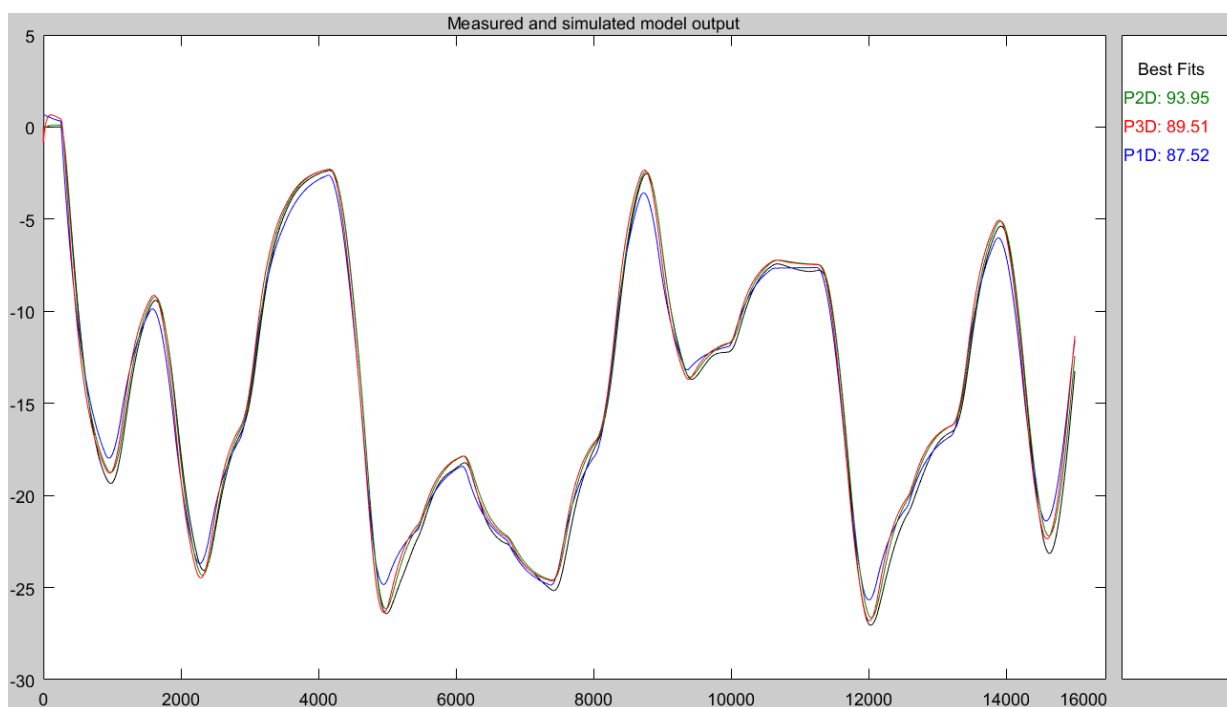


Рисунок 3.13 – Перевірка результатів розрахунків

Аналіз відмінностей між оцінками отриманих моделей по динамічній характеристиці показав, що за нормалізованим середньоквадратичним похибкам (НСКП), краще всього підходять моделі P2D (98,92 %) та P3D (95,82 %), а

помилка остаточного передбачення (ПОП) для P3 у $0,3375 / 0,02262 \approx 15$ разів більша ніж у P2D, таким чином попередньо найкращою є модель P2D.

Але головним і остаточним показником для найкращого вибору між цими моделями є розбіжність у відповідності за перевірочними даними. Найкращий показник має модель P2D з показником НСКП відповідності за перевірочними даними у 93,95 %. Також бачимо, що третя постійна часу для моделі P3D дорівнює нулю – фактично це вже модель P2D.

Виходячи з усього, що наведено вище можна стверджувати, що обрана модель P2D має достатню відповідність до перевірочних даних, яка значно більше ніж граничне неприпустиме значення у 80 %.

Для параметричної перевірки обраної моделі можна звернути увагу на наступне, що за динамічною характеристикою (рис. 3.9) коефіцієнт посилення - 3,6, час перехідного процесу складає близько біля 2 260 с, постійна часу 452 с, затримка близько 263 с. Для отриманої моделі другого порядку коефіцієнт посилення дорівнює 3,4896, постійна часу становить $72,923 + 243,21 = 316,133$ с, затримка 255 с, що додатково підтверджує, що об'єкту керування дійсно краще всього відповідає обрана модель P2D - аперіодична ланка другого порядку з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації отримана модель у вигляді передавальної функції, яка відповідає об'єкту керування за перевірочними даними на 94 %:

$$W(s) = \frac{3,5 \cdot e^{-255s}}{(73s + 1) \cdot (243s + 1)} \quad (3.2)$$

3.5.4 Розробка моделі об'єкта керування в Simulink

Використовуючи передавальну функцію (3.2) у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink математичного пакету MATLAB розроблена модель отримання даних для перевірки на адекватність (рис. 3.14).

При налаштуванні час моделювання задано 15 000 с, що дорівнює кількості перевірочних даних. Додані блоки запису перевірочних даних та результатів

моделювання до змінних Object і Model відповідно. Крок запису задано 1 с, що відповідає первинним даним.

На виході додано статичний зсув характеристики дійсного значення, який корегує вихідну характеристику відповідно до реальних даних, отриманих з об'єкту керування: продуктивність бітуму 52 т/г при початковому вхідному сигналі 0 бар (0 %, фактично -1,6 бар) – мінімально можливий тиск, за технологічними показником для вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

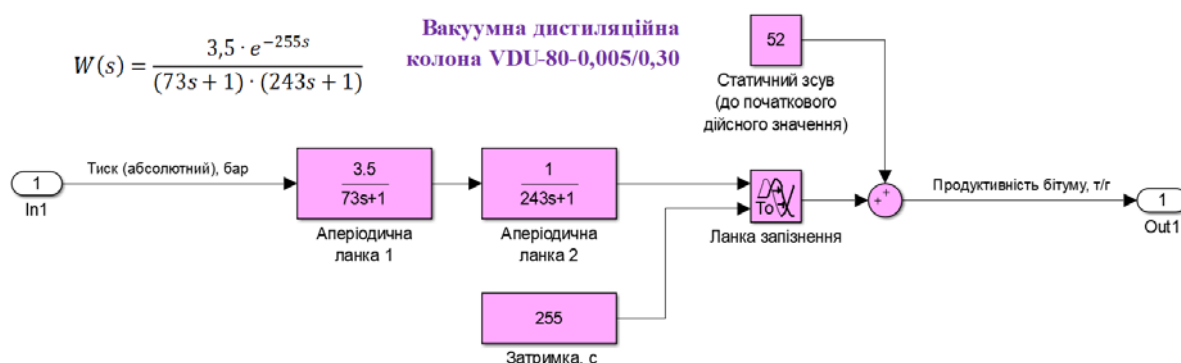


Рисунок 3.14 – Модель об'єкту керування (вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30)

На рис. 3.15 показана модель отримання даних для перевірки на адекватність.

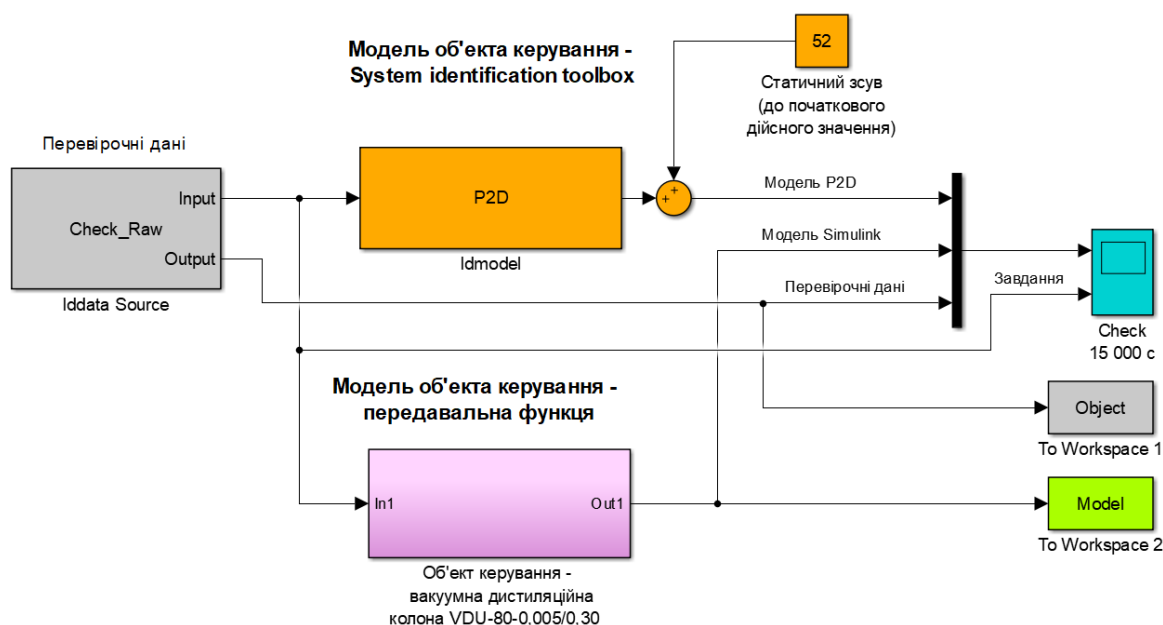


Рисунок 3.15 – Модель отримання даних для перевірки на адекватність

На вихід моделі P2D доданий статичний зсув дійсного значення, який також, як і раніше відповідає за початковий стан дійсного значення для вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

Порівняння відбувається з чистими перевірочними даними над якими не виконувалися дії які б могли їх «скомпрометувати».

За результатами моделювання бачимо, що дійсні значення отримані на виході моделі System Identification Toolbox (сигнал – «Модель P2D») та моделі розробленій на базі передавальної функції (сигнал – «Модель Simulink») співпадають з перевірочними даними (рис. 3.16).

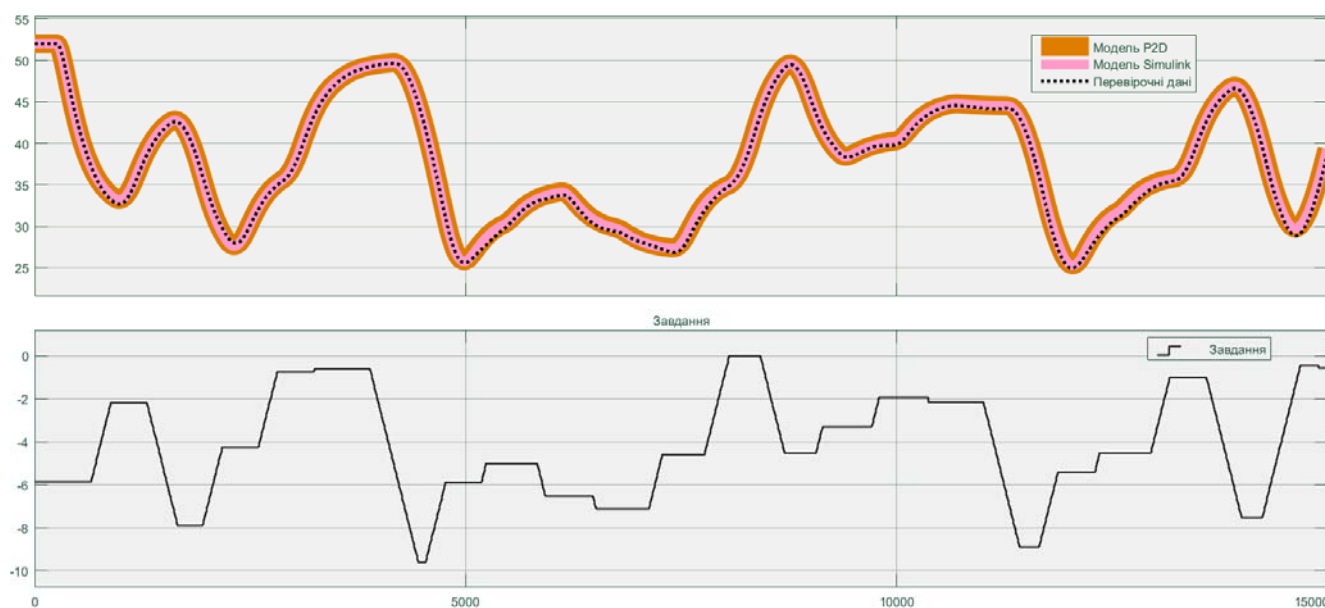


Рисунок 3.16 - Результат отримання даних для перевірки на адекватність

Наступним етапом є перевірка моделі на адекватність.

3.5.5 Перевірка моделі на адекватність

При перевірці на відповідність її значення у більшості випадків повинно бути вище 80 %, при перевірці на адекватність коефіцієнт кореляції повинен бути вище 0,8, а довірчий інтервал відповідати 0,9. У деяких випадках ці значення можуть бути змінені.

Перевірка на адекватність виконувалася за допомогою скрипту GetAdequacy.m, який реалізує відповідний розрахунок перевірки на адекватність.

Результат виконання статистичного аналізу (виклику функції):

Перевірка моделі об'єкта керування на адекватність v1.0

Коефіцієнт кореляції: 0.999

Статистичний критерій Фішера: 895391.761

Критичне значення статистики Фішера: 2.708

Статистичний критерій Фішера більший критичного значення, модель є адекватною до об'єкта керування.

Використовуючи скрипт GetAdequacy.m встановлено, що між перевірочними даними та результатами моделювання присутній дуже високий зв'язок, коефіцієнт кореляції близький до 1,0. Статистичний критерій Фішера 895 391 більший критичного значення 2,708, тобто модель є адекватною до об'єкта керування.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та перевірки на адекватність зроблено висновок, що розроблена модель є адекватною до об'єкта керування та може бути використана у подальшому при синтезі системи керування в умовах досліджуваного технологічного процесу.

3.6 Розробка схеми обмеження зміни керуючого впливу

Робота вакуумного компресора характеризується певними обмеження по швидкості зростання / зменшення тиску, тому в при синтезі системі керування треба враховувати цю особливість.

Як видно з аналізу рис 3.9 для динамічної характеристики, обмеження зміни швидкості сигналу керування (тиску) зі мінімального значення 0 бар до граничного значення у -9,6 бар є лінійним на протязі $700 - 100 = 600$ (с), тобто обмеження зміни тиску дорівнює $9,6 / 600 = 0,016$ бар/с. Цю особливість роботи вакуумного компресора можна змоделювати за допомогою вузла 'Rate Limiter', який буде виконувати обмеження швидкості зміни тиску. Схема моделювання роботи вакуумного компресора - моделі з обмеженням в швидкості зростання сигналу представлено на рис. 3.17.

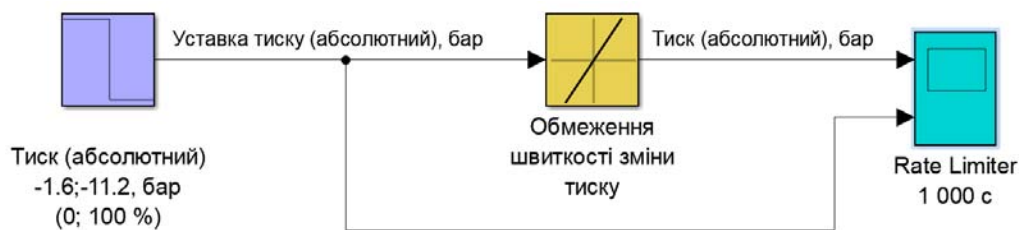


Рисунок 3.17 – Схема моделювання роботи вакуумного компресора

Результат моделювання схеми вакуумного компресора представлено на рис. 3.18.

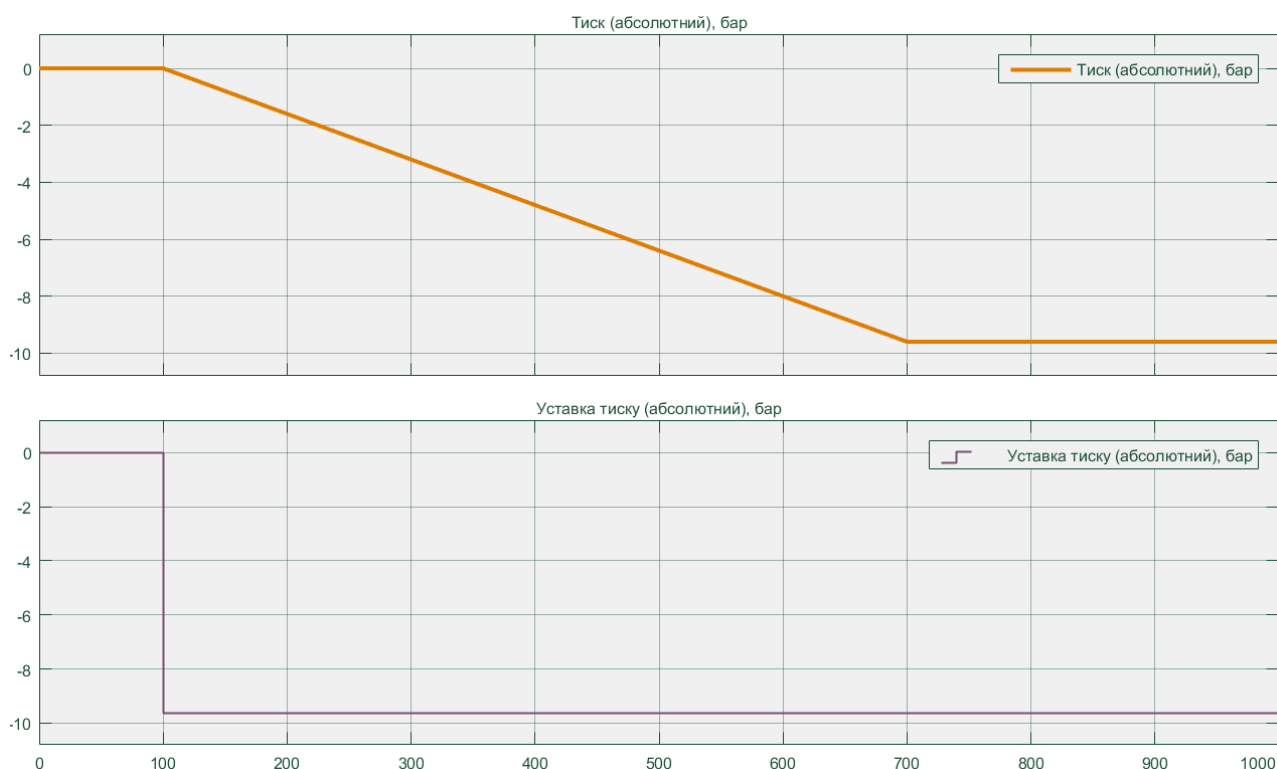


Рисунок 3.18 – Результат моделювання схеми вакуумного компресора

3.7 Остаточна комплексна модель об'єкту керування

Остаточна модель об'єкта керування у графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink наведена на рис. 3.19. Вона складається з моделі вакуумного компресора (рис. 3.17) та моделі вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 (рис. 3.14).

Результат моделювання динамічної характеристики для остаточної комплексної моделі об'єкта керування наведено на рис. 3.20.

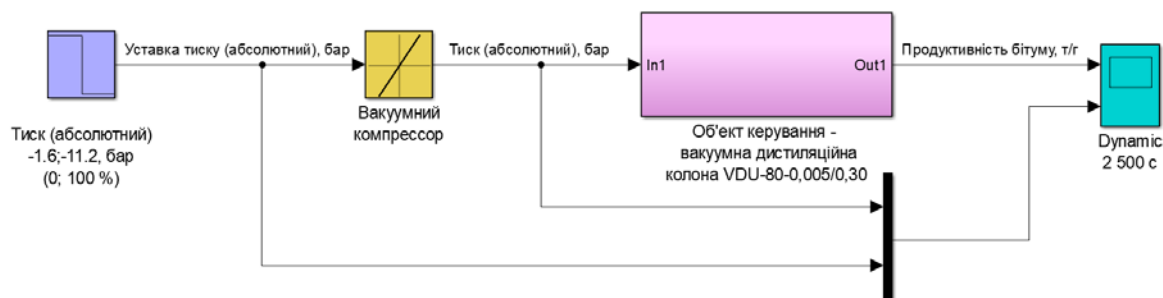


Рисунок 3.19 - Остаточна комплексна модель об'єкта керування

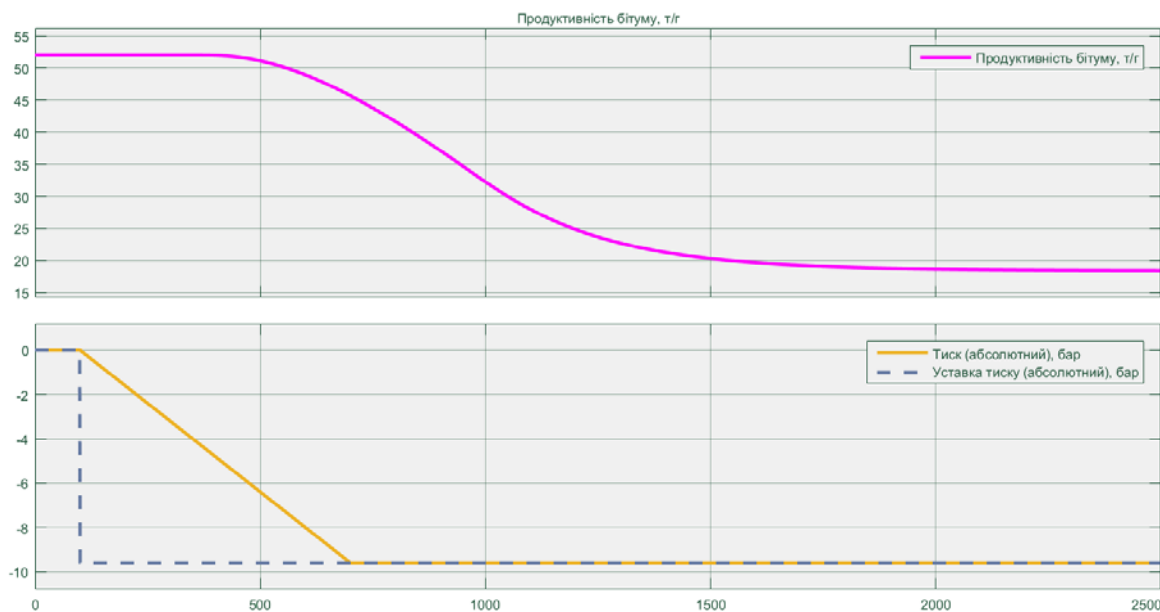


Рисунок 3.20 - Динамічна характеристика остаточної комплексної моделі об'єкта керування

3.8 Висновки за розділом

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування – вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення 3,5, постійні часу 73 с та 243 с, а запізнення становить 255 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у 94 %, сильний кореляційний зв'язок 1,0 та статистичний критерій Фішера 895 391 значно більшу критичного значення 2,708. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

Робота вакуумного компресора характеризується обмеженням по швидкості зростання / зменшення тиску у 0,016 бар/с, тому робота вакуумного компресора представлена за допомогою вузла 'Rate Limiter'. Таким чином остаточною моделлю об'єкта керування складається з моделі вакуумного компресора та моделі вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу, отримана модель є адекватною до об'єкта керування - вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30, яка використовується у технологічному процесі переробки мазуту на одеському нафтопереробному заводі.

Модель об'єкту керування може бути використана для подальшої розробки системи керування за обраним каналом керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення системи керування.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування впровадження системи керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30, яка використовується у технологічному процесі переробки мазуту у одеському нафтопереробному заводі.

Бітум, що входить до складу асфальту, являє собою суміш різних органічних речовин. Завдяки своїм властивостям бітум часто використовується в якості сполучної речовини, наприклад в дорожньому будівництві. При температурі від 150 до 200 °С бітум стає рідким, що дозволяє змішувати його з іншими речовинами. Так створюються продукти, які необхідні для збереження і поліпшення якості нашого життя. Приклади включають дорожнє покриття, аеродроми, гідроізоляцію будівель та дахів, бітумні захисні засоби для будівель та багато іншого.

Вигоди від зниження витрат для операцій періодичного типу в основному досягаються за рахунок оптимізації переробки нафти.

Все більше перероблених асфальтобетонних сумішей з високим вмістом рекультивованого асфальтобетонного покриття використовується в дорожньому покритті. Визначивши та оцінивши склад витриманого часом вміст бітуму та щобеневу градацію, та властивості, у процесі проектування вибирається відповідний агент для переробки та первинні матеріали.

Сучасна система керування наступні переваги:

- підвищення якості керування технологічними параметрами;
- підвищення інформативності керування;
- підвищення надійності роботи обладнання;
- підвищення безпеки праці;
- обмін інформацією з іншими системами керування.

4.2 Розрахунок капітальних витрат при впровадженні системи керування

Розрахуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}} + K_{\text{ПЗ}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати, грн.; $C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання, грн.; $D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати, грн.; $M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи, грн.; $K_{\text{ПЗ}}$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн.

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведення капітальних витрат $C_{\text{ОБ}}$ [4...7]

1	Модуль ПЛК VIPA 214-2BS33	од.	1	32 774,40	32 774,40
2	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	од.	2	24 149,30	48 298,60
3	Модуль аналогового виводу VIPA 232-1BD40	од.	1	28 045,50	28 045,50
4	Датчики витрат вихровий Siemens SITRANS FX300	од.	4	49 570,00	198 280,00
5	Датчик тиску Siemens SITRANS P ZD	од.	1	36 421,45	36 421,45
6	Датчики витрат вихровий Siemens SITRANS FX300	од.	2	40 198,05	80 396,10
7	Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D55N4	од.	1	46 200,00	46 200,00
8	Частотний перетворювач Altivar Process ATV930D22N4	од.	1	58 900,00	58 900,00
9	Газовий пальник R520A L-RP-S	од.	1	127 000,00	127 000,00
10	Система керування, виконана на базі ПК	од.	1	42 335,80	42 335,80
11	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	2 200,00	4 400,00
12	Шафа монтажна	од.	1	14 000,00	14 000,00
13	Монтажні дроти	м	100	8,50	850,00
14	Мережний кабель	м	1220	29,00	35 380,00
15	Програмне забезпечення	разом	1	80 000,00	80 000,00
	Разом				833 281,85

Вартість основного та допоміжного обладнання складає $C_{\text{ОБ}} = 833\,281,85$ грн.

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 8 % від загальної вартості:

$$D_{\text{ТР}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,08. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{\text{ТР}} = 833\,281,85 \cdot 0,08 = 66\,662,55 \text{ (грн.)}$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 7 % від вартості обладнання:

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{ОБ}} \cdot 0,07. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{\text{МН}} = 833\,281,85 \cdot 0,07 = 58\,329,73 \text{ (грн.)}.$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення (ПЗ) розраховується як:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{\text{OT}} + t_g. \quad (4.4)$$

де t – трудомісткість розробки програмного забезпечення (люд.-год.); t_o – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання (люд.-год.); t_u – витрати праці на дослідження алгоритму керування (люд.-год.); t_a – витрати праці на розробку схеми алгоритму (люд.-год.); t_n – витрати праці на програмування по готовій схемі алгоритму (люд.-год.); t_{H} – витрати праці на налаштування програмного забезпечення (люд.-год.); t_g – витрати праці на підготовку документації по завданню (люд.-год.).

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.5)$$

де Q – умовна кількість операторів в програмному забезпеченні; q – кількість операторів у програмному забезпеченні (виходячи з програмного забезпечення розробленого на мові Structured Text типове значення має діапазон 350... 550, приймаємо $q = 480$);

c – коефіцієнт складності програми (приймаємо $c = 1,5$); p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки (приймаємо $p = 0,35$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Q = 480 \cdot 1,5 \cdot (1 + 0,35) \approx 972$$

Витрати праці на підготовку і опис завдання в кваліфікаційній роботі складають $t_o = 56$ (люд.-год.).

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста як:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k'} \quad (4.6)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці (приймаємо $B = 1,6$); k – коефіцієнт кваліфікації програміста (приймаємо $k = 1,35$).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_u = 972 \cdot 1,6 / (80 \cdot 1,3) \approx 15 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати на розробку алгоритму керування визначаються як:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k'} \quad (4.7)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_a = 972 / (20 \cdot 1,35) \approx 36 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на складання програми по готовій схемі алгоритму визначаються як:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k'} \quad (4.8)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_n = 972 / (20 \cdot 1,35) \approx 36 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на налаштування програми розраховуються як:

$$t_h = \frac{Q}{(4 \dots 5) \cdot k'} \quad (4.9)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_h = 972 / (4 \cdot 1,35) \approx 180 \text{ (люд. – год.)}.$$

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються як:

$$t_g = t_{др} + t_{до}, \quad (4.10)$$

де $t_{др}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання; $t_{до}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

Трудомісткість підготовки матеріалів до написання визначається як:

$$t_{др} = \frac{Q}{(15 \dots 20) \cdot k'} \quad (4.11)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДР}} = 972 / (15 * 1,35) \approx 48 \text{ (люд. – год.)}.$$

Трудомісткість редагування, друку та оформлення документації визначається як:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 \cdot t_{\text{ДР}}. \quad (4.12)$$

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$t_{\text{ДО}} = 0,75 * 48 = 36 \text{ (люд. – год.)}.$$

Для розробленого програмного забезпечення витрати праці на підготовку документації по завданню:

$$t_g = 48 + 36 = 84 \text{ (люд. – год.)}.$$

Таким чином трюдомісткість розробки програмного забезпечення становить:

$$t = 56 + 15 + 36 + 36 + 180 + 84 = 407 \text{ (люд. – год.)}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку ПЗ визначається як:

$$K_{\text{ПЗ}} = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{МІ}}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

де $Z_{\text{ЗП}}$ – витрати на заробітну плату розробника ПЗ, грн.; $Z_{\text{МІ}}$ – вартість машинного часу, необхідного для налаштування ПЗ, грн.

Заробітна плата розробника програмного забезпечення визначається як:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \cdot C_{\text{ПР}}, \text{ грн.,} \quad (4.14)$$

де t – час розробки ПЗ, год; $C_{\text{ПР}}$ – середня годинна тарифна ставка розробника програмного забезпечення (приймаємо $C_{\text{ПР}} = 145,00$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$Z_{\text{ЗП}} = 407 * 145,00 = 59\,015,00 \text{ (грн.)}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми визначається як:

$$Z_{\text{МІ}} = t_n \cdot C_{\text{МЧ}} \text{ (грн.)}, \quad (4.15)$$

де t_n – час налаштування ПЗ, год;

$C_{\text{МЧ}}$ – вартість машинного часу (приймаємо $C_{\text{МЧ}} = 16,5$ грн./год.).

Для програмного забезпечення, що розробляється:

$$З_{MI} = 36 * 16,5 = 594,00 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становлять:

$$K_{ПЗ} = 59\,015,00 + 594,00 = 59\,609,00 \text{ (грн.)}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \quad (4.16)$$

де T – тривалість розробки програмного забезпечення (міс.); B_k – кількість розробників (приймаємо $B_k = 1$); F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176$ (год./міс.)).

$$T = 407 / (1 * 176) = 2,31 \approx 2,5 \text{ (міс.)}$$

Таким чином проектні капітальні витрати:

$$K_{ПКВ} = 833\,281,85 + 66\,662,55 + 58\,329,73 + 59\,609,00 \approx \\ \approx 1\,017\,883,13 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_3 + C_c + C_{PO} + C_{ee} + C_{\text{ІНШ}}, \quad (4.17)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування, грн.; C_a – амортизація основних фондів, грн.; C_3 – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.; C_c – відрахування на соціальні заходи, грн.; C_{PO} – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання, грн.; C_{ee} – вартість електроенергії, грн.; $C_{\text{ІНШ}}$ – інші витрати, грн.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації.

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100 \%, \quad (4.18)$$

де H_a – норма амортизації, %; T – термін корисного використання об'єкта, років.

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{\text{ПВ} \cdot H_a}{100 \%}, \quad (4.19)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів, грн.; ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{\text{ПКВ}}$), грн.

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

$$H_a = \frac{2}{5} \cdot 100 \% = 40 \%.$$

Сума амортизації для проектованої і базової системи становить:

$$C_a = 1\,017\,883,13 \cdot 40 / 100 = 407\,153,26 \text{ грн.}$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{НР}} = (T_{\text{К}} - T_{\text{ВС}} - T_{\text{В}}) \cdot T_{\text{З}}, \quad (4.20)$$

де $T_{\text{НР}}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника, год.; $T_{\text{К}}$ – календарний фонд робочого часу, днів ($T_{\text{К}} = 365$); $T_{\text{ВС}}$ – вихідні дні та свята, днів ($T_{\text{ВС}} = 114$); $T_{\text{В}}$ – відпустка, днів ($T_{\text{В}} = 21$); $T_{\text{З}}$ – тривалість зміни, год ($T_{\text{З}} = 8$).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{\text{НР}} = (365 - 114 - 21) \cdot 8 = 1\,840 \text{ год.}$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу на зміну, 1 інженер-технолог та 1 наладчик електроустаткування на добу. Процес безперервний – 3 зміни на добу.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол.	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (8%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор НМІ	3	108,05	1 840	596 436,00	47 714,88	41 750,52	685 901,40
2	Інженер-технолог	1	135,75	1 840	249 780,00	19 982,40	17 484,60	287 247,00
3	Наладчик	1	115,00	1 840	211 600,00	16 928,00	14 812,00	243 340,00
Разом								1 216 488,40

Заробітна плата персоналу проектної системи керування

$$C_3 = 1\,216\,488,40 \text{ грн.}$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 \cdot C_3, \text{ грн.} \quad (4.21)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 1\,216\,488,40 = 267\,627,45 \text{ грн.}$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{PO} = 0,05 \cdot K_{KB} \cdot (K_{ПКВ}) \quad (4.22)$$

Відповідно до цього витрати становлять:

$$C_{PO} = 0,05 * 1\,017\,883,13 = 50\,894,16 \text{ грн.}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Вартість електроенергії, споживаної системою керування:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{рД} \cdot T_3 \cdot T_e, \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите системою керування (приймаємо $K_e = 2,75$ (кВт · год.));

T_3 – кількість часу роботи за сутки ($T_3 = 24$ (год.));

$K_{рД}$ – кількість робочих днів у році ($K_{рД} = 365$ (день));

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,86 грн·кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,86 \cdot 1,2 = 3,432$ (грн.)).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{ee} = 2,75 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3,432 = 82\,676,88 \text{ грн.}$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{інш} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.24)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{інш} = 0,04 \cdot 1\,216\,488,40 = 48\,659,54 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати становлять (табл. 4.4):

$$C = 407\,153,26 + 1\,216\,488,40 + 267\,627,45 + 50\,894,16 + 82\,676,88 \\ + 48\,659,54 = 2\,073\,499,69 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	407 153,26
2	Фонд заробітної плати	1 216 488,40
3	Відрахування на соціальні виплати	267 627,45
4	Ремонт та технічне обслуговування	50 894,16
5	Електроенергія	82 676,88
6	Інше	48 659,54
7	Загалом	2 073 499,69

4.5 Висновки за розділом

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 1,1 млн. грн., час розробки ПЗ становитиме 2,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 2,1 млн. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Характеристика об'єкту та умови його експлуатації

Бітум - це важливий, екологічно чистий матеріал, який допомагає забезпечити широкий спектр переваг у роботі та використовується в різноманітних сферах застосування: від дорожніх покриттів і поверхонь гоночних треків до перонів аеропортів, злітно-посадкових смуг і промислової гідроізоляції.

Бітум є рідким у гарячому стані, але стає твердим при температурі навколишнього середовища. При змішуванні асфальту або виробництві покрівельних мембран бітум повинен бути в рідкому стані. Це означає, що бітум буде гарячим під час багатьох процесів від виробництва до транспортування, зберігання та обробки. Тому важливо, щоб кожен, хто займається поводженням з бітумом і бітумними матеріалами, дотримувався відповідних рекомендацій щодо найкращої практики та вживав відповідних запобіжних заходів.

Бітум зберігається в одному або кількох резервуарах і зберігається при температурі понад 150 °C і транспортується в асфальтовий процес по трубопроводу.



Рисунок 5.1 – Бункер, загальний вигляд

Сировина зберігається в бункерах або бункерах, які транспортуються конвеєром у сушарку.



Рисунок 5.2 - Конвеєр для переміщення матеріалу у сушарку

Сировина сушиться в сушарці, яка працює при температурі близько 180 °С.

Видалена волога та частинки очищаються та фільтруються перед викидом в атмосферу. Відфільтрований матеріал часто повторно використовують як наповнювач.



Рисунок 5.2 - Бункер гарячого просіювання

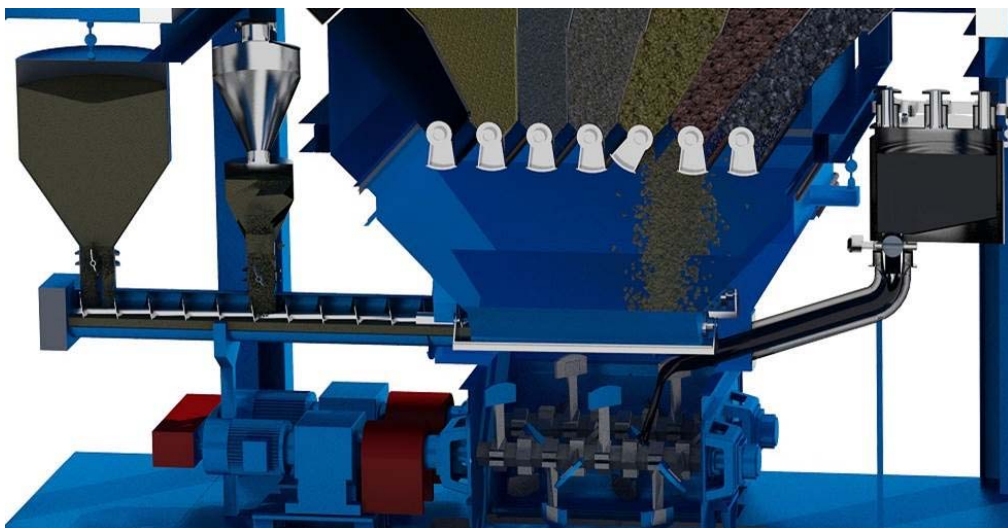


Рисунок 5.3 - Рис. Змішувальна башта

Асфальт завантажується в кузов і або безпосередньо в транспортний засіб, або в бункер для зберігання, а потім в транспортний засіб



Рисунок 5.4 - Вантажівка з ізольованим кузовом, що перевозить асфальт, потім накривається перед виїздом з майданчика

5.2 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів на виробництві

Виробництво бітуму може включати ряд шкідливих та небезпечних факторів, які можуть впливати на здоров'я працівників та навколишнє середовище. Деякі з основних шкідливих факторів, які пов'язані з виробництвом бітуму, включають такі:

1. Хімічні речовини: Виробництво бітуму включає використання різних хімічних речовин, таких як розчинники, каталізатори та інші хімічні сполуки. Деякі з цих речовин можуть бути токсичними або подразнюючими для шкіри, очей та дихальних шляхів працівників. Недостатня вентиляція та неправильне використання особистих засобів захисту можуть збільшити ризик отруєння та пошкодження здоров'я.

2. Пил та випаровування: В процесі виробництва бітуму можуть утворюватися пил та випаровування. Це може бути шкідливим для дихальних шляхів працівників, особливо якщо вони вдихають його впродовж тривалого часу. Пил бітуму також може мати подразнюючий ефект на шкіру та очі.

3. Термічні небезпеки: Виробництво бітуму включає нагрівання та обробку матеріалів при високих температурах. Це може створювати ризик опіків та травм через контакт з гарячими поверхнями та розплавленим бітумом.

4. Шум: Деякі процеси виробництва бітуму можуть бути дуже шумними. Довготривале вплив на шум може призвести до пошкодження слуху працівників. Тому важливо забезпечити відповідні заходи безпеки.

5. Викиди в атмосферу: В процесі виробництва бітуму можуть випускатися в атмосферу різні шкідливі речовини, включаючи вуглеводні, оксиди азоту, сірководень та інші забруднюючі речовини. Ці викиди можуть призводити до забруднення повітря та негативно впливати на якість повітряного середовища, а також сприяти утворенню смогу та кислотного дощу.

5.3 Пожежна безпека

Виробництво бітуму пов'язане з високим ризиком пожежі через використання високих температур та горючих матеріалів. Великі количества бітуму та інших легкозаймистих речовин на підприємстві можуть створювати потенційну небезпеку пожежі, тому важливо дотримуватись відповідних заходів пожежної безпеки, включаючи наявність вогнегасників, систем пожежної сигналізації та автоматичних пожежогасників.

Безпечне поводження з бітумними речовинами вимагає:

1. хорошого розуміння їхніх хімічних і фізичних властивостей;
2. належні процедури та безпечні системи роботи;
3. ефективно обладнання безпеки та захисний одяг;
4. повне, сумлінне навчання всіх залучених працівників.

Інші відповідні аспекти включають врахування резервуарів для зберігання, розташування трубопроводів, загальне обслуговування, контроль та контрольно-вимірювальні прилади, доступ і доставку. Турбота про безпеку та ризики є важливою з моральних, правових та економічних причин. Потенційна небезпека бітуму полягає в тому, що він гарячий, іноді з температурою понад 250 °C, що він виділяє пари при нагріванні, що він легкозаймистий і може вибухнути, і що він може пінитися в присутності води. Хоча бітумні емульсії обробляються при нижчих температурах, як правило, близько 85 °C, з ними все одно потрібно поводитися обережно. Захисний одяг має бути достатнім, щоб уникнути травм, і включає комбінезон, рукавички та повний захист голови та обличчя. Усі бітумні опіки слід якнайшвидше лікувати медичним працівником після відповідної першої допомоги. Транспортні засоби, що транспортують бітум, повинні бути спроектовані, виготовлені та обслуговуватися відповідно до найвищих стандартів. Навчання всіх людей, які працюють з бітумом, є головним пріоритетом. Усі бітумні опіки слід якнайшвидше лікувати медичним працівником після відповідної першої допомоги. Транспортні засоби, що транспортують бітум, повинні бути спроектовані, виготовлені та обслуговуватися відповідно до найвищих стандартів. Навчання всіх людей, які працюють з бітумом, є головним пріоритетом. Усі бітумні опіки слід якнайшвидше лікувати медичним працівником після відповідної першої допомоги. Транспортні засоби, що транспортують бітум, повинні бути спроектовані, виготовлені та обслуговуватися відповідно до найвищих стандартів. Навчання всіх людей, які працюють з бітумом, є головним пріоритетом.

Автоматизована система повинна включати вимірювачі рівня, сигналізацію високого та кінцевого високого рівня, світлодіодні світлофори та наземні випробувальні засоби. Крім того, системи розгортають групові сигнали тривоги

для кінцевого високого (червоний) і високого (жовтий) рівня тривоги. Вони працюють незалежно один від одного, активуючись захищеним від високих температур або радіочастотним зондом. Кожен маяк має свою сирену з різними тонами, щоб розрізнити їх.



Рисунок 5.5 - Загальний вигляд системи захисту бітуму

Пожежна профілактика є надзвичайно важливим аспектом виробництва бітуму, оскільки висока температура та наявність горючих матеріалів створюють потенційну небезпеку пожежі. Дотримання належних заходів пожежної безпеки може допомогти запобігти пожежам та зменшити ризик для працівників та майна. Ось кілька рекомендацій щодо пожежної профілактики в при виробництві бітуму:

Планування та проектування: Важливо забезпечити належне планування та проектування виробничих приміщень, з урахуванням вимог пожежної безпеки. Розташування приміщень, матеріали, конструкції та системи повинні відповідати стандартам пожежної безпеки.

Вогнегасні системи: Встановлення та підтримка ефективних систем пожежогасіння є важливим аспектом пожежної безпеки. Це можуть бути автоматичні пожежні спринклерні системи, пінні системи гасіння або газові системи гасіння. Вони повинні бути встановлені та регулярно перевірятись, щоб забезпечити їх правильну роботу.

Вогнегасники: Розташовуйте вогнегасники у відповідних місцях у всьому приміщенні, зокрема біля виходів, в місцях зберігання горючих матеріалів та біля потенційно небезпечних областей. Переконайтеся, що вогнегасники відповідають потребам конкретного типу пожеж (наприклад, класу А, В або С) і періодично перевіряйте їх функціональність.

Вентиляція та видалення пилу: Забезпечте належну систему вентиляції, яка забезпечує видалення шкідливих випаровувань та пилу, що утворюється під час процесу виробництва бітуму. Регулярно перевіряйте та очищуйте фільтри вентиляційних систем для забезпечення їх ефективної роботи.

Контроль за розповсюдженням вогню: Забезпечте наявність вогнестійких перегородок та ізольованих контейнерів для зберігання горючих матеріалів та обладнання. Дотримуйтесь вимог щодо мінімальних відстаней між обладнанням та матеріалами, щоб уникнути розповсюдження вогню.

Навчання та свідомість працівників: Працівники повинні бути належно навчені щодо процедур пожежної безпеки, включаючи використання вогнегасників, евакуаційних маршрутів та виклик служб пожежної безпеки. Забезпечуйте регулярне навчання та оновлення знань працівників щодо пожежної безпеки.

Перевірка та обслуговування: Регулярно перевіряйте обладнання, системи пожежного захисту та системи вентиляції, щоб переконатись у їхній працездатності. Проводьте регулярні технічні огляди та обслуговування, зокрема щодо вогнегасників, систем пожежного оповіщення та вентиляційних систем.

5.4 Висновки за розділом

В розділі охорона праці приведена характеристика об'єкту та умови його експлуатації, зроблено аналіз шкідливих та небезпечних факторів на виробництві, розглянуті питання пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

Об'єктом керування виступає вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30, яка використовується на одеського нафтопереробному заводі і має застарілу систему керування, виконану за зразками СРСР і тому потребує негайної заміни.

Автоматизація вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 включає в себе автоматичне керування, дистанційне керування, технологічний захист, тепловий контроль, технологічні блокування і сигналізацію. Експлуатація вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 повинна забезпечувати надійний і ефективний процес переробки мазуту для заданих технологічних параметрів, який поступає з атмосферної колони. Система керування також має забезпечити для обслуговуючого персоналу безпечні умови праці. Для виконання цих вимог експлуатація повинна здійснюватися в суворій відповідності з законами, правилами, стандартами і директивами.

Автоматизація роботи дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 повинна здійснюватися за такими основним параметром - підтримка заданої продуктивності бітуму.

Для підвищення ефективності роботи технологічного обладнання треба модернізувати систему керування. Таким чином є гостра потреба у математичних моделях об'єктів технологічного обладнання, працюючого у допустимих технологічних межах, які у наступному мають бути використані при синтезі нової системи керування технологічним обладнанням.

Головною метою роботи є розробка моделі об'єкта керування - дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 для регульованої продуктивності бітуму, в залежності тиску у колоні. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Сучасна система керування дозволить контролювати процес виробництва і отримати кінцевий продукт з заданими технічними характеристиками.

Також ця система керування матиме можливість фіксації та збереження параметрів роботи всього технологічного обладнання.

Для синтезу системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30 обрані необхідні апаратні засоби, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова системи керування, складено перелік елементів до схеми електричної принципової.

При виконанні структурної ідентифікації, яка проведена на підставі експериментальних даних отриманих на об'єкті керування (динамічної характеристики, даних для побудови статичної характеристики, даних отриманих при П-образному керуючому впливі) встановлено, що структурно модель об'єкта керування може бути представлена як аперіодична ланка другого з запізненням.

За результатами параметричної ідентифікації встановлено, що структура моделі об'єкта керування – вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30 відповідає аперіодичній ланці другого порядку з запізненням з наступними розрахованими параметрами: коефіцієнт підсилення 3,5, постійні часу 73 с та 243 с, а запізнення становить 255 с.

Комплексна перевірка на адекватність моделі до об'єкта керування за перевірочними даними об'єкта керування показала високу відповідність у 94 %, сильний кореляційний зв'язок 1,0 та статистичний критерій Фішера 895 391 значно більшу критичного значення 2,708. Велике значення статичного критерію адекватності Фішера обумовлено великою кількістю вибірових даних та одиничним значенням коефіцієнта кореляції.

Робота вакуумного компресора характеризується обмеженням по швидкості зростання / зменшення тиску у 0,016 бар/с, тому робота вакуумного компресора представлена за допомогою вузла 'Rate Limiter'. Таким чином остаточна модель об'єкта керування складається з моделі вакуумного компресора та моделі вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

Враховуючи аналіз технологічного процесу, структури об'єкта керування, характеристик отриманих за результатами експериментів, результатів структурної та параметричної ідентифікації та статистичного аналізу модель є адекватною до

об'єкта керування - вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30, яка використовується у технологічному процесі переробки мазуту на одеському нафтопереробному заводі.

Модель об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки системи керування за обраним каналом керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення системи керування.

При впровадженні проекрованої системи капітальні витрати складають 1,1 млн. грн., час розробки ПЗ становитиме 2,5 місяці.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи становитимуть трохи більше 2,1 млн. грн.

В розділі охорона праці приведена характеристика об'єкту та умови його експлуатації, зроблено аналіз шкідливих та небезпечних факторів на виробництві, розглянуті питання пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Григоров А.Б. Технологія полімервмісних бітумних матеріалів [Електронний ресурс] / А.Б. Григоров, О.О. Мардупенко, І.В. Сінкевич. – Харків-Тернопіль: НТУ «ХПІ», Видавництво «Крок», 2022. – 156 с. ISBN 978-617-692-685-6
2. Bitumen production processes. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://rahabitumen.com/bitumen-production/>
3. MEI Maverick Engineering, Inc. [Електронний ресурс], Режим доступу: <http://www.maveng.com/index.php>
4. SITRANS P Z, ZD и P COMPACT, [Електронний ресурс], Режим доступу: http://www.eleten.com.ua/SITRANS_P_Z,_ZD_P_COMPACT.html
5. ELTA Витратомір SITRANS FX. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://eltald.com.ua/catalog/siemens-sitrans-fx300>
6. R91A - R92A - R93A R512A - R515A R520A - R525A. [Електронний ресурс], Режим доступу: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.c-o-k.ru/library/instructions/cib-uingas/gorelki-gazovye/11526/30940.pdf>
7. e-protection (частотні перетворювачі Altivar 930). Режим доступу: <https://e-protection.com.ua/product-category/elektrooborudovanie/preobrazovateli-chastoty/preobrazovateli-chastoty-schneider-electric/altivar-930-preobrazovatel-chastoty/>
8. SITRANS TF. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/temperature-measurement/sitrans-tf.html>
9. ENVEA SolidFlow 2.0 – Throughput measuring. Режим доступу: <https://gts-swr.com/solids-flow-meters/solidflow/>
10. PCE Instruments PCE-MWM 240-A вологомір сипучих матеріалів Режим доступу: https://pragmatic.com.ua/pce_mwm240

11. E40S_E80H_en_EP-KE-09-006. [Електронний ресурс], Режим доступу: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.svaltera.ua/upload/manuals/E40S_E80H_en_EP-KE-09-0060M_110526.pdf
12. Засувка 2с-Э-1 Ду150 Ру100. [Електронний ресурс], Режим доступу: https://www.energoarm74.ua/goods/21347734-zadvizhka_2s_e_1_du150_ru100#product-description
13. MOUSER, TE-Connectivity SSR-240A10 [Електронний ресурс], Режим доступу: https://www.mouser.fr/ProductDetail/TE-Connectivity-AMP/SSR-240A50?qs=K9Yj7M8cmB7ISkZYhrRVrg%3D%3D&mgh=1&vip=1&gclid=CjwKCAiAqaWdBhAvEiwAGAQltk6Q0KIPeNgwLQRvv72kkfXBvd3ewFaMDdp5DIPLal27g2Q9_X1dbRoCv2YQAvD_BwE
14. Перетворювач частоти VLT AQUA Drive FC202. [Електронний ресурс], Режим доступу: https://k-r.com.ua/pryvodna-tekhnika/peretvoriuvachi-chastoty/item/12-peretvoriuvach-chastoty-vlt-aqua-drive-fc202
15. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
16. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
17. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
18. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
19. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
20. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю.

Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.

21. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.

22. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

23. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки

24. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

25. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги

26. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції

27. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (затверджено наказом МОЗ України від 27.12.2001р № 528).

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка
1			Документація			
2						
3	A4	КФІВС.КВР.151.20.06.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ	
4						
5			Графічна частина			
6						
7	A2	КФІВС.КВР.151.20.06.Е2	Функціональна схема			
8			автоматизації	1	Е2	
9						
10	A2	КФІВС.КВР.151.20.06.Е3	Схема електрична			
11			принципова	1	Е3	
12						
13	A4	КФІВС.КВР.151.20.06.ПЕ3	Перелік елементів	1	ПЕ	
14						
15	A4	КФІВС.КВР.151.20.06.Д	Презентація		Д	
16						
17		КФІВС.КВР.151.20.06.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ	
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
			Підп.	Дата	КФІВС.КВР.151.20.06.ТП	
Зм.	Арк.	№ докум.				
Розробив		Маяк		25.05.23	Літ.	Аркуш
П. конс.		Карпенко				1
						1
					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-20ск-1	
Н. контр.		Славінський				

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу виробництва бітуму», студент гр. 151-20ск-1 Маяк Данило Олександрович

Об'єкт розробки – система автоматичного керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30, яка використовується у технологічному процесі переробки мазуту у одеському нафтопереробному заводі.

Об'єкт дослідження - вакуумна дистиляційна колона VDU-80-0,005/0,30 продуктивністю переробки 60,0 т/год мазуту.

Предмет дослідження – модель вакуумної дистиляційної колони VDU-80-0,005/0,30.

Мета роботи - розробка моделі об'єкта керування для регульованої продуктивності бітуму в залежності від тиску у колоні. При цьому інші вхідні і вихідні параметри мають бути не змінними і знаходитись у номінальному стані.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що розроблена модель відповідає об'єкту керування, та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми керування.

Розглянуто техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи керування вакуумною дистиляційною колоною VDU-80-0,005/0,30.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці, розглянуті протипожежні заходи.

В розділі охорона праці приведена характеристика об'єкту та умови його експлуатації, зроблено аналіз шкідливих та небезпечних факторів на виробництві, розглянуті питання пожежної безпеки..

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог і в повному об'ємі, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - « _____ ».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку « _____ », а студент Маяк Д.О. привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ас. Карпенко О.В.

____.06.2023

РЕЦЕНЗІЯ

кваліфікаційна робота бакалавра: «Автоматизація технологічного процесу виробництва бітуму», студент гр. 151-20ск-1 Маяк Данило Олександрович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірці знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи керування дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.

3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.

4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.

5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта керування та побудована його модель.

6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.

7. Студент Маяк Д.О. присвоєння їй кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

____.06.2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем

_____ Бубліковим А.В.

« _____ » _____ 2023 року

ВИСНОВОК

Про рівень запозичень у кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Автоматизація технологічного процесу виробництва бітуму», здобувача вищої освіти, групи 151-20ск-1 Маяк Данило Олександрович.

Загальний обсяг кваліфікаційної роботи без переліку посилань складає _____ сторінок. Програмне забезпечення використане для перевірки роботи “<https://unichек.com>”. Рівень запозичень у роботі складає _____ %, що є меншим 40 % запозичень з однієї роботи та відповідає вимогам Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

Нормоконтролер,
посада, ас. каф. КФІВС
ступінь

(підпис)

Славінський Д.В.

(дата)