

Криворізький національний університет  
Кафедра охорони праці та цивільної безпеки

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Тема: «Аналіз умов праці шляхом комп'ютерного  
моделювання  
емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів  
в робочих зонах працівників»

Виконала зво групи ЗЦБ-20

КОДАШ Яна Вікторівна

Керівник: к.т.н., доцентка

ЯНОВА Людмила Олександрівна

Кривий Ріг  
2024

# КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра охорони праці та цивільної безпеки

спеціальність 263 «Цивільна безпека»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. каф. \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р

## ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Здобувачі: **КОДАШ ЯНІ ВІКТОРІВНІ** Група **ЗЦБ-20**

1. Тема випускної роботи: **«Аналіз умов праці шляхом комп'ютерного моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників»**

2. Вихідні данні: інформація з літературних наукових джерел щодо аналізу умов праці, здоров'я та працездатності робітників в робочому просторі із розташуванням в ньому мебельних виробів.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: графічні схеми, залежності, рисунки відповідно до результатів проведення досліджень і встановлених висновків.

### 4. Етапи виконання випускної роботи

№ з/п	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1,2	3,4,5,6	7,8,9	10,11,12,13	14	15
1	Розділ 1	+					
2	Розділ 2		+				
3	Розділ 3			+			
4	Розділ 4				+		
5	Висновки				+		
6	Підготовка до захисту та захист роботи				+	+	+

5. Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ (посада, прізвище)

Консультанти:

Найменування частини	Підпис	Консультант <i>(посада, прізвище, ініціали)</i>
РОЗДІЛ 1		доц. Янова Л.О.
РОЗДІЛ 2		доц. Янова Л.О.
РОЗДІЛ 3		доц. Янова Л.О.
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ		проф. зав. кафедрою ОПЦБ Лапшин О.Є.

Календарний план виконання роботи

№	Назва етапів магістерської випускної роботи	Термін виконання	Примітка виконання
1	Співбесіда зі здобувачем за темою роботи, видача переліку рекомендованої нормативної, наукової літератури		
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу, уточнення завдань кваліфікаційної роботи		
3	Підготовка 1 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
4	Підготовка 2 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
5	Підготовка 3 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
6	Підготовка 4 розділу «Оцінка ефективності запропонованих рекомендацій» та подання його консультанту від кафедри ОПЦБ		
7	Підготовка висновків		
8	Перевірка роботи керівником		
9	Отримання відгуку керівника та рецензії		
10	Захист роботи у ДЕК		

Завдання видав:

керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
*науковий ступінь, вчене звання, прізвище і ініціали керівника роботи*

Завдання отримав:

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
*прізвище і ініціали здобувача*

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН НА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ В ТОРГОВОМУ ПРИМІЩЕННІ МЕБЛЕВИХ ВИРОБІВ .....	9
1.1 Характеристика емісії токсичних речовин з меблевих виробів	
1.2 Нормування та вплив дії формальдегіду на організм людини	
1.3 Аналіз літературних джерел щодо оцінки впливу на навколишнє середовище та сфер застосування речовини формальдегіду	
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1 .....	18
РОЗДІЛ 2 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПО ВИДІЛЕННЮ ТА ЗМЕНШЕННЮ ВПЛИВУ ФОРМАЛЬДЕГІДУ З МЕБЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ .....	20
2.1. Основні вимоги та заходи з дотримання вимог з охорони праці для захисту працівників від емісії формальдегіду	
2.2. Відповідність стандартизації процесу емісії формальдегіду з меблевих виробів	
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2 .....	24
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕМІСІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН З МЕБЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В РОБОЧИХ ЗОНАХ ПРАЦІВНИКІВ .....	25
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3 .....	39
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	44
ЛІТЕРАТУРА.....	56

					КНУ.КР.24.263.05.68с				
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз умов праці шляхом комп'ютерного моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників	Літ.	Аркуш	Акрушів	
Розробив	Кодаш Я.В.								
Перевірив	Янова Л.О.								
Н. Контр.	Лапшин О.Є.					ЗЦБ -20			
Затвердив	Лапшин О.Є.								

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГДК – гранично допустима концентрація;

ГДС – гранично допустимий скид;

ДВП – деревоволокнисті плити;

ДСП – деревостружкові плити;

ІЗА – індекс забрудненості атмосфери,

КР – кваліфікаційна робота.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить: 57 сторінок; 32 рисунки; 6 таблиць; 14 літературних джерел.

Тема дослідження кваліфікаційної роботи (КР) «Аналіз умов праці шляхом комп'ютерного моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників» бакалавра Кодаш Я.В. полягає в розробці рекомендацій щодо підвищення працездатності та здоров'я працівників гірничих підприємств.

Напрямок роботи полягає у аналізі умов праці робітників в середовищі з токсичними для здоров'я речовинами шляхом дослідження комп'ютерним моделюванням емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників.

В кваліфікаційній роботі бакалавра були встановлено:

1. основні проблеми зі здоров'ям, працездатністю персоналу торгової точки зі зберігання та продажу меблів з ДСП та ДВП,
2. аналітичне виявлення можливості присутності подразнюючих речовин в атмосфері робочого приміщення,
3. комп'ютерне моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників,
4. рекомендації з покращення стану і умов робіт працівниць торгової точки до реальних умов будівлі,
5. оцінку соціально-економічної складової запропонованих заходів з покращення умов праці в небезпечному атмосферному приміщенні.

Проведений аналіз умов праці з використанням сучасного способу комп'ютерного моделювання процесу емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників, дозволить розвинути актуальне питання дбайливого ставлення до умов праці і до здоров'я працівників як власного добутку, так і зі сторони керівників підприємств, які мають забезпечити нацману працю без втрат для здоров'я робітників.

Наведений у роботі аналіз має бути продовженим, при дослідженнях в магістратурі, тому що проблемне питання, що актуалізовано в даній роботі сприяє важливості індивідуального підходу до кожного працівника і до його збереження здоров'я за умов забезпечення безпечних умов і безпеки праці.

Методи досліджень: аналітичний, статистичний, комп'ютерне моделювання, соціально-економічний.

Ключові слова: РОБОЧА ЗОНА ПРАЦІВНИКІВ, ЗДОРОВ'Я, АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ПРОЦЕС ЕМІСІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН, ФОРМАЛЬДЕГІД, МЕБЛЕВІ МАТЕРІАЛИ.

## ВСТУП

Об'єктом дослідження є процес емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників, де є в наявності забруднення формальдегідом.

Предметом дослідження є параметри емісії токсичних речовин у атмосферному повітрі робочих зон.

Мета роботи: аналіз стану умов праці шляхом комп'ютерного моделювання процесу емісії токсичних речовин з меблевих матеріалів в робочих зонах працівників з розробкою моделі способу запобігання накопиченню формальдегідів в робочих приміщеннях.

Результати дослідження – комп'ютерна модель наявності токсичних речовин в повітрі робочому приміщенні з виявленням застойних зон.

Завдання кваліфікаційної роботи:

1. дослідити комп'ютерним моделюванням процес емісії токсичних речовин з меблевих матеріалів ДСП,
2. виявити застойні зони накопичення формальдегіду,
3. надати рекомендації вдосконалення якості повітря робочого приміщення в торговій залі.

Задачі дослідження:

– аналіз результатів існуючих наукових і практичних досліджень на базі науково-літературних джерел;

– комп'ютерне моделювання процесу емісії токсичних речовин з меблевих матеріалів ДСП;

– розробка рекомендацій з покращення повітря та умов праці в робочому дослідному приміщенні з токсичними меблевими матеріалами.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН НА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ В ТОРГОВОМУ ПРИМІЩЕННІ МЕБЛЕВИХ ВИРОБІВ

#### 1.1 Характеристика емісії токсичних речовин з меблевих виробів

За статистичними даними спостережень, більше 70% часу, люди проводять поряд з меблями, які не є небезпечними для їх здоров'я.

Виявити утворення токсичного виділення з сучасних меблів дозволить аналіз вимог [1-5] та публікацій наукового характеру [6-7].

Для сучасних бюджетних меблів житла та офісів використовуються деревостружкові плити (ДСП), клеєна фанера, в яких використовуються смоли та затверджувачи.

Токсичні показники вмісту небезпечних речовин нормуються [5,6]. Фактично при виробництві ДСП вміст формальдегіду при склеюванні становить 0,2 – 1,3 мг/м<sup>3</sup>, в той час, як вимоги до нормування його ГДК є 0,5мг/м<sup>3</sup>.

Ще одна з вимог нормування формальдегіду – це в ліках та косметичних засобах не більше 0,5%.

Тож при використанні меблів з завищеними показниками є однозначно шкідливими для життєдіяльності людини як на роботі, так і в побуті.

В табл. 1.1. та на рис. 1.1 наведено основні показники хімічної сполуки.

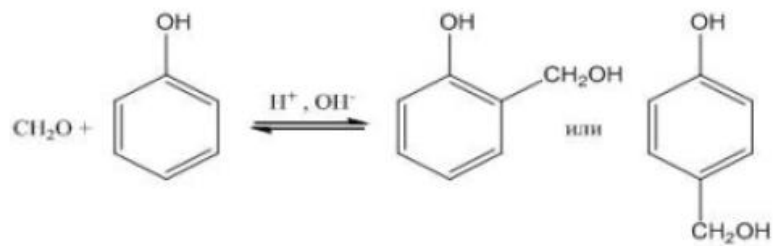
В текстильних виробах побуту (наприклад, постіль для дорослих норма формальдегіду не більше 75 мкг/г, дитяча постіль не більше 20 мкг/г).

Фактична наявність вільного формальдегіду в виробах домашнього текстилю [6] представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічні характеристики формальдегіду

Хімічна формула	H <sub>2</sub> CO
Відносна молекулярна маса, г/моль	30,03
Температура кипіння, °C	- 21
Відносна щільність d <sup>20</sup> <sub>4</sub>	0,815 <sup>-20</sup>
Температура самозагорання, °C	430
Температура зблиску, °C	90
Нижня межа поширення вогню:	7%
Верхня межа поширення вогню:	73%

Структурна формула фенол-формальдегідної смоли:



Таблиця 1.2 – Фактичний вміст вільного формальдегіду у виробках домашнього текстилю

Найменування волокна	Вміст формальдегіду, мкг/г
Евкалиптове волокно	6,0
Поліефір	6,1
Верблюжа вовна	6,4
Кашемір	6,8
Бавовна	7,3
Шовк	7,5
Овеча вовна	9,4
Бамбук	16,2

Хімічні реакції формальдегіду з його здатністю до хімічної активності наведено на рис. 1.2., а на рис. 1.3 – наведено напрями використання речовини.

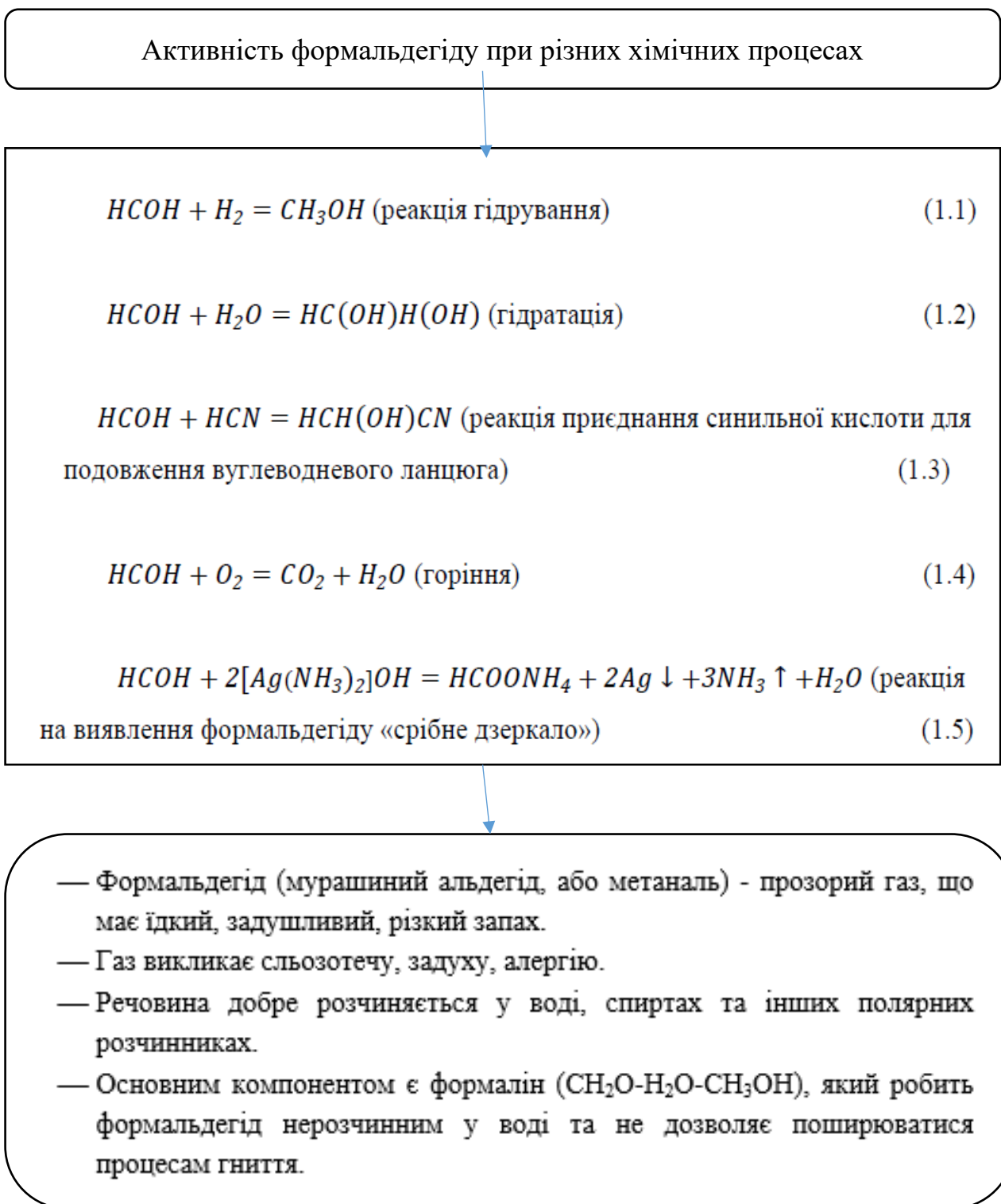


Рис. 1.2 – Схема основних хімічних реакцій формальдегіду з показниками його активності

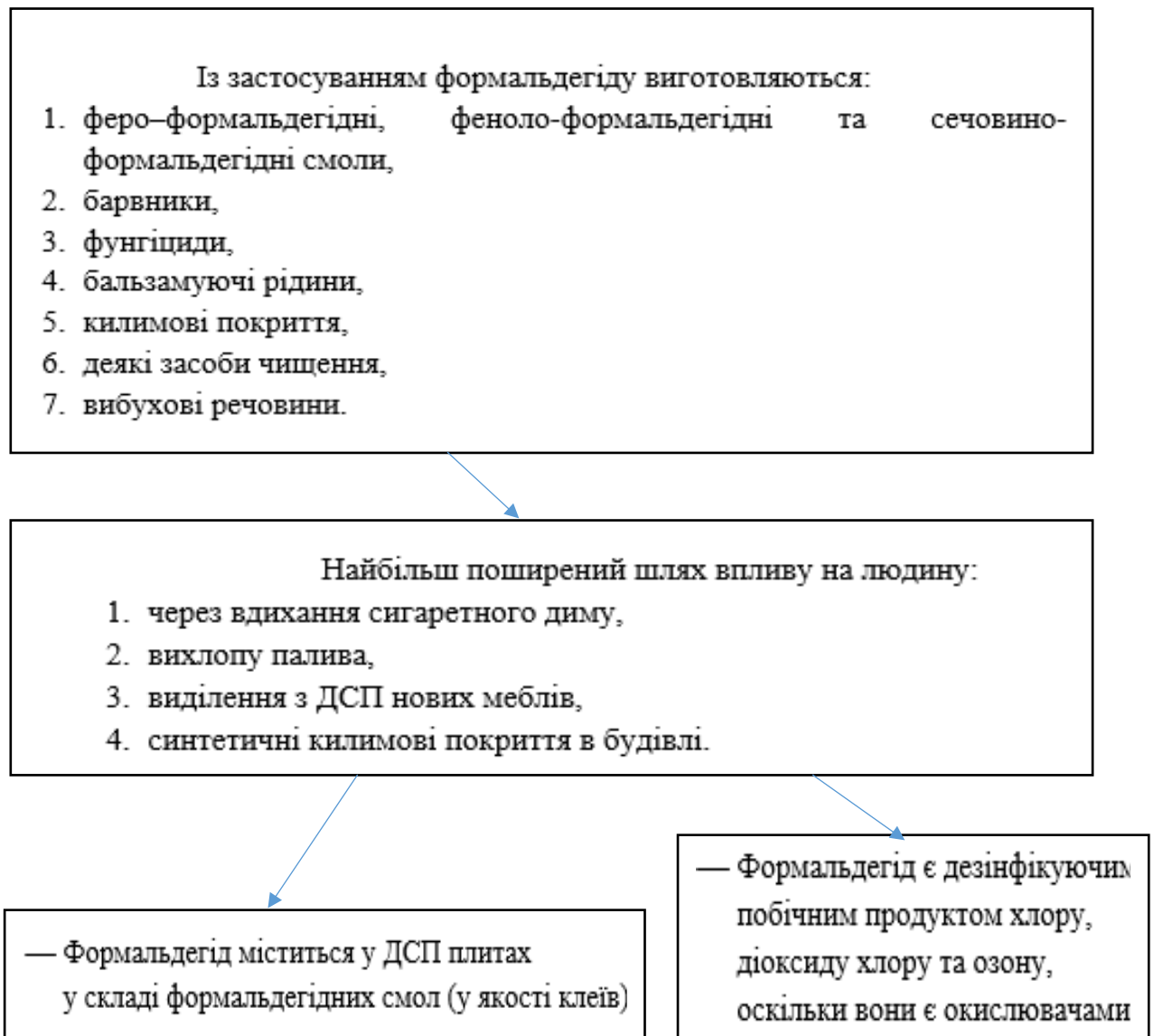


Рис. 1.3 – Використання формальдегіду.

На рис. 1.4 наведено джерела потрапляння формальдегіду в середовище приміщення.

Такі процеси здатні створювати застійні зони з надмірною концентрацією формальдегідних сполук і впливати на стан здоров'я людей на протязі тривалого терміну часу з появою поганого самопочуття в розладів функцій організму. Процес емісії формальдегіду з меблів в приміщенні триває на протязі місяців. Мікрокліматичні умови впливають на даний процес. При високих температурах  $t=25-30^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості  $\varphi=60-70\%$  процес емісії більш тривалий і небезпечний по токсичності.

Зважаючи на незначні об'єми приміщень побуту, офісів і повітря в них, особливо в холодний період року при недостатньому провітрюванні, то майже незначні концентрації емісії формальдегіду мають вплив на здоров'я людей і працівників. При цьому межа подразнюючої дії на дихальні шляхи людини становить  $2,4 \text{ мг/м}^3$  [4, 7].

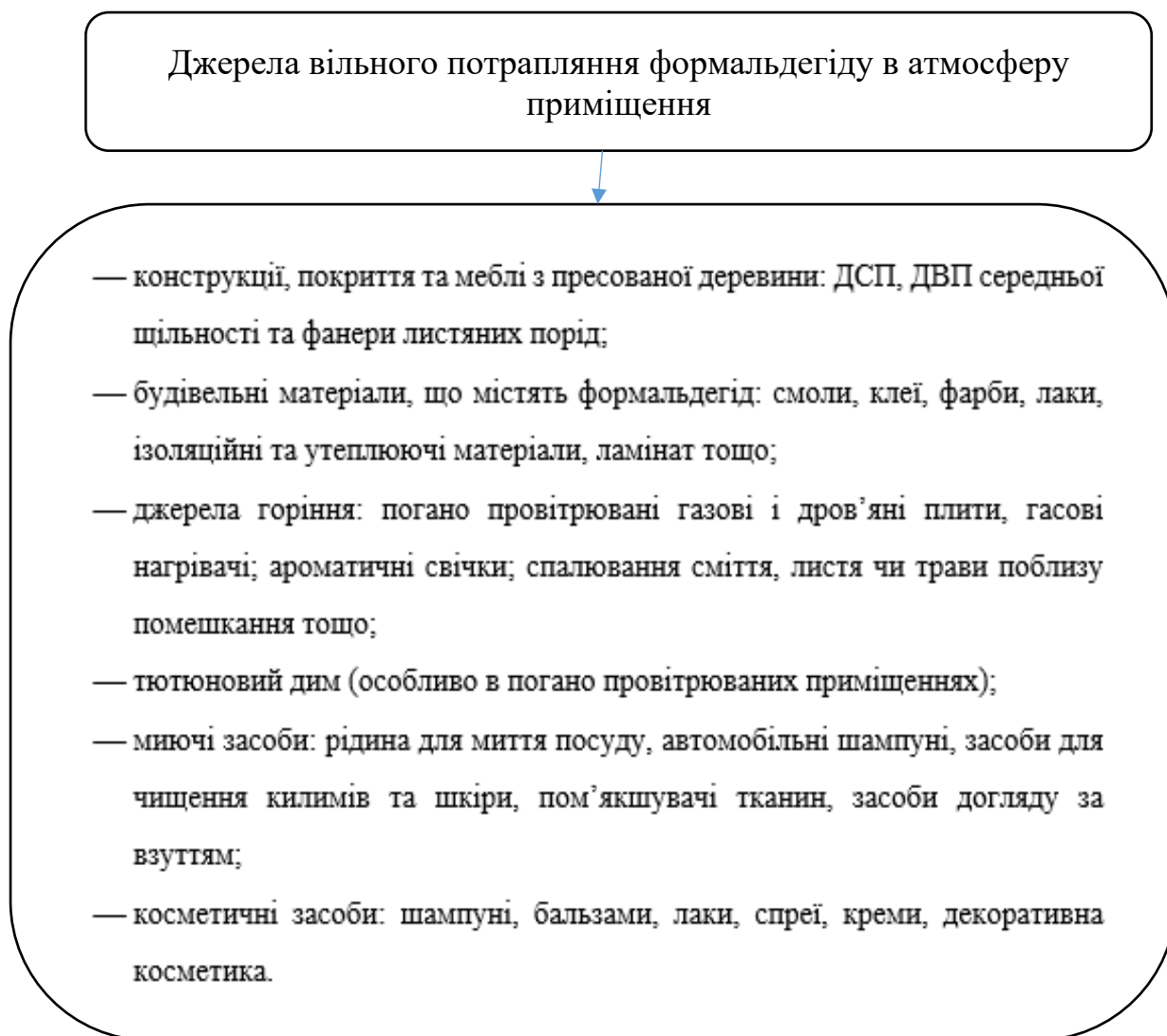


Рис. 1.4 - Джерела потрапляння формальдегіду в середовище приміщення.

## 1.2 Нормування та вплив дії формальдегіду на організм людини

На рис. 1.5 наведено інформацію щодо небезпеки формальдегіду, впливу його на організм людини та норми вимог.

З рис. 1.5 видно суттєву небезпеку формальдегіду і усвідомлення його негативного впливу на організм людини.

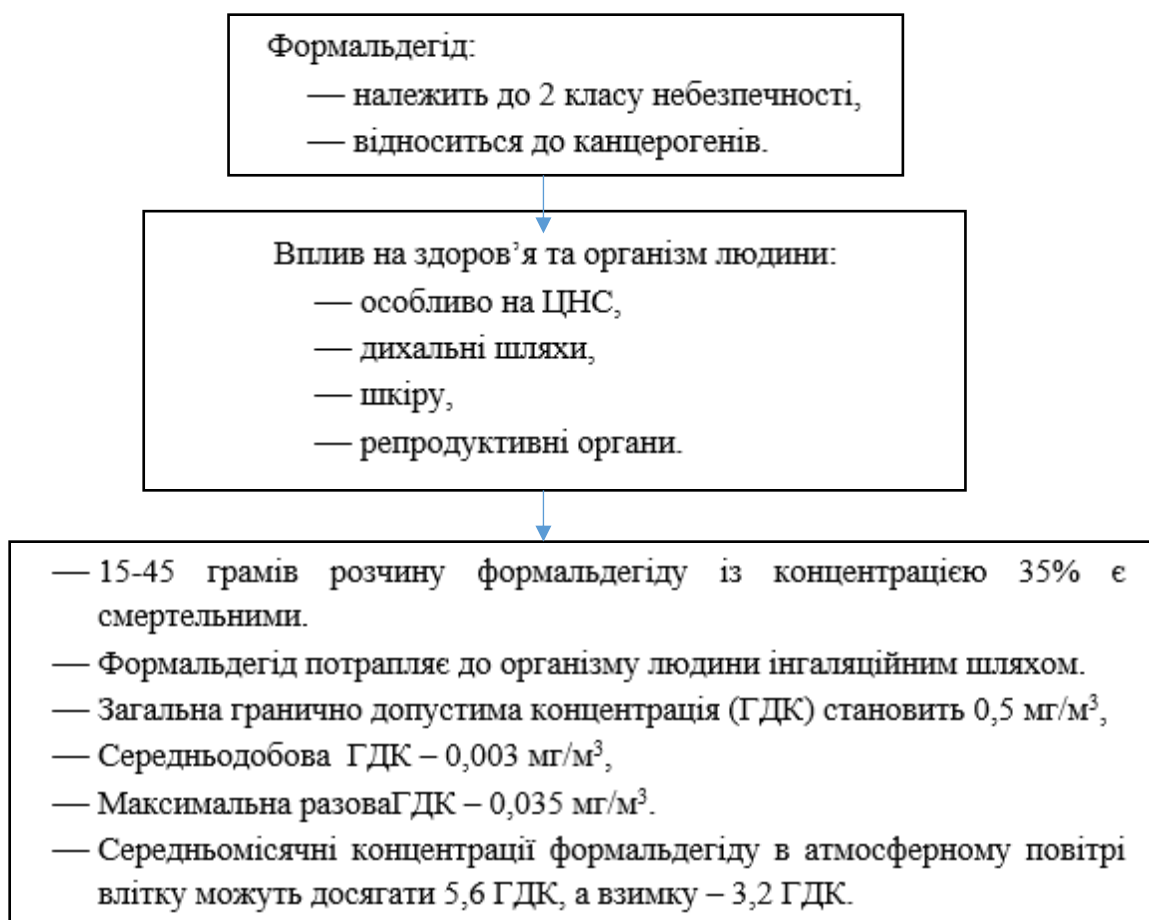


Рис. 1.5 - Схема показників небезпек дії формальдегіду на організм людини і вимоги до нормування його

Державними санітарними нормами [10] нормується допустимий рівень виділення формальдегіду для конструкцій меблів з ДСП, фанери на рівні 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Наявність формальдегіду в крові людини на нормальному рівні становить 2,5 мг/л.

### 1.3 Аналіз вимог та літературних джерел щодо оцінки впливу на навколишнє середовище та сфер застосування речовини формальдегіду

При опрацюванні даної теми бакалаврської КР виявлено, що дослідження науковців найчастіше торкалися впливу формальдегіду, смол на організм людини, її життєдіяльність та здоров'я [1-9]. В процесі дослідження виявлено, що при виробництві пресованих меблів з ДСП використовуються синтетичні смоли, що дають емісію формальдегіду в середовище приміщення, цеху 0,3-0,4 мг/м<sup>3</sup>. Той же процес при виготовленні OSB-плит та фанери надає більше вмісту формальдегіду: 0,4-1,2 мг/м<sup>3</sup> [1,2,4,8 та Додаток А]. Вміст феноло-формальдегідної смоли дотримується на рівні 7-17 % від маси виробу, що дозволяє зменшувати вартість меблів. На рис. 1.6 приведено аналіз праць науковців по формальдегіду.

Дані про те, що ж саме являє собою речовина формальдегід та її основні властивості наведені у працях Крюкової К.А., Горячевої В.Н. [1], Казніної Н.І., Дмитрієва М.Т. [2], Золотова Ю.А. У роботах не лише розглянуто історію відкриття речовини, формули, типові реакції на виявлення, але і сучасні способи його отримання, а саме:

1) *реакцією відновлення окису вуглеводу (синтез метанолу та оксиду вуглеводу та гідрогену під тиском проходить через стадію отримання формальдегіду, який в свою чергу перетворюється на метанол за реакцією Каннічарро або через гідрогенізацію);*

2) *виробництво формальдегіду з вуглеводневих газів (регульована реакція окиснення вуглеводню киснем. В результаті різкого охолодження газів, що реагують, реакція примусово зупиняється, а її продукти конденсуються. Задля виділення формальдегіду отриманий розчин підлягає очищенню);*

3) *виробництво формальдегіду з метанолу та інші, менш поширені методи [4].*

Рис. 1.6 – Аналіз праць науковців

За дослідженнями науковців [7] відзначено, що «...детоксикація формальдегіду полягає в окисненні. Під час роботи на відкритій місцевості із концентрацією формальдегіду 1 мг/м<sup>3</sup>, вміст його в організмі людини становив 10 мг/дм<sup>3</sup>...» [7].

Процес виведення небезпечної речовини формальдегіду, що потрапила в організм людини - на рис. 1.7.



Рис. 1.7 – Шляхи виведення формальдегіду з організму людини

Чи то працівники з виготовлення меблів, чи фахівці з продажу готових конструкцій меблів, чи споживачи, але за умов їх праці або користування з довгим терміном контакту з високими концентраціями формальдегіду в атмосфері чи виробничих приміщеннях, чи побуту, офісів та за недостатніх засобах застосування захисту, провітрювання, видалення, то після восьми років спостерігається виникнення доброякісних захворювань на клітинному рівні [4,7].

Аналіз видів початкового матеріалу для виробництва меблів наведено на в характеристиці нижче:

1. плити ДСП – деревостружкові плити,  
— початкові матеріали для виробництва - відходи деревообробки: тирса, стружка,  
— метод виготовлення - гаряче спресовування з додаванням синтетичних смол і домішок антисептика.
2. плити МДФ – деревоволокниста плита:



- початковий матеріал - сухі волокна деревини,
- метод виготовлення – високотемпературне спресовування з парафіном.

### 3. плити OSB – орієнтовано-стружкова плита:

- початкові матеріали - крупні стружки хвойних порід,
- метод виготовлення – високотемпературне клеєве скріплення нашарувань під тиском гідрофобними смолами.

Таблиця 1.3 – Аналіз процесу виробництва плит МДФ, ДСП, OSB за видами процесу та забруднюючих речовин

										
плити МДФ	плити ДСП	плити OSB								
<p>Найбільш небезпечним є виробництво деревостружкових (ДСП) плит, через те, що воно вміщає в себе виділення в атмосферне повітря формальдегідів із сечовино-формальдегідних смол під час просушування деревини.</p>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="336 1391 804 1435">Вид процесу</th> <th data-bbox="804 1391 1458 1435">Забруднююча речовина</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="336 1435 804 1563">Процеси сушіння, нанесення лакофарбових матеріалів</td> <td data-bbox="804 1435 1458 1563">Пари ацетону Формальдегід Бутилацетат</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="336 1563 1458 1615" style="text-align: center;"><b>Виробництво ДСП, ДВП та клеєної фанери</b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="336 1615 804 1800">Просочування смолами Гаряче пресування Сушіння виробів</td> <td data-bbox="804 1615 1458 1800">Формальдегід Феноли Пари аміаку Етанол</td> </tr> </tbody> </table>			Вид процесу	Забруднююча речовина	Процеси сушіння, нанесення лакофарбових матеріалів	Пари ацетону Формальдегід Бутилацетат	<b>Виробництво ДСП, ДВП та клеєної фанери</b>		Просочування смолами Гаряче пресування Сушіння виробів	Формальдегід Феноли Пари аміаку Етанол
Вид процесу	Забруднююча речовина									
Процеси сушіння, нанесення лакофарбових матеріалів	Пари ацетону Формальдегід Бутилацетат									
<b>Виробництво ДСП, ДВП та клеєної фанери</b>										
Просочування смолами Гаряче пресування Сушіння виробів	Формальдегід Феноли Пари аміаку Етанол									

## Висновки до розділу 1

З аналізу наукових праць та вимог законодавства по нормуванню шкідливої дії небезпечної речовини формальдегіду [1-13] виявлені характерні особливості фізико-хімічних властивостей формальдегіду, вплив на організм людини та норми гранично – допустимих концентрацій у виробих та приміщеннях.

Нажаль, формальдегід має постійну присутність в середовищі приміщень і таким чином, впливає на стан організму людини. Формальдегід – це 2 клас небезпечності, токсичний, канцерогенний.

В бакалаврські КР розроблено рекомендації щодо попередження впливу формальдегіду на працівників та їх захисту, а також для користувачів меблевими виробами у побуті та на роботі.

Рекомендації по зменшенню впливу формальдегіду на організм людини в побуті наведено на рис. 1.8.

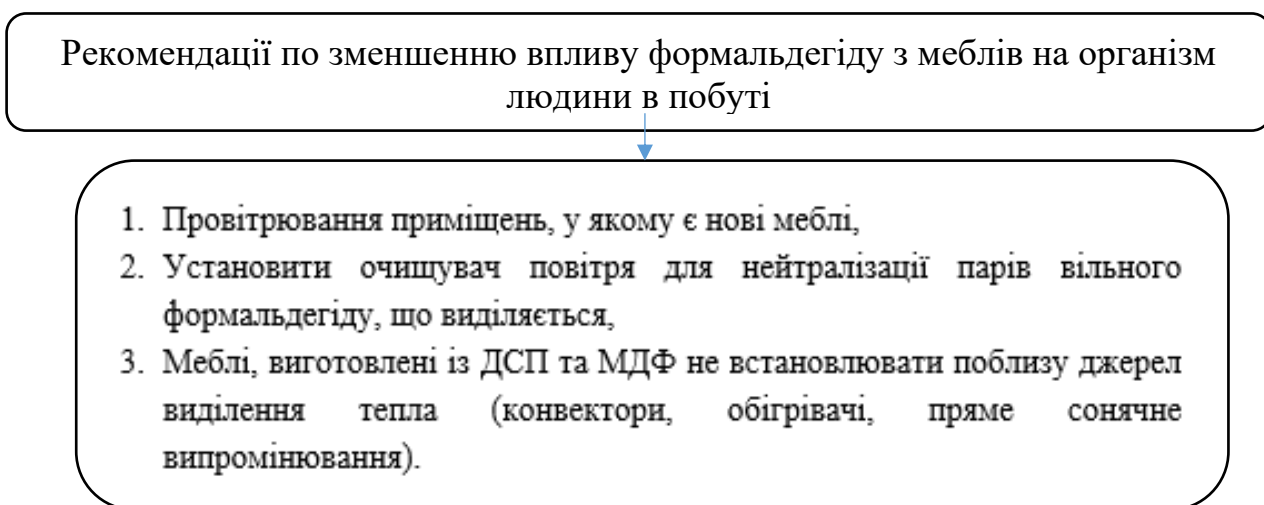


Рис. 1.8 – Схема рекомендацій дій по зменшенню впливу формальдегіду з меблів у побуті

Необхідність виникнення даної теми моєї бакалаврської КР зумовлена тим, що я, Кодаш Яна, працюю в торговому приміщенні, де розташовані в великій кількості меблі з ДСП, фанери, а поряд існує торгівля килимами на синтетичній основі. Мені цікаво дослідити процес вивільнення, емісії

формальдегіду з меблів та килимів, оскільки, стан здоров'я працівниць останнім часом погіршився.

Рекомендації для інженера з охорони праці, керівника установи по захисту від дії формальдегіду працівників в торгових відділах по продажу меблів з ДСП, фанери, килимів наведено на рис. 1.9.

Алгоритм необхідних дій для інженера з охорони праці, керівника установи по захисту від дії формальдегіду працівників в торгових відділах по пролажу меблів з ДСП, фанери, килимів

1. перевіряти системи вентиляції, очищення та кондиціонування атмосферного повітря, системи опалення та конвекторні системи;
2. контролювати вміст шкідливих речовин та завислих частинок у робочих приміщеннях, заміряти їх перед початком кожної зміни;
3. забезпечити працівників засобами індивідуального захисту за потреби;
4. ввести обов'язковим медичний огляд працівників двічі на рік та перед початком роботи на підприємстві;
5. локалізувати викиди шкідливих речовин за допомогою створення аспіраційного забору токсинів в місцях скупчення;
6. установити вентиляційні системи місцевого застосування;
7. автоматизувати процес провітрювання до роботи і забезпечити можливість дистанційного керування із безпечних зон із мінімальним вмістом шкідливих речовин.

Рис. 1.9 – Порядок дій з попередження та зменшення виділення та впливу формальдегіду з меблевих матеріалів та килимів в торговій мережі.

## РОЗДІЛ 2

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМОГ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПО ВИДІЛЕННЮ ТА ЗМЕНШЕННЮ ВПЛИВУ ФОРМАЛЬДЕГІДУ З МЕБЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

#### 2.1. Основні вимоги та заходи з дотримання вимог з охорони праці для захисту працівників від емісії формальдегіду

Аналіз вимог з контролю наявності виділення з меблів небезпечного формальдегіду та попередження потрапляння формальдегіду в організм людини від присутності в приміщенні меблевих матеріалів (на роботі і в побуті) наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вимоги (за державними та європейськими стандартами) з контролю наявності виділення з меблів небезпечного формальдегіду та попередження потрапляння формальдегіду в організм людини від присутності в приміщенні меблевих матеріалів (на роботі і в побуті)

№	Зміст вимог
Попереджувальні, спостережні дії	
1	до придбання меблів з ДСП, фанери - перевірити вміст формальдегіду в меблях у технічній документації, звернувши увагу на інформацію щодо класів небезпечності речовин:  за державними вимогами: — клас E1 - вміст не більше 10 мг на 100 г плити, — клас E2 - вміст не більше 30 мг на 100 г плити, — клас E3 - вміст не більше 60 мг на 100 г плити;  за європейськими стандартами: — клас E1 - не більше 8 мг на 100 г плити, — клас E2 = 8-15 мг на 100 г плити.
2	Наявність свідоцтва про безпеку FSC ®100%
Дії захисту при використанні меблів	
3	провітрювати приміщення, у якому є нові меблі, та не встановлювати меблі із ДСП та МДФ плит поблизу джерел виділення тепла.

## 2.2. Відповідність стандартизації процесу емісії формальдегіду з меблевих виробів

Аналіз емісії з показниками норм і вимог щодо виділення формальдегіду з меблевих матеріалів (європейські стандарти) наведено в таблиці 2.2., а в табл 2.3 – наведено відповідність до державного законодавства.

Таблиця 2.2 – Класифікація емісії формальдегіду за показником вмісту його в плитах ДСП (за вимогами Євростандарту та державними нормами)

Найменування чотирьох класів	Показник, мг/100г абсолютно сухої плити	Вимоги, дозволи до випуску і використання	Стандарти щодо вмісту формальдегіду в плиті: Євросоюзу / України	Вимоги по тестуванню плит перфораторним методом: Євросоюзу / України	Визначення емісії формальдегіду камерним методом
E <sub>0</sub>	0	Дозволено до випуску і використання в Євросоюзі. В Україні –тільки для дитячих меблів.		EN ISO 12460 – 5:2015 «Wood-based panels. Determination of formaldehyde release»	Стандарти Євросоюзу EN717-1:2006, EN 16516 з процедури визначення емісії формальдегіду камерним методом - не діють на території України
E <sub>1</sub>	до 10; ≤ 8mg/100 g	Дозволено до випуску і використання в Євросоюзі і в Україні	EN 312:2010 «Particleboards. Specifications» / ДСТУ EN 312-2018 «Плити деревинно-стружкові. Технічні вимоги». *	/відповідає український стандарт /	
E <sub>2</sub>	не більше 30; > 8mg/100 g	Заборонено в Євросоюзі. Дозволено до випуску і використання в Україні	EN 312:2010 «Particleboards. Specifications» / ДСТУ EN 312-2018 «Плити деревинно-стружкові. Технічні вимоги». *	ДСТУ ISO 12460-5-2018 «Плити деревинні. Визначення вмісту формальдегіду».	
E <sub>3</sub>	більше 30	Заборонено до випуску та використання в Євросоюзі та в Україні			
Стандарти Євросоюзу і України ідентичні.					

Таблиця 2.3 – Відповідність дежавного чинного законодавства з дотримання ГДК формальдегіду в приміщеннях

Державний нормативний документ, де визначено вимоги щодо формальдегіду в приміщеннях, де знаходяться люди	Вимоги норми ГДК формальдегіду, мг/м <sup>3</sup>	Максимальна норма, не більше мг/м <sup>3</sup>
Пункт 3.10 ДСанПіН 8.2.1-181-2012	Звичайна ДСП – 0,01; Ламінована ДСП – 0,003*	ДСП – 0,124 відповідно до ДСТУ EN 312

\* Українське законодавство не гармонізовано до євростандарту щодо ламінованого ДСП і тому виробники випускають продукцію за власними затвердженими ТУ.

На рис. 2.1 наведена схема відповідальності виробника меблів за якість виробів.

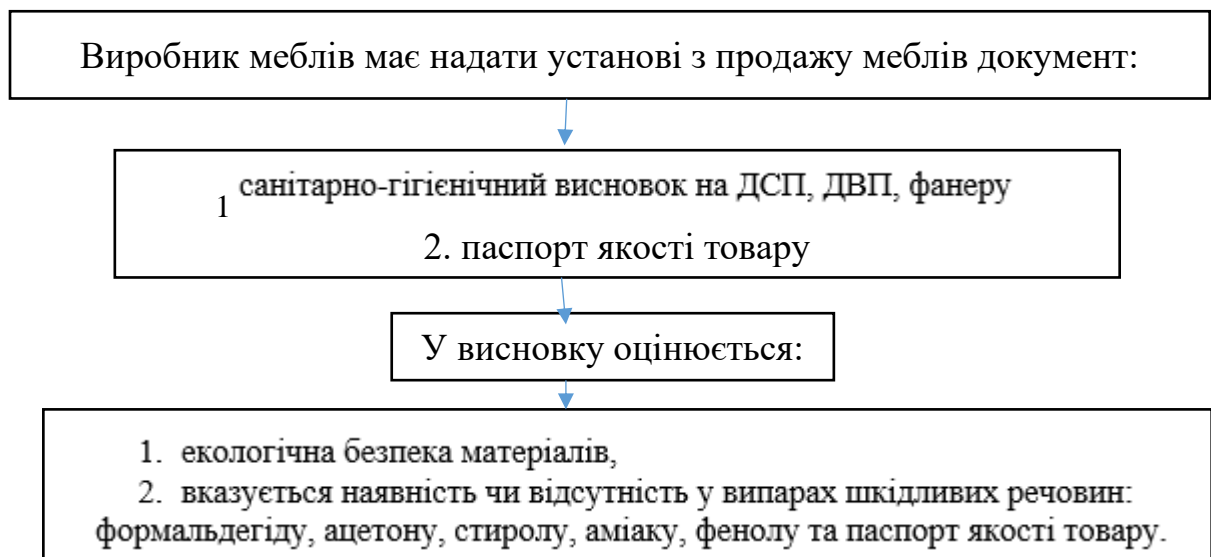


Рис. 2.1 – Необхідні документи, що підтверджують відповідальність виробника в якості виготовлених ним меблів

Відповідно до вимог державного законодавства, нормування небезпечних речовин, що виділяються з меблів на протязі часу та вплив їх дії на організм людини здійснюється в межах вказаних в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Величини ГДК небезпечних речовин і симптоми прояву на організм людини

Назва речовин	ГДК для атмосферного повітря	ГДК для повітря робочої зони
Формальдегід	0,035 мг/м <sup>3</sup>	0,5 мг/м <sup>3</sup>
Ацетон	0,35 мг/м <sup>3</sup>	200 мг/м <sup>3</sup>
Стирол	0,04 мг/м <sup>3</sup>	30 мг/м <sup>3</sup>
Аміак	0,2 мг/м <sup>3</sup>	20 мг/м <sup>3</sup>
Фенол	0,01 мг/м <sup>3</sup>	0,3 мг/м <sup>3</sup>
Перевищення ГДК вище перелічених речовин в повітрі робочої зони чи в атмосферному повітрі квартир може викликати низку захворювань:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ураження центральної нервової системи,</li> <li>2. захворювання органів дихальної системи,</li> <li>3. подразнення слизових оболонок очей,</li> <li>4. ураження шкіри,</li> <li>5. головний біль, головокружіння, слабкість.</li> </ol>	

## Висновки за 2 розділом

У даному розділі проаналізовано: вимоги з контролю наявності виділення з меблів небезпечного формальдегіду та попередження потрапляння формальдегіду в організм людини від присутності в приміщенні меблевих матеріалів та вплив формальдегіду на організм людини в процесі роботи та у побуті.

У процесі аналізу визначено, що перевищення норм ГДК формальдегіду в повітрі середовища роботи чи у побуті є причиною незадовільного стану організму людини.

Загальні рекомендації по експлуатації корпусних меблів з ДСП при використанні їх як на роботі, так і у побуті, наступні:

1. Приміщення з новими меблями слід провітрювати одноразово не менше години на добу та додатково періодично по 15 хвилин кожної години - протягом перших двох місяців використання.

2. Розміщення меблів без дії прямих сонячних променів та оплювальних приладів.

3. Унеможливити потрапляння вологи на точцеві частини ДСП меблів для попередження їх розбухання.

4. Не використовувати хімічні засоби, розчинники, абразивні порошки для чищення меблів.

Як захід попередження впливу небезпечних речовин на органи дихання людей, є якісне провітрювання з постійним потраплянням свіжого повітря ззовні, або очищене повітря від спеціальних приладів та іонізація.

Спочатку, для розробки рекомендацій з визначення належної системи провітрювання для усюв торгівельної зали, необхідно виконати комп'ютерне моделювання процесу повітрообміну з виявленням застійних зон накопичення небезпечних речовин.



## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕМІСІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН З МЕБЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В РОБОЧИХ ЗОНАХ ПРАЦІВНИКІВ

#### **3.1 Вихідні дані для комп'ютерного моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників**

Аналіз умов праці шляхом комп'ютерного моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників виконано за наступними вихідними даними, які є реальними для досліджуваного торгового приміщення з продажу меблів:

1. Витрати повітря без примусової вентиляції  $0,1157625 \text{ [кг/с]} / 1,225 \text{ [кг/м}^3\text{]} = 0,0945 \text{ [м}^3\text{/с]} = 340,2 \text{ [м}^3\text{/год]}$ ,  $2500 \text{ }\mu\text{g/m}^2 \text{ h} = 0,0025 \text{ g/m}^2\text{h}$  [14];
2. Щільність повітря  $1,225 \text{ кг/м}^3$ ;
3. Об'єм повітря  $297,46 \text{ м}^3$ ;
4. Площа поверхні меблів  $44,13+36,51+56,58+60,45+44,13=241,8 \text{ м}^2$ ;
5. 229034 вузлів для дослідження;
6. 1194882 елементів комп'ютерного моделювання
7. Торгова зала по продажу корпусних меблів являє собою прямокутне приміщення розміром  $14 \times 9 \times 3 \text{ м}$ . (рис. 3.1).
8. Приміщення має один вхід розміром  $2,1 \times 0,9 \text{ м}$  і два вікна  $1,2 \times 1,8 \text{ м}$ .
9. Зовні вікна закриті рекламними щитами і тому не розчиняються.
10. В робочий час вхід постійно відкритий, в неробочий – закритий.
11. В торговій залі щільно розташовані корпусні меблі виготовлені з шаруватої клеєної деревини (ДСП, МДФ).

Приблизне розташування меблів наведено на рис. 3.1.

Оскільки в приміщенні відсутня примусова вентиляція, повітря обмін відбувається за рахунок просочування повітря через нещільності у віконних рамах.

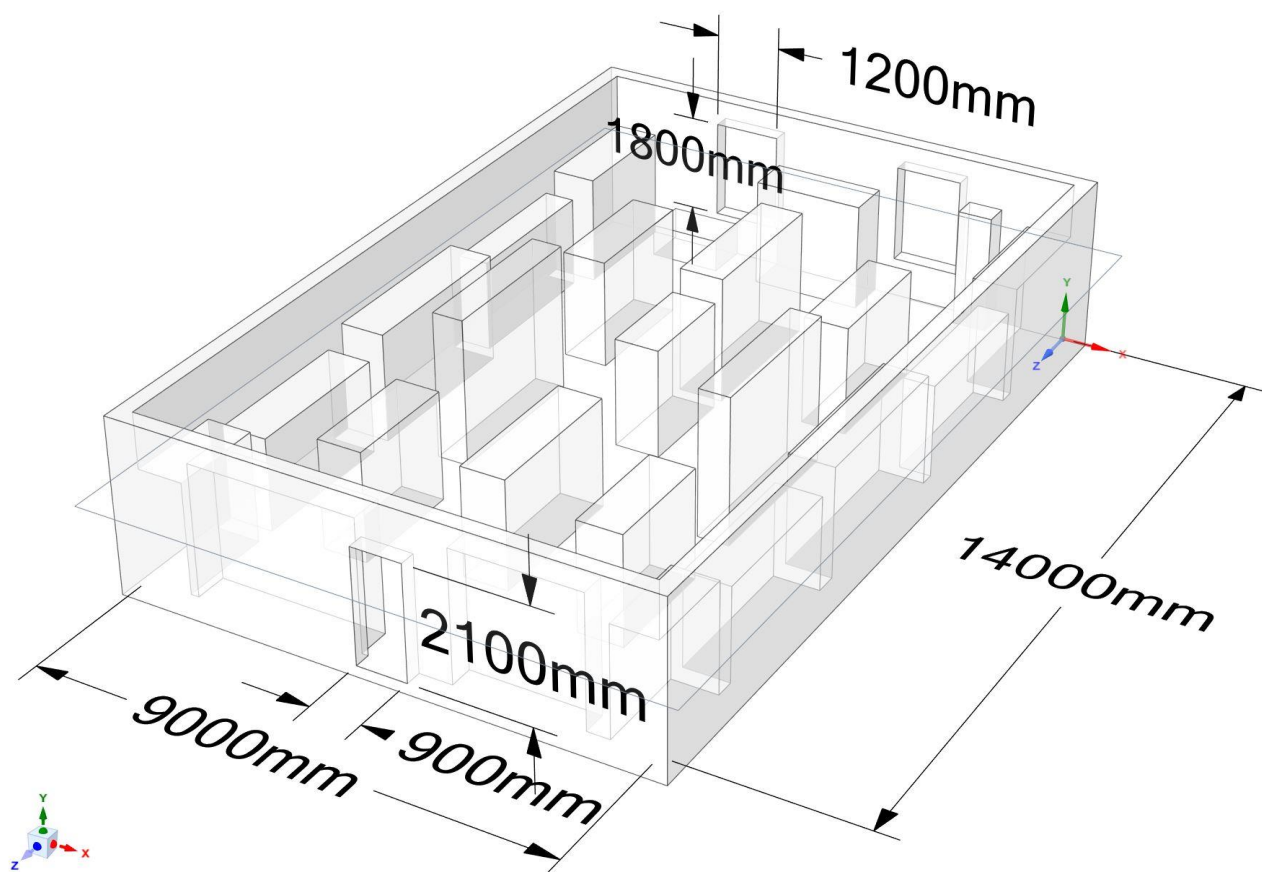


Рис. 3.1 - Геометричні параметри торгової зали і розташування корпусних меблів в приміщенні.

Швидкість повітря в приміщенні настільки низька, що її неможливо замірити звичайними приладами. Тому для заміру швидкості повітря у дверному отворі використовувалась горизонтальна швидкість пуху.

Заміри показали, що швидкість повітря в перетині дверей не перевищує 0,05 м/с. Приймаючи, що швидкість повітря по всьому перетину дверей однакова і складає 0,05 м/с та знаючи площу перетину  $2,1 \times 0,9 = 1,89 \text{ м}^2$ , можемо розрахувати приблизну швидкість повітрообміну в приміщенні:  $1,89 \times 0,05 = 0,0945 \text{ м}^3/\text{с} = 340,2 \text{ м}^3/\text{год}$ . З урахуванням щільності повітря  $1,225 \text{ кг}/\text{м}^3$ , повітрообмін в приміщенні складає  $0,1157625 \text{ кг}/\text{с}$ .

З 25 травня 2014 р. набула чинності Постанова Головного державного санітарного лікаря, згідно з якою встановлено такі значення:

- ГДК<sub>м.р.</sub> = 0,05 мг/м<sup>3</sup>,
- ГДК<sub>с.д.</sub> = 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Згідно [14] виділення альдегідів з поверхні меблів складає  $2500 \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ , або  $0.0025 \text{ g}/\text{m}^2\text{h}$ . Площа поверхні корпусних меблів, які знаходяться в приміщенні складає  $242 \text{ m}^2$ .

Таким чином, щогодини в повітря приміщення виділяється  $0.0025 \times 242 = 0,604 \text{ г}$  альдегідів.

Таким чином, для досягнення ПДК альдегідів повітрообмін повинен складати  $0,604/0,05 = 1200 \text{ м}^3/\text{г}$ .

Фактична швидкість повітрообміну в приміщенні в чотири рази менше мінімально допустимої. Це веде до значного перевищення концентрації альдегідів над ПДК і до погіршення здоров'я персоналу. В процесі досліджень повітрообміну в приміщенні було зроблено припущення, що повітря розподіляється по залі нерівномірно і існують зони застою повітря.

Для перевірки цього припущення було розроблено математичну модель приміщення і проведено моделювання розподілу повітряних потоків. Моделювання проводилось в програмі Fluent. Математична модель (рис. 3.2) включає 1194882 скінчених елементів та 229034 вузлів.

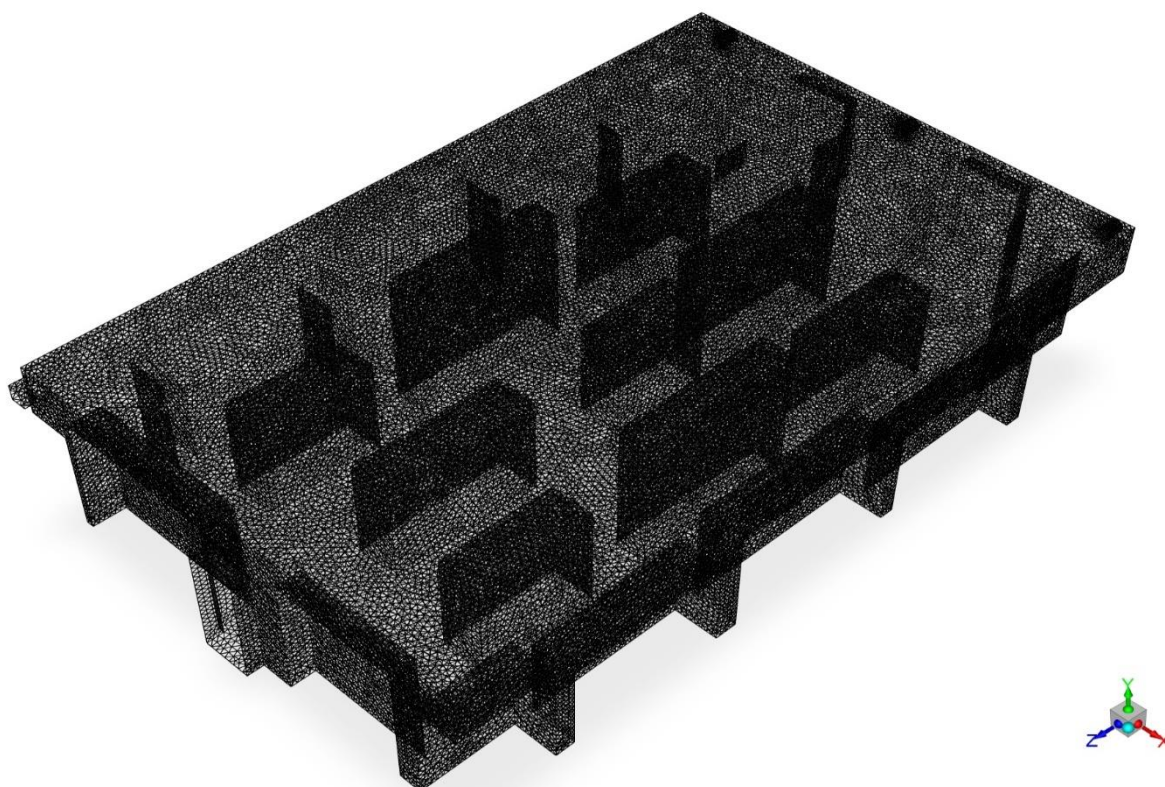


Рис. 3.2 Математична модель повітряного простору торгової зали.

При створенні моделі були враховані наступні параметри:

- повітря поступає в приміщення через дверний отвір зі швидкістю 0,05 м/с, що складає 0.1157625 кг/с при щільності повітря 1,225 кг/м<sup>3</sup>;
- повітря виходить з приміщення через нещільності по периметру віконних проїомів.
- Сумарна кількість повітря, що виходить з приміщення дорівнює кількості повітря, що входить в приміщення;
- температура повітря в приміщенні 25°C;
- об'єм повітря в приміщенні з відрахуванням об'єму корпусних меблів – 297 м<sup>3</sup>.

Для моделювання турбулентності потоків було прийнято SST k-omega модель.

Результати моделювання швидкості на напрямів потоків повітря в приміщенні наведено на рис. 3.3 – 3.5.

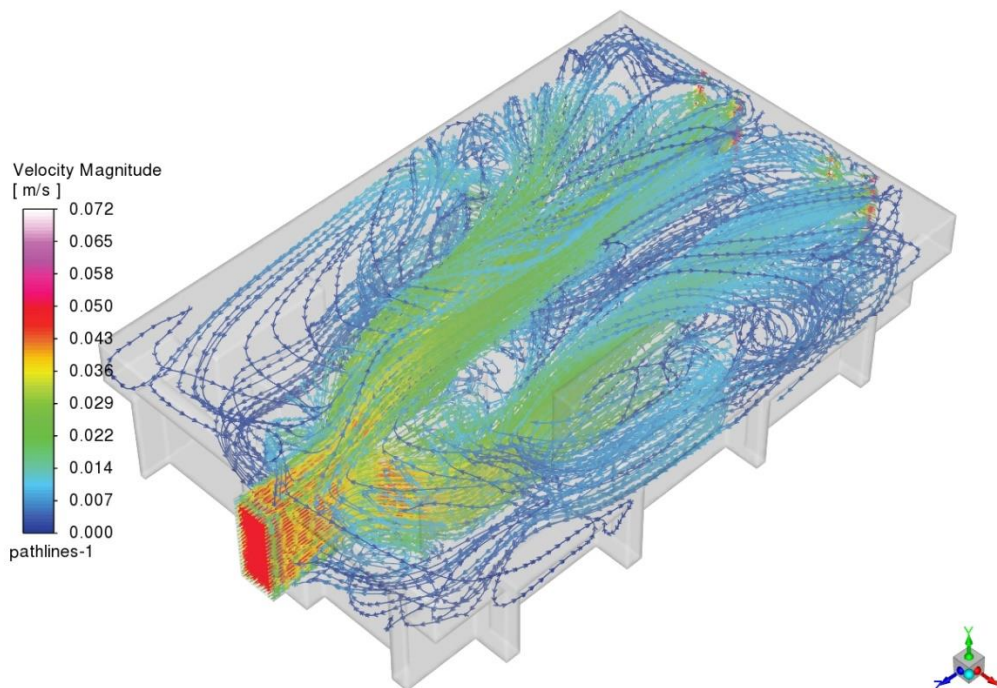


Рис. 3.3 - Напрямок і швидкість повітряних потоків в приміщенні торгової зали (аксонометрія).

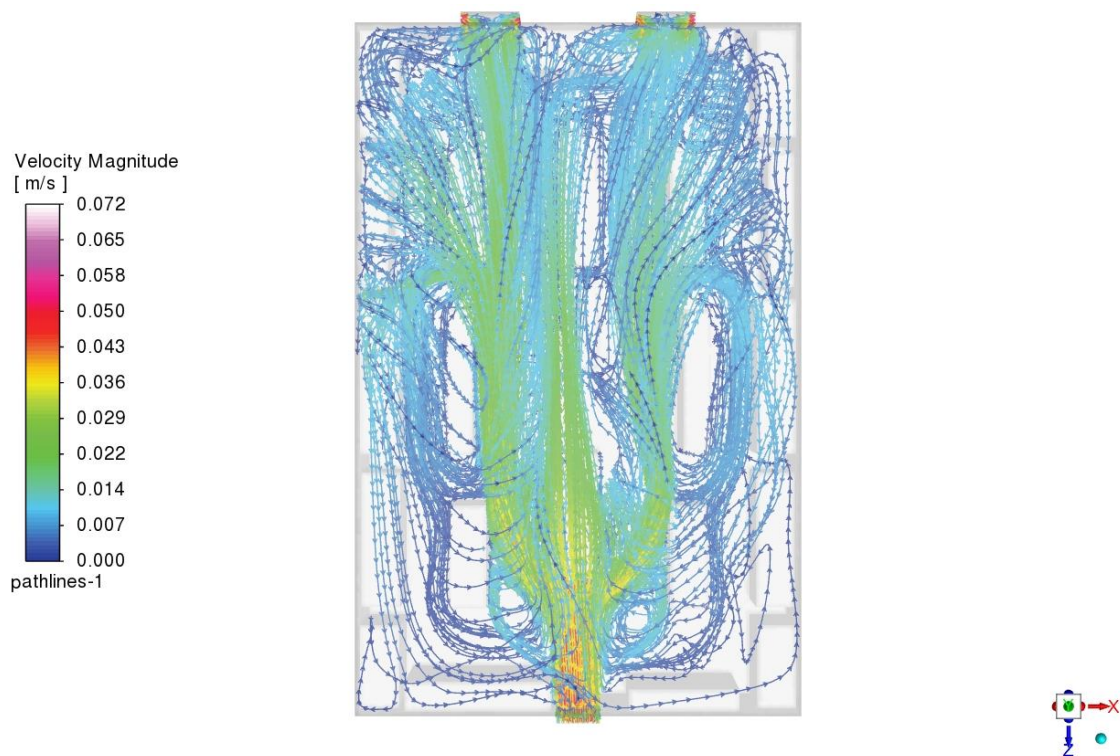


Рис. 3.4 - Напрямок і швидкість повітряних потоків в приміщенні торгової зали (вигляд зверху).

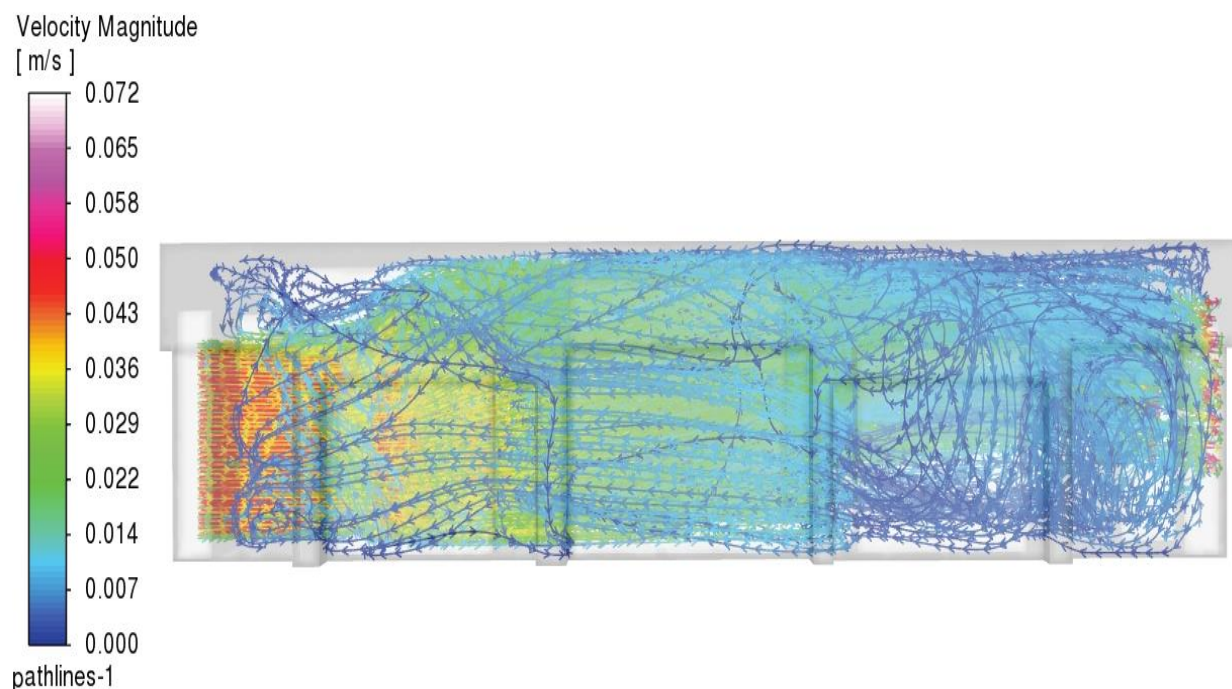


Рис. 3.5 - Напрямок і швидкість повітряних потоків в приміщенні торгової зали (вид від правої стіни).

На рис. 3.3 – 3.5 видно, що повітря в основному переміщується через центральну частину приміщення. При цьому швидкість повітря не перевищує 0,03 м/с. По обидві сторони від центрального проходу швидкість повітря не перевищує 0,014 м/с, а в кутах торгового приміщення наближається до нульового значення. Більш детально розподіл швидкості повітря на різних перетинах приміщення показано на рис. 3.6 – 3.11.

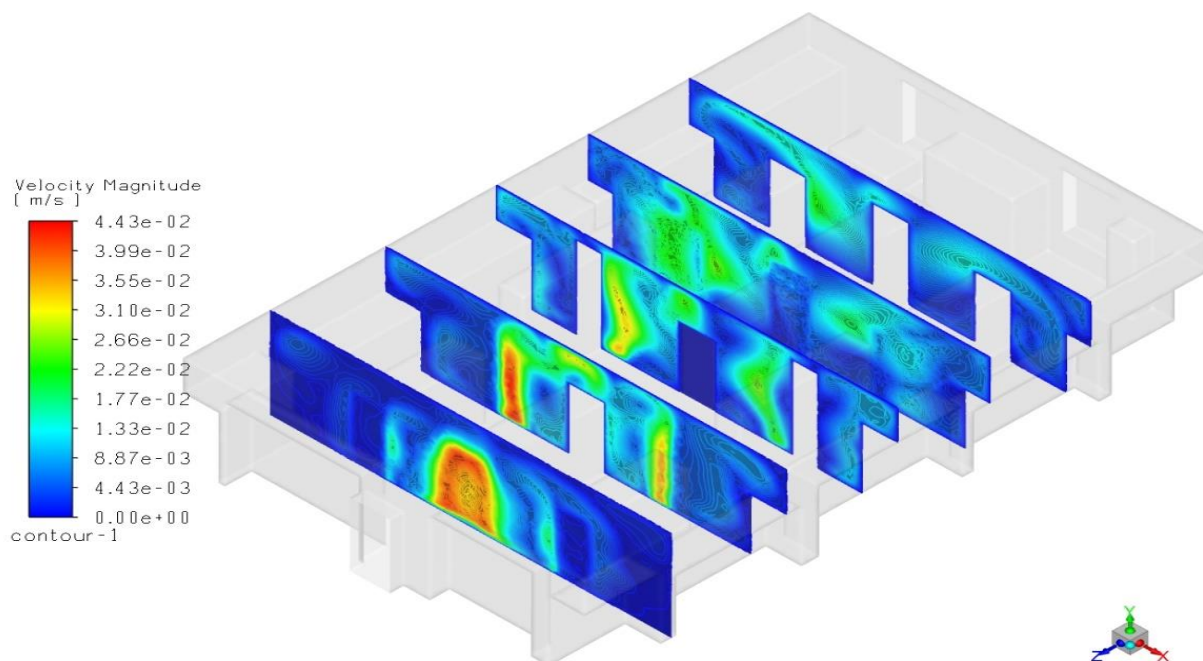


Рис. 3.6 - Розташування площин з розрахунковими значеннями швидкостей повітря.

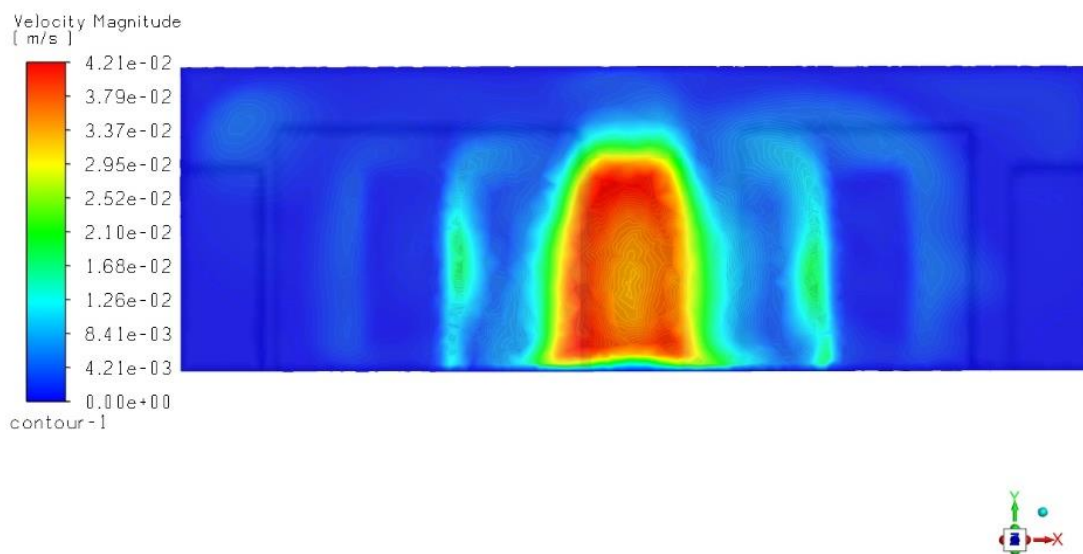


Рис. 3.7 - Розрахункові швидкості повітря на площині 1.

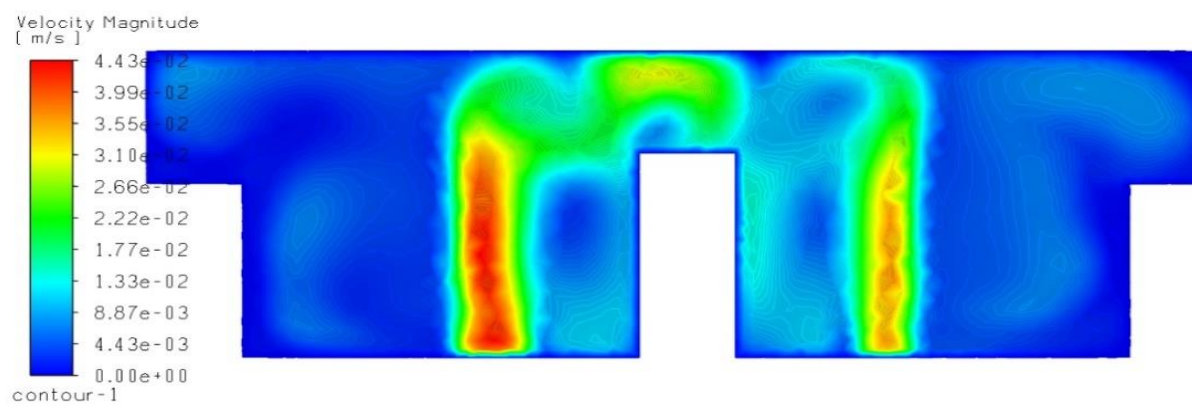


Рис. 3.8 - Розрахункові швидкості повітря на площині 2.

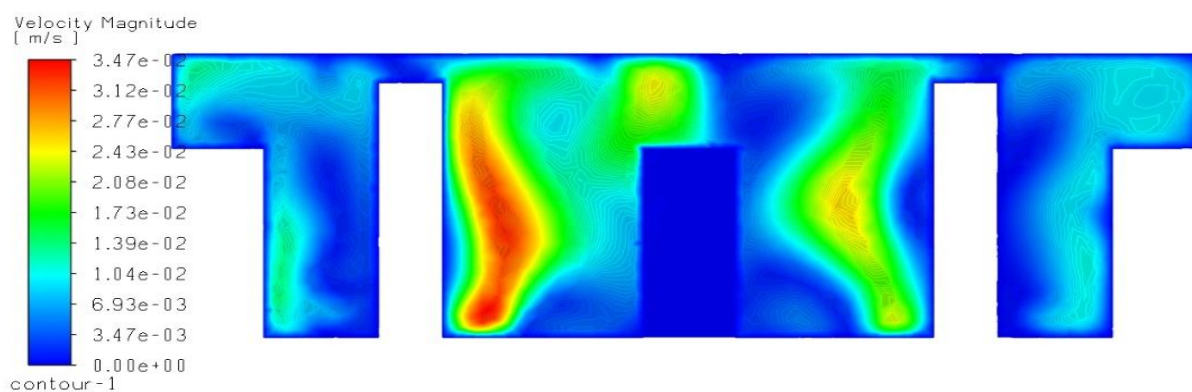


Рис. 3.9 - Розрахункові швидкості повітря на площині 3.

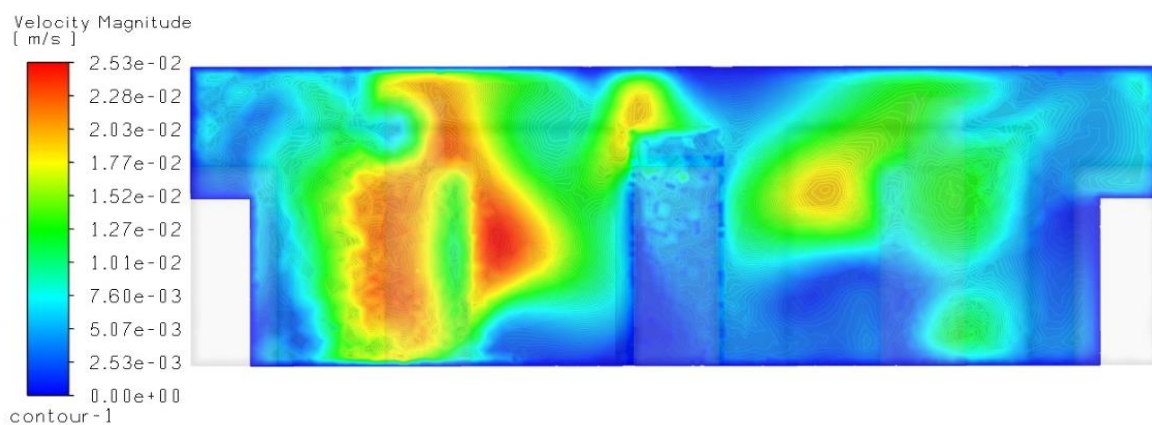


Рис. 3.10 - Розрахункові швидкості повітря на площині 4.

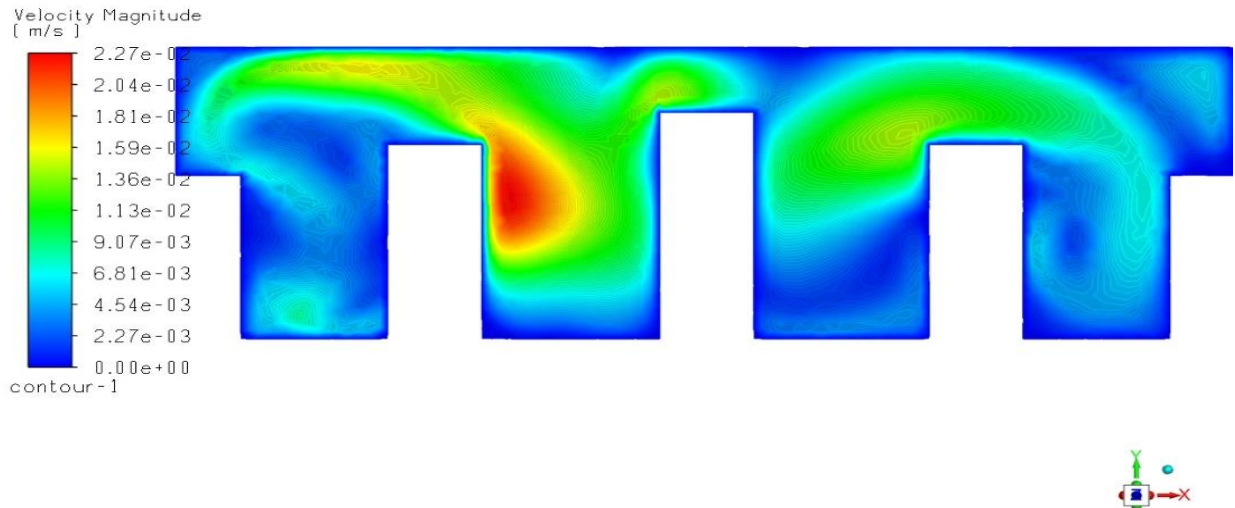


Рис. 3.11 - Розрахункові швидкості повітря на площині 5.

Аналіз графічної інформації на площинах підтверджує припущення про значну нерівномірність повітрообміну в різних ділянках приміщення. Низькі швидкості руху повітря в периферійних ділянках веде до значних концентрацій альдегідів і створенню несприятливих умов для роботи персоналу.

Для приведення концентрації альдегідів до гранично допустимих меж необхідно суттєво збільшити повітрообмін в приміщенні, а також забезпечити більш рівномірний потік повітря на різних ділянках приміщення.

Збільшення повітрообміну в приміщенні пропонується виконати за рахунок організації витяжної вентиляції. Згідно наведених раніше розрахунків мінімальний повітрообмін в приміщенні повинен складати 1200 м<sup>3</sup>/год.

На зовнішній стіні приміщення (стіна з вікнами) пропонується встановити три витяжних вентилятори з Soler&Palau HVE-230 A E продуктивністю 600 м<sup>3</sup>/г кожен.

Параметри вентиляторів Soler&Palau HVE-230 A E наведено в інформації таблиці 3.1 нижче.



Таблиця 3.1 - Параметри вентиляторів Soler&Palau HVE-230 A E

Серія - Soler&Palau HV-STYLVENT;	Температура переміщуваного повітря:
Модель - HVE-230 A E;	- від 0 до +45°C;
Напруга - 220 В,	Матеріал виробу - пластик;
Потужність пристрою - 34 Вт;	Ширина, мм – 370, Висота, мм – 370,
Частота обертання двигуна - 1250 об/хв,	Вага вентилятора - 3,5 кг
Конструкція – Осьовий;	Країна виробництва – Іспанія;
Витрата повітря - 600 м <sup>3</sup> /год,	Електродвигун - захист від перегріву,
Рівень звукового тиску - 43 дБА;	підшипники: до 40 тис. год.

Більш рівномірного розподілу повітряних потоків по об'єму приміщення можна досягнути за рахунок створення додаткових припливних отворів на внутрішній стінці приміщення (стіна з дверима). Схема пропонованого розташування витяжних вентиляторів та додаткових вентиляційних отворів наведено на рис. 3.12.

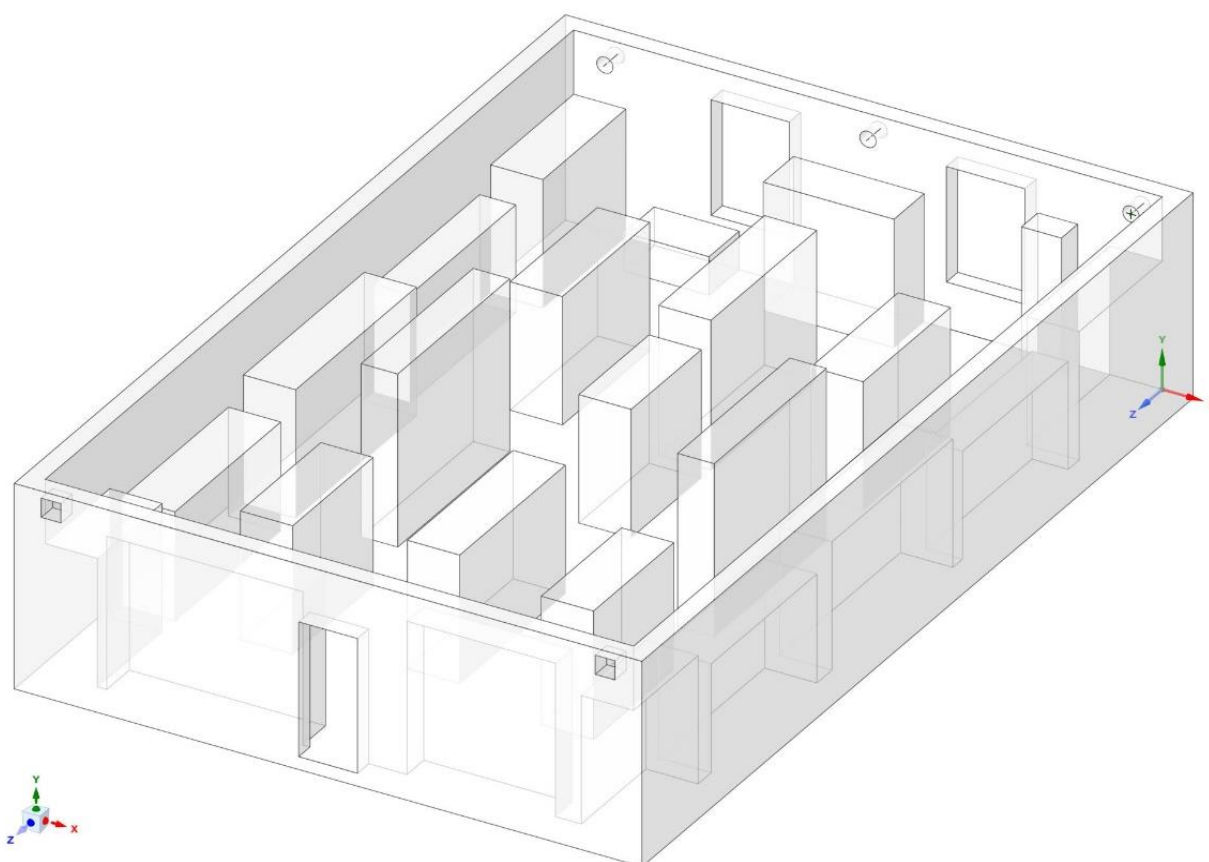


Рис. 3.12 - Схема розташування витяжних вентиляторів і додаткових вентиляційних отворів в приміщенні торгової зали.

Результати розрахунків швидкості та напрямів руху повітря в торговому приміщенні з вентиляторами та додатковими вентиляційними отворами наведено на рис. 3.13 – 3.17.

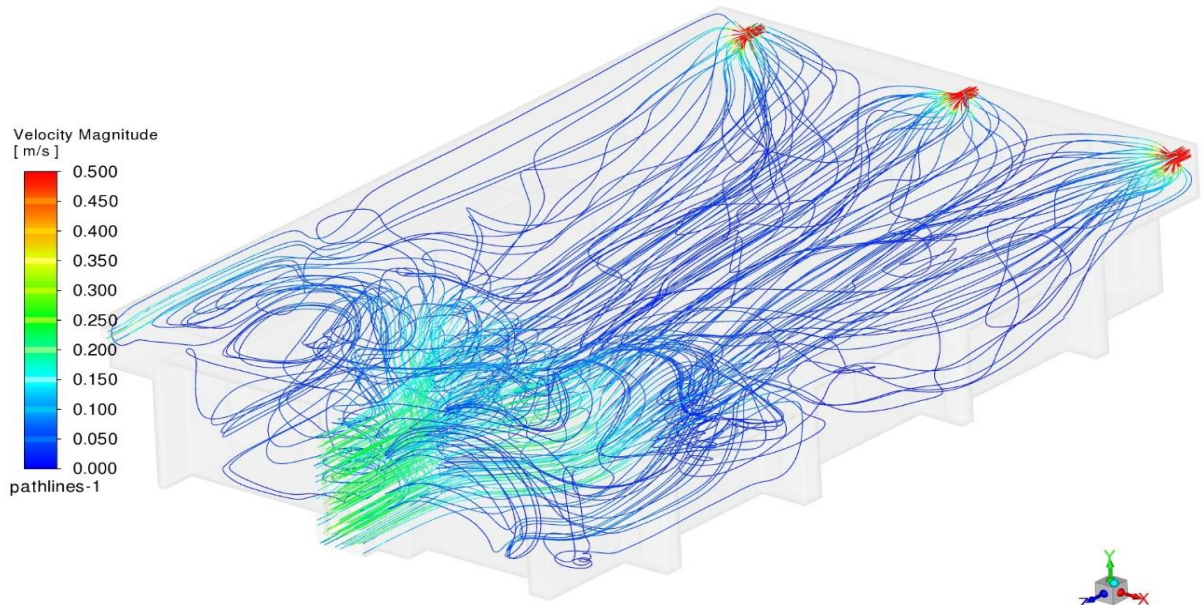


Рис. 3.13 - Напрямок і швидкість повітряних потоків в приміщенні торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами (аксонометрія).

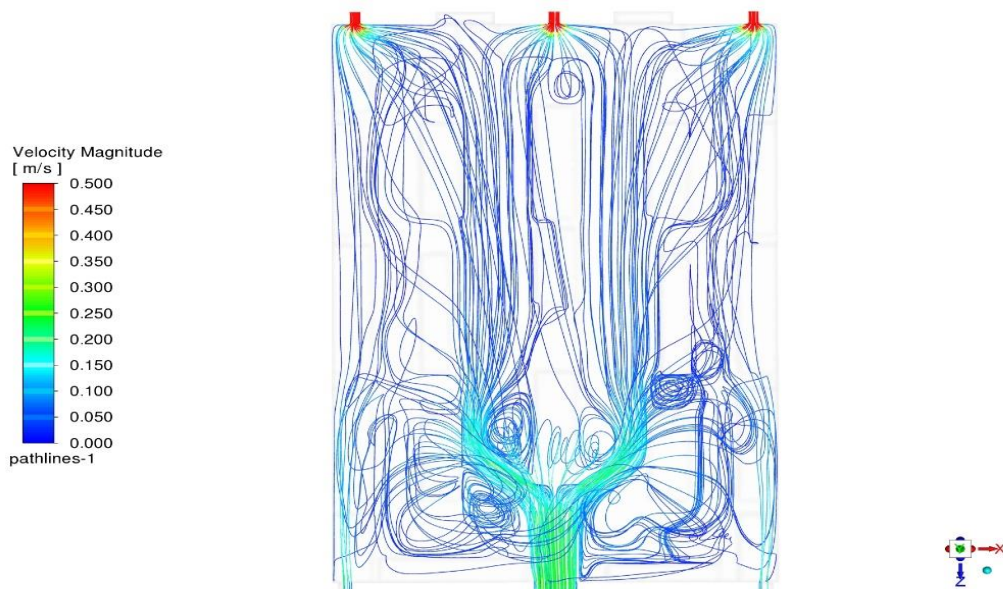


Рис. 3.14 - Напрямок і швидкість повітряних потоків в приміщенні торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами (вигляд зверху).

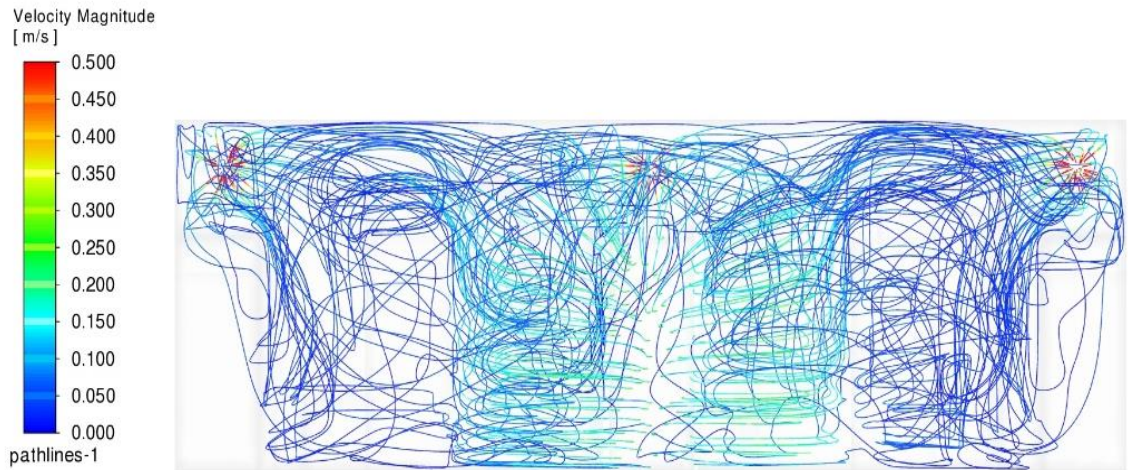


Рис. 3.15 - Напрямок і швидкість повітряних потоків в приміщенні торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами (вигляд з боку дверей).



Рис. 3.16 - Напрямок і швидкість повітряних потоків в приміщенні торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами (вигляд від правої стіни).

З попередніх рисунків видно, що запропоновані рішення дозволяють збільшити швидкість повітря в приміщенні до 0,1 м/с і організувати рух повітря в кутових зонах торгового приміщення з меблями, що виготовлені з формальдегідовмістних ДСП.

Більш детально швидкість повітря на різних ділянках приміщення можна розглянути на рисунках 3.17- 3.22.

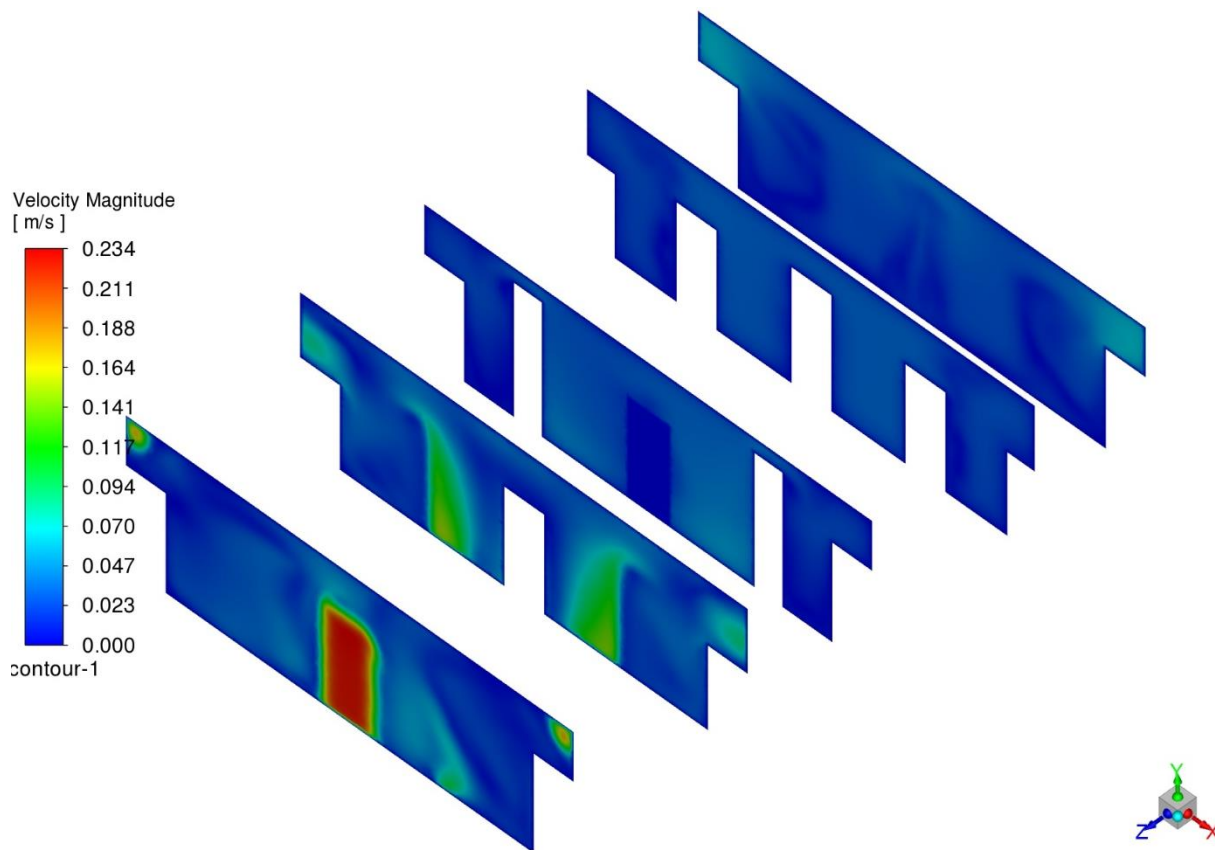


Рис. 3.17 - Розташування площин з розрахунковими значеннями швидкостей повітря торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами.

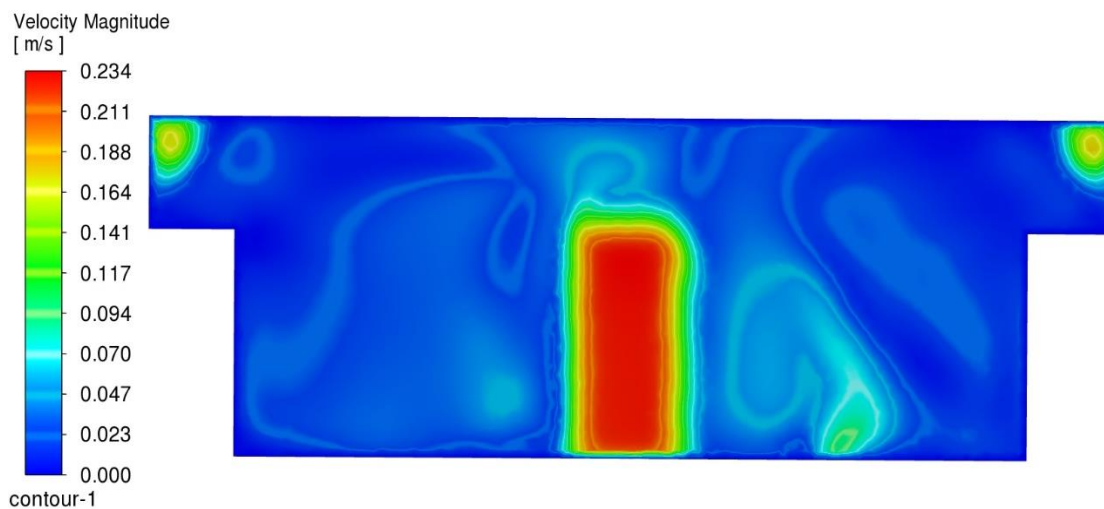


Рис. 3.18 - Розрахункові швидкості повітря торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами на площині 1.

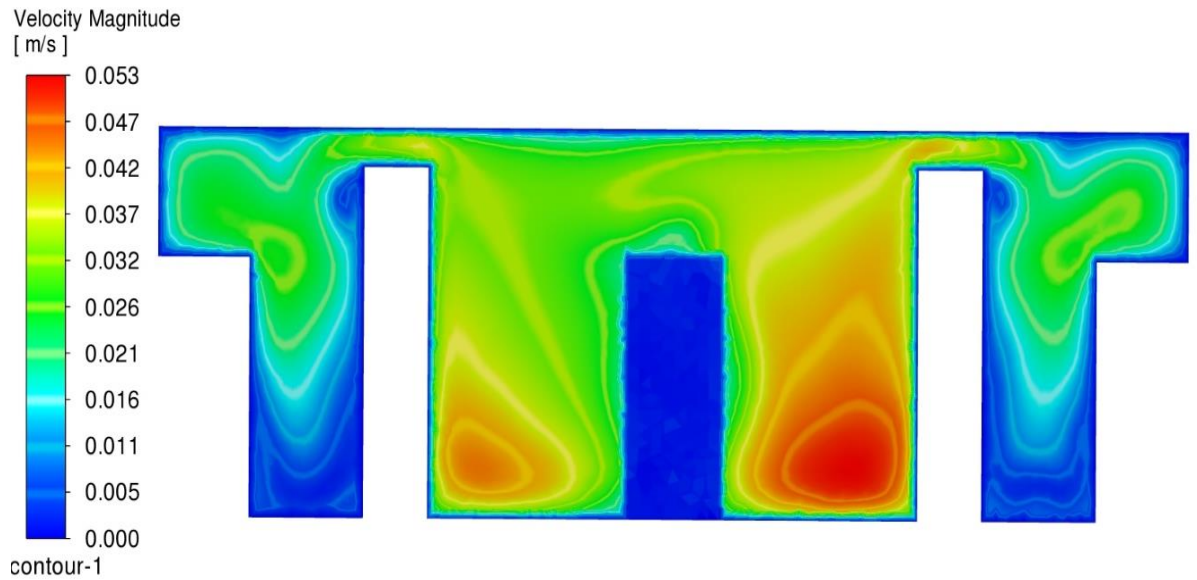


Рис. 3.19 - Розрахункові швидкості повітря торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами на площині 2.

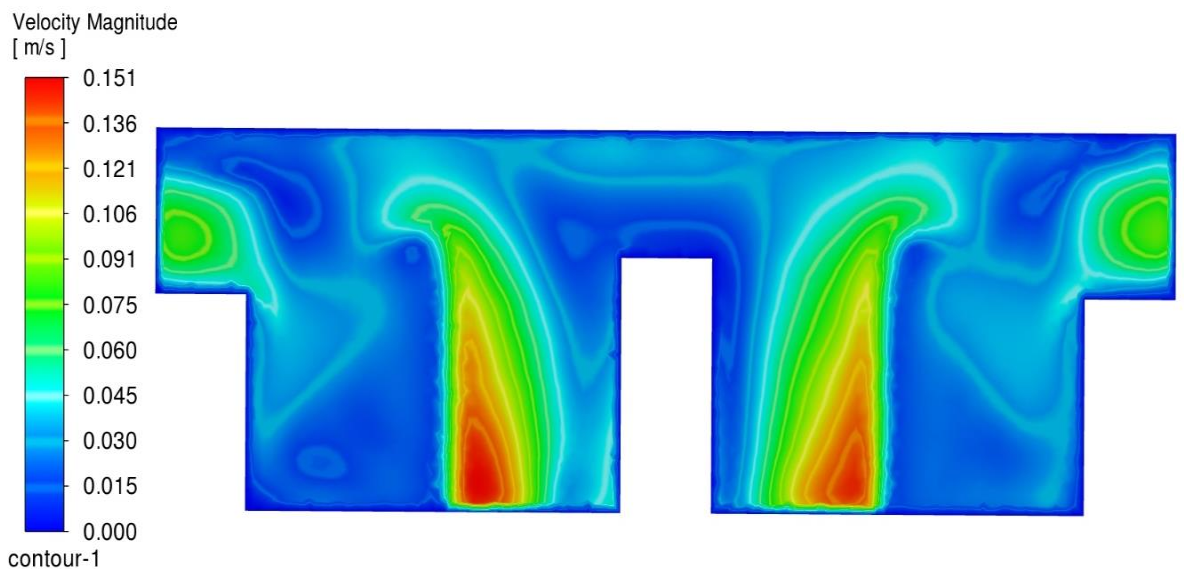


Рис. 3.20 - Розрахункові швидкості повітря торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами на площині 3.

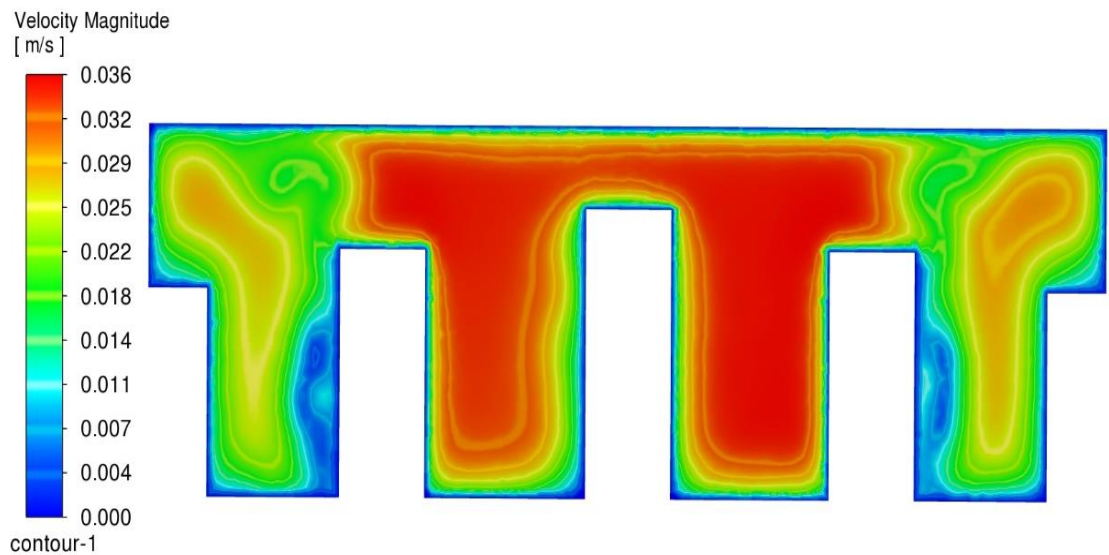


Рис. 3.21 - Розрахунків швидкості повітря торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами на площині 4.

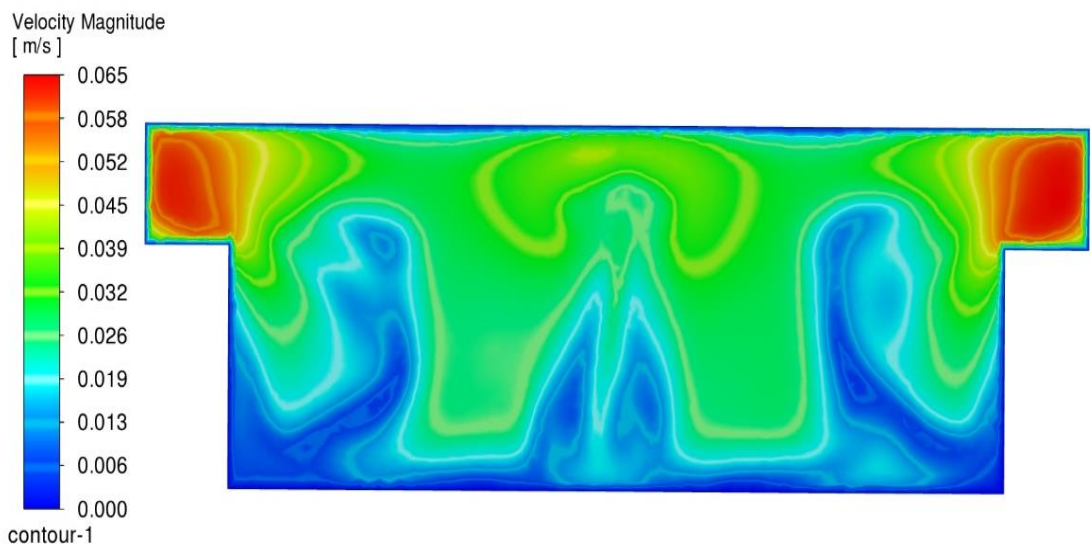


Рис. 3.22 - Розрахунків швидкості повітря торгової зали з вентиляторами і додатковими вентиляційними отворами на площині 5.

Аналіз графічної інформації показує наявність повітряних потоків на всіх ділянках приміщення. Збільшений в порівнянні з розрахунковим повітрообмін ( $1800 \text{ м}^3/\text{год}$  проти  $1200 \text{ м}^3/\text{год}$ ) та безперервна робота вентиляторів 24/7 здатні забезпечити прийнятні умови роботи персоналу. У випадку, коли організувати безперервну роботу витяжної вентиляції неможливо, необхідно організовувати більш ефективну приточно-витяжну вентиляцію.

### Висновки за 3 розділом

У даному розділі проаналізовано умови праці в торговому приміщенні, де розташовані меблі, виготовлені з ДСП, які сприяють вивільненню формальдегіду. Його емісія досить тривалий процес.

Вентиляція у торговому приміщенні відсутня. Тому ми дослідили умови праці обслуговуючого персоналу торгових залів з метою виявлення небезпек присутності надмірної концентрації формальдегіду.

Небезпека є більш суттєвою, оскільки в її умови потрапляє цивільне населення, а саме відвідувачі та покупці меблів з ДСП.

Аналіз умов праці обслуговуючого персоналу торгового приміщення з меблями з ДСП виконано шляхом комп'ютерного моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників за реальними типорозмірами для досліджуваного торгового приміщення.

Об'єм повітря 297,46 м<sup>3</sup>; площа поверхні меблів 241,8 м<sup>2</sup>.

Торгова зала по продажу корпусних меблів являє собою прямокутне приміщення розмірами 14×9×3 м. (рис. 3.1).

Приміщення має один вхід розміром 2,1×0,9 м і два вікна 1,2×1,8 м.

Ззовні вікна закриті рекламними щитами і тому не розчиняються.

В робочий час вхід постійно відкритий, в неробочий – закритий.

В торговій залі щільно розташовані корпусні меблі виготовлені з шаруватої клеєної деревини (ДСП, МДФ).

Оскільки в приміщенні відсутня примусова вентиляція, повітря обмін відбувається за рахунок просочування повітря через нещільності у віконних рамах.

Швидкість повітря в перетині дверей не перевищує 0,05 м/с, що є низьким показником.

Прийнявши, що швидкість повітря по всьому перетину дверей однакова і складає 0,05 м/с, та знаючи площу перетину  $2,1 \times 0,9 = 1,89$  м<sup>2</sup>, ми розрахували

приблизну обсяг повітрообміну в приміщенні:  $1,89 \times 0,05 = 0,0945 \text{ м}^3/\text{с} = 340,2 \text{ м}^3/\text{год}$ .

За вимогами нормування (з 2014 р.) значення гранично-допустимої концентрації формальдегіду у приміщенні – відповідно максимально-разова (м.р.) та середньо-добова (с.д.) не має перевищувати наступних меж: ГДКм.р. =  $0,05 \text{ мг}/\text{м}^3$ , ГДКс.д. =  $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Емісія альдегідів з поверхні меблів складає  $2500 \text{ }\mu\text{г}/\text{м}^2 \text{ h}$ , або  $0.0025 \text{ g}/\text{m}^2\text{h}$ .

Площа поверхні корпусних меблів, які знаходяться в приміщенні складає  $242 \text{ м}^2$ .

Таким чином, щогодини в повітря приміщення виділяється  $0.0025 \times 242 = 0,604 \text{ г}$  альдегідів.

Таким чином, для досягнення ГДК альдегідів повітрообмін повинен складати  $0,604/0,05 = 1200 \text{ м}^3/\text{г}$ .

Фактична швидкість повітрообміну в приміщенні в 4 рази менше мінімально допустимої.

Такий стан є небезпечним і призведе до значного перевищення концентрації альдегідів над ГДК і до погіршення здоров'я персоналу.

В процесі досліджень повітрообміну в приміщенні було зроблено припущення, що повітря розподіляється по залі нерівномірно і існують зони застою повітря.

Для перевірки цього припущення було розроблено математичну модель приміщення і проведено моделювання розподілу повітряних потоків.

Моделювання проводилось в програмі Fluent.

Математична модель представлена на рис. 3.2 пояснювальної записки та в презентації доповіді.

Комп'ютерна математична модель включає 1млн.194тис.882 скінчених елементів та 229тис.034 вузли.

При створенні моделі були враховані параметри показані на рис. 3.23.



Параметри враховані при створенні комп'ютерної моделі торгової зали з розташованими в ній меблями виготовленими з ДСП



1. повітря поступає в приміщення через дверний отвір зі швидкістю 0,05м/с, що складає 0.1157625 кг/с при щільності повітря 1,225 кг/м<sup>3</sup>;
2. повітря виходить з приміщення через нещільності по периметру віконних проїомів.
3. Сумарна кількість повітря, що виходить з приміщення дорівнює кількості повітря, що входить в приміщення;
4. температура повітря в приміщенні 25°C;
5. об'єм повітря в приміщенні з відрахуванням об'єму корпусних меблів складає – 297 м<sup>3</sup>.

Рис. 3.23 – Параметри і дані при створенні комп'ютерної моделі досліджень

На рис. 3.3 – 3.5 видно, що повітря в основному переміщується через центральну частину приміщення.

При цьому швидкість повітря не перевищує 0,03 м/с.

По обидві сторони від центрального проходу швидкість повітря не перевищує 0,014 м/с, а в кутах торгового приміщення наближається до нульового значення.

Більш детально розподіл швидкості повітря на різних перетинах приміщення показано на рис. 3.6 – 3.11.

Аналіз графічної інформації на площинах підтверджує припущення про значну нерівномірність повітрообміну в різних ділянках приміщення.

Низькі швидкості руху повітря в периферійних ділянках веде до значних концентрацій альдегідів і створенню несприятливих умов для роботи персоналу і відвідувачів торгового приміщення, тобто цивільного населення.

Для приведення концентрації альдегідів до гранично допустимих меж необхідно суттєво збільшити повітрообмін в приміщенні, а також забезпечити більш рівномірний потік повітря на різних ділянках приміщення.

В даній роботі бакалавра, пропоную збільшити повітрообмін в приміщенні за рахунок додавання витяжної вентиляції до величини 1200 м<sup>3</sup>/год. Тим більше, що є просторові можливості для її розташування.

На зовнішній стіні приміщення (стіна з вікнами) пропонується встановити 3 витяжних вентилятори з Soler&Palau HVE-230 A E продуктивністю 600 м<sup>3</sup>/г кожен.

Більш рівномірного розподілу повітряних потоків по об'єму приміщення можна досягнути за рахунок створення додаткових припливних отворів на внутрішній стінці приміщення (стіна з дверима).

Схема пропонованого розташування витяжних вентиляторів та додаткових вентиляційних отворів наведено на рис. 3.12.

Результати розрахунків швидкості та напрямів руху повітря в торговому приміщенні з вентиляторами та додатковими вентиляційними отворами наведено на рис. 3.13 – 3.17 та в презентації.

Дослідженнями доведено, що запропоновані рішення дозволяють збільшити швидкість повітря в приміщенні до 0,1 м/с і організувати рух повітря в кутових зонах торгового приміщення з меблями, що виготовлені з формальдегідовмістних ДСП.

Більш детально швидкість повітря на різних ділянках приміщення показано на рисунках 3.17- 3.22 пояснювальної записки та в презентації.

Таким чином, дослідженнями доведено, що при застосування витяжної вентиляції є стабільна наявність повітряних потоків на всіх ділянках торгового зали приміщення.

Збільшений в порівнянні з розрахунковим повітрообмін (1800 м<sup>3</sup>/год проти 1200 м<sup>3</sup>/год) та безперервна робота вентиляторів 24/7 здатні забезпечити прийнятні умови роботи персоналу, який працює на протязі 12 годин на добу.

Для випадку, коли організувати безперервну роботу витяжної вентиляції стане архітектурно неможлиим, то пропоную організувати більш ефективну приточно-витяжну вентиляцію, але це є вже за рішенням адміністрації торгового комплексу.

Для даної теми бакалаврської роботи, доведено, що будь яка вентиляція є вкрай необхідною для даних умов праці персоналу і покупців.

## РОЗДІЛ 4

### ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ

За умов нормативного дотримання вимог державного законодавства [1-3, 5, 8-9] та рекомендацій щодо зниження впливу ризиків від шкідливої дії формальдегіду можливо оцінити шкоду здоров'ю користувачів меблів з ДСП або зменшити небезпечний вплив на здоров'я.

Дотримання пропозицій даної випускної бакалаврської роботи допоможе мінімізувати емісію формальдегіду з ДСП-виробів та негативний вплив на здоров'я.

По-перше, основна пропозиція, це надання переваги якісним ДСП-меблям з високими показниками сертифікації E1, або з цільного дерева (наприклад, ДСП, ДВП та фанера за вмістом формальдегіду діляться на три класи – E1, E2 та E3, чим вищий клас, тим менше його концентрація в складі, в Україні для виробництва меблів забороняється використання класу E2);

По-друге, комплекс взаємопов'язаних вимог: дотримання вимог користування ДСП-меблів, витримка їх в безпечних приміщеннях без доступу людей та забезпечення якісної системи провітрювання приміщень.

Медико-генетичними дослідженнями встановлено, що через тривале забруднення довкілля в популяції зростає кількість спадкових генетичних аномалій.

Коли забруднення атмосфери в 1,2 – 1,5 рази перевищує санітарно-гігієнічні норми, починаються захворювання імунної системи.

Сьогодні в Україні налічується близько 1700 небезпечних джерел забруднення атмосфери, з них 1000 – особливо небезпечні хімічні підприємства. А у побуті – це неякісні ДСП-меблі.

Серед великого розмаїття хімічних речовин, які тим чи іншим способом потрапляють в організм людини, особливої небезпеку складають отруйні речовини.

Оцінка небезпечного впливу формальдегіду, що виділяється з ДСП меблів

За кордоном в кількісному відношенні вміст формальдегіду в плитних матеріалах і фанері визначається величиною 0,1 ppm (parts per million – частин на мільйон) або 0,125 мг/м<sup>3</sup>. Плити з виділенням не більше 0,1 ppm (0,125 мг/м<sup>3</sup>) належать до класу E1 і дозволені для використання без опорядження. Плити з виділенням від 0,1 до 1,0 ppm (1,25 мг/м<sup>3</sup>) належать до класу E2 і дозволяються для використання в опорядженому вигляді. Плити з виділенням понад 1,0 ppm взагалі не дозволяється виробляти.

В Україні E1 обов'язковий тільки для дитячих меблів, для виробництва решти видів меблів допускається використання ДСП класу E2. Отже, прийнятними для експлуатації можна вважати матеріали, які відповідають класам E0 та E1.

Таким чином, щоб не розірвати існуючих виробничих зв'язків та не втратити потенційних ринків збуту, підприємства, що виробляють деревостружкові плити, просто змушені вдосконалювати не лише конструкцію своїх виробів, але й весь технологічний процес у відповідності до екологічних вимог і стандартів. При цьому, важливим напрямком екологізації стружкових плит є застосування екологічно прийнятних клеїв, які не повинні бути токсичними, тобто не виділяти шкідливих для організму людини речовин; під час затвердіння не виділяти великої кількості летких речовин (аміаку, ацетону тощо), які забруднюють довкілля; бути стійкими щодо шкідливих виділень після повного затвердіння; мати мінімальний вміст вільного формальдегіду.

Дотримання пропозицій, визначених даною роботою бакалавра

Характеристика формальдегіду, оцінка небезпеки його присутності в приміщенні та пропозиції з покращення безпеки використання наведено нижче.

Формальдегід (синоніми: формальдегід, мурашиний альдегід, метилальдегід; хімічна формула  $\text{CH}_2\text{O}$ ).

Відомі бактерицидні властивості хімічної сполуки – формаліну, що застосовується в анатомії для консервації тканин і органів, є звичайним 40% водним розчином мурашиного альдегіду.

Дубильні властивості зробили його незамінним компонентом для засобів шкіряної і деревообробної промисловості. Крім того, він використовується при виробництві різних косметичних засобів, а також в харчовій промисловості (як добавка під кодом E240).

Випаровування формальдегіду відбувається з побутових матеріалів:

- ДСП (з якого робиться велика кількість меблів)
- фанера, МДФ, OSB (використовувані для утеплення будинку)
- ламінат та інші покриття для підлоги, плінтуса, двері з МДФ.

Таким чином, в повсякденному житті його можна зустріти повсюди. Навіть такі нешкідливі, здавалося б, на перший погляд речі, як диван, ліжко, стіл, стільці і підлога – можуть служити джерелами виділення формальдегіду в помешканні (будинку). Необхідно відзначити, що дерев'яні меблі не містять формальдегід, але й коштують вони значно дорожче, ніж виготовлені з МДФ і ДСП.

В середньому формальдегід вивітряється з меблів і підлогових покриттів приблизно 3 – 5 років.

У разі м'яких меблів його виділення може відбуватися навіть після 10 років експлуатації.

Вченими-токсикологами доведено, що формальдегід шкідливий для здоров'я людей. Велику небезпеку становлять пари формальдегіду.

Хронічне отруєння парами формальдегіду викликає симптоми:

- алергію, постійний кашель, подразнення очей, носа, горла і шкіри, напади астми;
- порушення сну, психічне збудження, тремтіння, схуднення;
- головні болі, розлад зору і координації;
- хронічну втому, сонливість, млявість, загальмованість;
- розлад потовиділення, і регуляції температури тіла.

Наслідки отруєння формальдегідом проходять самі при усуненні його джерела і не вимагають допомоги лікаря. Але, при вдиханні його у високих концентраціях розвивається гострий кон'юнктивіт, риніт, бронхіт, набряк в області легень і гортані. Смерть може наступити при концентрації цього газу в атмосфері, що дорівнює  $20 \text{ мг/м}^3$ , протягом 30 хвилин.

Те, що формальдегід канцероген для людини (речовина, що здатна викликати рак) не було доведено на всі 100%. Але в деяких досліджах на тваринах було показано, що він підвищує ризик розвитку раку носоглотки, а також може призвести до виникнення лейкозу.

Тому, він внесений до списку потенційно канцерогенних сполук в розділі «ймовірні канцерогени для людини».

Перша ознака перевищення норми вмісту парів формальдегіду в повітрі – характерний різкий запах, який нагадує аптечний аромат. У багатьох користувачів цей запах асоціюється з новими меблями – але насправді так пахнуть пари формальдегіду. Його запах відчувається вже при концентрації в 25 разів менше допустимої за санітарними нормами.

ГДК формальдегіду в повітрі становить  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , при цьому добова ГДК – в п'ять разів менше –  $0,01 \text{ мг/м}^3$ .

Пропозиції з оцінки ефективності безпеки при використанні ДСП-меблів:

1. При покупці нових меблів (ламінату, виробів з фанери, оздоблювальних матеріалів з OSB, МДФ, ДСП і т.д.) наявність запаху цілком обгрунтовано.
2. Бажано купувати продукцію зроблену з цільного дерева.

3. Не слід ставити предмети з ДСП і МДФ поблизу джерел тепла – біля батарей опалення, під прямі сонячні промені.
4. Перед тим, як заносити в квартиру меблі, ламінат, фанеру та інші оздоблювальні матеріали, дати їм вивітритися на вулиці, під навісом без потрапляння вологи.
5. Обов'язкове провітрювання приміщення, коли ДСП-меблі всередині. Використання очищувачу повітря, що дозволить частково нейтралізувати формальдегід.
6. Зелені рослини в будинку очищають повітря.
7. Провести заміри наявності формальдегіду спеціальними службами.

Складові математичної оцінки ефективності зменшення емісії формальдегіду з ДСП-меблів

У природних умовах газовий склад атмосферного повітря та інші показники атмосфери відновлюються і підтримуються завдяки рослинності й світовому океану, а в житлових об'єктах – через провітрювання, вентиляцію й використання різних засобів і способів регенерації повітря.

Тривалість безпечного перебування людей, які знаходяться в ізолюваному приміщенні, визначається за формулою:

$$T_{O_2} = \frac{10 \cdot W(21 - C_{O_2})}{a \cdot N};$$

де  $T_{O_2}$  – тривалість безпечного перебування в ізолюваному приміщенні за умов обмеженого вмісту кисню, год;

$W$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$C_{O_2}$  – гранично допустима концентрація кисню, %;

$a$  – кількість кисню, яка споживається людиною за 1 годину, л/год;

$N$  – кількість людей, що знаходяться в ізолюваному приміщенні, осіб.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз наукових праць та вимог законодавства по нормуванню шкідливої дії небезпечної речовини формальдегіду [1-13] та виявлені характерні особливості фізико-хімічних властивостей формальдегіду, вплив на організм людини та норми гранично – допустимих концентрацій (ГДК) у виробих та приміщеннях.

Формальдегід відноситься до другого класу небезпечності, є токсичним, канцерогенним.

Необхідність виникнення даної теми моєї бакалаврської КР зумовлена тим, що я, Кодаш Яна, працюю в торговому приміщенні, де розташовані в великій кількості меблі з ДСП, фанери, а поряд існує торгівля килимами на синтетичній основі. Мені цікаво дослідити процес вивільнення, емісії формальдегіду з меблів та килимів, оскільки, стан здоров'я працівниць останнім часом погіршився.

Рекомендації для інженера з охорони праці, керівника установи:

Алгоритм необхідних дій для інженера з охорони праці, керівника установи по захисту від дії формальдегіду працівників в торгових відділах по пролажу меблів з ЛСП, фанери, килимів

1. перевіряти системи вентиляції, очищення та кондиціонування атмосферного повітря, системи опалення та конвекторні системи;
2. контролювати вміст шкідливих речовин та завислих частинок у робочих приміщеннях, заміряти їх перед початком кожної зміни;
3. забезпечити працівників засобами індивідуального захисту за потреби;
4. ввести обов'язковим медичний огляд працівників двічі на рік та перед початком роботи на підприємстві;
5. локалізувати викиди шкідливих речовин за допомогою створення аспіраційного забору токсинів в місцях скупчення;
6. установити вентиляційні системи місцевого застосування;
7. автоматизувати процес провітрювання до роботи і забезпечити можливість дистанційного керування із безпечних зон із мінімальним вмістом шкідливих речовин.

Рекомендації по зменшенню впливу формальдегіду з меблів на організм людини в побуті

1. Провітрювання приміщень, у якому є нові меблі,
2. Установити очищувач повітря для нейтралізації парів вільного формальдегіду, що виділяється,
3. Меблі, виготовлені із ДСП та МДФ не встановлювати поблизу джерел виділення тепла (конвектори, обігрівачі, пряме сонячне випромінювання).

У процесі досліджень визначено, що перевищення норм ГДК формальдегіду в повітрі середовища роботи чи у побуті є причиною незадовільного стану організму людини.

Процес емісії формальдегіду з меблів в приміщенні триває на протязі місяців. Мікрокліматичні умови впливають на даний процес.

При високих температурах  $t=25-30^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості  $\phi=60-70\%$  процес емісії більш тривалий і небезпечний по токсичності.

Зважаючи на незначні об'єми приміщень побуту, офісів і повітря в них, особливо в холодний період року при недостатньому провітрюванні, то майже незначні концентрації емісії формальдегіду мають вплив на здоров'я людей і працівників.

При цьому межа подразнюючої дії на дихальні шляхи людини становить  $2,4 \text{ мг/м}^3$ .

Загальні рекомендації по експлуатації корпусних меблів з ДСП при використанні їх як на роботі, так і у побуті, наступні:

1. Приміщення з новими меблями слід провітрювати одноразово не менше години на добу та додатково періодично по 15 хвилин кожної години - протягом перших двох місяців використання.
2. Розміщення меблів без дії прямих сонячних променів та оплювальних приладів.
3. Унеможливити потрапляння вологи на точцеві частини ДСП меблів для попередження їх розбухання.

4. Не використовувати хімічні засоби, розчинники, абразивні порошки для чищення меблів.

Як захід попередження впливу небезпечних речовин на органи дихання людей, є якісне провітрювання з постійним потраплянням свіжого повітря ззовні, або очищене повітря від спеціальних приладів та іонізація.

Спочатку, для розробки рекомендацій з визначення належної системи провітрювання для усюв торгівельної зали, необхідно виконати комп'ютерне моделювання процесу повітрообміну з виявленням застійних зон накопичення небезпечних речовин. В роботі проаналізовано умови праці в торговому приміщенні, де розташовані меблі, виготовлені з ДСП, які сприяють вивільненню формальдегіду. Його емісія досить тривалий процес.

Вентиляція у торговому приміщенні відсутня. Тому ми дослідили умови праці обслуговуючого персоналу торгових залів з метою виявлення небезпек присутності надмірної концентрації формальдегіду. Небезпека є більш суттєвою, оскільки в її умови потрапляє цивільне населення, а саме відвідувачі та покупці меблів з ДСП.

Аналіз умов праці обслуговуючого персоналу торгового приміщення з меблями з ДСП виконано шляхом комп'ютерного моделювання емісії токсичних речовин з мебельних матеріалів в робочих зонах працівників за реальними типорозмірами для досліджуваного торгового приміщення.

Об'єм повітря 297,46 м<sup>3</sup>; площа поверхні меблів 241,8 м<sup>2</sup>.

Торгова зала по продажу корпусних меблів являє собою прямокутне приміщення розмірами 14×9×3 м. (рис. 3.1).

Приміщення має один вхід розміром 2,1×0,9 м і два вікна 1,2×1,8 м.

Ззовні вікна закриті рекламними щитами і тому не розчиняються.

В робочий час вхід постійно відкритий, в неробочий – закритий.

В торговій залі щільно розташовані корпусні меблі виготовлені з шаруватої клеєної деревини (ДСП, МДФ).

Оскільки в приміщенні відсутня примусова вентиляція, повітря обмін відбувається за рахунок просочування повітря через нещільності у віконних рамах.

Швидкість повітря в перетині дверей не перевищує 0,05 м/с, що є низьким показником.

Прийнявши, що швидкість повітря по всьому перетину дверей однакова і складає 0,05 м/с, та знаючи площу перетину  $2,1 \times 0,9 = 1,89 \text{ м}^2$ , ми розрахували приблизну обсяг повітрообміну в приміщенні:  $1,89 \times 0,05 = 0,0945 \text{ м}^3/\text{с} = 340,2 \text{ м}^3/\text{год}$ .

За вимогами нормування (з 2014 р.) значення гранично-допустимої концентрації формальдегіду у приміщенні – відповідно максимально-разова (м.р.) та середньо-добова (с.д.) не має перевищувати наступних меж: ГДКм.р. = 0,05 мг/м<sup>3</sup>, ГДКс.д. = 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Емісія альдегідів з поверхні меблів складає  $2500 \text{ }\mu\text{г}/\text{м}^2 \text{ h}$ .

Площа поверхні корпусних меблів, які знаходяться в приміщенні складає  $242 \text{ м}^2$ .

Таким чином, щогодини в повітря приміщення виділяється  $0,0025 \times 242 = 0,604 \text{ г}$  альдегідів.

Таким чином, для досягнення ГДК альдегідів повітрообмін повинен складати  $0,604/0,05 = 1200 \text{ м}^3/\text{г}$ .

Фактична швидкість повітрообміну в приміщенні в 4 рази менше мінімально допустимої.

Такий стан є небезпечним і призведе до значного перевищення концентрації альдегідів над ГДК і до погіршення здоров'я персоналу.

В процесі досліджень повітрообміну в приміщенні було зроблено припущення, що повітря розподіляється по залі нерівномірно і існують зони застою повітря.

Для перевірки цього припущення було розроблено математичну модель приміщення і проведено моделювання розподілу повітряних потоків.

Моделювання проводилось в програмі Fluent. Комп'ютерна математична модель включає 1млн.194тис.882 скінчених елементів та 229тис.034 вузли.

Параметри враховані при створенні комп'ютерної моделі торгової зали з розташованими в ній меблями виготовленими з ДСП

повітря поступає в приміщення через дверний отвір зі швидкістю 0,05м/с, що складає 0.1157625 кг/с при щільності повітря 1,225 кг/м<sup>3</sup>;  
повітря виходить з приміщення через нещільності по периметру віконних пройомів.  
Сумарна кількість повітря, що виходить з приміщення дорівнює кількості повітря, що входить в приміщення;  
температура повітря в приміщенні 25°C;  
об'єм повітря в приміщенні з відрахуванням об'єму корпусних меблів складає – 297 м<sup>3</sup>.

На рис. 3.3 – 3.5 пояснювальної записки видно, що повітря в основному переміщується через центральну частину приміщення.

При цьому швидкість повітря не перевищує 0,03 м/с.

По обидві сторони від центрального проходу швидкість повітря не перевищує 0,014 м/с, а в кутах торгового приміщення наближається до нульового значення.

Більш детально розподіл швидкості повітря на різних перетинах приміщення показано на рис. 3.6 – 3.11.

Аналіз графічної інформації на площинах підтверджує припущення про значну нерівномірність повітрообміну в різних ділянках приміщення.

Низькі швидкості руху повітря в периферійних ділянках веде до значних концентрацій альдегідів і створенню несприятливих умов для роботи персоналу і відвідувачів торгового приміщення, тобто цивільного населення.

Для приведення концентрації альдегідів до гранично допустимих меж необхідно суттєво збільшити повітрообмін в приміщенні, а також забезпечити більш рівномірний потік повітря на різних ділянках приміщення.

В даній роботі бакалавра, пропоную збільшити повітрообмін в приміщенні за рахунок додавання витяжної вентиляції до величини 1200 м<sup>3</sup>/год. Тим більше, що є просторові можливості для її розташування.

На зовнішній стіні приміщення (стіна з вікнами) пропонується встановити 3 витяжних вентилятори з Soler&Palau HVE-230 A E продуктивністю 600 м<sup>3</sup>/г кожен.

Більш рівномірного розподілу повітряних потоків по об'єму приміщення можна досягнути за рахунок створення додаткових припливних отворів на внутрішній стінці приміщення (стіна з дверима).

Схема пропонованого розташування витяжних вентиляторів та додаткових вентиляційних отворів наведено на рис. 3.12.

Дослідженнями доведено, що запропоновані рішення дозволяють збільшити швидкість повітря в приміщенні до 0,1 м/с і організувати рух повітря в кутових зонах торгового приміщення з меблями, що виготовлені з формальдегідовмістних ДСП.

Таким чином, дослідженнями доведено, що при застосування витяжної вентиляції є стабільна наявність повітряних потоків на всіх ділянках торгової зали приміщення.

Збільшений в порівнянні з розрахунковим повітрообмін (1800 м<sup>3</sup>/год проти 1200 м<sup>3</sup>/год) та безперервна робота вентиляторів 24/7 здатні забезпечити прийнятні умови роботи персоналу, який працює на протязі 12 годин на добу.

Для випадку, коли організувати безперервну роботу витяжної вентиляції стане архітектурно неможлиим, то пропоную організовувати більш ефективну приточно-витяжну вентиляцію, але це є вже за рішенням адміністрації торгового комплексу.

Для даної теми бакалаврської роботи, доведено, що будь яка вентиляція є вкрай необхідною для даних умов праці персоналу і покупців.

В середньому формальдегід вивітрюється з меблів і підлогових покриттів приблизно 3 – 5 років.

У разі м'яких меблів його виділення може відбуватися навіть після 10 років експлуатації.

Вченими-токсикологами доведено, що формальдегід шкідливий для здоров'я людей. Велику небезпеку становлять пари формальдегіду.

Більше 70% часу, люди проводять поряд з меблями, які не є небезпечними для їх здоров'я.

Перша ознака перевищення норми вмісту парів формальдегіду в повітрі – характерний різкий запах, який нагадує аптечний аромат. У багатьох користувачів цей запах асоціюється з новими меблями – але насправді так пахнуть пари формальдегіду. Його запах відчувається вже при концентрації в 25 разів менше допустимої за санітарними нормами.

ГДК формальдегіду в повітрі становить 0,5 мг/м<sup>3</sup>, при цьому добова ГДК – в п'ять разів менше – 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Пропозиції з оцінки ефективності безпеки при використанні ДСП-меблів:

1. При покупці нових меблів (ламініату, виробів з фанери, оздоблювальних матеріалів з OSB, МДФ, ДСП і т.д.) наявність запаху цілком обгрунтовано.
2. Бажано купувати продукцію зроблену з цільного дерева.
3. Не слід ставити предмети з ДСП і МДФ поблизу джерел тепла – біля батарей опалення, під прямі сонячні промені.
4. Перед тим, як заносити в квартиру меблі, ламінат, фанеру та інші оздоблювальні матеріали, дати їм вивітритися на вулиці, під навісом без потрапляння вологи.
5. Обов'язкове провітрювання приміщення, коли ДСП-меблі всередині. Використання очищувачу повітря, що дозволить частково нейтралізувати формальдегід.
6. Зелені рослини в будинку очищають повітря.
7. Провести заміри наявності формальдегіду спеціальними службами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2807-94. Устаткування метало- і деревообробне. Загальні вимоги безпеки і методи випробувань. [Чинний від 01.01.1996]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1994. 33 с.
2. ДСТУ Б В. 1.1-2-97. Матеріали будівельні. Метод випробування та займистість. Вид. офіц. Київ: Центральний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій ім. В.А. Кучеренко, 1998. 72-76 с.
3. IPSC: Environmental Health Criteria 89, Formaldehyde. Geneva: WHO, 1988. 219р.
4. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами (Том 1, Том 2), Укр. НЦТЕ, Донецьк, 2004.
5. Про затвердження нормативів ГДВ забруднюючих речовин із стаціонарних джерел: наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 27 06 2006 р. №309. Голос України. 2006.
6. Ніколаєв А.Ф., Супрун Н.П., Островецька Ю.І. Методи визначення кількісного та якісного складу текстильних матеріалів: монографія. Київ: КНУТД, 2012. 108-112 с.
7. Нагорний А.Ю., Бухтіяров В.П., Іванов Н.А., Савченко В.Ф. Полімерні матеріали у виробництві меблів, 272 с.
8. Міністерство Охорони Здоров'я України. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами ( ДСП-201-97)
9. Міністерство Охорони Здоров'я України. Наказ № 1139 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Полімерні та полімервмісні матеріали, вироби і конструкції, що застосовуються у будівництві та виробництві меблів. Гігієнічні вимоги».
10. Державні санітарні норми та правила «Полімерні та полімервмісні матеріали, вироби і конструкції, що застосовуються у будівництві та



виробництві меблів. Гігієнічні вимоги» - Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 29.12.2012 № 1139.

11. (National Research Council. 1980. Formaldehyde – An Assessment of Its Health Effects. Washington, DC: The National Academies Press.
12. National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. FORMALDEHYDE, Source=Hazardous Substances Data Bank (HSDB).
13. NTP (National Toxicology Program). 2016. Report on Carcinogens, Fourteenth Edition.; Research Triangle Park, NC: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
14. Baumann, MGD & Lorenz, Linda & Batterman, Stuart & Zhang, GZ. (2000). Aldehyde emissions from particleboard and medium density fiberboard products. Forest Products Journal. 50. 75-82.