

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництва
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи контролю та
забезпечення якості виготовлення паперу

Виконали: студенти VI курсу, групи КАМ-62
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва спеціальності)

Андреїв А.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Русак Д.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Шовкун О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Стухляк П.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

ЗМІСТ

Анотація	6
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	10
1.1 Огляд методів та засобів вимірювання і контролю параметрів паперу.	10
1.2 Обґрунтування актуальності автоматизації процесу виготовлення паперу та вибраного напрямку розробки.	23
2 Технологічна частина.	25
2.1 Вимоги до якості туалетного паперу та технології його виготовлення.....	25
2.2 Технологічний процес виготовлення туалетного паперу.	30
2.2.1 Розмелювально-підготовчий відділ.	30
2.2.2 Папероробна машина.	35
2.2.3 Контроль параметрів паперу.	43
2.2.4 Переробка браку.	45
2.2.5 Використання води.	46
2.3 Технічне нормування технологічного процесу виготовлення паперу.	47
2.4 Вибір варіанту компонування проекрованої автоматизованої системи.	57
3 Конструкторська частина	59
3.1 Аналіз вихідних даних на проектування автоматизованої системи виготовлення туалетного паперу.	59
3.2 Підбір серійного обладнання та обґрунтування необхідності проектування нестандартного обладнання для автоматизації папероробної машини.	60

3.3 Вибір та опис кінематичної схеми папероробної машини.	62
3.4 Вибір електроприводу папероробної машини.	63
3.5 Вакуумна система папероробної машини.	64
3.6 Вентиляційна система папероробної машини.	65
3.7 Розроблення структурної та функціональної схем автоматизованої системи контролю.	67
3.8 Розроблення компоувальної схеми автоматизованої лінії виготовлення паперу.	73
3.9 Розроблення електричних принципових схем автоматизованої системи керування та контролю автоматизованої лінії.	74
4. Науково-дослідна частина.	77
5. Спеціальна частина.	93
6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	98
6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві.	98
6.1.1 Небезпеки, що виникають при роботі на папероробній машині. Заходи по їх усуненню.	98
6.1.2 Захист від статичної електрики.	101
6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.	104
Висновки.	122
Перелік посилань.	124

Анотація

В кваліфікаційній роботі проведено автоматизацію плоскіткової папероробної машини.

На основі технологічного процесу виготовлення паперу проведено його технічне нормування, здійснено вибір оптимального варіанту компоновки проектованої автоматизованої виробничої системи.

На основі аналізу вихідних даних на проектування, базового варіанту виробничої системи та результатів розробки автоматизованих технологій підібрано серійне обладнання. Спроектовано привід папероробної машини, її вакуумну та вентиляційну системи.

Також розроблено автоматизовану систему керування та контролю параметрів паперу.

Кваліфікаційна робота містить 125 сторінок пояснювальної записки та 12 аркушів графічної частини.

Вступ

В останні роки паперова промисловість в Україні оснащується новим високопродуктивним обладнанням. Більшість сучасних технічних процесів неможливо успішно здійснювати без широкого використання автоматичних приладів технологічного контролю, автоматизованих регуляторів і пристроїв обчислюваної техніки [6, 7, 8].

Автоматизація сприяє підвищенню продуктивності обладнання, зниженню собівартості продукції, зниженню витрат макулатури, електроенергії і теплової енергії на виробництво паперу і зниженню виробничих витрат, підвищенню якості продукції і покращенню умов праці обслуговуючого персоналу і т.п.

Автоматизація виробництва – застосування приладів, механізмів, пристроїв, які дозволяють здійснити без безпосередньої участі людини процеси отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалу й інформації.

Мета автоматичного контролю та керування – забезпечити випуск стандартного паперу при незмінній заданій швидкості і продуктивності процесу і при мінімальних витратах сировини. Стандарність продукції, наприклад паперу по масі 1м^2 , вологості, механічної міцності, оптичних властивостей, може бути досягнута, якщо одночасно будуть стабілізовані не тільки величини параметрів технологічних процесів, а й більшість із показників сировини. Якщо стабільність останніх в деяких випадках не може бути предметом автоматичного керування, то стабільність перших може бути забезпечена застосуванням засобів централізованого контролю та керування [9, 10, 11, 12].

Поставлена задача є складною, так як об'єктам керування паперового виробництва притаманний взаємозв'язок через процес окремих

регулюючих змінних величин, великі запізнювання багаточисельність різноманітних впливів.

Вплив двох перших факторів відображається у випадку застосування для автоматизації одно- або багатоконтурних систем незв'язаного регулювання. В якості прикладу може бути розглянута багатоконтурна система незв'язаного регулювання вологості і маси 1м^2 паперового полотна перед намотуванням паперу.

Третій фактор обумовлюється складністю технологічних процесів паперового виробництва.

Швидка корекція впливів з найменшою статичною похибкою по величині регулюючого параметру це реальна задача автоматичного керування з оптимізацією процесу на базі стабілізації параметрів.

Існує тенденція здійснювати централізований контроль і керування на основі функціональної схеми, яка складається із трьох ступенів керування.

Перший ступінь керування здійснюється за допомогою засобів контролю і керування, розміщених пультах операторів і місцевих пультах агрегатів. Він дозволяє здійснювати контроль, сигналізацію, дистанційне керування і автоматичне регулювання технологічних процесів.

Другий ступінь керування здійснюється при допомозі керування пристроїв зв'язку, телебачення і апаратури для обробки інформації, розміщених на пультах диспетчерського пункту паперової фабрики.

Третій ступінь керування здійснюється при допомозі пристроїв оперативного контролю, диспетчерського зв'язку, телебачення і пристроїв обчислюваної техніки, розміщених на пультах головного диспетчерського пункту і обчислюваного центру паперової фабрики.

Техніко-економічна ефективність при запровадженні автоматизованих систем у виробництво має наступні джерела:

- збільшення продуктивності обладнання;

- зниження затрат матеріалів і енергії (наприклад, в результаті впровадження автоматичного регулювання маси квадратного метра паперового полотна на папероробних машинах вдається працювати із зниженою в межах норми масою паперу);
- зниження затрат на зарплату працівників;
- покращення якості продукції (в результаті автоматизації-контролю папероробної машини зменшується нерівномірність вологості, маси квадратного метра паперу і покращуються інші його показники).

Комплексним джерелом ефективності є зменшення невпорядкованості виробництва за рахунок прискорення руху інформації і її використання в цілях ефективного управління [13, 14].

Ефективність впровадження автоматизації залежить також від надійності засобів автоматизації. Одним із критеріїв ефективності впровадження систем автоматизації є час окупності витрат на автоматизацію з врахуванням видатків через відмову в роботі пристроїв автоматичного контролю, регулюванням і оперативного керування.

1 Аналітична частина

1.1 Огляд методів та засобів вимірювання і контролю параметрів паперу.

Сучасна папероробна машина – це складний багатоопераційний агрегат, на якому одночасно протікають різноманітні процеси, зв'язані з виготовленням неперервного паперового полотна. Крім того, робота самої машини нерозривно зв'язана з роботою розмелювально-підготовчого і інших відділів, а також цілих систем допоміжного обладнання. Тому ефективне використання папероробної машини і стабільну високу якість виробленої продукції можливі лише при високому рівні автоматизації всіх технологічних процесів, які протікають як на машині, так і на зв'язаних з нею допоміжних відділах [15, 16, 17, 18].

З цією метою на папероробних машинах необхідно застосовувати різноманітні системи автоматизації і дистанційного контролю і керування технологічними параметрами на всіх режимах роботи машини, включаючи блокування і аварійну сигналізацію.

Звичайно основними об'єктами автоматизації папероробної машини є: показники якості готової продукції, підготовка паперової маси, включаючи розмел, складання композиції і подача її на машину; рН середовища в підсіточній ванні; мокрого і сухого паперового браку; підвід пари до сушильних циліндрів; вентиляція і рекуперація тепла; привід папероробної машини; система змазки і охолодження.

Вказані різноманітні системи автоматичного регулювання багаточисельних параметрів технологічного процесу виробництва паперу на папероробній машині значно полегшують керування роботою машини і сприяють отриманню більш якісної продукції.

Волога є обов'язковим компонентом капілярнопористих матеріалів, до яких відноситься деревина, целюлоза, папір і картон.

Для кількісної характеристики вмісту вологи у матеріалі застосовується дві величини: вологовміст і вологість. Вологовмісту відповідає також термін абсолютна вологість, а під вологістю часто мають на увазі відносну вологість. Вологовміст U визначається відношенням маси вологи m_g , що міститься у матеріалі, до маси абсолютно сухого матеріалу m_a .

$$U = \frac{m_g}{m_a}. \quad (1.1)$$

Під відотною вологістю ω розуміють відношення маси вологи m_g , що міститься у папері, до маси вологого матеріалу m .

$$\omega = \frac{m_g}{m} = \frac{m_g}{m_a + m_g} \quad (1.2)$$

Під сухістю A розуміють відношення:

$$A = \frac{m_a}{m} = \frac{m_a}{m_a + m_g} = 1 - \omega. \quad (1.3)$$

Фізичні властивості паперу і картону характеризуються взаємозалежними показниками, серед яких одним з найбільш важливих є вологість. Дійсно, експериментально встановлено, що такі показники, як число подвійних перегинів, розтяг під дією розривних зусиль, товщина полотна при заданій міцності, збільшується з зростанням його вологості у визначених межах. Водночас міцність полотна на розриви і прогини зменшується.

Дослідження показують, що нерівномірність щільності намотування рулонів паперу по ширині є наслідком нерівномірності її вологості. Ступінь і рівномірність вологості паперу у значній мірі впливають на якість подальшої його переробки, на його гладкість, блиск,

властивості при друку.

Для забезпечення стабільності властивостей готового паперу і картону (особливо на швидкісних машинах) особливо актуальне значення набуває проблема виміру вологості полотна та керування нею безпосередньо у процесі його виготовлення.

Контроль за зміною вологості полотна у процесі його виробництва має також велике практичне значення для оптимізації технологічних процесів зневоднювання і сушіння, що має істотний вплив на багато важливих фізичних і механічних властивостей готової продукції.

Крім того, підтримка вологості полотна у визначеному діапазоні при умові збереження усіх механічних показників у заданих межах забезпечує одержання значного економічного ефекту за рахунок скорочення питомої витрати пари чи за рахунок економії волокна і дорогих наповнювачів.

У целюлозному виробництві велике значення має вимір вологості деревної тріски і деревини. Однак практично ця задача не знайшла задовільного розв'язку.

Види виміру вологості поділяються на прямі і непрямі. У прямих здійснюється безпосередній поділ матеріалу на суху речовину і вологу, а у непрямих вимірюються фізична величина, яка функціонально зв'язана з вологовмістом матеріалу.

З прямих видів найбільше поширення одержав спосіб висушування проб. У цьому випадку величина вологості визначається по формулі

$$\omega = \frac{G_{\omega} - G_0}{G_{\omega}} \cdot 100\%, \quad (1.4)$$

де G_{ω} - вага проби паперу;

G_0 - вага проби паперу у абсолютно сухому стані;

ω - вологість у відсотках.

Існує багато принципів побудови вологомірів на основі непрямих

вимірів вологості. Найбільшого практичного застосування серед них для виміру вологості полотна знабули наступні:

- діелектричні або ємнісні, основані на зміні діелектричної проникності паперового полотна у залежності від його вологості;
- вологоміри НВЧ, що використовують зміну ступеня поглинання чи відбивання енергії електромагнітних хвиль НВЧ у залежності від вологості полотна;
- інфрачервоні, основані на вимірі ступеня поглинання або відбивання енергії інфрачервоних хвиль у залежності від вологості;
- кондуктометричні, побудовані на зв'язку вологовмісту і активного (омічного) опору відрізка паперового полотна, що знаходиться між електродами, у ланцюзі постійного чи змінного струму промислової частоти;
- ємкісно-індуктивні, що використовують зв'язок вологовмісту паперового полотна, що переміщається у полі коливального контуру, і втрат потужності коливального контуру внаслідок зміни активного і реактивного його опорів.

Вимір вологості паперу і картону по їх діелектричних властивостях є найбільш розповсюдженим принципом дії промислових вітчизняних вологомірів. Застосування цього способу основане на вимірі ємності розгорнутого конденсатора, електричне поле якого заповнено досліджуванним матеріалом, причому у якості параметра матеріалу, пов'язаного з вологістю, спостерігається саме діелектрична проникність полотна [19, 20, 21, 22].

Як відомо, для сухого волокна діелектрична проникність ϵ дорівнює $\epsilon = 2,5-3$, а для води $\epsilon = 81$. Звідси випливає, що діелектричні властивості паперу і картону у більшій ступені залежать від кількості води, чим від властивостей волокна і наповнювачів.

На рисунку 1.1 показана спрощена електрична схема заміщення

ємнісного давача діелектричного вологоміра з полотном, прилягаючим до обкладок розгорнутого конденсатора. Параметри схеми R і C залежать від питомих електричних параметрів матеріалу: діелектричної проникності, питомого електричного опору, також від форми, розташування і розмірів електродів.

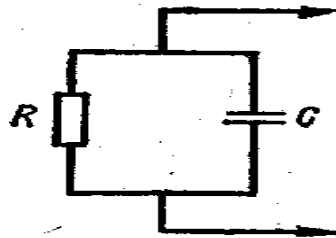


Рисунок 1.1 - Ємнісний давач діелектричного вологоміра.

У вимірювальних пристроях діелектричних вологомірів в основному використовуються рівноважні і нерівноважні мостові вимірювальні ланки.

Крім того, вимір ємності часто здійснюють по зміні напруги на резонансному LC-контурі, включеному по врівноважувальному методу перетворення (диференційно-різницевого) з контрольним контуром. Блок-схема приладу показана на рисунку 1.2.

Від генератора високої частоти 1 живиться система пов'язаних контурів 2 і 3. Ємнісний давач 4, безпосередньо дотичний з досліджуваним полотном 5, підключений до вимірювального контуру 3. Напруга високої частоти, що знімається з обох контурів, детектується з допомогою діодних детекторів і подається у вимірювальний пристрій 6.

Контури побудовані таким чином, що збільшення ємності вимірювального контуру 3 при збільшенні вологості полотна призводить до зменшення напруги у контурі 3 і збільшенню напруги у другому контурі.

З виходу демодулятора 10 сигнал постійного струму подається на вихідний підсилювач 15, що забезпечує сталість вихідного струму 0-5мА при зміні навантаження від 0 до 5 кОм.

Для забезпечення високої стабільності підсилення, підсилювач 7-10 через вихідний каскад і підсилювач 15 охоплені глибоким негативним зворотним зв'язком. Цифровий міліамперметр 16 на 5 мА включений у ланцюг виходу 0-5 мА 17.

Для температурної стабілізації генератора високої частоти і вимірювальних контурів, що знаходяться безпосередньо на папероробній машині, вони поміщені у термостат 22, у якому за допомогою підігрівника 18 підтримується температура 50°C. Сталість температури через блок живлення 21 забезпечується терморегулятором 20, давач температури 19 якого розміщений у термостаті.

При відсутності паперу напруга на контурах 2 і 3 однакова і напруга на виході вимірювального пристрою дорівнює нулю. Якщо до давача прикласти зразок абсолютно сухого паперу, на виході вимірювального ланцюга з'явиться напруга. Отже, 0% вологості не буде збігатися з електричним нулем вологоміра, що необхідно враховувати при його налаштуванні.

При збільшенні вологості зразка паперу сигнал на виході вимірювального ланцюга росте майже пропорційно зміні вологості паперу. Величина сигналу, крім вологості паперу, залежить від значення маси 1 м² і композиційного складу паперової маси. Тому у приладі передбачена корекція по композиції і по масі квадратного метра полотна. Ручки потенціометрів корекції виведені на лицьову панель. Установка значень цих параметрів здійснюється згідно даних лабораторних аналізів.

Конструктивно прилад складається з давача вологості, блоку вторинних перетворювачів у термостаті і пульта приладів, де розміщені вимірювальний блок, пристрій збереження виміряних даних, система

сигналізації і коректування [23, 24, 25, 26].

Автоматизована системи контролю вологості паперу побудована на принципі вимірювання ослаблення потужності сигналу надвисокої частоти (НВЧ) при його проходженні через аркуш паперу представлена на рисунку 1.3.

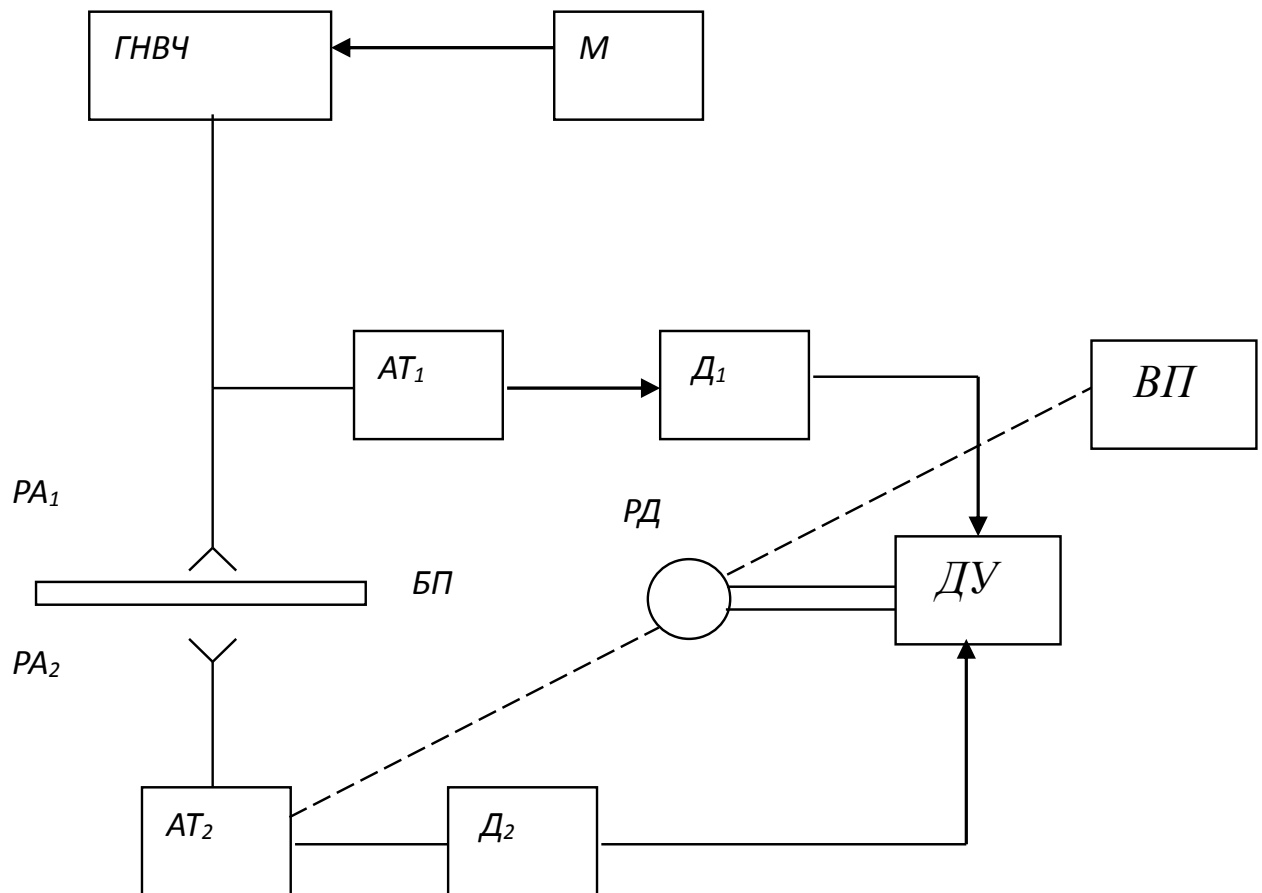


Рисунок 1.3 – Функціональна схема автоматизованої системи контролю вологості паперу.

В генераторі ГНВЧ використовується відбивний клістрон, що генерує НВЧ- коливання, які після модуляції по амплітуді низькочастотним модулятором М надвисоких частот надходять по хвилеводу до відбивача.

Далі частина електромагнітної енергії НВЧ направляється в опорну

гілку, що складається з атенюатора АТ1 і детектора Д1, а інша у вимірювальну гілку.

У вимірювальній гілці через рупорну антену РА1 коливання НВЧ направляються на поверхню паперового полотна, проходять через нього і надходять у приймальну рупорну антену РА2.

Далі через атенюатор АТ2 енергія НВЧ по вимірювальній гілці надходить до детектора Д2. В обох гілках напруги НВЧ детектуються, і виділені детекторами Д1 і Д2 низькочастотні сигнали надходять на вхід диференціального підсилювача ДУ.

Різницевий сигнал після підсилення подається на реверсивний двигун РД, який повертаючись врівноважує атенюатор АТ2 вимірювального хвилевода до вирівнювання сигналів і одночасно переміщає двигун реохорда вимірювального пристрою ВП.

Сигнали з детекторів Д1 і Д2 можна порівнювати з використанням диференціального трансформатора. З вихідної обмотки трансформатора сигнал подається на підсилювач, а потім на вимірювальний пристрій.

Крім ослаблення потужності коливань НВЧ вихідним сигналом давачів вологомірів НВЧ може служити зміна параметрів (наприклад, резонансної частоти) об'ємного НВЧ-резонатора.

У спектрі інфрачервоних хвиль існує декілька областей, для яких характерно сильне поглинання енергії водою: 1,25-1,4; 1,8-2; 2,5-3; 5-5 мкм, а у інших ділянках спектру вода пропускає ІЧ-випромінювання майже безперешкодно.

В ІЧ-вологомірах використовують врівноважуючий метод виміру, вибираючи у спектрі ІЧ- випромінювання дві області з різної залежністю властивостей ІЧ- випромінювання від вологості.

Принципова блок-схема ІЧ- вологоміра представлена на рисунку 1.4.

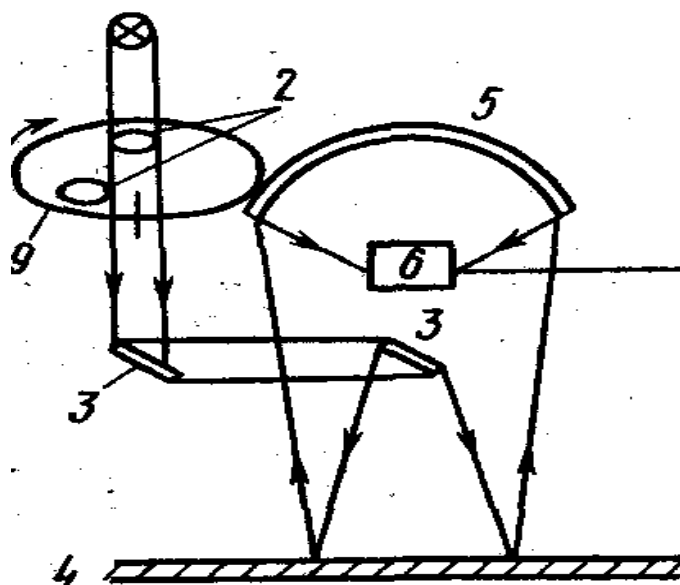


Рисунок 1.4 - Принципова блок-схема інфрачервоного вологоміра.

Джерелом ІЧ- випромінювання є звичайна лампа розжарювання. На шляху проходження світла обертається диск 9 з оптичними вузькими полосками фільтрами 2 таким чином, що на систему дзеркал 3 і далі на папір 4 попадає імпульсами інфрачервоне випромінювання двох довжин хвиль.

Відбите світло надходить на систему фільтрів (на рис. 1.4 не показані). Використовуються два фільтри: перший пропускає випромінювання з довжиною хвилі, наприклад 1,94 мкм, яке поглинається молекулами води, а друге випромінювання, що не поглинається молекулами води.

Після фільтрів світло концентрується сферичним дзеркалом 5 і направляється на детектор 6, де імпульси світла перетворюються у електричні коливання, які після підсилювача 7 реєструються вимірювальним пристроєм 8.

У даному прикладі світло з довжиною хвилі 1,94 мкм буде носієм інформації, а друге - контрольним інфрачервоним світлом, так як воно

водою майже не поглинається. Обидва потоки з однаковою степінню залежать від характеристик паперової маси, тому на покази приладу не впливає зміна маси 1 м^2 полотна, напруги живлення, чутливості вимірювального ланцюга і т. п.

Не залежать покази приладу від забруднення і сторонніх часток між джерелом випромінювання і детектором 6, так як обидва потоки будуть послаблюватись однаково.

Прилади для вимірювання маси квадратного метру паперу і картону.

У міжнародній і вітчизняній практиці промислових вимірів маси квадратного метру (скорочено маси 1 м^2) паперового і картонного полотна переважно застосовується радіоактивні (радіоізотопні) пристрої. Вони дозволять безконтактні виміри маси 1 м^2 полотна, незалежно від виду паперу, від композиційного і фракційного його складу, від швидкості руху полотна. Також ці пристрої володіють стабільністю, надійністю і порівняльною простотою.

В останній час використовуються об'ємні НВЧ- резонатори з різними резонансними частотами для визначення маси 1 м^2 полотна окремо і у комплекті з аналогічними вологомірами НВЧ. За інформацією розробників, такі прилади більш точні, прості та дешевші ніж радіоактивні прилади.

Блок-схема вимірювальної частини таких приладів представлена на рисунку 1.5.

Полотно проходить між робочим джерелом 2 і робочою іонізаційною камерою 4. Величина іонізаційного струму у камері 4 визначається реальної масою 1 м^2 полотна. Значення що компенсує іонізаційний струм встановлюється у неробочій компенсаційній камері 5 при настроюванні джерела випромінювання 7. Настроювання здійснюється

по зразку за допомогою шторки (задавача) 6, що збирає електрони з обох іонізаційних камер підключених до загального навантажувального опору попереднього електрометричного підсилювального каскаду 8.

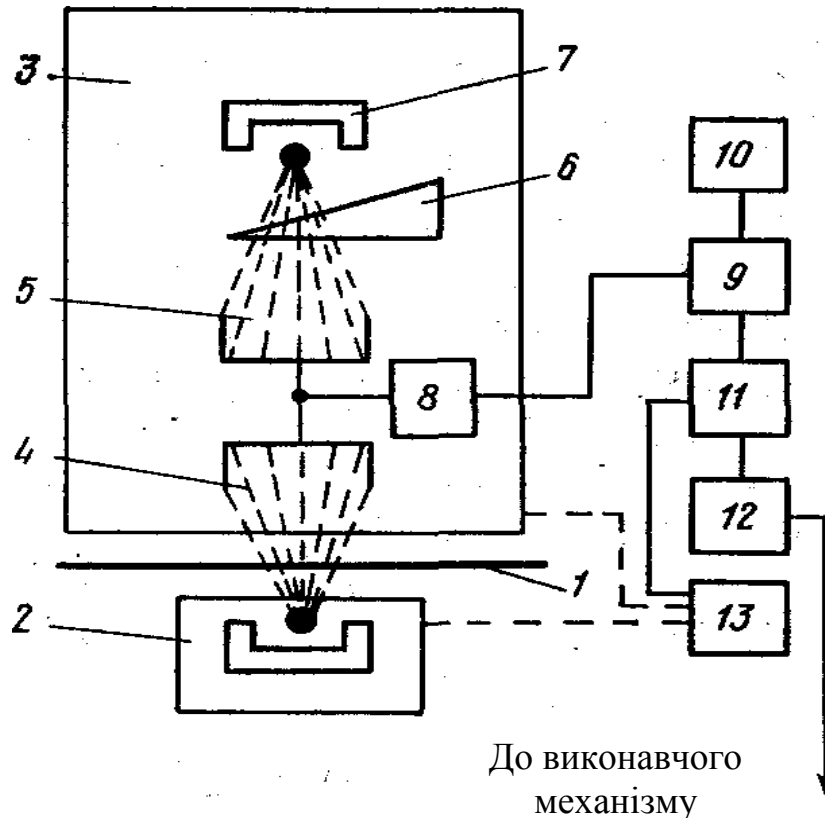


Рисунок 1.5 - Блок-схема виміральної частини НВЧ-вологоміра.

Різницевий струм (при відхиленні значення маси 1 м^2 від номінального значення) підсилюється фазочутливим підсилювачем 9. На виході останнього після випрямлення утвориться напруга постійного струму пропорційна по значенню і знаку до вимірюваного відхилення маси 1 м^2 .

Для стабілізації вихідної напруги у часі під дією навколишніх умов, у підсилювачі 9 використовується глибока негативна зворотна ланка. До виходу, підсилювача 9 підключений автоматичний електронний потенціометр 10, обладнаний змінними шкалами (г/м^2 і %) для паперу всіх видів, що випускаються на даній папероробній машині.

З виходу підсилювача 9 через блок керування 11 сигнал надходить на блок регулювання 12, з яким зв'язаний виконавчий механізм. Сканер 13 керується блоком 11, комплектується камерою робочого джерела 2 і давачем 3.

Сканер призначений для переміщення давача поперек полотна для статистичного дослідження розподілу маси по ширині полотна. Сканери використовуються двох типів. Для машин шириною до 3 м вони виконуються у вигляді скоби. Для машин шириною більше 3м сканер виготовляють у вигляді двохбалочної О-подібної конструкції.

Вимірювання маси 1 м^2 паперу і його вологості необхідне для використання вимірної інформації у системах автоматичного керування САК. Значення маси 1 м^2 і вологості випадково змінюються вздовж і поперек полотна і можуть бути уточнені шляхом статистичної обробки багаторазових вимірів.

Тому, удосконалення цих приладів повинно здійснюватись шляхом збільшення інформації про вологість і масу 1 м^2 розташуванням чи переміщенням давачів поперек паперового полотна з наступною математичною обробкою результатів вимірів. При цьому середнє значення маси 1 м^2 використовується для регулювання концентрації паперової маси, що подається у напірний ящик.

Дані про розподіл маси по поперечному профілю полотнища дозволяють керувати впускним пристроєм напірного ящика папероробної машини. А сигнал, пропорційний вологості, коректує САК нагрівання циліндрів сушильної частини паперової машини [27, 28].

1.2 Обґрунтування актуальності автоматизації процесу виготовлення паперу та вибраного напрямку розробки.

Серед розглянутих вище систем контролю найбільшого поширення набула система контролю ВПП-1 (вимірювач параметрів паперу). Вона має такі характеристики:

- вимірювач ВПП-1 призначений не тільки для технологічного контролю вологості і маси 1м^2 , а і для вимірювання зольності паперового полотна в процесі виготовлення його на папероробному обладнанні;
- система контролю призначена для відображення результатів вимірювання і формування повідомлень про вимірювання для передачі по системному послідовному інтерфейсу;
- ВПП-1 повинен застосовуватись на целюлозно-паперових підприємствах автономно, або у складі комплексу засобів контролю параметрів і може бути використаний для вимірювання вологості, маси 1м^2 і зольності будь якого паперу;
- по стійкості до кліматичних умов ВПП-1 відноситься до виконання УХЛ категорії 4 з температурою оточуючого повітря для блоку вимірювання від $+10$ до $+35^{\circ}\text{C}$ і відносною вологістю до 80° при $+25^{\circ}\text{C}$.

В залежності від вимірюваних параметрів паперу використовуються відповідні датчики, які в комплексі з блоком вимірювання (БВ) утворюють відповідну модифікацію: датчик вологості і маси 1м^2 з БВ утворюють канал вимірювання вологості, датчик зольності з БВ – канал вимірювання зольності.

Принци роботи ВПП-1 наступний:

- принцип вимірювання вологості і маси 1м^2 ґрунтується на визначені інтенсивності проходження через контрольний матеріал інфрачервоного (ІЧ) випромінювання;
- принцип вимірювання зольності ґрунтується на поглинанні рентгенівського випромінювання контрольним матеріалом.

2 Технологічна частина.

2.1 Вимоги до якості туалетного паперу та технології його виготовлення.

Папір туалетний санітарно-побутового призначення для внутрішнього ринку і для експорту виробляється у відповідності з вимогами ДСТУ 4266:2022 [29, 30, 31]. Папір виробляється з макулатури.

Папір виробляється крепованим.

Дозволяється, за узгодженням з споживачем, виготовлення паперу:

- не крепованого;
- з перфораційною стрічкою;
- з нанесенням тиснення;
- забарвленого;
- одношарового та двошарового.

Папір виготовляється в рулонах та споживчих рулончиках. Діаметр рулона повинен бути 1200 ± 50 мм, споживчих рулончиків 100 ± 5 мм.

За узгодження зі споживачем допускається виготовлення рулонів та споживчих рулончиків іншого діаметру.

Ширина споживчої стрічки в споживчому рулончику повинна бути 95-100 мм. Граничне відхилення ширини стрічки ± 3 мм.

Дозволяється, за узгодженням із споживачем, виготовлення рулончиків іншої ширини.

По показниках якості папір повинен відповідати нормам, які вказані в таблиці 2.1.

В папері не допускається дірчатість та плями розміром більше 5 мм при найбільшому вимірюванні.

Допускаються мало помітні вище перелічені дефекти, які не можуть

бути виявленні у процесі виготовлення паперу, якщо значення показника цих дефектів, визначене відповідно до ДСТУ 4266:2022, не перевищує 100%.

Таблиця 2.1.

Назва показника	Норма
Маса паперу площею 1м ² , г	35 ⁺⁵ ₋₃ 40 ⁺⁵ ₋₃
Степінь крепування, % не менше	8,0
Руйнівне зусилля, Н, не менше	3,0
- у машинному напрямі;	3,7
- у поперечному напрямі	2,1
Капілярне всмоктування, в середньому з двох напрямків, мм	30
рН холодної витяжки після холодного екстрагування	4,5-8,0
Вологість, %	4,0-8,0

Намотування паперу повинно бути щільним та рівномірним за шириною рулону або споживчого рулончику.

Обріз краю рулона або споживчого рулончика повинен бути рівним та чистим.

У рулоні паперу допускається не більше трьох обривів, у споживчому рулончику обриви не допускаються. Місця обриву паперового полотна в рулоні повинні бути відмічені кольоровими маркерами, помітними з торця рулону.

Характеристика вихідної сировини, хімікатів та допоміжних матеріалів наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Назва сировини, матеріалів, номер ДСТУ чи ТУ	Показники згідно ДСТУ або ТУ	Показники, що перевіряються на виробництві
ДСТУ 3500:2019	Макулатура не повинна містити в собі наступні домішки: ганчір'я, шкурки, шпагат із луб'яних волокон та полімерів, металеві та дерев'яні вироби, шматки скла або кераміки, каміння, вугілля, слюду, целофан, полімерні матеріали у вигляді виробів (плівок, гранул), пінопласт, штучну та натуральну шкіру, клейонку, бітум, парафін, залишки хімічних та мінеральних речовин, залишки продуктів харчування, мастила, тютюн та тютюнові вироби, кіски, нитки. Масова частка сторонніх домішок, не більше 1,0%. Вологість макулатури не повинна перевищувати 15%, розрахункова вологість – 12%.	Масова частка сторонніх домішок. Вологість.

Продовження таблиці 2.2.

Алюмінію сульфат технічний очищений	Зовнішній вигляд: незлежані пластинки, брикети, шматки невизначеної форми та різних розмірів масою не більше 10кг білого кольору. Допускаються бліді відмітки голубого та рожевого кольорів. Масова частка оксиду алюмінію не менше 16,0%. Масова частка нерозчинного у воді залишку не більше 0,3%.	Масова частка оксиду алюмінію. Масова частка нерозчинного у воді залишку.
Перекис водню технічний	Безбарвна прозора рідина. Масова частка перекисю водню 30-40%.	

Пакування та маркування.

Папір повинен намотуватися в рулони на гільзи діаметром (76 ± 6) мм, (133 ± 2) мм, споживчі рулончики без гільзи. Дозволяється, за узгодженням із споживачем намотування споживчих рулончиків на гільзи діаметром (50 ± 2) мм.

Рулончики паперу повинні бути обгорнені паперовою стрічкою або загорнуті в аркуш паперу, масою 40-60 г на 1м^2 або у поліетиленову плівку.

Дозволяється використовувати інші види паперу, якісні показники яких не гірші передбачених ДСТУ.

Рулончики пакують у ящики із гофрованого картону або у поліетиленову плівку.

Дозволяється, за узгодження із споживачем пакування рулончиків

іншим способом, забезпечуючи збереження продукції під час транспортування та зберігання.

Маркування рулончиків згідно із зразком-еталоном повинне містити: найменування підприємства виробника, його адресу, позначення продукції (найменування продукції, марка ТУ), артикул.

Маркування на ящику повинне містити: найменування підприємства виробника, його адресу, позначення продукції (найменування продукції, марка ТУ), артикул, кількість упаковок у ящику, дату виготовлення.

Для постачання на експорт маркування рулонів та ящиків повинне відповідати вимогам контракту, договору або документу, що його замінює, і додатково містити: “Виготовлено в Україні”.

Транспортне маркування – з використанням маніпуляційних знаків № 1, 3, 8.

Маркування продукції на внутрішній ринок повинне бути українською мовою, на експорт – мовою вказаною у контракті.

Токсикологічна характеристика сировини та хімікатів, що використовується під час виробництва паперу наведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

Назва сировини та хіміката позначення НТД	ГДК, мг/м ³ .	Клас небезпеки	Характер токсичної дії на організм людини
1. Макулатура ДСТУ 3500:2019	6	IV	Може викликати хімічні опіки шкіри, подразнен-ня верхніх дихальних шляхів.

Продовження таблиці 2.3.

Назва сировини та хіміката позначення НТД	ГДК, мг/м3.	Клас небезпеки	Характер токсичної дії на організм людини
2. Натр їдкий технічний ДСТУ ISO 979-2001	0,5	II	Може викликати хімічні опіки шкіри
3. Алюмінію сульфат технічний ДСТУ EN 878:2022	2	III	Може викликати подразнення верхніх дихальних шляхів
4. Барвник салотон бордо ДСТУ ISO 18451-2:2019	1	IV	Може викликати подразнення шкіри
5. Перекис водню ДСТУ 4093:2002	0,3	II	Може викликати подразнення слизових оболонок та опіки

2.2 Технологічний процес виготовлення туалетного паперу.

Технологічна схема виробництва туалетного паперу представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Технологічний процес виробництва паперу складається з наступних стадій.

2.2.1 Розмелювально-підготовчий відділ.

Розмелювання макулатури здійснюється в гідророзбивачах ГРВ-6

(поз. 1).

Гідророзбивач призначений для періодичного або неперервного розпуску волокнистих напівфабрикатів, які надходять на підприємство в сухому вигляді, а також зворотного волокнистого браку, який повертається в технологічний потік від папероробних машин. За конструкцією він має вертикальне положення вала, який призначений для розпуску забруднених матеріалів (для макулатури) [32, 33, 34, 35].

Гідророзбивач комплектується наступними додатковими пристроями: жгутовловлювачем для видалення дроту, шнурків, шпагату, ганчір'я, целофану; брудозбирачем для видалення важких відходів – металів, ґрунту, піску, скла; механізмом розрізання гуми.

Принцип дії гідророзбивачів оснований на інтенсивному турбулентному руху води і волокнистого матеріалу, який розпускається за рахунок механічних і гідродинамічних сил, що виникають при обертанні ротора з лопатями. Отримана при цьому волокниста суспензія видаляється через кільцеве сито, що розташоване навколо ротора. Концентрація волокнистої суспензії 2,5-5% при неперевному режимі роботи гідророзбивача і 3,5-6,5% - при періодичному.

В таблиці 2.4 приведено технічні характеристики гідророзбивача ГРВ-6.

Таблиця 2.4.

Продуктивність матеріалу т/добу		Об'єм ванни м ³	Потужність електродвигуна, кВт
Матеріал важко розпускається	Матеріал легко розпускається		
18	60	9	75

На рисунку 2.1 представлено загальний вигляд гідророзбивача ГРВ-6. Ванна цього гідророзбивача представляє собою зварний циліндр, який переходить знизу на конус. Він виконаний з корозійностійкої сталі.

У ванні є направляючі пристрої для покращення циркуляції маси макулатури. Для завантаження матеріалу і дотримання техніки безпеки ванна обладнана кришкою з завантажувальним отвором і штуцером для подачі води.

Роторний агрегат складається з валу, на якому консольно закріплено крильчатку. Ротор обертається від двигуна через клиноремінну передачу з частотою не менше 580хв^{-1} . Діаметр отворів кільцевих сит гідророзбивача - 6мм.

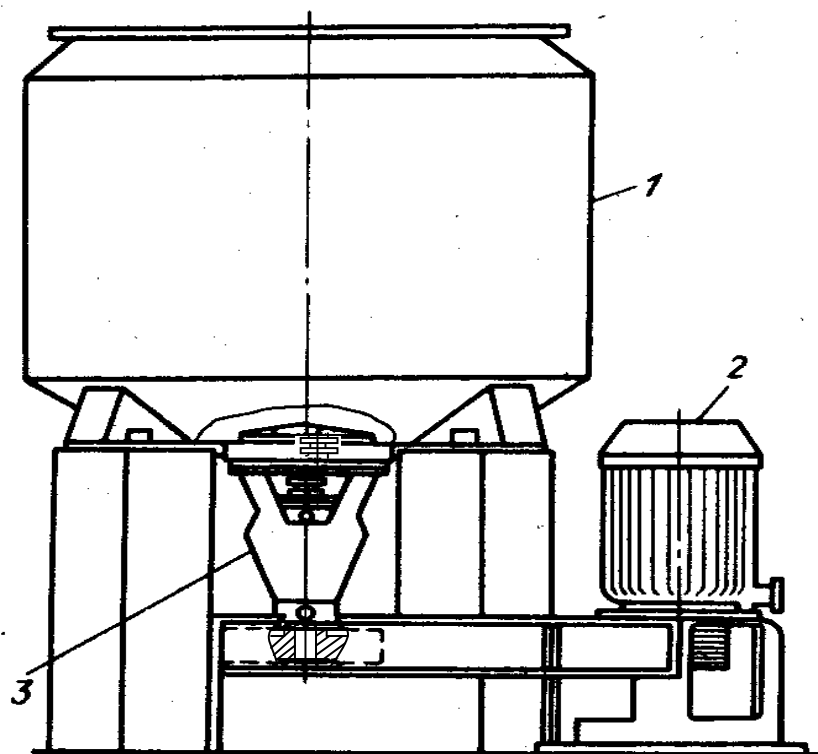


Рисунок 2.1 - Загальний вигляд гідророзбивача ГРВ-6 (1 – ванна; 2 – електродвигун; 3 – роторний агрегат).

Продуктивність гідророзбивача (т/добу) залежить від виду волокнистого матеріалу, концентрації волокнистої суспензії і її температури, а також від степені її розпуску. Її можна визначити за формулою:

$$Q = \frac{14,4 \cdot V \cdot C \cdot \tau}{t} \quad (2.1)$$

де 14,4 – імпіричний коефіцієнт;

V – корисний об'єм ванни, м³;

C – концентрація маси, %;

τ – коефіцієнт використання робочого часу гідророзбивача;

t – час розпуску повного завантаження для гідророзбивачів, хв.

В гідророзбивач подається зворотня вода із баків – збірників зворотної води (поз. 2) до 2/3 його об'єму. Гідророзбивач вмикається і ведеться рівномірне завантаження його макулатурою.

Розпущена макулатурна маса з масовою часткою волокна 2,5 – 4,5% подається насосом через очищувач маси ОМ-03 (поз. 3) на пульсаційний млин МП04 (поз. 4) і далі в праву половину спареного басейну (поз. 5). З басейна маса насосом подається на сортувалку СНС-0,5-50 (поз. 6), де очищається від важких і легких домішок і далі через згущувач маси СГД-2 (поз. 7) в ліву половину спареного басейну (поз. 8).

Тяжкі відходи сортувалки СНС-0,5-50 періодично вилучаються через спеціальні люки. Легкі відходи перемішані з масою, трубопроводом поступають на вібросортувалку СВС-2,4 (поз. 15). Очищена від легких домішок маса через сито вібросортувалки поступає в ліву половину спареного басейну. Легкі домішки поступають в бункер і далі відвозяться на звалище відходів. Із лівої половини спареного басейну маса подається в машинний басейн (поз. 9).

Із збільшенням тривалості розмолу степінь розмелення збільшується не однаково: на початку процесу, коли проходить набухання і розбивка макулатури, степінь розмелення збільшується повільно

досягаючи 25 – 30°ШР, а потім спостерігається майже прямолінійна залежність росту степеня розмелення до 45 - 50 °ШР; далі приріст степеня розмелення йде повільніше, досягаючи максимуму – 95 - 98°ШР.

Тиск при розмелюванні є одним із найважливіших регулюючих факторів процесу розмолу, що знаходиться в оберненій залежності від зазору між ножами і концентрації маси. Зазор між ножами становить 0,8мм. При розмелюванні тиск на волокна не однаковий по всій поверхні ножів і максимальне його значення приходить на робочу кромку шириною 3мм. Тиск на кромці ножа становить 3,4МПа, що в 13 разів більше від тиску розрахованого на всю площу контакту ножів.

Із збільшенням концентрації маси збільшується проміжок між ножами і тому менша кількість макулатури піддається ріжучій дії ножів. В цьому випадку, із збільшенням сили тертя підвищується і степінь набухання і фібриліровки макулатури. Тому розмол маси високої концентрації потрібно проводити з макулатури, яка легше піддається розмолу.

Сила ударів ножів F при розмолі пов'язана з концентрацією маси наступним чином:

$$F = \frac{B_s \cdot K}{C}, \quad (2.2)$$

де C – концентрація маси;
 K – постійний коефіцієнт.

Змінюючи навантаження на кромку ножів із зміною концентрації маси в невеликому інтервалі, потрібно виходити із наступного відношення:

$$\frac{B_{s1}}{C_1} = \frac{B_{s2}}{C_2}, \quad (2.3)$$

де B_{s1}, B_{s2} - відповідні навантаження на кромки ножів при концентрації маси C_1 і C_2 .

2.2.2 Папероробна машина.

На підприємстві застосовують плоскосіткову машину [36, 37]. Вона є найбільш поширена і застосовується для виробництва всіх видів паперу і картону. Вона має довгу сітку і плоский сітковий стіл.

Паперова маса з машинного басейну (поз. 9) масивним насосом подається в бак постійного рівня БПР (поз. 10), перелив з якого повертається у машинний басейн. З БПР маса поступає у трубопровід в якому розбавляється з зворотною водою до масової частки волокон.

Розбавлена маса змішувальним насосом подається на центроклинери (поз. 11) і далі через вузловловлювач УЗ-2 (поз. 12) в напускний ящик (поз. 20).

На підприємстві використовуються вузловловлювачі закритого типу з двома ситами (рисунок 2.2). Концентрація сортувальної маси в них рівна 1,3%, а розрахунковий тиск становить 0,5 МПа. Вузловловлювач складається з двох сит, що практично вдвоє збільшує його продуктивність.

Відходи від центроклинерів і вузловловлювача насосом подаються на пісочницю і далі через згущувач маси СГД-02 (поз. 14) в ліву половину спареного басейну. В напускний ящик подається сульфат алюмінію та перекис водню.

Очищена маса з напускного ящика поступає в напірний ящик (поз. 21) і через випускную частину поступає на сітку. Напірний ящик відкритого типу.

В напірного ящика відкритого типу (рисунок 2.3) є дві вертикальних поперечних перегородки, які різко збільшують швидкість потоку. Передня стінка у цьому ящика нерухома, її можна переміщувати у вертикальному і горизонтальному напрямках і регулювати таким чином висоту випускної щілини і місце подачі маси на сітку.

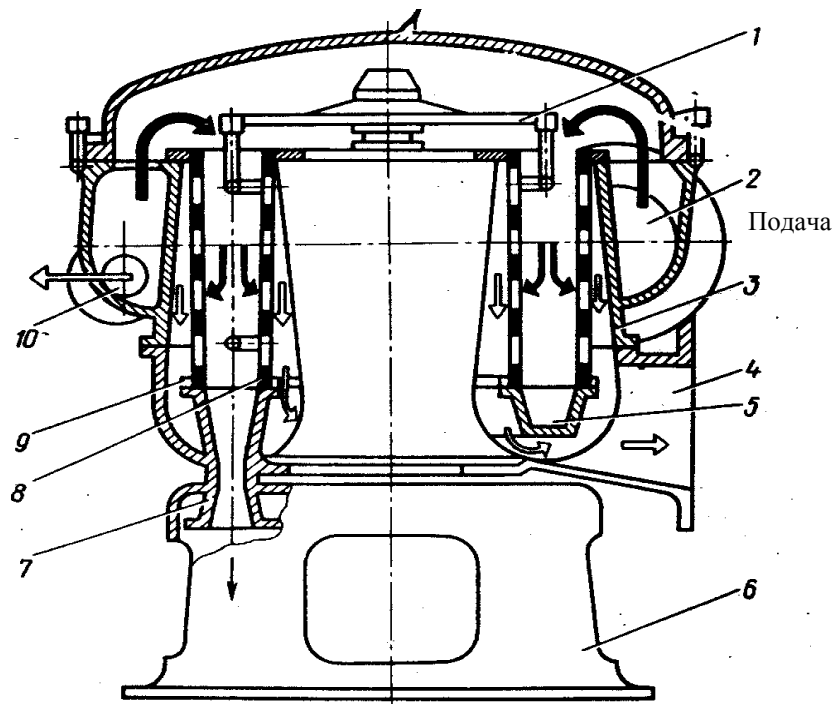


Рисунок 2.2 - Вузловловлювач закритого типу УЗ-2: 1 – ротор; 2 – впускний патрубок; 3 – корпус; 4 – патрубок очищеної маси; 5 – жолоб відходів; 6 – станина; 7 – патрубок видалення відходів; 8 – сито внутрішнє; 9 – сито зовнішнє; 10 – патрубок для видалення важких включень.

Крім того, верхня губа, встановлена в кінці передньої стінки, має пристосування для місцевого регулювання висоти щілини і вказівники, які показують деформацію губи. Напірний ящик має також піногасники, положення яких легко регулюється.

Випускна частина напірного ящика регулюється по висоті від 0 до 25мм. В середині ящика є два перфорованих валики.

Далі полотно попадає на сіточну частину. Сіточна частина – одна із важливих деталей папероробної машини, на якій проходить формування паперового полотна. Якість паперу дуже залежить як від умов поступання маси на сітку, так і від умов її обезводнення на ній.

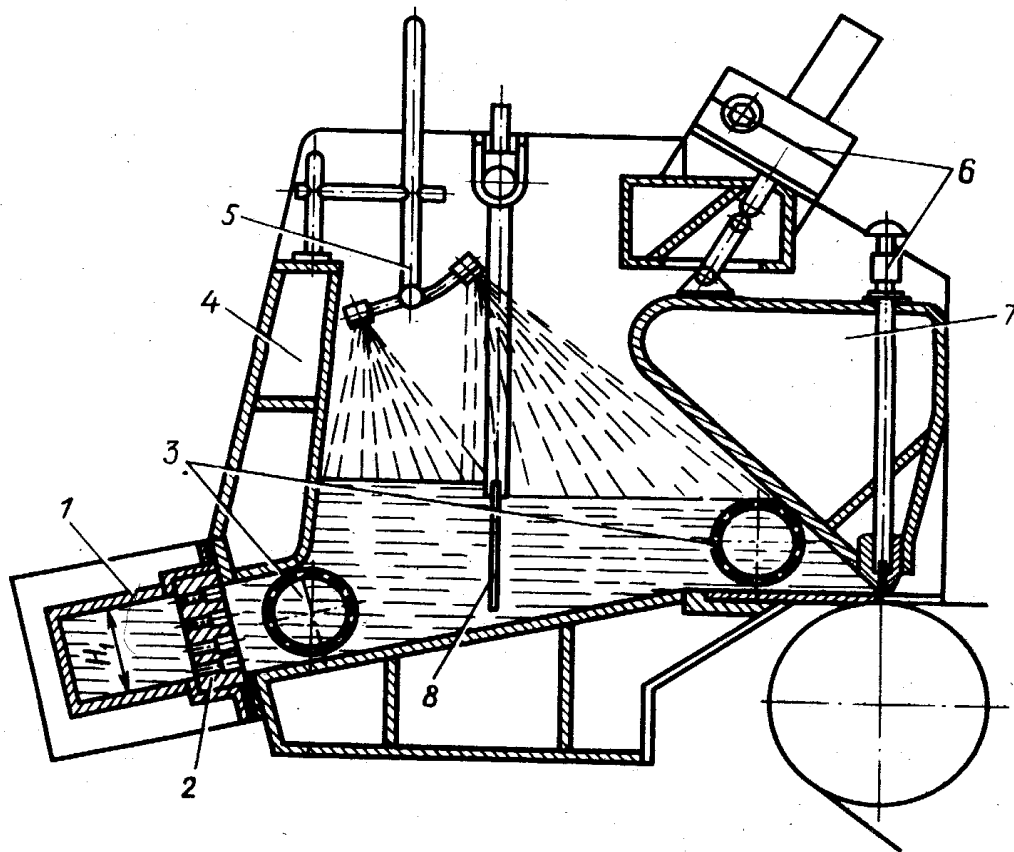


Рисунок 2.3 - Напiрний ящик вiдкритого типу: 1 – перфорована плита; 2 – колектор-потокорозподiлювач; 3 – перфорований валик; 4 – корпус ящика; 5 – пiногасник; 6 – механiзм регулювання щiлини; 7 – передня стiнка; 8 – перегородка.

Поступання маси на сiтку забезпечують масонапускнi пристрої, а формування (або вiдлив) паперового полотна – конструкцiя сiточного стола машини i умови його роботи.

Масонапускнi пристрої призначенi для рiвномiрного розподiлу потоку паперової маси, яка подається на сiтку машини. Вони повиннi забезпечити не тiльки розширення потоку маси до ширини сiтки, але i зробити його однорiдним по концентрацiї.

Для рiвномiрного розподiлу потоку маси по всiй ширинi машини застосовується рiзного типу потокорозподiлювачi.

Швидкiсть поступання маси на сiтку пiд дiєю її статичного напору

можна визначити з рівняння Торрічеллі (м/с):

$$v_{\mu} = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (2.4)$$

де μ – коефіцієнт витікання, що дорівнює 0,97...0,98;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H – висота напору маси, м.

На сіточному столі одночасно здійснюється два важливих технологічних процеси паперового виробництва – формування паперового полотна і видалення води. Ці процеси взаємопов'язані і на якість паперу мають першочергове значення, тому ними потрібно вміти управляти в потрібному напрямку.

На початку сіточного стола знаходиться вал діаметром 600мм. Він приводиться в рух за рахунок власного приводу. Для зменшення швидкості обезводнення на початку сіточного стола та регулювання процесу відливу паперового полотна, встановлюють формуючий ящик який має отвір для видалення води.

Основними обезводнюючими елементами сіточного стола є реєстрові валики. Видалення води на реєстрових валиках проходить під дією вакууму, який виникає в клиновому зазорі між валиком і сіткою на збігаючій стороні.

При роботі валиків частина видаленої із маси води поступає в зазор між валиком і набігаючою стороною і знову поступає через сітку в масу, створюючи при цьому короткотривалий імпульс тиску. Таким чином, обезводнення маси при використанні реєстрових валиків протікає під дією тиску та розрідження.

Відсмоктуюча дія реєстрових валиків прямопропорційна квадрату швидкості їх обертання, а кількість води, що видаляється, м³/с:

$$W = K \cdot v^2 \cdot r \cdot b, \quad (2.5)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від властивостей маси і опору її фільтрації;

v – кругова швидкість валика, м/с;

r – радіус валика, м;

b – довжина робочої частини валика, м.

Обезводнювання паперового полотна проводиться на реєстрових валиках та під дією вакууму на відсмоктувальних ящиках. Сухість паперового полотна після відсмоктувальних ящиків – 20...25%.

Відсмоктувальний ящик (рисунок 2.4) виготовлений із нержавіючої сталі, а його перфорована кришка із полімерного матеріалу має високу зносостійкість. Ширина відсмоктуючого ящика 290мм з живим січенням 34% від площі поверхні ящика.

Для видалення води з відсмоктувального ящика використовуються гідрозаслонки, які з'єднані з водовідділювачами і вакуумними колекторами. Вакуум в кожному відділі регулюється автоматично.

Після відсмоктувальних ящиків подальше обезводнення паперового полотна до сухості 17-22% здійснюється на відсмоктувальному гауч-валі під дією вакууму, що досягає 50-80кПа. На підприємстві використовується гауч-вал камерного чого типу (рисунок 2.5).

Гауч-вал камерного типу складається із перфорованого циліндра, що обертається, всередині якого знаходяться дві відсмоктуючі камери. Площа відсмоктування отвора вала має 7мм, роззенкована на глибину 1м. Ширина камер становить 160мм з відсмоктуючим тиском 60кПа.

На гауч-валі встановлений притискний валик, який притискає паперове полотно до перфорованого циліндра і досягається сухість полотна до 1-1,5%.

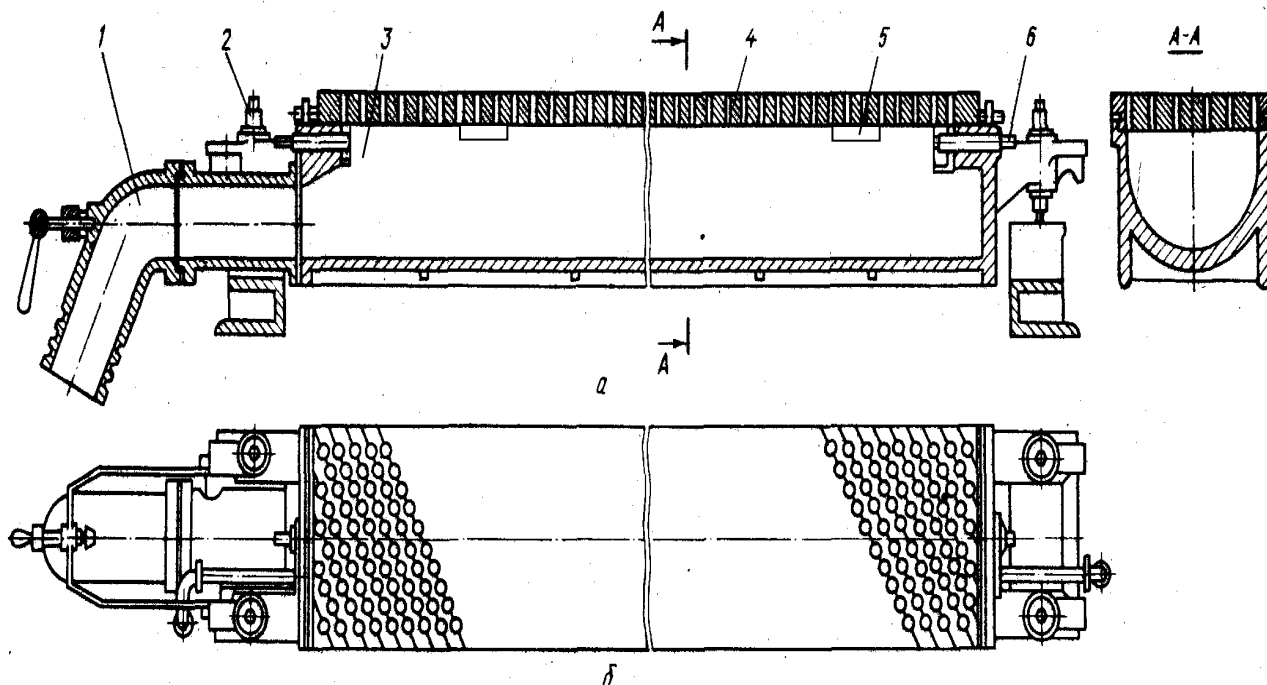


Рисунок 2.4 - Відсмоктувальний ящик: 1 – Патрубок для відводу води і повітря; 2 – болти регулювання; 3 – корпус; 4 – перфороване покриття; 5 – шибєр; 6 – гвинт для регулювання ширини відсмоктування.

Паперове полотно з сітки відсмоктувальним ящиком пересмоктується на сукно пресової частини і ним переноситься на крепциліндр. В нижній частині сукно притискається до креп цилиндра валом покритим гумою діаметром 425мм. В наслідок цього паперове полотно методом механічного видавлювання вологи ущільнюється і прилипає до крепциліндра.

Далі полотно попадає на відсмоктууючий прес (рисунок 2.6). Він має отвори діаметром 4мм і камеру 130мм, в якій підтримується вакуум 50-60кПа. Верхній вал зміщений по ходу паперу на 100мм. Обезводнення паперового полотна відбувається шляхом пресування. Відсмоктууюча камера призначена для видалення відтисненої води.

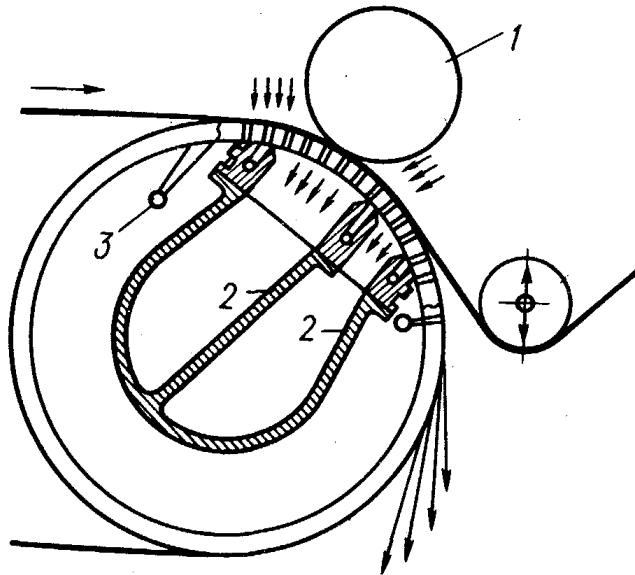


Рисунок 2.5 - Схема двохкамерного гауч-вала: 1 – притискний валик; 2 – вакуумна камера; 3 – збризкування.

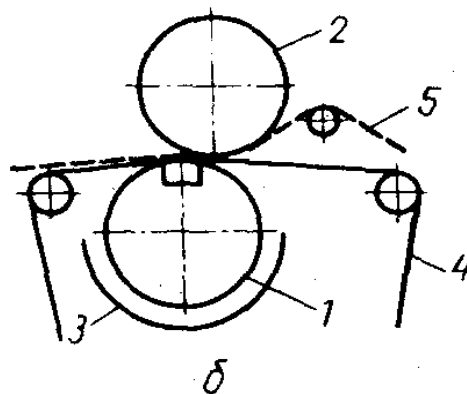


Рисунок 2.6 - Схема відсмоктуючого преса: 1 – нижній вал; 2 – верхній вал; 3 – корито; 4 – сукно; 5 – папір.

На шляху до крепуючого шабера, паперове полотно під дією температури поверхні циліндра і гарячого повітря, що подається через отвори сушильного ковпака приливно-витяжної вентиляції висушується до сухості 50%. Тиск пари в крепциліндрі - 100...110кПа, температура – 80...90°С. Температура крепциліндра – 70...80°С.

З крещиліндра паперове полотно знімається і поступає в сушильну частину. Сушильна частина складається з двох сушильних циліндрів. Ці циліндри підігріваються всередині паром і розміщені під витяжними ковпаками. Вони мають також сукно, сукносушильні циліндри, сукноведучі валики, механізм заправки паперу, натягу і правки сукна та інше допоміжне обладнання.

У зв'язку з тим, що інтенсивність сушіння різко підвищується з підвищенням температури поверхні сушильних циліндрів, це призводить до підвищення тиску робочої пари від 0,3 до 0,5...0,8МПа. Діаметр сушильних циліндрів становить 1,5м.

Тиск пари в сушильних циліндрах 250...300кПа. Температура – 135...145°С. Температура сушильних циліндрів 105...110°С.

Процес сушки паперу відбувається особливо інтенсивно, якщо над окремими сушильними циліндрами є ковпачки швидкісної сушки (рис. 2.7), в яких паперове полотно піддається одночасно контактній і конвективній сушці.

Принцип дії цих ковпачків полягає в тому, що над сушильним циліндром, на якому здійснюється контактна сушка паперу, але без сушильного сукна, папір обдувається і щільно притискається до циліндра гарячим повітрям, яке виходить перпендикулярно до поверхні паперу із спеціальних сопел із швидкістю 70м/с і температурою 200°С.

В залежності від конструкції ковпачка, параметрів повітря, температури поверхні циліндра, властивостей паперу і інших факторів можна підвищити швидкість сушки на циліндрі в 2...3 рази.

Після сушильної частини паперове полотно намотується на гільзи штангової намотки накату. Між сушильною частиною і накатом знаходиться механізм, який розрізає паперове полотно на 1200мм.

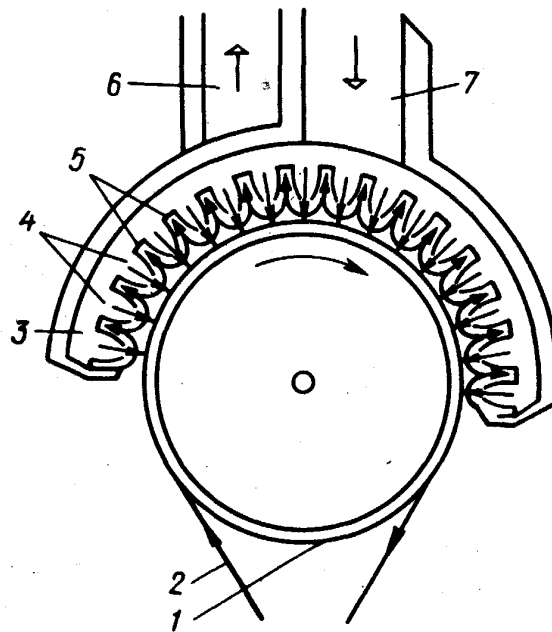


Рисунок 2.7 - Схема роботи ковпака швидкісної сушки: 1 – сушильний циліндр;
2 – паперове полотно; 3 – повітряна камера; 4 – сопла для обдування; 5 –
відсмоктуючі щілини; 6 – відвід пароповітряної суміші на регенерацію тепла; 7
– подача гарячого повітря.

Рулони паперу діаметром 900...1000мм поступають на розкат на автоматизовану лінію, де переробляються на споживчі рулончики діаметром 100мм і шириною 100мм. Споживчі рулончики намотуються на гільзи діаметром 40мм. Дальше споживчі рулончики пакуються по 48 штук у целофанові мішки і гофроящики. Ящики маркують і подають на склад готової продукції.

2.2.3 Контроль параметрів паперу.

Папір контролюється за допомогою вимірювача параметрів паперу (ВПП-1). Вимірювач ВПП-1 призначений для технологічного контролю вологості, маси 1м^2 та зольності паперового полотна в процесі його виготовлення на папероробному обладнанні, відображення результатів вимірювання і формування повідомлень про вимірювані параметри для

передачі по системному послідовному інтерфейсу.

По стійкості до кліматичних умов, ВПП-1 відноситься до виконання УХЛ 4 категорії, з температурою експлуатації блоку вимірювання від +10 до +35°C і відотною вологістю до 80% при +25°C.

Діапазон вимірювання значень вологості паперового полотна площею 1м² і масою від 16 до 250г – від 0 до 14%. Границі допуску абсолютних похибок каналу вимірювання вологості паперового полотна в робочих умовах знаходяться в межах 1%.

Діапазон вимірювання значення маси 1м² контролюючого матеріалу від 16 до 200г.

Верхня і нижня межі інтервалів, в яких з імовірністю 0,95 повинні знаходитись основні відносні похибки каналів вимірювання маси паперового полотна площею 1м², %, не більше:

$$\delta_{OM} = \pm[1,0 + 2,0(\frac{M_{MAKC}}{M_{BIM}} - 1)], \quad (2.6)$$

де M_{MAKC} - верхня границя діапазона вимірювання, г;

M_{BIM} - виміряне значення.

Границі допустимих відносних похибок каналу вимірювання маси паперового полотна площею 1м², в робочих умовах застосування, %, не більше:

$$\delta_{PM} = \pm[1,5 + 2,0(\frac{M_{MAKC}}{M_{BIM}} - 1)]. \quad (2.7);$$

Габаритні розміри давача вологості маси 1м², становлять:

- блок випромінювача – 125×230×145;
- блок приймача – 125×200×85;

Маса повинна становити не більше:

- блок випромінювача – 3кг;
- блок приймача – 2кг.

Діапазон вимірювання зольності контролюючого матеріалу від 0 до

30%.

Верхня і нижня границя інтервалів, в яких з довірчою ймовірністю 0,95 повинні знаходитись основні абсолютні похибки каналу вимірювання зольності, %, не більше:

$$\Delta_{O3} = \pm(0,5 + \frac{Z_{ВИМ}}{Z_{МАКС}}), \quad (2.8)$$

де $Z_{ВИМ}$ - вимірювальне значення зольності, %;

$Z_{МАКС}$ - верхня межа діапазона вимірювання, %.

Межі допустимих абсолютних похибок каналу вимірювання зольності в робочих умовах застосування, %, не більше:

$$\Delta_{P3} = \pm(0,8 + \frac{Z_{ВИМ}}{Z_{МАКС}}). \quad (2.9)$$

Габаритні розміри давача зольності, становлять:

- блок випромінювача – 125×160×110;
- блок приймача – 125×160×140;

Маса повинна становити не більше:

- блок випромінювача – 4кг;
- блок приймача – 3кг.

Діапазон вихідного сигналу для збереження на носії інформації - – 5...+5В.

Послідовний інтерфейс в стандарті “CL-20mA”, швидкість обміну програмується в діапазоні 150-9600 Бод.

Параметри ланцюгів управління скануючими приладами (скобою):

- тиристорний комутатор розрахований на напругу змінного струму частотою 50Гц, не більше 380В;
- струм через контакти, не більше 10А.

2.2.4 Переробка браку.

Брак паперової маси, який утворюється в сіточній частині поступає

у ванну сітководучого вала. Звідти насосом разом з надлишком зворотної води подається через згущувач маси СГД-02 (поз. 14) в ліву половину спареного басейну і далі використовується у виробництві.

Брак, що утворюється при обривах паперового полотна в сушильній частині на накаті переробляється у гідророзбивачі ГРВ-6 (поз.22).

2.2.5 Використання води.

Регістрова вода поступає в підсіточну ванну. Вода від відсмоктуючих ящиків через водовідділювач за допомогою насосу також подається в підсіточну ванну. Концентрація іонів водню в підсіточній воді повинна бути 6,0...7,0 од. рН.

Зворотня вода з підсіочної ванни насосом подається в бак постійного рівня (поз. 16), з якого поступає в масопровід перед змішувальним насосом для розбавлення маси. Надлишок зворотної води з бака постійного рівня повертається в підсіточну ванну, де переливається у ванну сітководучого вала.

З ванни зворотня вода, змішана з масою, утвореною від обривів із водою, що поступає від миючих сукно і сітку оприскувачів, насосом подається через згущувач маси СГД-02 (поз. 14) в ліву половину спареного басейна.

Параметри технологічного процесу наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5.

Назва стадій та операцій, устаткування	Назва показника	Значення показника
Спарений басейн (права половина) (поз 5)	Масова частка волокна, %	2,5 – 4,5
Спарений басейн (ліва половина) (поз 8)	Масова частка волокна, %, не менше	2,5
Машинний басейн (поз 9)	Масова частка волокна, %, не менше ступінь розмолу, °ШР	2,5
Напускний ящик (поз 20)	Масова концентрація, г/дм ³	70 – 80
- сульфат алюмінію	Витрати, дм ³ /хв	2 – 3
- перекись водню	Витрати, дм ³ /хв	1 – 2
Збірник реєстрової води	Концентрація іонів водню у рідині, од. рН	6,0 – 7,0
Відсмоктуючі ящики	Сухість паперового полотна, %	20 – 15
Пресова частина	Сухість паперового полотна, %	25 – 30
Крепциліндр	Сухість паперового полотна, %, Тиск пари, кПа	50 100 – 110
Сушильна частина	Тиск пари, кПа. Температура сушильних циліндрів, °С	250 – 300 105 – 110

2.3 Технічне нормування технологічного процесу виготовлення паперу.

Нормування розмолу паперової маси може проводитись на різноманітному розмелювальному обладнанні. В даному випадку маємо гідророзбивач ГРВ – 6.

В процесі спостереження фіксують, крім затрат робочого часу на

виконання окремих операцій, наступні дані:

- тип і модель розмелювального обладнання;
- паспортну продуктивність обладнання;
- габарити;
- концентрацію паперової маси;
- степінь розмолу маси °ШР через певні інтервали, визначені технологічним режимом і виробничим контролем;
- температуру паперової маси;
- об'єм паперової маси виробленої за час спостережень.

Використовуючи дані спостереження, можна одночасно встановлювати норми вироблення і характеризувати хід технологічного процесу. По отриманих даних встановлюють степінь завантаженості робітників, степінь зростання жирності розмолу, коефіцієнт використання обладнання та ряд інших показників, які характеризують досліджуваний процес як з точки зору технології, так і організації праці.

Нормування неперервного розмолу паперової маси, з одного боку, характеризується відсутністю ряду ручних робіт, які виконуються під час простою розмелювальних апаратів. З іншої сторони, операції по завантаженню здійснюються без зупинки процесу розмолу і, таким чином, час на їх виконання відноситься до групи перекриваючого машинною роботою часу і окремо не нормується. При проведенні спостережень необхідно фіксувати затрати часу на завантаження матеріалами розмелювальної апаратури тільки для визначення необхідної кількості робітників, зайнятих на цій операції.

Визначення продуктивності гідророзбивача.

Нехай в процесі встановлено, що протягом години в гідророзбивачах завантажено і повністю розведено 750 кг макулатури (87% сухості); маса випущена через вихідний трубопровід діаметром 200

мм з концентрацією маси 2,5%.

Добова продуктивність гідророзбивача.

$$Q = \frac{750 \cdot 24}{1000} = 18m \quad (2.10)$$

Добове вироблення розведеної маси при концентрації 2,5% становить:

$$Q_d = \frac{18 \cdot 0,88 \cdot 100}{2,5} = 634m^3 \text{ маси} \quad (2.11)$$

Папероробна машина.

Папероробна машина це неперервно діючий складний агрегат, на якому безперервно виконуються операції по формуванню паперового полотна, його обезводненню, сушці та накату.

Об'єктами спостереження можуть бути: машина, технологічний режим та робітники, які її обслуговують. В процесі спостереження фіксується час роботи і простоїв, час холостого ходу і невстановленого режиму роботи.

При спостереженні технологічного режиму, передбачають фіксацію параметрів роботи папероробної машини і технологічного процесу. В спостережувальний лист заносять наступні дані: назву виробленого паперу і основні вимоги, висунуті в ДСТУ або технічних вимогах (маса $1m^2$, вологість, зольність і т.д.).

Параметри роботи машини (швидкість, холостий хід).

Параметри технологічного режиму:

- концентрація маси в напірному ящику;
- вологість паперового полотна після пресової частини, кожної сушильної групи і накаті;
- температура на поверхні сушильних циліндрів;
- степінь розмолу маси °ШР.

Показники вироблення і якості паперу:

- маса 1 м^2 ;
- вологість;
- зольність;
- міцність на розрив, розтягування;
- інші специфічні показники.

Годинна норма вироблення папероробної машини визначається за формулою:

$$H_B^{\Gamma} = 0,06 \cdot v_{\partial\partial} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \text{ кг/год.} \quad (2.12)$$

Відповідно змінна норма буде рівна восьмикратній годинній нормі або може бути виражена іншою формулою:

$$H_B^{3M} = 0,06 \cdot v_{\partial\partial} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot T_M \text{ кг/зміну.} \quad (2.13)$$

де k_1 – коефіцієнт, який враховує холостий хід машини;

$$k_1 = \frac{T_{xx}}{T_H}, \quad (2.14)$$

де T_{xx} – час холостого ходу машини;

T_M – чистий час роботи машини;

Коефіцієнт холостого ходу може бути визначений і через вироблення:

$$k_1 = \frac{Q_{\phi}}{Q_H} \quad (2.15)$$

де Q_{ϕ} – фактична кількість виробленого паперу;

Q_H – кількість паперу, яку можна було б виробити при відсутності холостого ходу.

Холостий хід найчастіше виражається в процентах, тоді

$$k_1 = 100 - \frac{P_{xx}}{100}, \quad (2.16)$$

де P_{xx} – процент холостого ходу;

k_2 – коефіцієнт, який враховує зворотній брак;

k_3 – коефіцієнт використання робочого часу машини, який рівний

відношенню чистого часу роботи машини до повного календарного часу;

T_m – час чистої роботи машини в годинах за зміну.

Технічне нормування.

Технічне нормування, а як наслідок, встановлювані норми часу і норми виробництва впливають на собівартість продукції, найголовнішого якісного показника роботи промислового підприємства.

В собівартості паперу затрати на заробітну плату працівників (машиністів, сушильників, пресовщиків, накатчиків та ін.) складають приблизно до 10% всіх затрат підприємства.

Кожний процент зниження цих витрат дає зниження собівартості в цілому приблизно на 0,1%, тому задача технічного нормування заключається в тому, що правильно встановлюючи норму затрат робочого часу, забезпечується номінально необхідна сума затрат на оплату праці безпосередньо виконавців.

Технічне нормування здійснює суттєвий вплив на продуктивність праці, яка в свою чергу являється важливішим фактором зниження собівартості продукції. Це положення обумовлюється тим, що, по-перше, випередження росту продуктивності праці над ростом заробітної плати приводить до зменшення суми заробітної плати, яка приходить на одиницю продукції, по-друге, в собівартості продукції є так звані непропорційні (умовно-постійні) витрати, абсолютна сума яких з збільшенням кількості продукції яка випускається (ростом продуктивності праці) не змінюється, тоді як доля цих витрат, віднесених до одиниці продукції, знижується.

Види норм і методи нормування.

Норми трудових затрат можуть бути встановлені у вигляді: норм часу і норми виробітку, норм продуктивності обладнання і норм

обслуговування.

Кількісні показники норм залежить від їхньої структури, тобто процентного відношення між окремим елементами, які входять в склад даної норми. Вивчення структури норми допомагає визначати степінь впливу кожного елемента, який входить в норму, на загальний її кількісний показник.

Наприклад, при вивченні часу, який затрачається на упаковку паперу, потрібно знати, яка доля (в %) з загальних затрат часу на цю операцію приходить на підкатку рулону, його установку, намазування клею періодичне підведення паперових рулонів, клею, очистку робочого місця та інші елементи роботи.

При вивченні структури норми можна встановити фактори, які впливають на тривалість кожного елемента операції.

Всі фактори, які впливають на рівень норм, а також і продуктивності праці, можуть бути розділені на наступні групи:

- 1) ті які залежать від працівника;
- 2) ті які пов'язані з предметами праці;
- 3) ті які пов'язані з засобами праці;
- 4) ті які пов'язані з технологічним процесом;
- 5) ті які пов'язані з організацією виробництва.

До першої групи факторів відносяться: виробничий досвід і встановлена кваліфікація працівника, добре відношення до праці. Наприклад, в період освоєння нової продукції, коли в робітників ще немає виробничого досвіду, норми виробітку завжди нижчі ніж в період, коли виріб вже освоєний.

До другої групи факторів відносяться: конструкція обладнання, інструменту, пристосування; швидкості машини, потужності приводів і ін. Продуктивність папероробної машини і можлива норма виробітку паперу на ній будуть залежати перш за все від швидкості, часу роботи,

холостого ходу і т.п.

До третьої групи факторів можна віднести: вид і якість використовуваної сировини, матеріалів, напівфабрикатів; потреб, які ставляться до виробів, і ін.

Наприклад, швидкість папероробної машини, її продуктивність залежить від виду волокнистих матеріалів, від степені розмолу волокна, від потреб, які ставляться до сухості паперового полотна, та ін.

До четвертої групи факторів відносяться: встановлений технологічний режим, потреби, які ставляться до контролю виробництва, і ін.

До п'ятої групи факторів відносяться елементи організації виробництва, наприклад: як організований ремонт обладнання, як встановлені робочі місця і організоване забезпечення робочих місць всім необхідним, на скільки розкидані пункти обслуговування окремими робітниками при визначенні норм обслуговування і інші чисто організаційні фактори.

Норми часу і норми виробництва.

Нормою часу називається час, необхідний для виконання одиниці операції або роботи при визначенні організаційно-технічних умов, враховуючи передові форми праці, прогресуючу техніку і технологію виробництва. Виражається норма часу в хвилинах, годинах [38, 39, 40].

Під нормою виробництва розуміють ту кількість деталей, які повинні буту виготовлені за одиницю часу (годину, зміну) при визначенні організаційно-технічних умов, враховуючи передові форми організації праці, прогресивну техніку і технологію виробництва.

При нормуванні прийнято норму часу розглядати по відповідним елементах.

Норми продуктивності обладнання.

Нормою продуктивності обладнання називається кількісний і якісний показник режиму роботи, його можливий виробіток продукції.

Норма продуктивності обладнання встановлюється з врахуванням передових форм організації виробництва і прогресивних технологій.

Основними нормами продуктивності обладнання можуть бути: швидкість (різання, руху паперового полотна і т.п.); оберти (роликів); коефіцієнт холостого ходу; час роботи машини; коефіцієнт ефективності роботи і використання робочого часу машини; кількість виробленої продукції і ін.

В залежності від характеру встановленої норми виробництва машини, апарата, вона може бути виражена в метрах в хвилину чи секундах (швидкість); годинах (оберти); процентах (холостий хід, коефіцієнти); тонах, квадратних і кубічних метрах і інших (виробіток продукції) і ін.

Норми виробітку і норми часу на машинних роботах залежать від норм продуктивності обладнання і чим кращі норми продуктивності, тим вища норма виробітку і нижча норма часу.

Від норм продуктивності обладнання залежить і продуктивність праці на підприємствах.

Норми продуктивності обладнання залежать від наступних факторів: конструкції верстатів, машин; якості і виду сировини; стану обладнання; організації обслуговування і ремонту обладнання і ін.

Нормами обслуговування називається кількість обладнання чи робочих місць, закріплених для обслуговування за одним працівником чи число працівників, закріплених за даною одиницею обладнання для його обслуговування.

Норми обслуговування залежать від складності обслуговуваного апарата, його габаритів, об'єму функцій, що виконує кожний працівник,

структури трудомісткості робіт, трудомісткість виконуваних функцій при обслуговуванні та ін.

При встановленні норм обслуговування визначаються функції кожного працюючого, об'єм робіт по обслуговуванню, і все це заноситься в інструкційні карти кожного робочого місця.

Сумарний, аналітично-розрахунковий і аналітично-дослідницький методи нормування.

Сумарний метод нормування називається метод встановлення норм часу і норм напрацювання в цілому на всю операцію без розрахунку її на всі елементи.

Аналітично-розрахунковий метод нормування називається метод встановлення норм часу і норм напрацювань по окремим елементам операції з використанням технічного розрахунку і встановлених нормативів.

Він передбачає:

- розклад операцій на складові елементи;
- вивчення послідовності і цілі виконання кожного елемента;
- проектування раціонального складу елементів операцій;
- встановлення норм машинного часу метод технічного розрахунку, інших затрат – по діючим нормативам;
- проектування норм часу і норм напрацювання.

Аналітично-дослідницький метод називається метод встановлення норм шляхом розрахунку операцій на складаючи елементи, вивчення і вимірювання їх методами спостерігання і аналізу.

Аналітично-дослідницький метод включає:

- розкладання операцій на прийоми і рухи;
- вивчення раціонального виконання кожного елемента;
- проектування нового складу елементів і послідовності їх

виконання;

- перевірка і аналіз отриманих даних;
- встановлення норм часу і норм напруцювань.

Технічне обґрунтування нормами називається норми, встановлені аналітично-розрахунковим і аналітично-дослідницьким методами нормування, враховуючи виробничі можливості цеху і передові форми організації і технології виробництва.

Технічне обґрунтування нормами передбачає:

- виконання робіт працюючими відповідної кваліфікації;
- найбільш раціональний технологічний процес;
- строге розділення основних і допоміжних робіт;
- хороше обслуговування і забезпечення робочих місць всім необхідним;
- одночасна обробка і виготовлення декількох виробів.

Технічне нормування не обмежується розробкою технічного обґрунтування норм.

Після розробки норм вироблення необхідно втілити їх у виробництво, добитись того, щоб кожен робітник виконував і перевиконував встановлені норми.

Велике значення має аналіз встановлених технологічних процесів, режимів роботи обладнання, організації робочого місця [40, 41]. Шляхом аналізу можна відкрити невикористанні резерви росту продуктивності праці, добиваючись перегляду нераціональних прийомів, неефективних режимів, заміни відсталої техніки, застарілих інструментів, пристосіблень і т.д.

2.4 Вибір варіанту компоновання проектованої автоматизованої системи.

Розрахунок продуктивності варіантів автоматизованих систем. Вибір оптимального компоновочного вирішення автоматизованої виробничої системи.

Сучасна папероробна машина – це складний багатоопераційний агрегат, на якому протікають одночасно різноманітні процеси, пов'язані з неперервним виготовленням паперового полотна із розведеної водою паперової маси.

В даному випадку розглядаємо плоскіткову папероробну машину з обрізною шириною паперу на накаті 2400мм.

Швидкість папероробної машини – до 200 м/хв.

Продуктивність машини – 5000 т/рік.

Підвищення продуктивності папероробної машини можливе при автоматизації технологічних процесів, які протікають як на машині, так і на пов'язаних з нею допоміжних відділах [42, 43, 44]. З цією метою на папероробних машинах застосовуються різноманітні системи автоматизації і контролю.

В даній кваліфікаційній роботі розробляється пристрій контролю і вимірювання якісних показників паперу ВПП-1: маси 1м^2 , вологості і зольності.

ВПП-1 призначений для технологічного контролю вище згаданих показників паперового полотна в процесі його виготовлення на папероробному обладнанні.

Вимірювач ВПП-1 складається із давача вологості і давача зольності (ДВ і ДЗ)

Принцип вимірювання вологості і маси 1м^2 ґрунтується на визначенні інтенсивності інфрачервоного випромінення, яке проходить

через контролюючий матеріал.

Принцип вимірювання зольності ґрунтується на поглинанні рентгенівських променів контролюючим матеріалом.

Внаслідок впровадження ВПП-1, розрахункова продуктивність папероробної машини підвищиться на 10% і становитиме 5500 т/рік.

3 Конструкторська частина

3.1 Аналіз вихідних даних на проектування автоматизованої системи виготовлення туалетного паперу.

До вихідних даних належать:

- ДСТУ 4266:2022, у відповідності з якими виготовляється папір санітарно-побутового призначення (туалетний) для внутрішнього ринку і для експорту.

Папір виготовляється з макулатури.

Папір виробляється крепованим.

Папір виробляється в рулонах та споживчих рулончиках.

Діаметр рулона повинен бути (1200 ± 50) мм, споживчих рулончиків (100 ± 5) мм. Ширина паперової стрічки в споживчому рулончику повинна бути 95-100 мм. Граничне відхилення ширини стрічки ± 3 мм.

- Обсяг продукції:

Основа туалетного паперу 11 тис.т. в рік.

Рулончиків – 25 млн. штук в рік.

- Технологічний регламент виготовлення туалетного паперу, в якому відображається характеристика виробу (туалетного паперу), сировини (макулатури), допоміжних матеріалів; технологічний процес виготовлення туалетного паперу; питомі норми витрати; основні правила безпечної експлуатації виробництва; характеристика безпек, які зустрічаються при виробництві.

- Документація по базовому варіанту:

Папір туалетний санітарно-побутового призначення виготовляється для внутрішнього ринку і для експорту.

Плоскосіточна папероробна машина з обрізною шириною паперу на

накаті 2400 мм.

Швидкість папероробної машини 200 м/хв.

Продуктивність машини – 5000 т/рік.

3.2 Підбір серійного обладнання та обґрунтування необхідності проектування нестандартного обладнання для автоматизації папероробної машини.

До серійного обладнання відносяться: редуктори і електродвигуни постійного струму.

Всі редуктори - конічно-циліндричні.

Використовуємо такі типи редукторів:

- КСД 250. Технічні характеристики:

- передачне число $i=15$;
- потужність $N=40$ кВт;
- швидкість ведучого вала $n_{\max}=2000$ об/хв.

- КСД 150. Технічні характеристики:

- передачне число $i=24$;
- потужність $N=30$ кВт;
- швидкість ведучого вала $n_{\max}=1850$ об/хв.

- КСД 450. Технічні характеристики:

- передачне число $i=19,7$;
- потужність $N=85$ кВт;
- швидкість ведучого вала $n_{\max}=1650$ об/хв.

Використовуємо також різні типи електродвигунів, але усі вони постійного струму для задання необхідної швидкості.

Найпотужніші електродвигуни типу 4 ГРРМ250МУХЛЧ.

Характеристики: 80 кВт, 44В, 202А, 1500-2800 об/хв.

Збудження незалежне 220В з двома кінцями вала.

Спосіб охолодження ІС37 – з незалежною вентиляцією від стороннього вентилятора.

Щітки 3Г-71 – два комплекти.

Щітки для машин – два комплекти.

Режим роботи S1 – довготривалий.

Напрямок обертів з сторони привода – реверс.

Обґрунтування необхідності проектування, вимог і технічних показників нестандартного обладнання, що входять в автоматизовану виробничу систему.

До нестандартного обладнання відносяться:

- сіточна частина папероробної машини;
- напірний ящик;
- сушильний ковпак великого циліндра.

Сіточна частина – один із важливих вузлів папероробної машини, на якій проходить формування паперового полотна. Якість паперу дуже залежить як від умов поступання маси на сітку, так і від умов її обезводнення на ній.

Поступання маси на сітку забезпечують масонапускні пристрої, а формування (або відлив) паперового полотна – конструкція сіточного стола машини і умови його роботи.

Масонапускні пристрої призначені для рівномірного розподілу потоку паперової маси, яка подається на сітку машини. Вони повинні забезпечувати не тільки розширення потоку маси до ширини сітки, але і зробити його однорідним по концентрації.

3.3 Вибір та опис кінематичної схеми папероробної машини.

Кінематична схема папероробної машини складається з таких приводів (див. графічну частину кваліфікаційної роботи):

1) Привід сітки, який містить наступні елементи:

- електродвигун постійного струму;
- раму;
- муфту;
- тахогенератор та ін.

2) Привід пресового сукна містить:

- двигун;
- раму;
- муфту;
- тахогенератор та ін.

3) Привід крещиліндра містить:

- електродвигун;
- редуктор;
- муфту;
- тахогенератор;
- шестерню з валом.

4) Привід досушувальної групи містить:

- електродвигун;
- раму;
- муфту;
- тахогенератор та ін.

5) Привід накату містить:

- електродвигун;
- раму;
- муфту;

- тахогенератор та ін.

На кінематичній схемі також використовуються: редуктор тряски, пасова передача, зубчаті колеса, вентилятор, вентиляційний корб, ніж дисковий для розрізу полотна.

3.4 Вибір електроприводу папероробної машини.

Привід папероробної машини постійного струму представлений в графічній частині кваліфікаційної роботи.

В загальній системі роботи папероробної машини її привід розділяють на дві частини: привід самої машини і привід допоміжного обладнання, який забезпечує її нормальну роботу.

Для приводу самої папероробної машини застосовуються виключно електродвигуни постійного струму, що дозволяють плавно регулювати і точно підтримувати необхідну швидкість машини.

Використовується багатодвигунний електропривід, при якому кожна окрема привідна секція машини приводиться в рух від одного або декількох індивідуальних електродвигунів. В цьому випадку між електродвигунами і привідними секціями машини встановлюють редуктори і з'єднувальні муфти. Для більшої контактності приводу електродвигуни розміщують зверху на редукторах.

Багатодвигунний привід в порівнянні з однодвигунним займає менше місця, простіший в експлуатації, а також можлива повна автоматизація керування його роботою.

До електроприводу папероробної машини ставиться ряд вимог:

1. надійність і економічність в роботі, зручність в обслуговуванні.
2. можливість плавного регулювання швидкості машини і окремих її секцій в широких межах.

3. підтримання швидкості машини повинно бути стабільним.
4. забезпечувати можливість регулювання в необхідних межах співвідношення швидкостей окремих секцій і зберігати це співвідношення сталим, так як в процесі проходження паперового полотна через різні секції машини воно підлягає різній деформації, і якщо вказана вимога не буде виконуватись можливі обриви паперового полотна, утворення на ньому складок і інших дефектів які знижують якість паперу.
5. можливість автономного регулювання швидкості кожної секції на 2-4% для компенсації швидкості валів, пов'язаної із зміною їх розмірів при зношуванні і перешліфовуванні.
6. в період запуску машини та перевірки працездатності окремих секцій необхідно забезпечити роботу машини на холостому ході протягом 15-30хв на зниженій або допоміжній швидкості (20-40м/хв) при якій немає необхідності в підтриманні постійності співвідношень їх швидкостей.
7. забезпечувати плавний запуск будь-якої секції на допоміжній або робочій швидкості не залежно від стану інших секцій.

Електропривід обладнується спеціальною системою автоматизації, яка працює таким чином, що сигнал від задавача швидкості одної секції автоматично впливає на всі інші в такому співвідношенні, щоб запобігти послабленню або сильному натягу паперового полотна в процесі його проходження між привідними секціями машини. Привід обладнаний також автоматичною системою регулювання швидкості секцій, яка дозволяє реагувати на всі коливання навантаження на привід, зв'язаної із зміною вакууму в системі обезводнення, обривами паперового полотна.

3.5 Вакуумна система папероробної машини.

Вакуумна система папероробної машини представлена в графічній

частині кваліфікаційної роботи.

Для нормальної роботи мокрої частини папероробної машини потрібно підтримувати необхідний вакуум у відсмоктувальних ящиках, а також у камерах гауч-вала, вакуум-пресуючого пристрою, відсмоктуючого преса і сукномийки.

На сучасних високопродуктивних папероробних машинах, що вимагають великої витрати енергії на створення необхідного вакууму, замість вакуум-насосів стали застосовувати більш продуктивні, компактні й економічні в роботі багатоступінчасті турбоповітрودувки. Вони мають кілька ступеней вакууму з незалежним автоматичним регулюванням його величини, що дозволяє створити одну централізовану вакуумну систему для видалення повітря з різних вузлів технологічного обладнання для виробництва паперу.

Повітря після турбоповітрودувки має температуру 120...170°C і відносну вологість близько 1%, тому його можна успішно використовувати для вентиляції сушильної частини машини та у такий спосіб регенерувати до 60 % тепла.

Для нормальної роботи вакуумної системи папероробної машини, для зниження витрати споживаної енергії і зменшення шуму необхідно, щоб перед нею, на лінії розрідження, добре працювали водовідділювачі.

3.6 Вентиляційна система папероробної машини.

Сучасні папероробні машини обладнані складними вентиляційними системами з високою продуктивністю. По всьому шляху руху паперового полотна від напірного ящика до накату, за допомогою вентиляційних систем створюється необхідний термовологий режим повітряного середовища, що оточує полотно.

Раціональний розподіл потоків повітря, оптимальний вибір параметрів і кратність обміну повітря в сушильній частині сприяє підвищенню продуктивності стабілізації роботи машини, вирівнюючи профіль вологості полотна паперу.

Вентиляційна система папероробної машини представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

На даній схемі, повітря загальнообмінної вентиляції з теплорекупераційних агрегатів (ТРА) № 2 і 4 направляється вгору приміщення для підігріву підвісної стелі, а з агрегатів № 1, 3 і 5 - у робочу зону залу. Температура повітря загальнообмінної вентиляції може регулюватися зміною співвідношення потоків підігрітого і зовнішнього повітря, а також байпасованого потоку, крім калориферних установок.

У період встановлення виробництва в розмелювально-підготовчому цеху і залі папероробної машин передбачене повітряне опалення за рахунок рециркуляції повітря з приміщення і його підігріву в калориферах.

Під час роботи машини сушильне повітря забирається з верхньої зони залу, проходить через тепловловлювачі першого ступеня і калориферну установку, де нагрівається до більш високої температури, і направляється в розподільний канал, розташований під машиною. У цей же канал подається повітря від турбокомпресора, призначеного для створення вакууму в елементах сіткової, відсмоктувальної та пресової частин машини. Регулювати температуру сушильного повітря можна також шляхом пропуску по байпасу калориферної установки частини основного потоку.

У сушильній камері повітря асимілює водяні пари, що утворюються при випарі води, і одночасно нагрівається при зіткненні з полотном паперу і циліндрами. Пароповітряна суміш, що утворилася, надходить через кілька відводів з регулюючими засувками в збірний канал, де потоки змішуються і вирівнюються параметри суміші. ТРА № 1, 3 і 4 підключені

до сушильної частини самостійними відводами з регулюючими заслінками.

Пароповітряна суміш володіє високою ентальпією, тому її теплота використовується для нагрівання в теплорекупераційних агрегатах сушильного повітря, повітря що притікає до загальобмінної вентиляції і технологічної води. Зі збірного каналу пароповітряна суміш послідовно проходить через тепловловлювачі першої і другої ступіні, скрубери і далі осьовими вентиляторами викидається в атмосферу.

З приведеної схеми теплорекуперації скруберна вода стікає у вигляді плівки по внутрішній поверхні труб тепловловлювачів, де нагрівається при зіткненні з пароповітряною сумішшю, збирається в піддоні і далі через фільтр і збірний бак направляється на збризування пресових сукон.

У схемі машини передбачена вентиляційна установка для продувки міжциліндрових проміжків. Повітря з залу забирається вентиляторами високого тиску, підігрівається в калориферах до температури 90...100 °С і подається в перфоровані труби, розташовані в міжциліндрових проміжках.

3.7 Розроблення структурної та функціональної схем автоматизованої системи контролю.

ВПП-1 складається із ДВМ і ДЗ, які з'єднані між собою кабелями. В залежності від вимірювальних параметрів паперу використовуються відповідні датчики.

ДВМ із відповідними елементами БВ утворюють канал вимірювання вологості та маси 1 м^2 полотна.

Принцип вимірювання вологості і маси 1 м^2 полотна ґрунтується на визначенні інтенсивності проходження інфрачервоного випромінювання

через контролюючий матеріал.

Принцип роботи каналів вимірювання вологості та маси 1 м^2 полотна наступний. Від джерела випромінювання 1 (рис. 3.8, 3.9) пучок випромінювання, відбившись від дзеркала 2 по чергово проходить через ІЧ фільтри 3, 4, 16, встановлені на диску 5, який обертається електродвигуном 6. ІЧ фільтри 3, 4, 16 виділяють із спектру джерела випромінення дві полоси на інформативних довжинах хвилі і на опорній довжині хвилі.

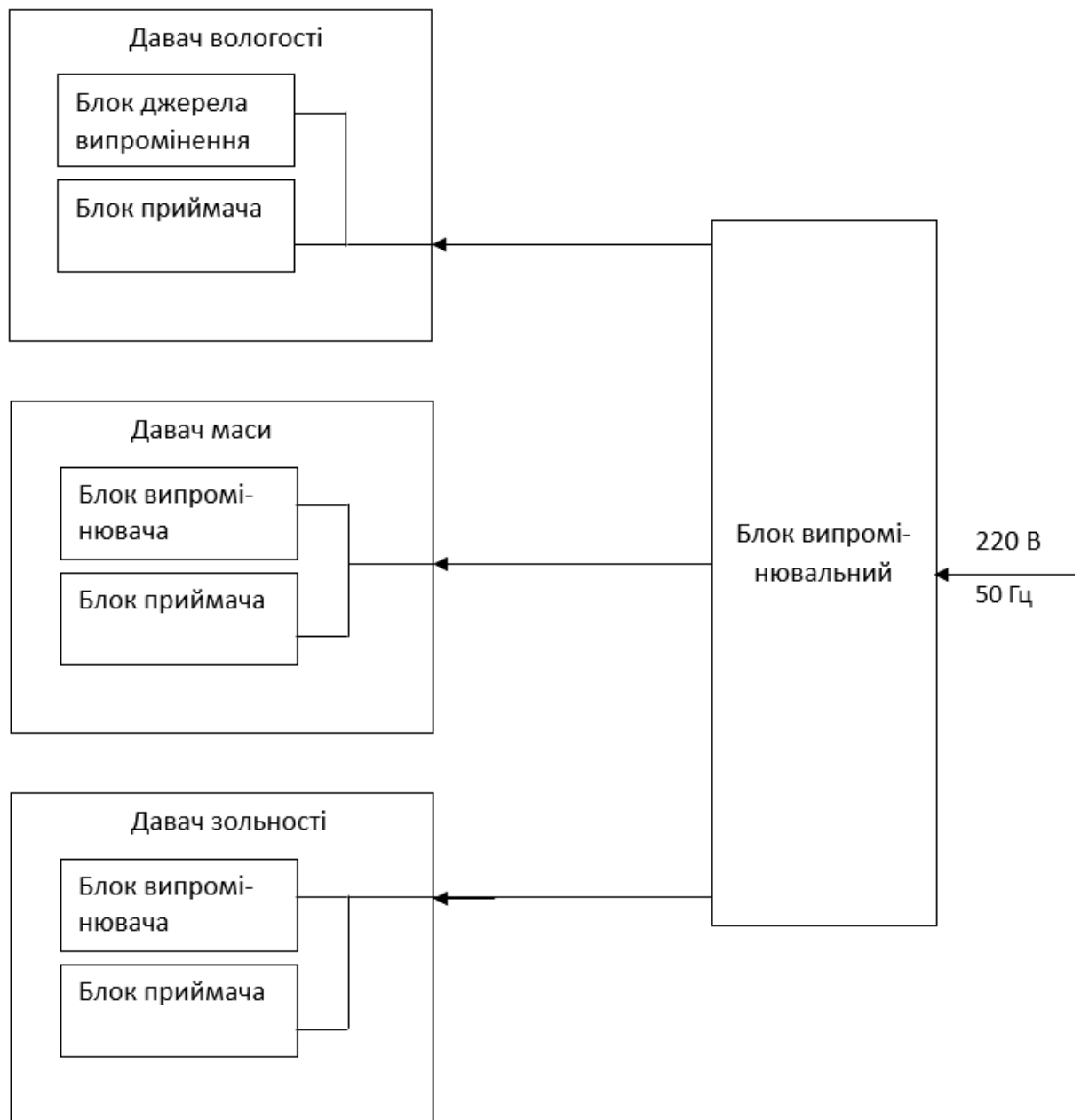


Рисунок 3.8 – Структурна схема автоматизованої системи контролю.

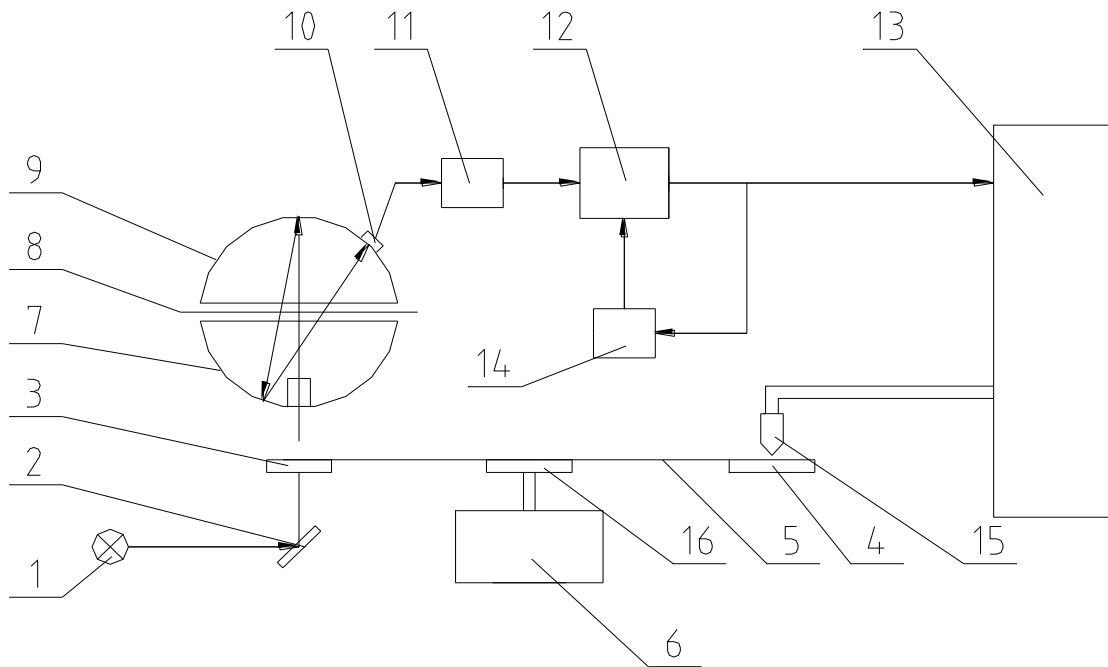


Рисунок 3.9 - Схема роботи каналу вимірювання вологості та маси 1м^2 паперового полотна: 1 – джерело випромінювання; 2 – дзеркало; 3, 4, 16, - інфрачервонні фільтри; 5 – диск модулюючий; 6 – електродвигун; 7, 9 – півкулі; 8 – контролюючий матеріал; 10 – фотоперетворювач; 11 – підсилювач; 12 – перетворювач низької частоти; 13 – блок вимірювання; 14 – АРУ; 15 – блок синхронізації.

Далі пучок випромінювання через отвір півкулі 7 попадає на контролюючий матеріал 8, який рухається в зазорі між блоками давача. При взаємодії випромінювання із матеріалом частина випромінювання відбивається, частина проходить через контролюючий матеріал.

Інтенсивність випромінювання з інформативною довжиною хвилі залежить від вмісту води у папері, відбите і розсіяне випромінювання попадає на дзеркальну поверхню півкулі 9 і знову відбивається на неї в напрямку матеріалу. Оскільки центри півкуль 7 і 9 співпадають з точкою перетину осі пучка випромінювання з матеріалом, відбите півкулею випромінювання вторинно попадає на ту ж ділянку матеріалу, яка вже була

опромінена первинним пучком.

Аналогічні явища проходять з випроміненням, яке пройшло через полотно. В цьому випадку розсіяне полотном випромінення відбивається на полотно дзеркальною поверхнею півкулі 9. Випромінення, розсіяне у визначеному куті попадає через отвір у півкулі 9 на фотоперетворювач 10, який перетворює енергію випромінення в електричні сигнали V_1 , які підсилюються підсилювачем 11 і перетворюються в перетворювачі 12 в імпульсні сигнали, частота яких пропорційна миттєвій напрузі на вході перетворювача 12. До моменту закінчення сигналу V_1 , на виході ПНЧ визначиться значення N_1 :

$$N_1 = k \cdot V_1 \cdot dt;$$

Таким чином, за один оберт диска 5 на виході ПНЧ будемо мати два коди:

код $N_{ОПІ}$ – опорного сигналу

код N_{B1} і N_{B2} – вимірювальні сигнали.

Ці коди поступають на вхід схеми АРУ 14 і одночасно на вихід контролера 13.

Вихід схеми АРУ 14 поступає на другий вхід ПНЧ 12 і підтримує постійний опорний сигнал (код $N_{ОПІ}$), на вхід контролера 13 поступають відповідні синхросигнали з блоку синхронізації 15, для розділення кодів N_{B1} і N_{B2} по окремих каналах.

В контролері коди $N_{ОПІ}$ і N_{B1} , N_{B2} опрацьовуються по заданому алгоритму:

$$M = d_1 + f(2000, N_{ОПІ}, N_{B1}, N_{ОПІ}^k, N_{B1}^k) \cdot k_1$$
$$W = d_1 + f(2000, N_{ОПІ}, N_{B1}, N_{ОПІ}^k, N_{B1}^k) \cdot k_2 \cdot M_i;$$

де d_1 і d_2 – значення підсилення, яке встановлюється перемикачами “ЗМІЩЕННЯ”.

k_1 і k_2 – перемикачами “ПІДСИЛЕННЯ”.

M_i – миттєве значення маси, яка поступає із каналу вимірювання

маси 1м^2 або середнє значення, введене в програму для даного виду матеріалу.

$f()$ – функціональний зв'язок, який зв'язує вихідні миттєві сигнали давача $N_{ОП1}$ і $N_{В1}$, $N_{В2}$ і отримані при корекції $N_{ОП1}$ і $N_{В1}$, $N_{В2}$ із значеннями вологості контролюючого паперу.

Розраховані миттєві значення вологості і маси 1м^2 усереднюються, відображаються на цифровому табло, а також зберігаються на носії інформації.

ДЗ із відповідними елементами вимірювального блоку утворюють канали вимірювання зольності.

Принцип дії оснований на поглинанні рентгенівського випромінення контролюючим матеріалом. В якості джерела рентгенівського випромінювання використовується радіоізоотоп F_{55} . Робота вимірювача зольності проходить наступним чином.

Випромінення від джерела радіоактивних випромінювань 1 (рис. 3.10) проходить через коліматор 5 і попадає на контролюючий матеріал 6. Перед джерелом випромінення 1 встановлена рухома заслонка 2, яка переміщується магнітом 3, який управляється схемою управління електромагнітом 4 по сигналах із блоку вимірювання 10.

Проходячи контролюючий матеріал випромінювання поглинається контролюючим матеріалом і попадає в іонізаційну камеру 7. Завдяки випроміненню в іонізаційній камері утворюється іонізаційний електричний струм, який вимірюється експоненціально при лінійному збільшенні щільності вимірювальної ділянки контролюючого матеріалу. В платі обробки отриманий сигнал підсилюється і перетворюється в імпульси, частота яких пропорційна іонізаційному струму камери.

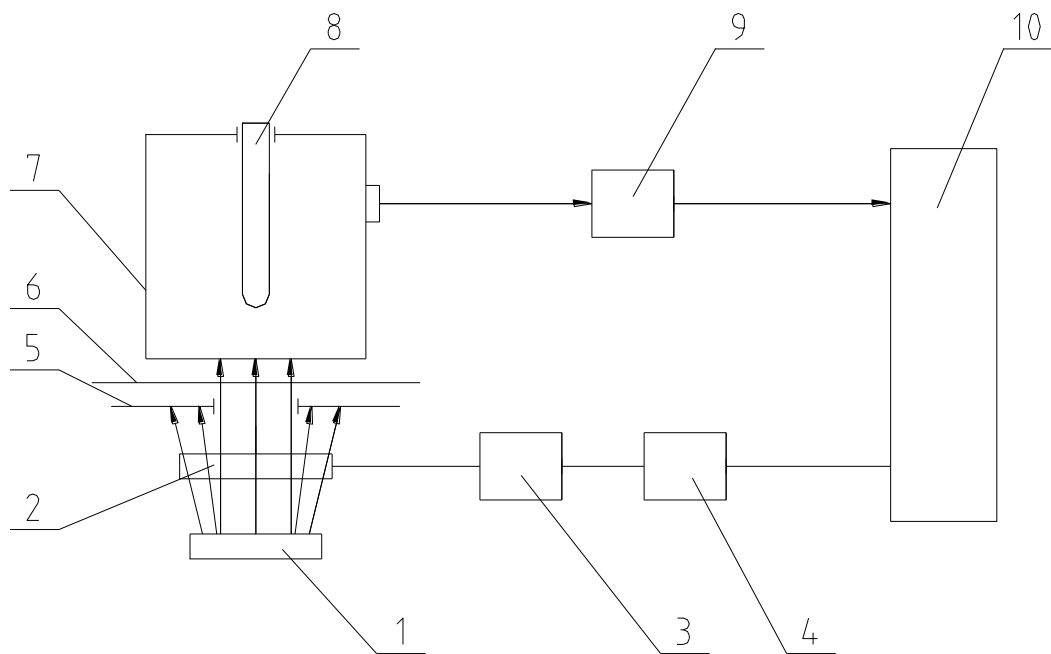


Рисунок 3.10 - Схема роботи каналу вимірювання.

- 1 – радіоактивне джерело випромінювання;
- 2. – заслінка;
- 3 – електромагніт;
- 4 – плата керування електромагнітом;
- 5 – коліматор;
- 6 – контролюючий матеріал;
- 7 – іонізаційна камера;
- 8 – електрод;
- 9 – плата обробки сигналів;
- 10 – контролер.

Отриманий сигнал поступає на контролер 10, де проходить розрахунок миттєвого значення маси 1 м^2 . При цьому враховується:

а) значення сигналу при калібровці:

N_e – з відкритим джерелом;

N_z – із закритим джерелом;

б) N_i – миттєве значення сигналу за $0,5\text{ с}$;

в) значення коректуючих коефіцієнтів:

d – адитивного – перемикачі “ЗМІЩЕННЯ”

k – мультиплікативного – перемикачі “ПІДСИЛЕННЯ”.

Значення маси 1м^2 розраховуються по залежності:

$$M = K \cdot f\left[\frac{2048 \cdot (N_z - N_e)}{(N_0 - N_z)}\right] + d(\Gamma / \text{м}^2);$$

де f – функціональний зв’язок, який зв’язує вихідний сигнал ДМ із значенням сигналу N_0 .

Розраховані значення зольності усереднюються після чого це значення висвічується на індикаторі, а також зберігаються на носії інформації.

3.8 Розроблення компонувальної схеми автоматизованої лінії виготовлення паперу.

Загальний вигляд автоматизованої лінії виготовлення паперу представлений в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Основними елементами атоматизованої системи (папероробної машини) є: сіткова частина, пресувальна частина, конвективний сушильний ковпак, сушильний циліндр, досушувальна група, повздовжня різка, накат.

Всі ці елементи є самостійними об’єктами і зв’язуються в атоматичну лінію лише паперовим полотном, тільки повздовжня різка і накат взаємозв’язані між собою.

Крім того, папероробна машина обладнана системою контролю, тобто приладом ВПП-1, який контролює параметри паперу.

3.9 Розроблення електричних принципових схем автоматизованої системи керування та контролю автоматизованої лінії.

Прилад ВПП-1 складається з двох плат: плати приймача, з якої поступає восьмирозрядний сигнал вологості, маси і зольності; плати мікропроцесора на базі мікро контролера МК51, який обробляє ці сигнали і подає аналоговий сигнал високого або низького рівня [45, 46, 47].

Блок приймача сигналів представлений в графічній частині кваліфікаційної роботи. Він призначений для приймання і підсилення сигналів (інфрачервоного і рентгенівського випромінювання), що проходять через контрольований папір, і поступають на схему мікропроцесора через аналогово-цифровий перетворювач.

Блок приймача сигналів складається із фоторизистора R1, який приймає інфрачервоне і рентгенівське випромінювання. Далі вимірюється спад напруги на фоторизисторі R1, підсилюється за допомогою операційного підсилювача D1 і подається на вхід АЦП.

Через фільтри C1 і C2 проходить живлення мікросхеми. Через вхід 3 сигнал поступає на 12-ти розрядний АЦП, мікросхему K572ПВ1, яка працює в режимі порівняння струмів, що дозволяє досягнути максимальної швидкодії.

В АЦП між входом ЦАП і входом КН А2 застосовується буферний операційний підсилювач А1 для досягнення максимальної точності і стабільності статичних параметрів перетворення. Типовий час перетворення складає 110мкс.

Підключення резисторів $R/2$ або $2R$ в ланку зворотного зв'язку операційного підсилювача, або на вхід компаратора А забезпечує зменшення U_{IRN} від 0,5 до $2 U_{REF}$ відповідно.

Полярність діапазону вхідної напруги може бути любою і

встановлюватиметься з полярністю U_{REF} .

Число розрядів перетворення може бути зменшено до довільного, шляхом подачі на вхід 27 повторного сигналу. Запуск з виходу 22 по закінченню (n+1)-го такту.

Мікропроцесорна система керування представлений в графічній частині кваліфікаційної роботи і працює наступним чином.

Електричний сигнал з контролюючих пристроїв подається на блок приймача. Там через цифро-аналоговий перетворювач величини вологості, маси і зольності поступає аналоговими сигналами на регістри EA1533IP33 DD4 і DD5. Регістри DD4 і DD5 виконують роль буфера збереження даних.

Від регістра сигнали поступають на мікропроцесор K1816BE51 DD1, сигнали, що поступили порівнюються із нормативними сигналами кодами, через які подаються сигнали на виконання технічних операцій. При високій вологості, паперове полотно проходить через комплект додаткових валів і подається через крепцилідр на сушильну частину де досушується і подається знову на прилад.

При високій зольності подається сигнал що вказує на низьку якість формування паперового полотна і воно знову подається на переробку в гідророзбивачі. Цей процес контролюється в свою чергу світловими індикаторами Н1 і Н2.

При цьому, коли вологість, маса чи зольність не відповідає нормам, тобто деякому коду сигналу, то світиться індикатор Н1 "ВКЛ КОНТРОЛЬ", даний папір що виготовляють при роботі цього індикатора вважається браком і йде на переробку.

У випадку, коли встановлюється нормальна вологість, маса і зольність спрацьовує індикатор Н2 "НОРМА ТЕХНОЛ". І тоді процес проходить без браку.

Після мікропроцесора оброблювані сигнали поступають на цифро-

аналогові перетворювачі КР572ПА1 DD2 та DD3, де обробляється в цифрові сигнали напруги, і через операційні підсилювачі DA1 і DA2 ці сигнали підсилюються і подаються на технологічні об'єкти.

4. Науково-дослідна частина

Моделювання та розрахунок основних технологічних режимів та параметрів вузлів папероробної машини.

Розрахунок напірного ящика.

Основні параметри ящика:

- ширина напуску маси 4,65м;
- швидкість маси 0,8 – 2,5м/с;
- можлива ширина відкриття випускної щілини 5 – 80мм.

Розрахункова кількість поступаючої на сітку маси:

$$Q_M = \frac{Q \cdot T_K}{T_H - T_P} \cdot \frac{1}{36 \cdot 10^5};$$

де $Q=578$ кг/год – продуктивність машини;

$T_H=0,6\%$ - концентрація в напірному ящику;

$T_P=0,20$ – концентрація маси в реєстровій воді;

$T_K=95\%$ - кінцева сухість паперового полотна.

$$Q_M = \frac{578 \cdot 95}{(0,6 - 0,2) \cdot 36 \cdot 10^5} = 0,038 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Кількість маси Q'_K , яка поступає в колектор потокорозподілювача, з врахуванням циркуляції (10%) рівна:

$$Q_K = \frac{Q_M}{0,9};$$

$$Q_K = \frac{0,038}{0,9} = 0,042 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Постійна по величині висота камери $e_0 = 300 \text{ мм}$;

Ширина камери на вході $B_0 = 850 \text{ мм}$;

Площа вихідного перерізу рівна:

$$F_0 = \epsilon_0 \cdot B_0 = 0,3 \cdot 0,85 = 0,255 \text{ м}^2;$$

Швидкість маси в колекторній камері рівна:

$$V_1 = \frac{Q_k}{F_0} = \frac{0,042}{0,255} = 0,165 \text{ м/с};$$

Визначаємо відношення $\frac{L}{\sqrt{F_0}}$

$$\frac{L}{\sqrt{F_0}} = \frac{4,65}{\sqrt{0,255}} \approx 10;$$

Тоді по відношенню $\frac{L}{\sqrt{F_0}}$ [1, 2, 3] знаходимо дві величини ширини

камери:

$$B_1 = 0,315 \text{ м};$$

$$B_2 = 0,141 \text{ м}.$$

Розрахунок відсмоктуючого ящика.

Вага відсмоктуючого ящика $G_1 = 7360 \text{ Н};$

Вага води в ящику $G_2 = 6000 \text{ Н};$

Відстань між опопами $L = 7,7 \text{ м}.$

Величина розподільного навантаження q , кН/м , яка діє на ящик, становить:

$$q = \frac{G_1 + G_2}{L} = \frac{7360 + 6000}{7,7} = 1,74 \text{ кН/м};$$

Максимальний момент M , Нм , становить:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{1,74 \cdot 7,7^2}{8} = 129 \cdot 10^2 \text{ Нм};$$

Координати центра ваги перерізу X , м , визначається по формулі:

$$X = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{F_0};$$

де F_i – площі окремих елементів січення, m^2 ;
 F_0 – загальна площа перерізу, m^2 ;
 x_i – координата центра тяжіння елемента перерізу відносно осі X , m .

$$X = \frac{0,24 \cdot 0,012 \cdot 0,006 + 2 \cdot 0,32 \cdot 0,008 + 2 \cdot 0,022 \cdot 0,012}{0,24 \cdot 0,012 + 0,32 \cdot 0,008 + 0,022 \cdot 0,012} = 0,12m.$$

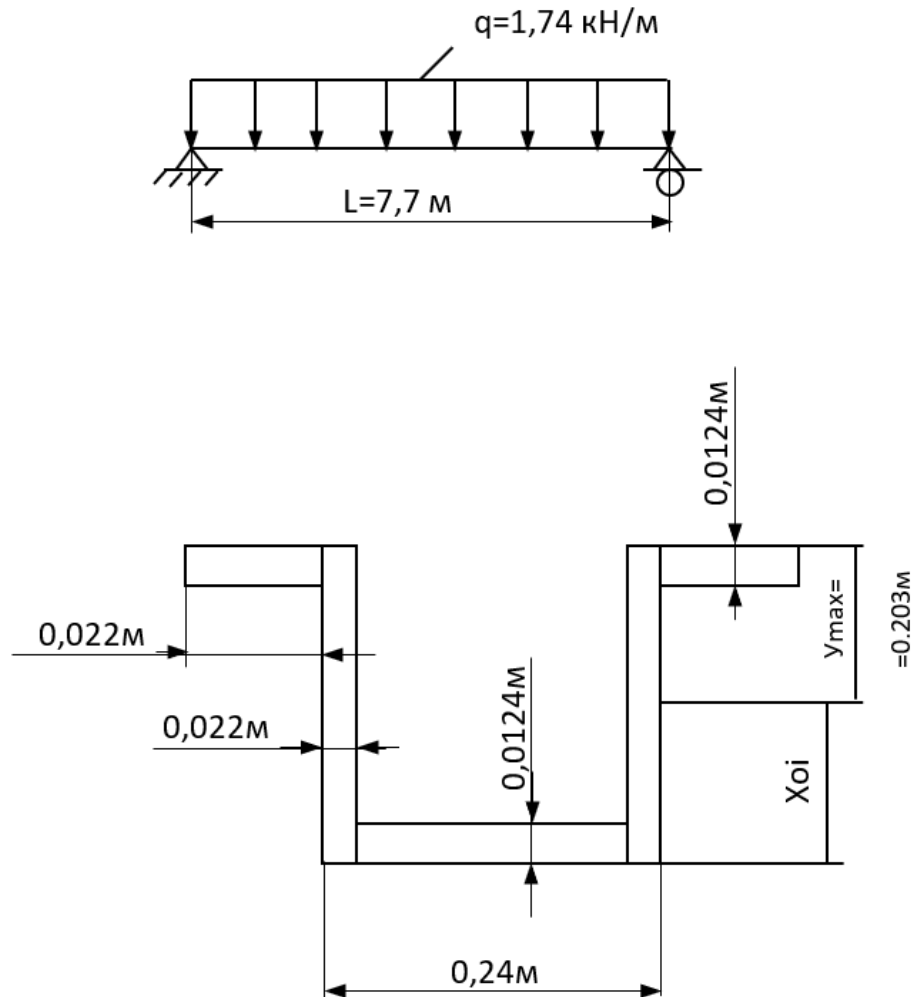


Рисунок 4.1 - Схема навантаження і поперечний переріз відсмоктуючого ящика.

Момент інерції перерізу I , m^4 , визначається по формулі:

$$I = \sum (I_i + F_i \cdot X_{oi}^2);$$

де I_i – момент інерції елемента перерізу, m^4 ;

Fi – площа елемента перерізу, m^2 ;

X_{oi} – координата центра ваги елемента перерізу відносно центральної осі перерізу, m .

$$I = \frac{0,24 \cdot 0,012^3}{12} + 0,24 \cdot 0,12 \cdot 0,114 + 2 \cdot \frac{0,008 \cdot 0,32^3}{12} + 2 \cdot 0,008 \cdot 0,32 \cdot 0,04 + \\ + 2 \cdot \frac{0,022 \cdot 0,12^3}{12} + 2 \cdot 0,022 \cdot 0,012 \cdot 0,194 = 1,1 \cdot 10^{-4} m^4;$$

Момент опору перерізу W , m^3 , рівний:

$$W = \frac{I}{I_{\max}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-4}}{0,203} = 0,54 \cdot 10^{-3} m^3;$$

Напруження згину в перерізі відсмоктуючого ящика σ , $MПа$;

$$\sigma = \frac{V}{W} = \frac{129 \cdot 10^2}{0,54 \cdot 10^{-3}} = 24 MПа;$$

Допустиме напруження $[\sigma]$, $MПа$, для сталі Х18Н9Т:
 $[\sigma] = 110 MПа > \sigma_{розр}$.

Згин ящика Y , m , рівний:

$$Y = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 1,74 \cdot 7,7^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^{-4} m = 2 \cdot 10^{-2} cm;$$

Відносний згин $f_{від}$, рівний:

$$f_{від} = \frac{Y}{L} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{7,7} = \frac{1}{38500};$$

Допустимий відносний прогин для відсмоктуючих ящиків становить:

$$[f] = \frac{1}{2000} - \frac{1}{3000};$$

Розрахунок гауч-вала.

Схема гауч-вала представлена на рисунку 4.2. Поперечне січення гауч-вала знаходиться на рисунку 4.3. Схема напружень гауч-вала представлена на рисунку 4.4.

Вихідні дані для розрахунку:

Діаметр кожуха вала зовнішній $D=0,13\text{м}$;

Діаметр кожуха вала внутрішній $d=0,121\text{м}$;

Довжина зони відсмоктування $L=6,8\text{м}$;

Ширина зони відсмоктування $v_1=0,312\text{м}$;

Ширина сітки $v=6,9\text{м}$;

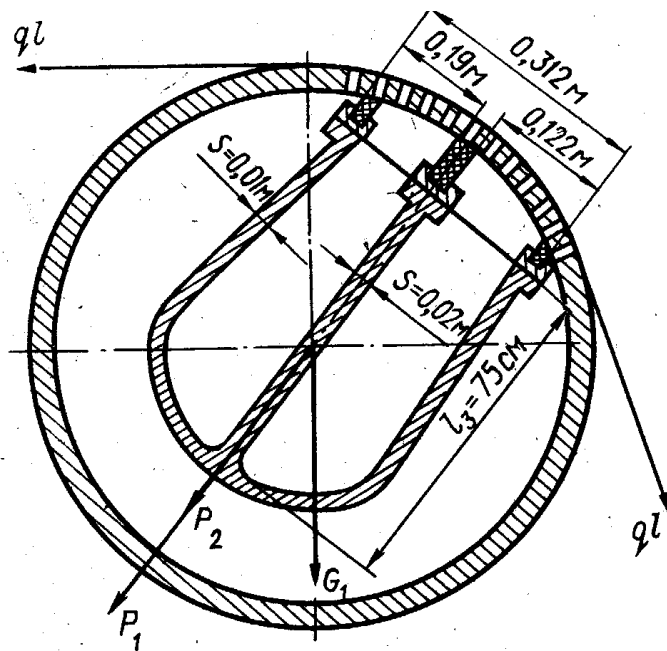
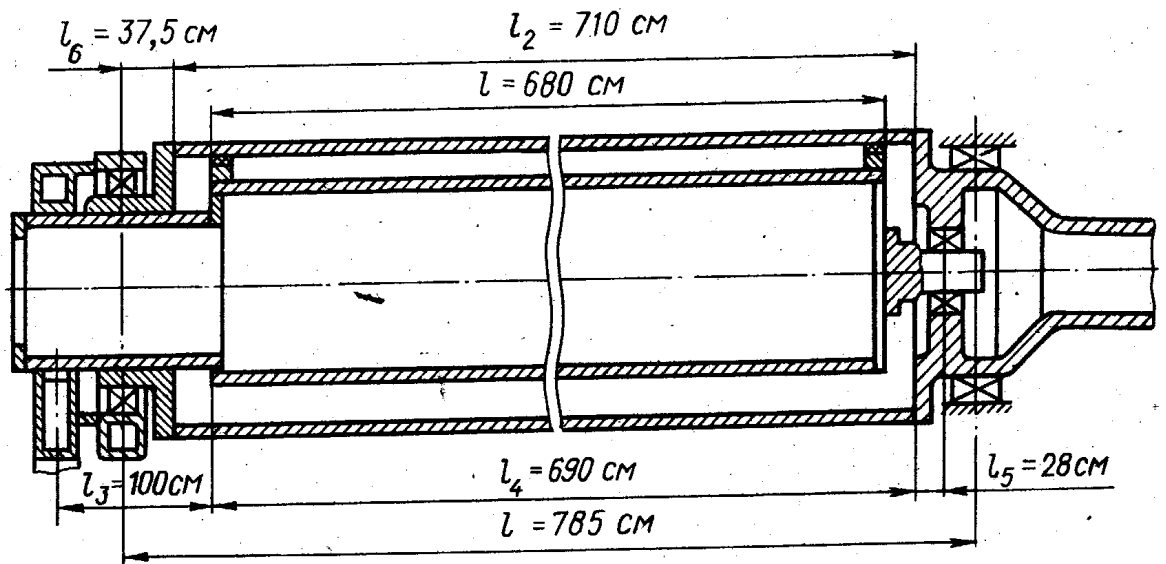


Рисунок 4.2 - Схема та поперечний переріз гауч-вала.

Натяг сітки $q=5\text{кН/м}$;

Вага кожуха $G_1=85900\text{Н}$;

Вага відсмоктуючої камери $G_2=30000\text{Н}$;

Вага цапфи лицевої сторони гауч-вала $G_3=10000\text{Н}$;

Вага цапфи привідної сторони гауч-вала $G_4=10000\text{Н}$;

Крутний момент на привідній цапфі $M_{кр}=6600\text{Нм}$;

Вакуум $P_e=0,075\text{ Мпа}$;

Матеріал кожуха бронза Бр 10-8;

Границя міцності $\sigma_e=250\text{Мпа}$;

Модуль пружності $E_{бр}=1,15\cdot 10^5\text{ МПа}$.

Навантаження від вакууму P_1 , Н рівне:

$$P_1 = P_e \cdot e_1 \cdot l = 0,075 \cdot 0,312 \cdot 6,8 = 16 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

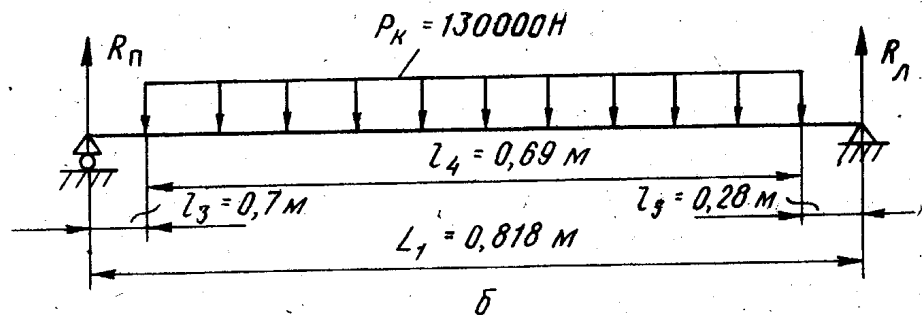


Рисунок 4.3 - Схема напружень гауч-вала.

Кут охоплення вала сіткою $\alpha=40^\circ$. В цьому випадку навантаження сітки P_2 рівне:

$$P_2 = 2 \cdot q \cdot e \cdot \sin \alpha / 2 = 2 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 6,8 \cdot \sin 20^\circ = 23,6 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

Сумарне навантаження на вал від всіх зусиль P , Н, рівне:

$$P = G_1 + P_1 + P_2 = 85900 + 160000 + 23600 = 278100 \text{ Н};$$

Опора корпусу вала з місцевої сторони витримує навантаження від ваги корпусу вала, прижиму кожуха вала і камери (при наявності вакуума в

камері), а також натягу сітки.

Реакція опори корпусу вала з місцевої сторони R_1 , становить:

$$R_1 = \frac{P}{2} + G_3 = \frac{278100}{2} + 10000 = 149000H;$$

Опора корпусу вала з місцевої сторони приймає навантаження від ваги корпусу вала, вала камери, натягу верхньої сітки.

Реакція опори корпусу вала з привідної сторони R_2 , становить:

$$R_2 = \frac{P - P_1 - G_2}{2} + G_4 = \frac{278100 + 160000 + 30000}{2} + 10000 = 74050H;$$

На відсмоктуючу камеру діють навантаження P_κ від ваги камери, направлене вниз, і зусилля від вакууму в камері, направлене вгору. Сумарне зусилля P_κ , H , рівне:

$$P_\kappa = P_1 - G_2 = 160000 - 30000 = 130000H;$$

Реакція опори камери з привідної сторони R_n , становить:

$$R_n = P_\kappa \cdot \frac{0,5 \cdot l_4 + l_5}{L_1} = 130000 \cdot \frac{0,5 \cdot 690 + 28}{818} = 59270H;$$

Максимальний згинальний момент в середньому перерізі вала M , Hm , рівний:

$$M = P \left(\frac{L}{4} - \frac{l_2}{8} \right) = 278100 \cdot \left(\frac{7,85}{4} - \frac{7,10}{8} \right) = 300 \cdot 10^3 Hm;$$

Момент інерції перерізу кожуха без врахування перфорації I , m^4 , становить:

$$I = 0,05 \cdot (D^4 - d^4) = 0,05 \cdot (130^4 - 121^4) = 356 \cdot 10^4 m^4;$$

Момент опору перерізу кожуха W , m^3 , рівний:

$$W = \frac{2 \cdot I}{D} = \frac{2 \cdot 356 \cdot 10^4}{0,130} = 54,8 \cdot 10^{-3} m^3;$$

Для врахування послаблення кожуха перфорацією застосовується приведений коефіцієнт послаблення поперечного перерізу кожуха перфорацією η .

Частина дуги t_s , cm , між крайніми отворами на зовнішньому

діаметрі $D=130\text{см}$ в умовному опорному багатокутнику рівна:

$$t_s = \frac{\pi \cdot D}{n};$$

де n – кількість отворів, які попадають в поперечний переріз кожуха на даному діаметрі ($n \approx 59$);

$$t_s = \frac{\pi \cdot 130}{59} = 6,93\text{см};$$

Небезпечний переріз можливої поломки являє собою ламану лінію, яка проходить по отворах. Число однакових відрізків, які складають ламану лінію $i=5$. Крок між отворами $S=1,59\text{см}$; діаметр отворів $d=0,80\text{см}$. Довжина ламаної лінії t'_s , см, рівна:

$$t'_s = i \cdot (S - d) = 5 \cdot (1,59 - 0,20) = 3,94\text{см};$$

Приведений коефіцієнт послаблення η поперечного перерізу кожуха визначається по формулі:

$$\eta = \frac{t'_s}{t_s} = \frac{3,94}{6,93} = 0,57;$$

Нвпруження згину в кожусі вала σ_σ^+ , МПа, становить:

$$\sigma_\sigma^+ = \frac{M_z}{W_\eta} = \frac{300 \cdot 10^3}{5,48 \cdot 10^{-2} \cdot 0,57} = 9,6\text{МПа};$$

$$[\sigma_{-1}] = 20\text{МПа}.$$

Площа опорного багатокутника Ω , см^2 , на зовнішньому діаметрі визначається по формулі:

$$\Omega = t_a \cdot t_s = 12 \cdot 6,23 = 83,2\text{см}^2;$$

де t_a – розмір опорного багатокутника, см.

Площа перерізу одного отвору w , см^2 , становить:

$$w = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,8^2}{4} = 0,6\text{см}^2;$$

Кількість отворів в опорному прямокутнику $n=38$;

Коефіцієнт живого перерізу K , рівний:

$$K = \frac{n \cdot w}{\Omega} = \frac{38 \cdot 0,6}{33,2} = 0,028;$$

Середній момент інерції перфорованого кожуха I_{cp} , $м^4$, становить:

$$I_{cp} = I \cdot (1 - K) = 356 \cdot 10^4 \cdot (1 - 0,28) = 270 \cdot 10^4 м^4;$$

Площа робочої частини вала f , $м$, становить:

$$f = \frac{P \cdot l_2^2 \cdot (12 \cdot L - 7 \cdot \epsilon)}{384 \cdot E_{бр} \cdot I_{cp}} = \frac{278100 \cdot 7,1^2 \cdot (12 \cdot 7,85 - 7 \cdot 7,1)}{384 \cdot 1,15 \cdot 10^5 \cdot 270 \cdot 10^{-4}} = 0,4 \cdot 10^{-3} м;$$

Відносний прогин рівний:

$$\epsilon = \frac{f}{l_2} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3}}{7,1} = \frac{1}{17800};$$

$$[\epsilon] = \frac{1}{14000} \dots \frac{1}{15000};$$

Отже величина прогину є допустимою.

Розрахунок відсмоктувальної камери на міцність.

При наявності вакууму тільки в одній половині камери, середня стінка витримує навантаження від різниці тисків.

Товщину середньої стінки S , $м$, визначаємо, виходячи з формули для розрахунку напружень в прямокутній пластинці, закріпленої по контуру:

$$S = 0,68 \cdot l_3 \cdot \sqrt{\frac{P_{\epsilon}}{[\sigma] \cdot [1 + (\frac{l_3}{l_2})^2]}};$$

$[\sigma] = 100 МПа$ (сталь);

$$S = 0,68 \cdot 7,5 \cdot \sqrt{\frac{0,075}{100 \cdot [1 + (\frac{75}{680})^2]}} = 1,5 \cdot 10^{-2} м;$$

Прийнята товщина стінки $S = 2 см$ - допустима.

Для розрахунку камери на повздовжній згин визначається

згинальний момент M_3 , Hm :

$$M_3 = P_k \cdot \left(\frac{L_1}{4} - \frac{l_4}{8} \right) = 130000 \cdot \left(\frac{8,18}{4} - \frac{6,90}{8} \right) = 154 \cdot 10^3 Hm;$$

Момент інерції I , m^4 , становить:

$$I = \frac{(2 \cdot S + S) l_3^3}{12} = \frac{(2 \cdot 1,0 + 2) 75^3}{12} = 140 \cdot 10^{-5} m^4;$$

Момент опору W , m^3 , рівний:

$$W = \frac{2 \cdot I}{l_3} = \frac{2 \cdot 140 \cdot 10^{-5}}{0,75} = 3,7 \cdot 10^{-3} m^3;$$

Напруження згину σ_3 , MPa , рівне:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} = \frac{154 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 10^{-3}} = 42 MPa;$$

$$[\sigma] = 55 MPa; \sigma_3 < [\sigma]$$

Розрахунок на міцність пресового вала.

На рисунку 4.5 зображення схема напружень на згин пресового вала, на рисунку 4.6 зображена схема напружень на пресовий вал.

На нижній вал преса діють власна вага вала $G=139кН$ і навантаження від маси верхнього вала Q з врахуванням прижиму.

$$Q = q \cdot l = 70 \cdot 4,7 = 330кН;$$

де $q=70кН/м$ – лінійний тиск між валами;

$l=4,7м$ – довжина лінії контакту валів.

Сумарне навантаження на нижній вал Q_n , H , для схем навантажень складає:

$$Q_n = \sqrt{G^2 + Q_1^2 + 2 \cdot G \cdot Q \cdot \cos \alpha};$$

де α – кут між вертикалю і лінією, яка з'єднує центри валів, град:

$$\sin \alpha = \frac{m}{D} = \frac{0,17}{0,85} = 0,2;$$

D – діаметр кожуха вала;

$$\cos \alpha = 0,98;$$

$$Q_H = \sqrt{139^2 + 329^2 + 2 \cdot 139 \cdot 329 \cdot 0,98} = 460 \text{ кН};$$

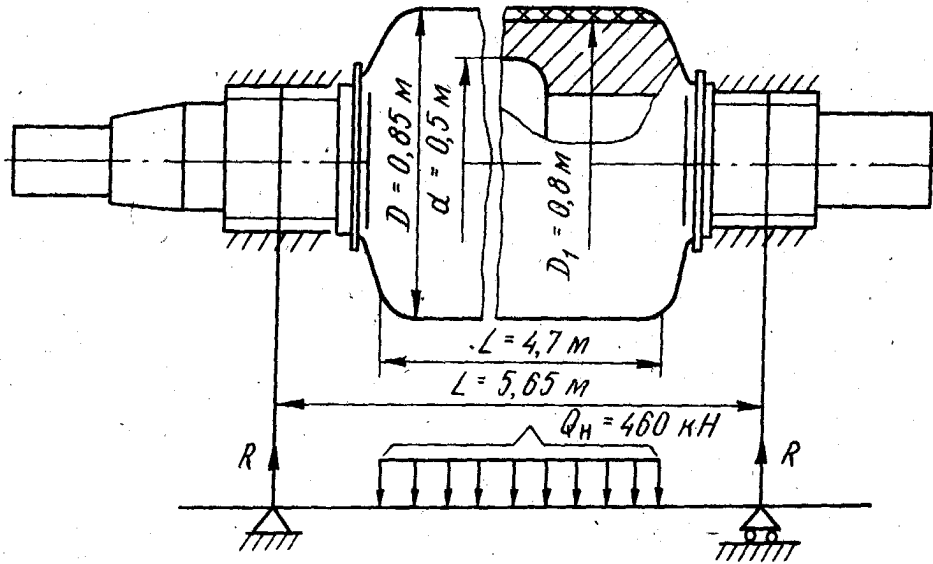


Рисунок 4.5 - Схема напружень на згин пресового вала.

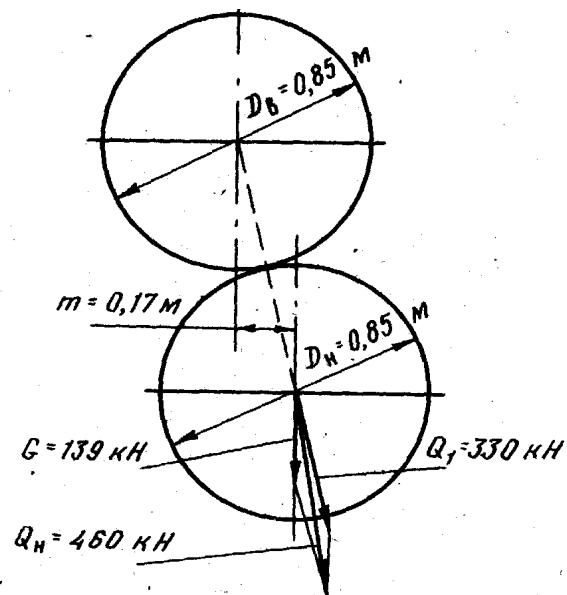


Рисунок 4.6 - Схема напружень на пресовий вал.

Максимальний згинальний момент посередині вала M_{32} , $кНм$,
рівний:

$$M_{32} = \frac{Q_H}{4} \cdot (L - \frac{l}{2}) = \frac{460}{4} \cdot (5,65 - \frac{4,7}{2}) = 379 кНм;$$

де L – відстань між осями підшипників валів ($L=5,65м$).

Момент інерції перерізу кожуха I , $м^4$, становить:

$$I = \frac{\pi \cdot (D_1^4 - d^4)}{64} = \frac{3,14 \cdot (0,8^4 - 0,6^4)}{64} = 14 \cdot 10^{-3} м^4;$$

де D_1 – діаметр кожуха без врахування резинової обгортки ($D_1=0,8м$);
 d – внутрішній діаметр кожуха ($d=0,6м$).

Момент опору перерізу вала W , $м^3$, рівний:

$$W = \frac{2 \cdot I}{D_1} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 14}{0,8} = 35 \cdot 10^{-3} м^3;$$

Максимальне напруження згину σ_{32} , $МПа$, становить:

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} = \frac{379}{35 \cdot 10^{-3}} = 1100 кПа = 1,1 МПа;$$

Допустиме напруження $[\sigma] = 15000 кПа = 15 МПа$.

Прогин вала f , $м$, рівний:

$$f = \frac{Q_H \cdot l^2 \cdot (12 \cdot L - 7 \cdot l)}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{460 \cdot 4,7^2 \cdot (12 \cdot 6,5 - 7 \cdot 4,7)}{384 \cdot 1,079 \cdot 10^8 \cdot 14 \cdot 10^{-3}} = 61,06 \cdot 10^{-5} м;$$

E – модуль пружності чавуну, $кПа$ ($E=1,079 \cdot 10^8$).

Відносний прогин вала рівний:

$$\varepsilon = \frac{f}{l} = \frac{61,06 \cdot 10^{-5}}{4,7} = \frac{1}{10000};$$

$$\varepsilon < [\varepsilon] = \frac{1}{6000} \dots \frac{1}{7000}.$$

**Розрахунок зусиль, які діють на сушильний циліндр і
розрахунок циліндра.**

Схема напружень сушильного циліндра зображена на рисунку

4.7.

Циліндр навантажений власною вагою, вагою конденсата, який заповнює циліндр, зусиллям натягу сітки, зусиллям привідної шестерні. Верхній і нижній циліндри навантажені по-різному. На верхньому циліндрі всі навантаження направлені вниз і сумуються. Вага шестерні $G_{ш}=2750H$. Шестерня 12-го циліндра передає крутний момент в точку С для приводу трьох циліндрів, в точці Е для приводу одного циліндра.

Крутний момент $M_{кр}$, $Нм$, який передається шестернею $z_2=46$ становить:

$$M_{кр} = \frac{M}{2} = \frac{1800}{2} = 900 Нм;$$

Кругове зусилля P , H , рівне:

$$P = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\sigma_d} = \frac{2 \cdot 900}{0,97} = 3800 H;$$

де σ_d – діаметр шестерні, м.

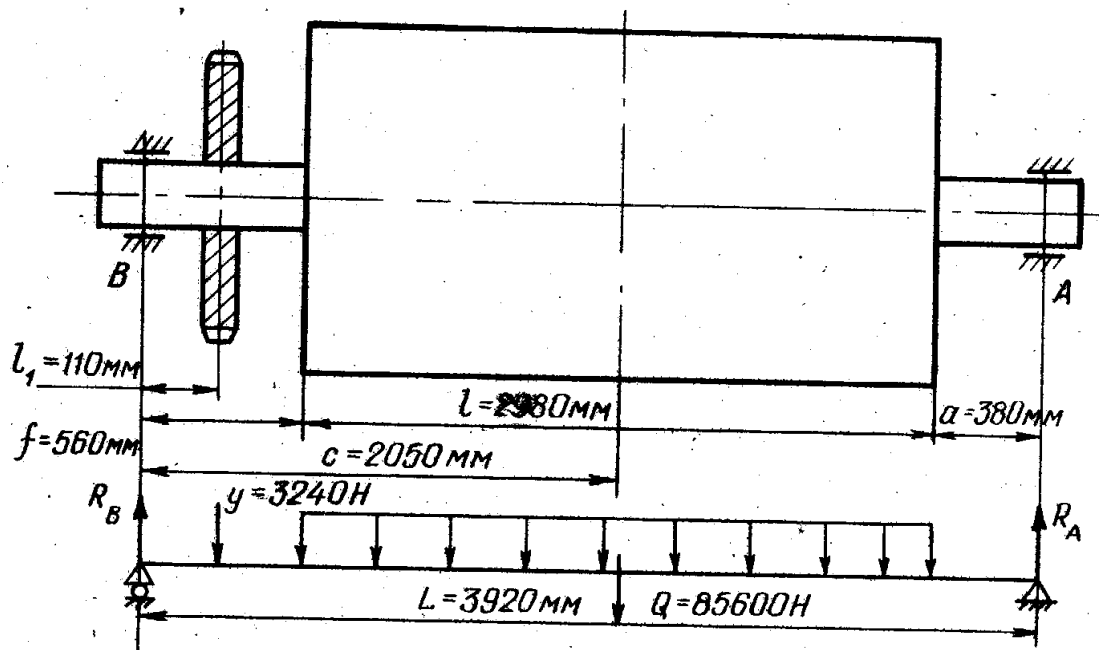


Рисунок 4.7 - Схема напружень сушильного циліндра.

Кругове зусилля в точці С – $P=3800H$.

$$T = P \cdot \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{\cos 11^\circ 53' 7''} = 1600H;$$

де β – кут нахилу зуба шестерні, град;

α – кут зчеплення шестерні, град ($\alpha=20^\circ$);

ρ – кут тертя, град ($\rho=30^\circ$).

Кругове зусилля P_1, H в точці Е, становить:

$$P_1 = \frac{P_3}{5} = \frac{3800}{5} = 760H;$$

Рдіальне зусилля T_1, H в точці Е, становить:

$$T_1 = \frac{T}{5} = \frac{1660}{5} = 330H;$$

Кругове зусилля P_3, H в точці D, становить:

$$P_3 = 3 \cdot P_1 = 3 \cdot 760 = 2280H;$$

Рдіальне зусилля T_3, H в точці D, становить:

$$T_3 = 3 \cdot T_1 = 3 \cdot 330 = 990H;$$

Сума проекцій $\sum P_y, H$ на вісь Y, становить:

$$\sum P_y = P_5 \cdot \sin \gamma - T_5 \cdot \cos \gamma - P_3 \cdot \cos \omega - T_3 \cdot \sin \omega + P_1 \cdot \cos \omega + T_1 \cdot \sin \omega + G_{ш};$$

$$\gamma = 38^\circ 36'; \omega = 8^\circ 31';$$

$$\begin{aligned} \sum P_y = Y &= 3800 \cdot 0,6239 - 1660 \cdot 0,7816 - 2280 \cdot 0,989 - 990 \cdot 0,1481 + \\ &+ 760 \cdot 0,989 - 330 \cdot 0,1481 + 3750 = 3240H; \end{aligned}$$

Сума проекцій $\sum P_x, H$ всіх сил на вісь X, становить:

$$\sum P_x = P_5 \cdot \cos \gamma + T_5 \cdot \sin \gamma + P_3 \cdot \sin \omega - T_3 \cdot \cos \omega + P_1 \cdot \sin \omega - T_1 \cdot \cos \omega;$$

$$\begin{aligned} \sum P_x = X &= 3820 \cdot 0,7815 + 1600 \cdot 0,6239 + 2280 \cdot 0,1481 - \\ &- 990 \cdot 0,989 + 760 \cdot 0,1481 - 330 \cdot 0,989 = 3160H; \end{aligned}$$

Власна вага циліндра $G_y=40000H$.

Вага конденсанта, наполовину заповненого циліндра G_{κ}, H , рівна:

$$G_{\kappa} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \gamma = \frac{3,14 \cdot 1,45^2}{4} \cdot 2,98 \cdot 10^4 = 24600H;$$

Натяг сітки N , H , становить:

$$N = 2 \cdot q \cdot \sigma = 2 \cdot 35 \cdot 300 = 21000H;$$

де q – натяг сітки ($q=35H/см$).

Сума навантажень на циліндр Q , H , становить:

$$Q = G_y + G_{\kappa} + N = 40000 + 24600 + 21000 = 85600H;$$

Сума моментів сил відносно опори В ΣM_B , HM , рівна:

$$\Sigma M_B = R_A \cdot L - Q_C - Y \cdot L_1;$$

де R_A – реакція опори, H .

$$R_A = \frac{Q_C + Y \cdot L_1}{L} = \frac{85600 \cdot 205 + 3240 \cdot 11}{392} = 44850H;$$

Реакція опори привідної сторони R_B , H , становить:

$$R_B = Q + Y - R_A = 85600 + 3240 - 44850 = 44000H;$$

Реакції на опорах використовуються для розрахунку кришок циліндра, болтового з'єднання кришки з циліндром, а також для розрахунку підшипників.

Напруження в корпусі циліндра від внутрішнього тиску σ_p , $МПа$, становить:

$$\sigma_p = 10^{-3} \cdot \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma} = 10^{-3} \cdot \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 1,45}{2 \cdot 0,025} = 14,5МПа;$$

Максимальний згинальний момент M , H , рівний:

$$M = R_A \cdot \left(\alpha + \frac{l}{2}\right) - \frac{Q \cdot l}{8} = 44850 \cdot \left(0,38 + \frac{2,98}{2}\right) - \frac{85600 \cdot 2,98}{8} = 52 \cdot 10^3 HM;$$

Момент опору перерізу циліндра W , $м^3$, становить:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D} = \frac{3,14 \cdot (1,5^4 - 1,45^4)}{32 \cdot 1,5} = 42 \cdot 10^{-3} м^3;$$

Напруження згину σ , $МПа$, становить:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{52 \cdot 10^3}{42 \cdot 10^{-3}} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,2 \text{ МПа};$$

Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа, становить:

$$[\sigma] = 30,0 \dots 40,0 \text{ МПа};$$

$$\sigma < [\sigma].$$

5. Спеціальна частина

Моделювання роботи автоматизованої системи керування лінією виготовлення паперу за допомогою «мереж Петрі».

Для аналізу даної системи керування використовуються мережі Петрі. Схема мережі Петрі представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи [48, 49].

Система керування технічним процесом папероробної машини дозволяє ефективно підвищити її продуктивність за рахунок оптимізації схеми керування. Для цього використовуються «мережі Петрі». За даною схемою можна зробити детальний опис кожної операції.

З аналізу даної мережі випливає, що за перший такт проходить 100 спрацювань.

Перехід t_2 відповідає за подачу зворотної води, спрацьовує 100 раз.

Перехід t_3 – підключення гідророзбивачів ГРВ, має 99 спрацювань за один такт.

Такт t_4 – завантаження ГРВ, спрацьовує 98 раз.

t_5 – очищення макулатури, має 90 спрацювань.

Такт t_6 – подача маси на пульсаційний млин МП-04 – 89 спрацювань.

t_7 – подача маси в праву половину басейну – 88 спрацювань.

Перехід t_8 відповідає за очищення від легких та важких домішок.

t_9 – подача маси на СГД – 86 спрацювань.

t_{10} – подача маси в машинний басейн – 85 спрацювань.

Такт t_{11} – подача в бак постійного рівня – 90 спрацювань.

t_{13} – розбавлення маси зворотною водою – 89.

Перехід t14 відповідає за подачу маси на центроклинери – 74 спрацювань.

t15 – подача маси в напускний ящик – 73.

t17 – очищення маси – 10 спрацювань.

Перехід t18 – подача маси на сітку – 10 спрацювань.

t19 – обезводнення полотна – 10 спрацювань за один такт роботи.

t20 – подача на креп циліндри – 10 спрацювань.

t21 – сушка повітрям в сушильній частині паперового полотна – 12 спрацювань за один такт роботи.

t22 – порізка полотна – 12 спрацювань.

t25 – накат паперового полотна – 9 спрацювань.

t26 – переробка на рулони.

t27 – пакування і маркування готової продукції – 9 спрацювань.

Статистики по переходах і позиціях наведені в таблицях 5.1. і 5.2.

Таблиця 5.1. Статистика по позиціях.

N п/п	Маркування			Акт.	Час маркерів	
	Тек.	МАХ.	Обмеж.		Блок.	Загальн.
1	1	1	32000	0	0	0
2	1	1	32000	0	0	0
3	1	1	32000	0	0	0
4	79	79	32000	0	0	0
5	1	1	32000	0	0	0
6	1	1	32000	0	0	0
7	0	1	32000	0	0	0
8	1	1	32000	0	0	0
9	1	1	32000	0	0	0
10	1	1	32000	0	0	0
11	9	9	32000	0	0	0
12	1	1	32000	0	0	0
13	1	1	32000	0	0	0
14	1	1	32000	0	0	0
15	0	1	32000	0	0	0
16	0	1	32000	0	0	0
17	0	1	32000	0	0	0
18	0	1	32000	0	0	0
19	0	1	32000	0	0	0
20	0	1	32000	0	0	0
21	1	2	32000	0	0	0
22	0	1	32000	0	0	0
23	0	1	32000	0	0	0
24	0	1	32000	0	0	0
25	0	1	32000	0	0	0
26	0	1	32000	0	0	0
27	0	1	32000	0	0	0

Таблиця 5.2. Статистика по переходах.

N п/п	Тип	Кільк. спрац.	Час акт. абс. (%)	Час блок. абс. (%)	Ім'я
1	TE	100	0	0.00%	0
2	TE	99	0	0.00%	0
3	TX	98	0	0.00%	0
4	TE	90	0	0.00%	0
5	TE	89	0	0.00%	0
6	TE	88	0	0.00%	0
7	TE	88	0	0.00%	0
8	TE	87	0	0.00%	0
9	TE	86	0	0.00%	0
10	TE	85	0	0.00%	0
11	TE	90	0	0.00%	0
12	TX	89	0	0.00%	0
13	TE	74	0	0.00%	0
14	TE	73	0	0.00%	0
15	TE	73	0	0.00%	0
16	TX	73	0	0.00%	0
17	TE	10	0	0.00%	0
18	TE	10	0	0.00%	0
19	TE	10	0	0.00%	0
20	TE	10	0	0.00%	0
21	TE	12	0	0.00%	0
22	TE	12	0	0.00%	0
23	TX	12	0	0.00%	0
24	TX	9	0	0.00%	0
25	TE	9	0	0.00%	0
26	TE	9	0	0.00%	0
27	TE	9	0	0.00%	0

В даній мережі Петрі початком роботи є перехід t1. Кінцем роботи є позиція p4. Для виконання ряду умов використовуються наступні переходи:

- Перехід t3 – відповідає за включення гідророзбивачів в роботу, при включенні ГРВ йде наступна операція і включається перехід t4, а коли ГРВ не включається зв'язок йде в кінець роботи, викликається наладчик.
- Перехід t12 – відповідає за перевищення максимального об'єму маси. Якщо максимальний об'єм маси не перевищує допустиме значення, то зв'язок йде на перехід t13. якщо перевищується допустимий об'єм маси, то зв'язок йде назад в позицію p11 і на перехід t11.
- Перехід t16 – відповідає за подачу в напускний ящик сульфату алюмінію та перекису водню. Якщо проходить подача даних речовин, то

зв'язок переходить на перехід t17, а якщо не проходить подача, то зв'язок йде в кінець роботи, викликається наладчик.

- Перехід t23 відповідає за контроль вологості паперу, якщо вологість знаходиться в допустимих межах зв'язок йде на перехід t24, а якщо ні, то зв'язок йде в позицію p21, на перехід t21 подача на крепциліндр.

- Перехід t24 відповідає за контроль золистості паперу, якщо золистість знаходиться в допустимих межах ланка йде на перехід t25, а якщо ні то йде в позицію p1.

Система керування процесом проходить наступним чином. Ріжучим механізмом перехід t22 нарізається полотно довжиною 50м (споживчий рулончик). Цей відрізок подається на пристрій контролю вологості. Вологість контролюється в межах 0-14%.

Перехід t23 контролює вологість. Якщо вологість перевищує задане значення, то відрізок полотна подається в позицію p21 на перехід t21 подача на крепциліндр, після якого досушується в сушильній частині. Якщо вологість знаходиться в межах 0-14%, відрізок полотна подається на давач вимірювання зольності – перехід t24.

Зольність полотна має знаходитись в межах 0-30%. Якщо зольність перевищує задані межі – це є брак виробництва і полотно подається в позицію p1 на перехід t1 – подача зворотної частоти ГРВ-6. Полотно розбивається гідророзбивачами.

Якщо зольність знаходиться у встановлених межах, то відрізок полотна подається на позицію p27 і перехід t27 – намотування паперового полотна на рулони.

Отже, моделювання системи керування технологічним процесом папероробної машини за допомогою мереж Петрі дозволяє вибрати оптимальний режим роботи системи, в залежності від кількості спрацювань на різних переходах.

Вибір оптимального режиму роботи дозволяє підвищити продуктивність обладнання, знизити капітальні і експлуатаційні затрати, знизити собівартість і підвищити якість продукції.

6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві

6.1.1 Небезпеки, що виникають при роботі на папероробній машині. Заходи по їх усуненню.

При експлуатації устаткування на всіх стадіях підготовки волокнистої маси та виробництва паперу на обслуговуючий персонал можлива дія наступних факторів:

- рухомі частини машин та механізмів;
- рухомі незагороджені елементи устаткування;
- підвищення температури та вологість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочих місцях та в цеху;
- підвищена температура поверхні обладнання в сушильній частині;
- небезпечний рівень напруги електромережі, замкнення якої може пройти через тіло людини;
- запиленість;
- виникнення статичної напруги;
- недостатнє освітлення робочої зони.

Рівні небезпечних та шкідливих вищевказаних факторів у виробничих приміщеннях та на робочих місцях не повинні перевищувати гранично-допустиме значення, передбачених діючими “Санітарними нормами проектування промислових підприємств”, затверджених ДержБудом України, а також гігієнічними нормами Міністерства охорони здоров’я України.

Допустимі рівні небезпечних та шкідливих факторів:

- рівень шуму не перевищує 80дБ;

- допустима температура повітря в робочій зоні в холодний період року 21-23°C, в теплий – 22-24°C;
- відносна вологість повітря в робочій зоні – 40-60%;
- швидкість руху повітря в робочій зоні не більше 0,2м/с.

Для забезпечення безпечної роботи потрібно дотримуватися таких вимог:

а) фабрика повинна бути забезпечена нормативно-технічною документацією, затвердженим регламентом, технологічними картами, інструкціями, журналом прийняття та передачі змін, журналом оперативного контролю по охороні праці, графіком попереджувально-планового ремонту устаткування;

б) до самостійної роботи допускаються працівники, які попередньо пройшли медогляд, навчені безпечним методам праці, атестовані по знаннях правил та вимог безпечної праці, протипожежної безпеки, а також проінструктовані на робочих місцях із записом в журнал інструктажу по закінченню терміну стажування. Повторний інструктаж працівників на робочих місцях проводиться щоквартально в період першої декади першого місяця кварталу;

в) в цеху обов'язково повинна працювати припливно-витяжна вентиляція;

г) обертальні та рухомі частини машини повинні мати огороження та сигнальне розфарбування;

д) згідно з “Типовими галузевими нормами“ робітники забезпечуються безкоштовним спецодягом, спецвзуттям; запобіжними засобами для безпечної праці;

е) виробничий корпус повинен бути оснащений первинними засобами пожежегасіння. В цехах відводять кутки для куріння, які узгоджені з пожежною частиною фабрики;

є) головні правила здачі устаткування в ремонт, підготовка та

проведення ремонту, а також пуск в експлуатацію проводяться згідно правил та положень;

ж) сировина, яка надходить на виробництво проходить відповідний нагляд, приймається у відповідності з діючими державними стандартами та технічними умовами і, при задовільній якості, зберігається на складі сировини фабрики.

Аварійні стани та заходи по їх усуненню.

1. Загорання паперового полотна, браку, пилу в сушильній частині папероробної машини.

Сповістити пожежну охорону, відключити вентиляцію, вжити індивідуальних заходів пожежегасіння та автоматичної системи, відключити технологічну пару в сушильному циліндрі.

2. небезпечний рівень напруги в електромережі.

Відключити електроенергію.

3. Зупинка обладнання в холодний період при відсутності тепла та пари.

Щоб не виникло замерзання потрібно звільнити всі трубопроводи, насоси, млини, від води та маси, а також відкрити дренажні вентилі та люки.

4. Припинення надходження маси на млини при закупорці на вхідному трубопроводі.

Зупинити технологічне устаткування, провести необхідний ремонт та профілактику.

5. Припинення надходження технічної води.

Зупинити технологічне устаткування та закрити резервний насос технічної води, провести ремонт насосу технічної води, зупинити технологічний процес у відповідності з інструкцією.

6.1.2 Захист від статичної електрики.

Заряди статичної електрики утворюються при терті речовини з різною діелектричною проникністю: метал до напівпровідників або діелектрики, напівпровідники один до одного або до діелектриків, діелектрики один з одним. Крім електризації, в результаті тертя при переміщенні, русі можлива також електризація на відстані наведення зарядів через індукцію без безпосереднього контакту зарядженого тіла і провідника в нейтральному стані.

При статичній електризації напруга відносно землі досягає тисяч, а іноді й сотні тисяч вольт. Значення напруги залежить діелектричних властивостей речовини, стану контактуючих поверхонь і швидкості переміщення цих речовин.

Небезпечність зарядів статичної електрики проявляється в можливості виникнення електричних зарядів в просторі, впливу на обслуговуючий персонал і порушення нормального ходу технологічного процесу. Виникнення електричних зарядів може бути причиною спалаху суміші повітря з горючими газами, парами або пилом, тобто ініціювати пожежі і вибухи.

Вплив статичної електрики на обслуговуючий персонал здійснюється в розрядах статичних зарядів через людину і впливі електростатичного поля. Безпосередньо струм розряду не є небезпечним, така як час його протікання через тіло людини малий (рівний мілісекундам). Такі короткотривалі імпульси можуть викликати супроводжуючи болючим уколом електричні удари, які приводять до зляку, що є небезпечним при роботі з рухомими частинами обладнання або на висоті.

Боротьба із небезпечним виявленням зарядів статичної електрики проводиться в двох напрямках: застереження накопичених зарядів і утворенням вибухонебезпечних концентрацій газів, парів або пилу.

Застереження небезпечності електростатичних зарядів досягається заземленням обладнання, підвищенням поверхневої провідності діелектриків, іонізацією середовища, зменшенням небезпечності статичної електризації горючих рідин.

Заземлення є основним способом захисту для металевого обладнання, якщо його поверхня не покрита емаллю або на ній не утворюється осад і непровідних речовин.

Як правило, заземлення здійснюється в двох місцях. Заземлюються металічні конструкції, призначені для переробки, збереження або транспортування горючих і легкоспалахуючих рідин, горючих газів і пелевидних продуктів. Опір заземлюючого пристрою допускається до 100 Ом.

Поверхневу провідність діелектриків підвищують двома способами: підвищення відносної вологості повітря із застосування антистатичних мас.

При високій відносній вологості повітря (70% і більше) на поверхні матеріалів адсорбується плівка води з деякою кількістю мас, яка підвищує поверхневу провідність речовин.

Для підвищення вологості повітря використовують кондиціонери. Іноді цей спосіб не можна застосувати через технологічний характер (плівка води приводить до браку продукції), якщо матеріал міститься при високій температурі (плівка не утворюється на поверхні) і якщо швидкість переміщення зарядженого матеріалу більша швидкості утворення поверхневої плівки.

Для отримання плівки води на поверхні можна охолоджувати матеріали до температури нижче температури навколишнього середовища. Найкраще цей спосіб застосувати в зимових умовах, коли статична електрика проявляється дуже сильно і на охолодження матеріалів практично не вимагається додаткові затрати.

Антистатичні маси створюють поверхневі плівки на матеріалі з питомим опором менше $10^7 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Рекомендується застосовувати напівпровідникові керамічні покриття (розпилення, випаровування або фарбування), провідну гуму або антистатичну пластмаси (в пасових передачах і стрічкових транспортерах застосовують антистатичну змаску внутрішньої поверхні пояса або стрічки).

Іонізація повітря полягає в нейтралізації поверхневих електростатичних зарядів іонами протилежного знаку. Вона здійснюється нейтралізаторами. По принципу дії нейтралізатори бувають індукційними, високовольтними, радіоактивними і комбінованими.

Небезпечність статичної електризації рідин можна знизити або відвернути додатковими способами:

- 1) підвищенням електропровідності рідини;
- 2) зниженням швидкості руху рідин-діелектриків.

Степінь електризації рідини залежить від складу і концентрації мас, стану внутрішньої поверхні трубопроводу, в'язкості і густини рідини, швидкості її руху, діаметра і довжини трубопроводу.

У виробничих приміщеннях, де нема небезпеки вибуху або пожежі, персонал може тривалий час знаходитися під високим потенціалом, піддаватися впливу струмів електризації і розрядних струмів. До джерел електризації відносяться підлоги, коврики і доріжки із синтетичних матеріалів, взуття на підборі із матеріалів із великим опором (гума, каучук, замінники шкіри), одяг із синтетичних матеріалів і т.д.

Для захисту людей від статичної електрики необхідно мати електропровідні підлоги в приміщеннях і взуття з електропровідною підошвою.

6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Захист людини від впливу іонізуючих випромінювань.

Іонізуючими випромінюваннями називається будь-який вид випромінювання, взаємодія якого із середовищем зумовлює утворення електричних зарядів різних знаків. Проникаючи в організм людини, іонізуюче випромінювання зумовлює появу заряджених частинок – вільних електронів. Вільні електрони взаємодіють із сусідніми атомами, іонізують їх, що супроводжується зміною структури молекул, руйнування міжмолекулярних зв'язків.

Іонізуючі властивості мають космічні промені, природними джерелами іонізуючих випромінювань на землі є радіоактивні речовини. Штучні джерела іонізуючих випромінювань – ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, штучні радіоактивні ізотопи.

Джерела іонізуючих випромінювань широко застосовуються в різних галузях народного господарства для дефектоскопії металів, контролю якості зварних з'єднань, автентичного контролю технологічних операцій тощо. Вони використовуються також у сільському господарстві, геологічній розвідці, медицині, атомній енергетиці і т.п.

До іонізуючих випромінювань відносять альфа-, бета-, гамма-випромінювання, рентгенівське випромінювання, потоки нейтронів та інших ядерних частинок, космічні промені.

Альфа-випромінювання – це потік альфа-частинок позитивно заряджених ядер атомів гелію, які випускаються при радіоактивному розпаді ядер. Альфа-промені характеризуються великою іонізуючою і малою проникаючою здатністю, у результаті чого альфа-частинки не

проникають через зовнішній шар шкіри. Шкідливий вплив на організм людини проявляється при перебуванні її в зоні дії речовини, яка випромінює альфа-частинки.

Бета-випромінювання являє собою потік електронів або позитронів, які випромінюються ядрами атомів радіоактивних речовин при радіоактивному розпаді. Максимальний пробіг у повітрі становить 1800 см, у живих тканинах 2,5 см. Іонізуюча здатність бета-частинок нижча, а проникаюча вища, ніж альфа-частинок, через те, що їхня маса значно менша і за однакової з частинками енергії вони мають менший заряд.

Гама-випромінювання – височастотне електромагнітне (фотонне) випромінювання, яке випускається при ядерних перетвореннях або при взаємодії частинок. Гама-випромінювання має високу проникну здатність і малу іонізуючу дію.

Нейтронне випромінювання – це потік нейтронів, які перетворюють свою енергію у пружних і не пружних взаємодіях з ядрами атомів. При не пружних взаємодіях виникає вторинне випромінювання, яке складається як із заряджених частинок, так із гама-випромінювань. При пружних взаємодіях можлива звичайна іонізація речовини. Проникаюча здатність нейтронів велика.

Рентгенівське випромінювання, що виникає при бомбардуванні речовини потоком електронів, є також електромагнітним випромінюванням. Воно може виникнути в будь-яких електровакуумних установках, що мають малу іонізуючу здатність і велику глибину проникнення.

Іонізуючі випромінювання, проникаючи в організм людини, можуть стати причиною важких захворювань. У результаті дії випромінювання на організм людини в тканинах проходять складні фізичні, хімічні та біохімічні процеси. Ці випромінювання іонізують молекули тканин. Дія випромінювання на людину може бути прямою і непрямую.

При прямій дії процеси іонізації супроводжуються ультрафіолетовим випромінюванням, яке збуджує молекули клітинок. Це приводить до розриву молекулярних зв'язків і руйнування живої клітини. Відомо, що організмі містяться близько 75% води. Під дією випромінювання вони іонізуються, тобто утворюються позитивні та негативні іони. Іони розпадаються і вступають в хімічні сполуки з вільним киснем. Ці сполуки взаємодіють з молекулами органічної речовини тканини, окислюють і руйнують її. Така дія випромінювання називається непрямою. Вона є шкідливішою за пряму.

Особливістю іонізуючих випромінювань є те, що їхня дія на організм не виявляється доти, доки не виникне те або інше ураження.

Можливе зовнішнє і внутрішнє опромінення організму. Зовнішнє – це дія на організм іонізуючих випромінювань від зовнішніх джерел, внутрішнє – це дія радіоактивних речовин всередині організму, які потрапили туди через органи дихання, пори шкіри, слизові оболонки, шлунково-кишковий тракт. Внутрішнє опромінення діє протягом усього часу знаходження радіоактивної речовини в організмі. Тому найнебезпечніші радіоактивні ізотопи з великим періодом піврозпаду та інтенсивним випромінюванням, які повільно виділяються з організму або концентруються в окремих органах.

Періодичне попадання радіоактивних речовин в середину організму призводить до їх накопичення і збільшення іонізації атомів молекул живої тканини, що спричинює зміну біохімічних процесів, обміну речовин і може викликати променеву хворобу. Променева хвороба може бути гострою чи хронічною у вигляді загальних і місцевих уражень. Загальні ураження спричиняють лейкемію, місцеві – ведуть до захворювання шкіри і злоякісних пухли. Діючи на шкіру іонізуючі випромінювання спричиняють опіки ламкість нігтів і т. ін. Наслідки дії іонізуючого випромінювання можуть бути дуже тяжкі, включаючи втрату працездатності і смертельний

наслідок.

Кількісна оцінка іонізуючого випромінювання та їх нормування.

Для кількісної оцінки дії іонізуючого випромінювання використовують поняття поглинутої дози випромінювання, Дж/кг:

$$D_n = \frac{w}{m} \quad (6.1)$$

де w – енергія іонізуючого випромінювання, поглинута опроміненою речовиною, Дж;

m – маса опроміненої речовини, кг.

Позасистемною одиницею поглинутої дози є рад (1 рад відповідає поглинанню енергії 0,01 Дж речовини масою 1 кг).

Спеціальною одиницею поглинутої дози є рад, який пов'язаний з одиницею поглинутої дози, Дж/кг або грей (Гр):

$$1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг} = 100\text{рад}$$

Дія різних радіоактивних випромінювань на живі тканини залежить від проникаючої та іонізуючої здатності випромінювання. Різні види випромінювань за однакових значень поглинутої дози зумовлюють різний біологічний ефект. Тому для оцінки радіаційної небезпеки введено поняття еквівалентної дози $D_{\text{екв}}$, одиницею якої є бер (біологічний еквівалент рада):

$$D_{\text{екв}} = \frac{D_e}{k} \quad (6.2);$$

де k – якісний коефіцієнт, що показує відношення біологічної ефективності даного виду випромінювання до біологічної ефективності рентгенівського випромінювання, взятого за одиницю.

Гранично-допустимі рівні іонізуючого випромінювання визначаються Нормами радіаційної безпеки (НРБ-76/87). При використанні радіоактивних ізотопів у промисловості повинні бути вжиті заходи щодо захисту людей не тільки тих, хто безпосередньо працює з цими

речовинами, а й населення, яке знаходиться на близькій відстані від підприємства, на якому може бути радіоактивне випромінювання. Тому нормами встановлено три категорії опромінюваних осіб: А, Б, В.

Категорія А – персонал, тобто люди, які безпосередньо працюють з джерелами іонізуючих випромінювань.

Категорія Б – обмежена частина населення – люди, які не працюють безпосередньо з джерелами випромінювання, але за умовами праці можуть зазнавати дії радіоактивних речовин і випромінювань, які використовуються в закладах.

Категорія В – населення області, республіки, країни.

Діючими нормами встановлені гранично-допустимі дози (ГДД) опромінювання, а також річний рівень опромінювання персоналу, які не спричиняють протягом 50 років несприятливих змін у стані здоров'я самого опромінюваного та його потомства.

Чутливість різних тканин і органів людини до дії опромінювання не однакове. Тому введено поняття критичний орган – орган, тканина або частина тіла, опромінювання якого за даних умов завдають найбільшої шкоди здоров'ю даної особи або її потомству. Нормами встановлені гранично-допустимі дози зовнішнього та внутрішнього опромінювання для трьох груп критичних органів у порядку зменшення радіочутливості:

I група – все тіло, кістковий мозок;

II група – м'язи, щитовидна залоза, печінка, нирки, шлунок, легені, кришталик;

III група – шкіряний покрив, кісткова тканина, кисті ступні.

В нашій країні захист працюючих під впливом іонізуючих випромінювань забезпечений системою загальнодержавних заходів. Органи санітарного нагляду здійснюють систематичний контроль за дотриманням вимог радіаційної безпеки на всіх етапах проектування, будівництва і експлуатації підприємств і лабораторій.

Кожна людина, яка проживає або тимчасово перебуває на території України, має право на захист від впливу іонізуючих випромінювань. Це право забезпечується здійсненням комплексу заходів щодо запобігання впливу іонізуючих випромінювань на організм людини вище встановлених дозових меж опромінення, компенсацією за перевищення встановлених дозових меж опромінення та відшкодуванням шкоди, заподіяної внаслідок впливу іонізуючих випромінювань.

Громадяни України та їх об'єднання мають право на отримання інформації щодо рівнів опромінення людини та заходів захисту від впливу іонізуючих випромінювань в місяцях їх проживання чи роботи від з відповідних органів виконавчої влади, до відання яких належать функції захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань згідно з законодавством України.

Розроблені «Основні санітарні правила роботи із радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань», де містяться вимоги і норми радіаційної безпеки. Вони регламентують розміщення закладів, діляниць, призначених для роботи з джерелами іонізуючих випромінювань; організацією робіт; порядок отримання звіту, зберігання і перевезення джерел випромінювання; правила роботи із закритими джерелами випромінювання і з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді; пристрій вентиляції пилегазоочистки, опалення, водопостачання і каналізації; вимоги до складання, видалення, знешкодження радіоактивних відходів, а також дезактивація приміщень в обладнання; засоби індивідуального захисту і особистої гігієни, питання радіаційного контролю.

В залежності від умов опромінення, характеру і місця знаходження джерела опромінення можуть бути застосовані різноманітні засоби і методи охорони від опромінення: захист часом, захист відстанню, екранування джерел випромінювання, індивідуальні засоби захисту і

радіопротектори.

Захист часом. Важливе значення має зменшення часу знаходження персоналу в зоні іонізуючого випромінювання. Допустимий час перебування персоналу в зоні випромінювання визначається із співвідношення, годин/тиждень:

$$t = \frac{10^{-3}}{P} \quad (6.3);$$

де 10^{-3} – допустима потужність дози, Дж/(кг·тиждень);

P – розрахунково чи вимірювана потужність дози, Дж/(кг·год);

Захист відстанню. Усунення персоналу від джерела випромінювання особливо корисно, так як доза і потужність дози обернено пропорційна квадрату відстані. Відстань, на якій можна працювати з радіаційними джерелами протягом певного часу визначається з врахуванням допустимої потужності дози або дози опромінення.

Екранування джерел опромінення. При екрануванні альфа-джерел товщина матеріалу повинна бути не менше довжини пробігу альфа-частинок в даному середовищі.

Екрани для захисту від бета-випромінювання виготовляють із матеріалів з малим атомним числом для запобігання утворення гальмівного випромінювання. В якості захисних матеріалів використовують алюміній або скло. Однак найкраще робити двошарові екрани: всередині – матеріали з малим атомним числом, назовні – з великим атомним числом для поглинання гальмівного випромінювання.

Для захисту від гама-випромінювання застосовують екрани з матеріалів з великим атомним числом (свинець, залізо), а для стаціонарних захисних пристроїв – бетон, баритобетон та ін. Товщину екрана для захисту від вузького пучка гама-променів можна визначити за формулою:

$$d = \frac{\ln \frac{P_H}{P_{\text{ДП}}}}{\mu} \quad (6.4);$$

де $P_{гдп}$ – гранично-допустима потужність дози, А/кг;

$$P_{гдп} = \frac{1,2 \cdot 10^{-9}}{t} \quad (6.5);$$

Товщину екрану для захисту від широких пучків гама-випромінювання визначають за графіком та універсальними таблицями в залежності від необхідної кратності ослаблення k , енергії квантів і матеріалу захисту (k – відношення вимірної або розрахованої експозиційної дози x чи потужності дози x без захисту до гранично-допустимої дози – потужності дози).

Захист від нейтронів полягає в сповільненні швидких нейтронів з послідовним поглинанням сповільнених нейтронів. Добрим захисним матеріалом від швидких нейтронів є вода і водомісткі матеріали, парафін, а також графіт, берилій та ін. Нейтрони малої енергії добре поглинаються бором. Тому бор вводиться в бетон, свинець, гуму і ін.

При експлуатації рентгенівських установок має бути забезпечений надійний захист як від прямих, так і від відбитих променів. Робочі приміщення екранують листовим свинцем, свинцевою гумою. Вентиляція у цих приміщеннях повинна забезпечувати 3-5-кратний обмін повітря.

Закритими називаються джерела іонізуючих випромінювань, пристрій яких виключає попадання радіоактивних речовин в навколишнє середовище. Наприклад, на атомних електростанціях процеси керування роботою реактора автоматизовані і здійснюються дистанційно. Активну зону реактора, системи відводу теплоти від реактора, приміщення збереження і інші ділянки огорожують системою захисних оболонок, які послаблюють рівень випромінювання до безпечного.

В лабораторних умовах також широко застосовується дистанційне керування роботою обладнання, що дає можливість виконувати операції з радіоактивними речовинами на відстані (копіюючи і координатні маніпулятори, оглядові системи) і контроль за технологічним процесом.

Найчастіше всього використовуюються копіюючі маніпулятори з комплектом інструментів, необхідних для роботи. Ці маніпулятори являють собою механічні пристрої, які мають ряд блоків, які дозволяють копіювати рух оператора.

Захист від внутрішнього опромінення вимагає виключення безпосереднього контакту з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді і запобіганню попадання їх в повітря робочої зони.

В залежності від питомої активності (радіаційної безпеки) радіоактивні речовини в відкритому вигляді поділяються на 4 групи – А, Б, В, Г.

Радіаційна небезпека радіоактивної речовини характеризується мінімально значучою активністю – найбільшою активністю на робочому місці, яка не вимагає реєстрації або отримання дозволу державного нагляду.

Активність тої чи іншої радіоактивної речовини визначається числом спонтанних ядерних перетворень в цій речовині за малий проміжок часу.

Одиницею активності є одне ядерне перетворення в секунду. Називається ця одиниця – беккерель (Бк). Використовується також стара одиниці – кюрі (Ки) $1\text{Ки}=3,1 \cdot 10^{10}\text{Бк}$.

Таблиця 6.1.

Група радіаційної безпеки	Мінімально значуча активність (МЗА), мкКи	Активність на робочому місці, мкКи		
		Клас робіт		
		I	II	III
А	0,1	$>10^4$	$10 \dots 10^4$	$0,1 \dots 10$
Б	1,0	$>10^5$	$10 \dots 10^5$	$1 \dots 100$
В	10,0	$>10^6$	$10 \dots 10^6$	$10 \dots 10^3$
Г	100,0	$>10^7$	$10 \dots 10^7$	$10^2 \dots 10^4$

Клас роботи визначає вимоги до присторою і розміщення приміщень, в яких проводяться роботи з відкритими джерелами іонізуючих випромінювань. На дверях таких приміщень повинен бути поміщений знак радіаційної безпеки і вказаний клас роботи.

Знак радіаційної безпеки являє собою трикутник, форма і розміри якого повинні відповідати вимогам по ДСТУ.

Роботи III класу можуть проводитися в звичайних лабораторіях, обладнаних витяжними шафами.

Найбільш складні вимоги висуваються до розміщення і оснащення приміщень, де проводяться роботи I класу. Ці приміщення повинні знаходитись у відкритій будівлі або ізольованій частині будівель з окремим входом через санпропускника і розділятися на три зони. В першій зоні розміщують камери, бокси, обладнання, комунікації, які є основними джерелами радіоактивного забруднення. У другій зоні розміщують об'єкти і приміщення, які вимагають періодичного обслуговування, наприклад, приміщення для тимчасового зберігання відходів. Призначені для постійного перебування людей приміщення розміщують в третій зоні (операторні, пульти керування і ін.).

Засоби індивідуального захисту. При роботі із радіоактивними речовинами велике значення мають засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), правила особистої гігієни і організація радіаційного контролю. Використовувані засоби індивідуального захисту залежать від виду і класу робіт.

При роботах I класу окремих робіт II класу комплект засобів індивідуального захисту повинен складатися із спецодягу (комбінезони або костюми), спецбілизни, шкарпеток, спецвзуття, рукавиць, паперових рушників і носових хустинок одноразового використання, а також засобів захисту органів дихання.

Крім основного спецодягу і спецвзуття особи, які виконують прибирання приміщення, а також працюють з радіоактивними розчинами і порошками оснащуються додатковими засобами індивідуального захисту, а саме: фартухами, напівхалатами із полівілхлорида або поліетилена, додатковим спецвзуттям або гумовими чоботами.

Якщо в повітря можливе надходження радіоактивних аерозолей, то необхідно застосовувати спеціальні фільтруючі або ізолюючі засоби захисту органів дихання.

При ліквідації аварій, ремонтних роботах і ін. застосовуються засоби індивідуального захисту короточасного користування – ізолюючі шлангові костюми (пневмокостюми) або з автономними джерелами повітряного живлення.

Додатковими засобами індивідуального захисту є окуляри, щитки, ручні захоплювачі. При використанні всіх цих засобів повинні виконуватися спеціальні правила їх збереження, використання і дезактивації.

З метою застереження працюючих від переопромінення, своєчасного виявлення і усунення джерел випромінювання і забруднення повітря радіоактивними речовинами здійснюється дозиметричний контроль. Дозиметричний контроль може бути індивідуальний і загальний.

Індивідуальний дозиметричний контроль полягає у тому, що за допомогою приладів кишенькового типу систематично вимірюється доза, яку отримує людина за повний проміжок часу (день тиждень).

Загальний дозиметричний контроль полягає у періодичній перевірці надійності захисних огорож і контролю забруднень радіоактивними речовинами шкіряних покривів тіла працюючих, одягу, взуття, обладнання, стін, підлоги, повітря.

На даний час розроблено велику кількість різноманітних приладів дозиметричного контролю, в основу яких покладені наступні методи:

іонізаційний метод, заснований на здатності випромінювання і іонізації повітря; сцинтаційний метод, заснований на здатності деяких кристалів, газів і розчинів випускати спалахи видимого світла при поглинанні енергії іонізуючих випромінювань; фотографічний метод, який ґрунтується на здатності фотографічної емульсії чорніти при впливі іонізуючого випромінювання.

Застосування радіопротекторів. Хімічні речовини, які підвищують стійкість організму проти опромінення, називаються радіопротекторами. На даний час наука володіє ефективними радіопротекторами (ціанід натрію, азиди, речовини, які містять сульфогідні групи і ін.). Вчені розробили хімічні засоби, які ефективно очищують шкіру від радіоактивного забруднення і комплексоутворюючі препарати, які здатні зв'язувати плутоній і інші радіоактивні джерела, запобігати їх надходженню в тканини і органи і допомагають швидкому виведенню їх з організму.

Відповідно до ст.11 оцінка стану захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань здійснюється з метою планування і проведення заходів захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань та аналізу ефективності цих заходів місцевими органами виконавчої влади.

Оцінка стану захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань проводиться згідно з такими основними показниками:

- характеристика радіоактивного забруднення довкілля;
- вірогідність радіаційних аварій, їх розмір та можливий вплив на людину;
- ступінь готовності до ефективної ліквідації радіаційних аварій та їх наслідків;
- аналіз доз опромінення окремих груп населення від усіх джерел іонізуючого випромінювання;
- число осіб, які зазнали опромінення вище допустимих дозових

меж;

- аналіз забезпечення заходів захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань та додержання стандартів, норм і правил у цій сфері на відповідній території.

Результати оцінки щорічно заносяться в екологічний паспорт території.

Форма та порядок ведення екологічного паспорта території затверджуються в установленому законодавством порядку.

Повноваження Кабінету Міністрів України, міністерств, інших центральних органів виконавчої влади щодо забезпечення захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань:

- розроблення і впровадження стандартів, норм та правил, виконання яких забезпечує не перевищення основних дозових меж опромінення людини та безпечне здійснення практичної діяльності;

- здійснення методичного керівництва діяльністю державної системи обліку та контролю індивідуальних доз опромінення персоналу, експертних оцінок її повноти і достатності, а також проведення аналізів і оцінок стану дозових навантажень населення і персоналу;

- організація і здійснення нагляду за виконанням заходів щодо захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань на відповідних територіях місцевими органами виконавчої влади;

- здійснення державного контролю за безпечним веденням практичної діяльності;

- здійснення міжнародного співробітництва у сфері захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань.

Повноваження місцевих органів виконавчої влади щодо забезпечення захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань:

- прийняття згідно з законодавством України рішень щодо застосування на відповідній території заходів втручання у разі радіаційних

аварій;

- організація проведення в установленому порядку щорічних обстежень з метою оцінки стану захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань та ведення екологічного паспорта території;
- здійснення організаційного керівництва системою обліку та контролю доз опромінення населення на відповідній території;
- організація контролю за виконанням заходів щодо захисту людини від впливу радіонуклідів, що містяться у будівельних матеріалах;
- погодження планів заходів щодо захисту населення від радіаційних аварій та їх наслідків;
- забезпечення постійної готовності засобів оповіщення населення відповідної території про виникнення радіаційної аварії;
- організація контролю за виконанням заходів щодо захисту населення від радіаційних аварій та їх наслідків;
- забезпечення населення, в місцях його проживання, інформацією щодо рівнів опромінення людини та заходів захисту від впливу іонізуючих випромінювань, що виконуються на відповідній території;
- розроблення та впровадження регіональних програм захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань.

Регіональна програма захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань.

Регіональна програма захисту населення від впливу іонізуючих випромінювань розробляється згідно з щорічною оцінкою стану захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань на відповідній території і повинна включати такі заходи:

- пошук і виявлення джерел та шляхів, що спричиняють вплив іонізуючих випромінювань на людину;
- реалізація заходів щодо знешкодження джерел і шляхів, що спричиняють вплив іонізуючих випромінювань на людину, та захисту від

цього впливу людини;

- впровадження пунктів радіаційного контролю продуктів харчування на ринках і в інших місцях їх масової реалізації;
- організація постів індивідуальних дозиметричних вимірювань згідно з нормативами, визначеними відповідними центральними органами виконавчої влади;
- надання населенню безоплатних консультацій з питань захисту від впливу іонізуючих випромінювань, радіаційного контролю, дезактивації предметів побуту та захоронення побутових радіоактивних відходів;
- прокат, ремонт, атестація та обслуговування побутових приладів радіаційного контролю;
- створення умов для проведення дозиметричних обстежень, радіометричних та дезактиваційних робіт на замовлення населення та умов для збирання і захоронення побутових радіоактивних відходів.

Юридичні та фізичні особи, які здійснюють практичну діяльність в установленому Кабінетом Міністрів України порядку, зобов'язані:

- здійснювати систематичний контроль за радіаційним станом робочих місць, приміщень, території, в санітарно-захисних зонах та зонах спостережень, а також за викидами і скидами радіоактивних речовин;
- розробляти обґрунтування додержання норм радіаційної безпеки щодо нової (модернізованої) продукції, матеріалів і речовин, технологічних процесів і виробництв;
- планувати і проводити заходи щодо забезпечення захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань;
- здійснювати контроль і облік індивідуальних доз опромінення персоналу;
- організовувати проведення періодичних медичних оглядів персоналу;
- регулярно інформувати персонал щодо рівнів іонізуючого

випромінювання на робочих місцях та значення отриманих ними доз опромінення;

- своєчасно інформувати органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування, органи державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки щодо виникнення аварійних ситуацій, порушень технологічних регламентів, які створюють загрозу для безпеки людини;

- забезпечувати реалізацію прав громадян та їх об'єднань на надання інформації щодо стану захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань.

Юридичні та фізичні особи, які здійснюють практичну діяльність, забезпечують аварійну готовність ядерних установок і джерел іонізуючого випромінювання згідно з вимогами стандартів, норм і правил захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань, а також умов отриманих дозволів. До такого забезпечення належить наявність:

- переліку потенційно можливих радіаційних аварій і прогнозів їх можливих наслідків з відповідними обґрунтуваннями;

- планів захисту персоналу і населення від потенційно можливих аварій та їх наслідків, погоджених з органами державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки або уповноваженими ними місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування та затверджених юридичними або фізичними особами і доведених до відома персоналу та населення;

- засобів оповіщення персоналу і населення;

- засобів забезпечення ліквідації наслідків радіаційних аварій;

- засобів медичного захисту людини від впливу опромінення;

- засобів індивідуального захисту людини;

- засобів індивідуального дозиметричного контролю;

- аварійно-рятувального формування з числа персоналу.

У разі виникнення радіаційної аварії юридичні та фізичні особи, які

здійснюють практичну діяльність, зобов'язані:

- забезпечити виконання планів захисту персоналу і населення від впливу аварії;
- інформувати про виникнення радіаційної аварії органи державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування і оповіщати населення територій, на яких можливе підвищення рівня опромінення;
- вжити заходів щодо подання медичної допомоги потерпілим внаслідок радіаційної аварії;
- здійснити заходи щодо запобігання розповсюдженню радіоактивних речовин у довкіллі;
- провести аналіз і підготувати прогноз розвитку радіаційної аварії і змін радіаційної обстановки; вжити заходів для нормалізації радіаційної обстановки у ході ліквідації радіаційної аварії.

Відшкодування шкоди ст.20 [1, 4, 5]

Відшкодуванню підлягає шкода, заподіяна внаслідок впливу іонізуючих випромінювань життю та здоров'ю людей, а також майну фізичних осіб.

У разі смерті особи, яка настала внаслідок впливу іонізуючих випромінювань, право на відшкодування шкоди мають особи, які перебували на утриманні померлого або мали на день його смерті право на одержання від нього коштів на утримання, а також дитина померлого, яка народилася після його смерті.

Підставою для відшкодування шкоди, заподіяної впливом іонізуючих випромінювань, є встановлення факту заподіяння такої шкоди згідно з законодавством України.

Виплати компенсації за перевищення річної основної дозової межі та відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок впливу іонізуючих випромінювань, забезпечуються за рахунок коштів юридичних та фізичних

осіб, в результаті практичної діяльності яких сталося перевищення.

Спори щодо виплат компенсації за перевищення річної основної дозової межі опромінення та відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок впливу іонізуючих випромінювань, розглядаються в судовому порядку.

Особи, винні у порушенні законодавства щодо захисту людини від впливу іонізуючих випромінювань, несуть цивільно-правову, адміністративну або кримінальну відповідальність відповідно до законів України.

Отже, можна зробити висновок, що безпека працюючих з радіоактивними речовинами здійснюється встановленням ГДД опромінення, застосуванням захисту часом, відстанню, проведенням організаційних, технічних санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів.

Перебування персоналу біля відкритих джерел випромінювань дозволяється тільки мінімальний час. Запобігає професіним захворювань медичний контроль за станом здоров'я працюючих. Утримання приміщень в чистоті, а обладнання у повній справності – основна вимога при виконанні санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів.

Висновки

1. Забезпечення високої якості паперу неможливе без використання сучасних автоматизованих приладів технологічного контролю, автоматизованих регуляторів і пристроїв обчислюваної техніки, тому тема кваліфікаційної роботи достатньо актуальна.
2. В кваліфікаційній роботі описано всі стадії технологічного процесу виробництва паперу, запропоновано методи підвищення його якості за рахунок впровадження автоматизованої системи контролю вологості та зольності паперу.
3. Підбрано стандартне обладнання для приводів папероробної машини на базі електродвигунів постійного струму, що дозволяють плавно регулювати і точно підтримувати необхідну швидкість машини. Кожна окрема привідна секція машини приводиться в рух від одного або декількох індивідуальних електродвигунів. В цьому випадку між електродвигунами і привідними секціями машини встановлено редуктори і з'єднувальні муфти.
4. Електропривід обладнується спеціальною автоматичною системою регулювання швидкості секцій, яка дозволяє реагувати на всі коливання навантаження на привід, пов'язаної із зміною вакууму в системі обезводнення та обривами паперового полотна.
5. Розроблено вакуумну систему папероробної машини, яка забезпечує нормальну роботу її мокрої частини за рахунок підтримування необхідного вакууму у відсмоктуючих секціях, а також у камерах гауч-вала та вакуум-пресового пристрою.

6. Розроблено вентиляційну систему папероробної машини яка забезпечує необхідну температуру подачі повітря та регулює співвідношення потоків підігрітого і зовнішнього повітря.
7. Розроблено алгоритм контролю вологості паперу який ґрунтується на визначенні інтенсивності проходження інфрачервоного проміння через контролюючий матеріал. Вимірювання зольності паперу засноване на поглинанні рентгенівського випромінення контролюючим матеріалом.
8. Розроблено електричні схеми пристрою контролю вологості та зольності паперу.

Перелік посилань

1. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
2. Головка Д.Б., Рого К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. Навч. посібник. - К.: Либідь, 2001. - 408 с.
3. ДСТУ 3500:2019 Макулатура паперова й картонна. Технічні умови.
4. ДСТУ 4266:2022 Папір туалетний із макулатури. Технічні умови.
5. Vasylykivskiy I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
6. Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.
7. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб./за ред. А.Г.Соскова. – К.: Каравела, 2004.- 432с.
8. Diahovchenko I., Kolcun M., Čonka Z., Savkiv V., Mykhailyshyn R. Progress and challenges in smart grids: Distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering, 2020. Vol. 44. P. 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/S40998-020-00322-8>.

9. Palamar A., Pettai E., Beldjajev V. Control System for a Diesel Generator and UPS Based Microgrid. Scientific Journal of Riga Technical University. Power and Electrical Engineering. 2010. Vol. 27. P. 47-52.
10. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies. Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004. P. 1658–1662.
11. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулля, 2011. 344с.
12. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
13. Букетов А. В., Стухляк П. Д., Кальба Є. М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. Тернопіль: Збруч, 2005. 182 с.
14. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. “Львівська політехніка”: зб. наук. пр. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2002. № 443. С. 200-205.
15. Коваль В. П., Івасечко Р. Р., Козак К. М. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2015. № 3. С. 2-10.
16. Information technology to support the digital transformation of small and medium-sized businesses, Mosiy, L., Kozbur, H., Strutynska, I., Mosiy, O., Yatsyshyn, V. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3742, pp. 150–165

17. Analysis of the SMEs' Digitalization State Using HIT Index and Machine Learning Technique, Strutynska, I., Kozbur, H., Dmytrotsa, L., Kozbur, I., Gashchyn, N., Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, 2023, pp. 332–337
18. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
19. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
20. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
21. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
22. Development of Digital Platform to Identify and Monitor the Digital Business Transformation Index, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Dudkin, P., Dudkina, O., International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 171–175, 9322016
23. Working-Out of Recommendation System to Increase the Digital Maturity Level of Enterprises, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Hlado, O., Sorokivska, O., 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2020 - Proceedings, 2021, pp. 147–151, 9467978
24. The Unification of Approaches to Measuring the Digital Maturity of Business Structures (International and Domestic Approaches) / Strutynska,

- I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Melnyk, L., Sherstiuk, R., CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3013, pp. 10–23
25. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням. Тернопіль: Збруч, 2009. 237 с.
26. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2009. №3. С. 102-110.
27. Юзьків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
28. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
29. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
30. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
31. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.

32. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 4. «Мікросхемотехніка» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 44с.
33. Розробка мікропроцесорної системи керування на основі мікропроцесорного комплекту КР580 та на основі ОМЕОМ К1816ВЕ51/ Методичні вказівки для виконання курсового проєкту з дисципліни "Електроніка і мікропроцесорна техніка" //Медвідь В.Р, Пісьціо В.П., Микулик П.М. Тернопіль: ТНТУ - 2016. 108 с.
34. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
35. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.
36. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
37. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.

38. Медвідь В.Р., Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 354 с., ISBN 978-966-305-045-4, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20504>.
39. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
40. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
41. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
42. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
43. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.

44. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
45. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>
46. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/>.
47. Методичні рекомендації для практичних занять з курсу «Засади провадження наукової діяльності» / укл. : Дмитрів Олена Романівна, Рогатинський Роман Михайлович. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 112 с., <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44669>.
48. Введення в комп'ютерну графіку та дизайн: Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"/Укладачі: О.В. Тотосько, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, В.В. Левицький, Р.З. Золотий - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023 - 304с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41166>.
49. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та виміррювальна техніка. – Львів: Бескид Біт, 2003. - 544 с.