

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет «Гірничий»

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра «Охорона праці»

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____/Александров С.М./

«____» _____ 2021 року

Випускна кваліфікаційна робота

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Забезпечення безпеки пасажирів, при виникненні пожежі на залізничному рухомому складі»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЦБзм-19

напряму підготовки (спеціальності) 263 «Цивільна безпека»,

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Савостьянов Д.І. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник проф. каф. ОП, Конопелько Є.І. _____

(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.*

Студент Савостьянов Д.І. _____

(підпис)

Покровськ – 2021

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

Факультет Гірничий
Кафедра Охорона праці
Освітньо-кваліфікаційний рівень (освітній ступінь) магістр
Напрямок підготовки (спеціальність) 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____/Александров С.М./
“ ____ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРУ

- _____
Савстьянову Дмиру Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи: «Забезпечення безпеки пасажирів, при виникненні пожежі на залізничному рухомому складі»
керівник роботи Конопелько Євген Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом № _____ від “ ____ ” ____ 2021 року
2. Строк подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти розділів роботи _____

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			
3			
4			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Сучасний стан досліджень пожежної небезпеки пасажирських вагоножелезнодорожного рухомого складу	18.02.2021 - 13.03.2021	
2	Математичне моделювання динаміки поширення небезпечних факторів пожежі в двоповерхових пасажирських вагонах	13.03.2021 - 01.04.2021	
3	Методики розрахунку часу евакуації, і оцінки пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах залізничного рухомого складу	01.04.2021 - 15.04.2021	
4	Методика оцінки пожежного ризику двоповерхових пасажирських вагонів залізничного рухомого складу	15.04.2021 - 03.05.2021	
5	Оформлення роботи і підготовка до захисту	03.05.2021	

Студент

(підпис)

Савостьянов Д.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Конопелько Є.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Савостьянов Д.. Дослідження і зниження шуму і вібрації у кабіні кранів на залізничному ході. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» –ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021

Метю магістерської роботи є зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів залізничного рухомого складу.

Ідея роботи - розробити і теоретично обґрунтувати методику оцінки і способи зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів залізничного рухомого складу.

Об'єкт дослідження - пожежна небезпека пасажирських вагонів.

Предмет дослідження - особливості визначення параметрів небезпечних факторів пожежі в двоповерхових вагонах.

Наукова новизна :

- вперше застосовані показники динаміки розвитку небезпечних факторів пожежі в двоповерхових пасажирських вагонах, а саме - втрата видимості, гранична концентрація кисню і гранична температура, що дозволяють визначити час блокування евакуаційних виходів;

- розроблена нова методика розрахунку часу евакуації людей з двоповерхових пасажирських вагонів, що дозволяє провести евакуацію пасажирів до настання гранично-допустимих значень небезпечних факторів пожежі;

- розроблена нова методика оцінки пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах, що дозволяє провести розрахунки індивідуального пожежного ризику;

- вперше запропоновані способи зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів (що дозволяють забезпечити своєчасну евакуацію пасажирів, тобто до настання моменту блокування небезпечними факторами пожежі шляхів евакуації).

Практична цінність роботи полягає в наступному:

- підвищенні пожежної безпеки двоповерхових вагонів і на об'єктах залізничного транспорту;
- кількісні показники динаміки поширення небезпечних факторів пожежі в двоповерхових вагонах дозволять визначити, наскільки швидко відбувається блокування небезпечними факторами пожежі евакуаційних виходів;
- методика оцінки пожежного ризику в двоповерхових вагонах дозволяє встановити ймовірність реалізації пожежної небезпеки в двоповерховому вагоні і ступінь завданої шкоди матеріального майна, життя і здоров'ю пасажирів при пожежі;
- рекомендації щодо способів зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів.

Ключові слова: пожежна безпека, оцінка пожежного ризику, двоповерхові вагони, час евакуації, залізничний рухомий склад, пасажирські вагони.

ANOTATION

Savostyanov DI Research and reduction of noise and vibration in the crane cabin on the railway track. Graduation qualification work for the degree of "master" in the specialty 263 "Civil Security" - SHEE DonNTU, Pokrovsk, 2021

The purpose of the master's work is to reduce the fire hazard of passenger cars of railway rolling stock.

The idea of the work is to develop and theoretically substantiate the method of assessment and ways to reduce the fire hazard of passenger cars of railway rolling stock.

The object of study - the fire hazard of passenger cars.

The subject of research - features of determining the parameters of fire hazards in double-decker cars.

Scientific novelty:

- for the first time the indicators of dynamics of development of dangerous factors of fire in two-storeyed passenger cars are applied, namely - loss of visibility, maximum concentration of oxygen and maximum temperature allowing to define time of blocking of evacuation exits;
- a new method of calculating the time of evacuation of people from double-decker passenger cars has been developed, which allows evacuation of passengers before the occurrence of maximum permissible values of fire hazards;
- a new method of fire risk assessment in double-decker passenger cars has been developed, which allows for individual fire risk calculations;
- for the first time the offered ways of reduction of fire danger of passenger cars (allowing to provide timely evacuation of passengers, ie before the moment of blocking by dangerous factors of fire of ways of evacuation).

The practical value of the work is as follows:

- increase of fire safety of two-storeyed cars and on objects of railway transport;
- quantitative indicators of the dynamics of the spread of dangerous factors of fire in double-decker cars will determine how quickly the blocking of dangerous factors of

fire evacuation exits;

- the method of fire risk assessment in double-decker cars allows to establish the probability of realization of fire danger in a double-decker car and the degree of damage to property, life and health of passengers in case of fire;
- recommendations on ways to reduce the fire hazard of passenger cars.

Key words: fire safety, fire risk assessment, double-decker cars, evacuation time, railway rolling stock, passenger cars.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНОЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	13
1.1 Аналіз сучасних пасажирських вагонів залізничного рухомого складу	13
1.2 Аналіз подій і НС, пов'язаних з пожежами на залізничному рухомому складі	24
1.3 Правові основи забезпечення пожежної безпеки на залізничному рухомому складі	32
1.4. Аналіз досліджень з визначення небезпечних факторів пожежі в двоповерхових пасажирських вагонах залізничного рухомого складу	34
2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПОШИРЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ В ДВОПОВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНАХ	37
2.1 Теоретична частина моделювання	37
2.2 Теоретичні основи математичної моделі прогнозування динаміки поширення пожежі	41
2.3 Імітаційна модель двоповерхового пасажирського вагона	43
2.4 Динаміка поширення небезпечних факторів пожежі в двоповерховому пасажирському вагоні	52
3 МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ, І ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ В ДВОПОВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	59
3.1 Аналіз діючих методик з розрахунку вимушеної евакуації людей і оцінки пожежного ризику	59
3.2 Методика розрахунку часу евакуації людей з двоповерхових пасажирських вагонів залізничного рухомого складу	62
3.3 Теоретичні основи розрахунку часу евакуації	67

3.4 Методика оцінки пожежного ризику двоповерхових пасажирських вагонів залізничного рухомого складу	79
СКОРОЧЕННЯ	88
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	89

ВСТУП

Актуальність теми

Згідно зі Стратегією розвитку залізничного транспорту України до 2030 року самим затребуваним і ефективним видом транспортної системи є залізничний транспорт. Даний вид транспорту забезпечує високошвидкісні масові перевезення людей і вантажів по всій території України. У найближчій перспективі, в зв'язку з проведенням

На сьогоднішній день зростання руху швидкісних і високошвидкісних пасажирських складів московської залізниці зріс більш ніж в 1,5 рази. Обсяг перевезених пасажирів за звітний період 2020 року склав більше 700 мільйонів чоловік.

Зі збільшенням кількості пасажирських перевезень, з'являється ризик для самих пасажирів у разі виникнення пожеж. Трагічні наслідки в результаті пожеж в Індії, Пакистані, Конго, Єгипті, Іспанії призвели до масової загибелі людей [3 - 8].

Провівши аналіз наслідків пожеж і катастроф на залізничному транспорті в Україні і за кордоном [9], можна стверджувати, що питань пожежної безпеки приділено недостатньо уваги. У разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних з пожежами, великому ризику піддаються пасажирів, так як не завжди забезпечуються умови розрахункового часу евакуації.

Найбільш небезпечним випадком є пожежа в двоповерховому пасажирському вагоні залізничного рухомого складу, при якому створюється складна обстановка для поїзної бригади при проведенні вимушеної евакуації пасажирів з вагона. При виникненні пожежі в двоповерховому вагоні відбувається швидке поширення горіння і блокування евакуаційних шляхів. На шляху прямування вагон вигорає протягом 7-10 хвилин, лінійна швидкість поширення пожежі в купе вагона становить 2,5 м / хв-1, а в коридорі вагона - 5 м/хв-1 [10].

У зв'язку з цим виникає проблема пожежної безпеки як ЗРС, так і в цілому пасажирських вагонів.

В даний час питанням пожежної безпеки рухомого складу приділено багато

уваги.

Однак, аналіз раніше проведених літературних досліджень в галузі пожежної безпеки на залізничному транспорті [9], дозволив зробити висновки про те, що в даний час відсутній єдиний науковий підхід до вирішення даної проблеми. Цим визначається актуальність теми магістерської роботи.

Мета дослідження - зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів залізничного рухомого складу.

Ідея роботи - розробити і теоретично обґрунтувати методику оцінки і способи зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів залізничного рухомого складу.

Об'єкт дослідження - пожежна небезпека пасажирських вагонів.

Предмет дослідження - особливості визначення параметрів небезпечних факторів пожежі в двоповерхових вагонах.

Наукова новизна:

- вперше застосовані показники динаміки розвитку небезпечних факторів пожежі в двоповерхових пасажирських вагонах, а саме - втрата видимості, гранична концентрація кисню і гранична температура, що дозволяють визначити час блокування евакуаційних виходів;
- розроблена нова методика розрахунку часу евакуації людей з двоповерхових пасажирських вагонів, що дозволяє провести евакуацію пасажирів до настання гранично-допустимих значень небезпечних факторів пожежі;
- розроблена нова методика оцінки пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах, що дозволяє провести розрахунки індивідуального пожежного ризику;
- вперше запропоновані способи зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів (що дозволяють забезпечити своєчасну евакуацію пасажирів, тобто до настання моменту блокування небезпечними факторами пожежі шляхів евакуації).

Практична цінність роботи полягає в:

- підвищенні пожежної безпеки двоповерхових вагонів і на об'єктах

залізничного транспорту;

- кількісні показники динаміки поширення небезпечних факторів пожежі в двоповерхових вагонах дозволять визначити, наскільки швидко відбувається блокування небезпечними факторами пожежі евакуаційних виходів;

- методика оцінки пожежного ризику в двоповерхових вагонах дозволяє встановити ймовірність реалізації пожежної небезпеки в двоповерховому вагоні і ступінь завданої шкоди матеріального майна, життя і здоров'ю пасажирів при пожежі;

- рекомендації щодо способів зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів.

Структура і обсяг магістерської роботи. Робота складається зі вступу, 3 розділів, загальних висновків та рекомендацій, списку використаних джерел із 29 найменувань, має 30 рисунків, 7 таблиць і викладена на 91 сторінках.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНОЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

1.1 Аналіз сучасних пасажирських вагонів залізничного рухомого складу

Пасажирські вагони - частина транспортної системи, службовці для масового переміщення пасажирів. В їх число входять додаткові вагони, а саме: вагони для перевезення поштових відправлень і листів, вагони ресторани і багажні.

Всі пасажирські вагони поділяються наступним чином:

1.1.1 несамохідні (вагони локомотивної тяги), що використовуються в далекому і міжобласному сполученні, на їх частку припадає (більше 70%) пасажирського парку .

1.1.2 самохідні, що використовуються для одиниць поїздів безперервного моторвагонного рухомого складу [12].

На даний період парк всіх пасажирських вагонів формується з суцільносталевих вагонів і вагонів, спеціально призначених для транспортування пасажирів. На їх частку припадає близько 80% від всієї частки перевезень і допоміжні, загальна частка 20%.

Вагони локомотивної тяги приміського і дальнього сполучення, що забезпечують глобальне переміщення пасажирів, складають більше 85% від всієї потреби залізничного транспорту .

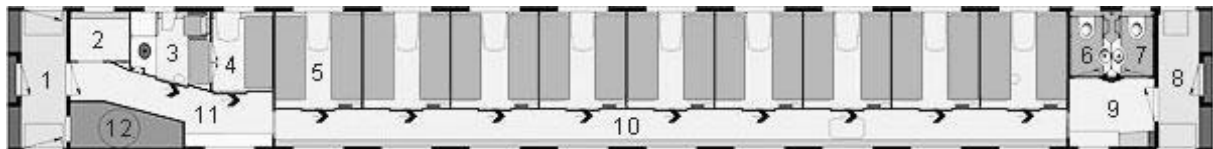
Більш докладно розглянемо сучасні пасажирські вагони залізничного рухомого складу парку ПАТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Вагон пасажирський купейний модель типу 61-4440 зображений на рисунку 1.1.



Рис.1.1 – Купейний вагон 61–4440

Ця модель вагона здійснює перевезення пасажирів і поїзний бригаду по мережах залізниць 1520 міліметрів. Місткість вагона становить 32 людини .
Схема розташування приміщень вагона і позначення показана на рисунку 1.2.



- 1 – тамбур тормозного конца вагона;
- 2 –кладовая;
- 3 – служебное отделение;
- 4 – купе проводников;
- 5 –пассажирское помещение;
- 6 –7 – туалеты;
- 8 – тамбур;
- 9 – первый коридор;
- 10 – второй коридор;

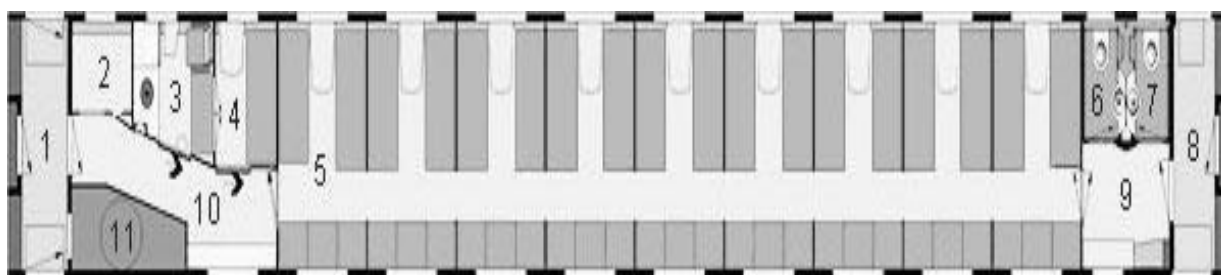
Рис.1.2 – Схема розташування приміщень вагона

Вагон плацкартного типу - 61-4447 представлений на рисунку 1.3.



Рис.1.3 – Пасажирський вагон плацкартний - 61-4447

Наведений вище вагон використовується в основному в далекому міжобласному сполученні на ділянках залізниць колії 1520 мм. Місткість даного вагона - 54 людини. Схема розташування приміщень вагона відображені на рис.1.4.



- 1 – тамбур тормозного конца вагона;
- 2 –кладовая;
- 3 – служебное отделение;
- 4 – купе проводников;
- 5 –пассажирское помещение;
- 6 –7 – туалеты;
- 8 – тамбур;
- 9 – первый коридор;
- 10 – второй коридор;

Рис.1.4 – Подання приміщень вагона - 61-4447

Вагон 61-4458 показаний на рисунку 1.5.



Рис.1.5 – Вагон пасажирський типу 61-4458

Основним завданням сучасного типу вагона 61-4458 - забезпечення перевезення пасажирів. Місткість людей становить 60 осіб для стандартного інтер'єру, 40 осіб з поліпшеним інтер'єром. Приміщення вагона (відповідно до планування) представлені на рисунку 1.6.



Рис.1.6 – Приміщення вагона (відповідно до планування)

Вагон пасажирський класу «Люкс» (4 купе + бар) представлений на рисунку 1.7.



Рис.1.7 – Вагон пасажирський класу «Люкс» (4 купе + бар)

Вагони підвищеної комфортності розроблені і виготовляються, в першу чергу, для включення до складів фірмових поїздів, формування туристичних поїздів, використання в якості вагонів супроводження вагонів-салонів. Оформлення вагонів і рівень комфорту, що надається під час поїздки, відповідають найвищим вимогам. Вагон повністю автономний і не вимагають дозаправки не менше 10 діб.

Вагон сучасного типу моделі 61-4465 представлений на рисунку 1.8.



Рис.1.8 – Вагон пасажирський купейний двоповерховий зі спальними місцями моделі 61-4465

Вагон пасажирський купейний двоповерховий зі спальними місцями моделі 61-4465, виготовлений відповідно до вимог і комплекту конструкторської документації двоповерхового вагона.

Основна функція даних вагонів - перевезення пасажирів і обслуговуючого персоналу по електрифікованих ділянках залізниць країн СНД і Балтії колії 1520 мм на напрямках, готовність яких підтверджена власником інфраструктури для проходження вагонів габариту Тпр по ГОСТ.

Місткість пасажирів складає 64 пасажирів і 2 провідника. На рисунку 1.9 зображена планування вагона.

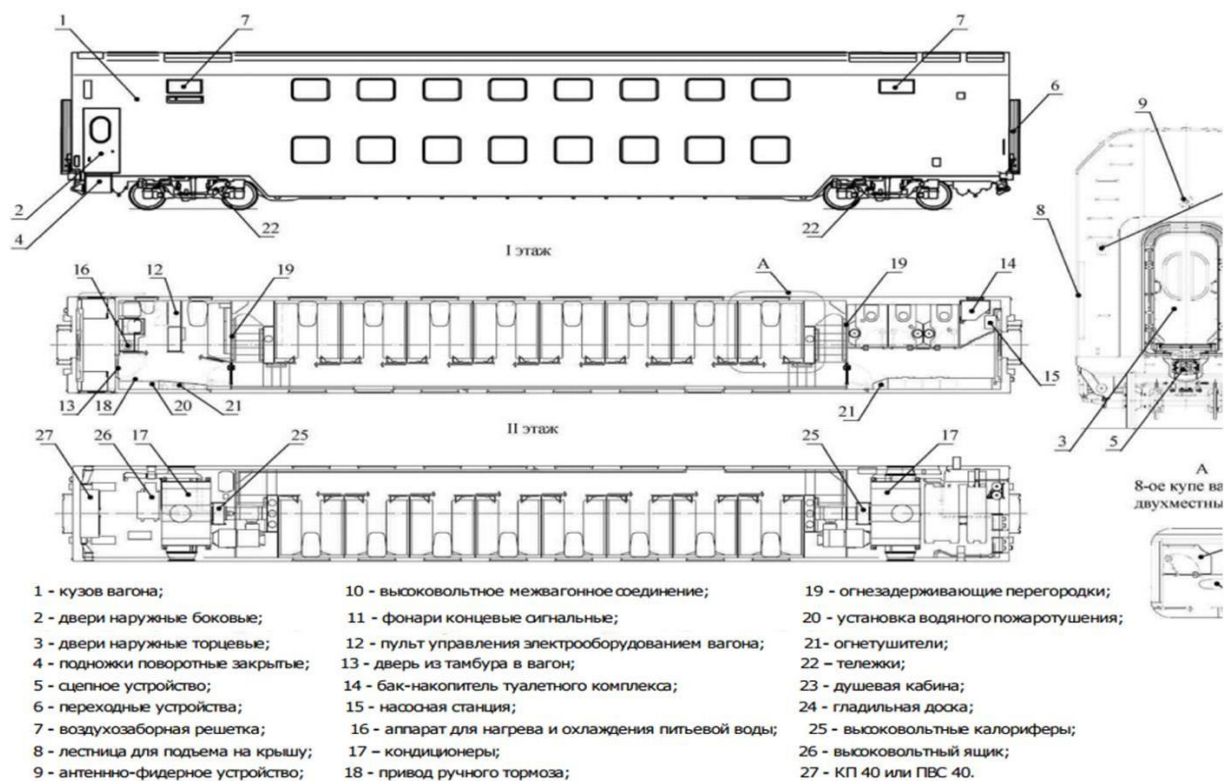


Рис.1.9 – Двоповерховий пасажирський вагон моделі 61-4465. Планування першого і другого поверху

Вагон виготовлений в кліматичному виконанні, при цьому робоче і граничне робоче значення температури повітря при експлуатації: верхнє - від плюс 45оС, нижнє - до мінус 45оС.

Устаткування вагона в залежності від його установок має згідно наступні категорії розміщення:

- 1 - зовні вагона;
- 2 - в подвагонних камерах і тамбурах;
- 3 - в вагоні.

Допускається використання всередині вагона обладнання категорії 4, при цьому воно зберігає працездатність після перебування поза робочому (вимкненому) стані в умовах, які відповідають категорії 3.

Вагон, в залежності від замовлення, виготовляється з чотиримісних або з двомісними пасажирськими купе. Одним із затребуваних вагонів є модель типу 61-4465, на рисунку 1.10 представлені тактико-технічні характеристики даного вагона.

Характеристики	Размерность
вес вагона (незагруженного и без экипировки)	не более 66,1 т
масса тары вагона	не более 67,5 т
длина вагона по зеркалам сцепок	26232±20 мм
база вагона	19000 мм
база тележки	2500 мм
ширина кузова наружная без гофр	3185 (+3; -7) мм
объем воды в системе водоснабжения	не менее 1100 л
объем воды в системе водяного пожаротушения	не менее 90 л
высота горизонтальной оси сцепки от уровня головок рельсов под массой тары вагона	не менее 1040 мм и не более 1080 мм
вес комплекта ЗИП	200 кг
- ширина колес	1520 мм
количество спальных мест для пассажиров: с двухместными пассажирскими купе	30
количество спальных мест для пассажиров: с четырёхместными пассажирскими купе	64
количество мест для сидения проводника	1
количество спальных мест для проводника	1
конструкционная скорость	160 км/ч

Рис.1.10 – Технічні дані двоповерхового вагона

Двоповерховий вагон моделі 61-4465 обладнаний:

- двома установками кондиціонування повітря,
- концепцією накопичення діагностичних даних,
- концепцією даних інформування пасажирів,
- концепцією аудіо трансляції,
- концепцією накопичення і передачі діагностичної даних,
- системою супутникової передачі,
- поїзний і вагонної магістраллю системи гучномовного
- трансляції та поїзної зв'язку,
- поїзний і вагонної магістраллю системи контролю, діагностики та управління (СКДУ),
- екологічно чистими туалетами,
- у зовнішніх дверей встановлені кнопки викличної сигналізації,
- гальмо.

Плавність шляху - 3,0 при високому стану колії залізничних колій «відмінно» і не більше 3,2 - при оцінці «добре» (при визначенні стану залізничної колії за Інструкцією № ЦП-515).

Помірний показник теплопередачі огорожень кузова повинен складати не більше 1,0 Вт / (м² К). Час між заправкою системи водопостачання водою не більше 18 годин. Час очищення бака-накопичувача туалетного системи вагона не менше ніж через 48 годин проходження вагона.

Електрообладнання - комплект електроустаткування:

ЕВП-110-05 (для вагона з чотиримісних пасажирськими купе) або комплект електрообладнання ЕВП-110-05-01 (для вагона з двомісними пасажирськими купе).

Мінімальний радіус кривої, прохідний вагоном в сцепе з однотипним:

- кругової, що сполучається з прямим ділянкою шляху зі швидкістю не більше 10 км / год - 120 м;
- 8 подібною кривою без прямої вставки зі швидкістю не більше 5 км / год - 170.

Довжина гальмівного шляху вагона з максимальним завантаженням при екстреному пневматичному гальмуванні на сухих рейках - не більше 1450 м з швидкості 160 км / год (розрахунковий гальмівний коефіцієнт гальмівного натискання не менше 0,8 в перерахунку на чавунні гальмівні колодки). Вагон моделі 61-4473 вагон-ресторан представлений на рисунку 1.11.



Рис.1.11 – Вагон моделі 61-4473 вагон - ресторан

Схема розташування приміщень двоповерхового вагона-ресторану [48] зображені на рисунку 1.12.

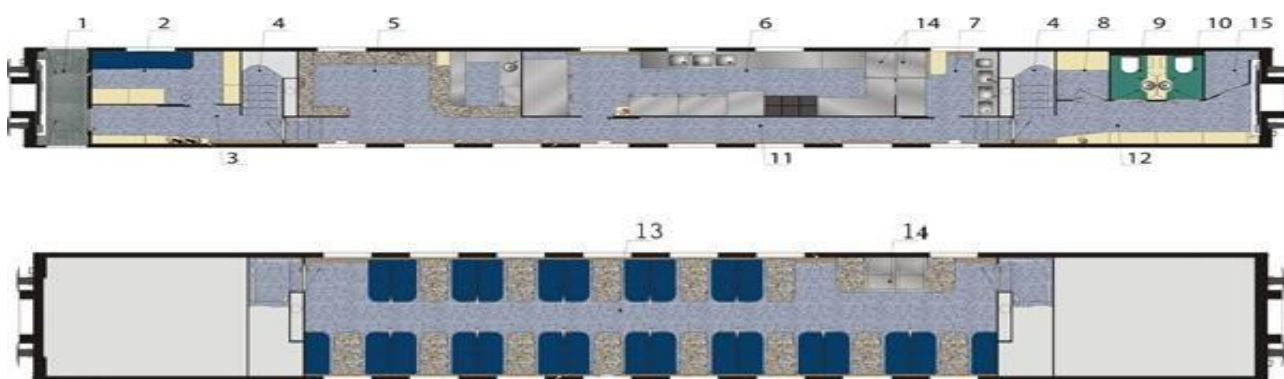


Рис.1.12 – Схема розташування приміщень двоповерхового вагона -Ресторан

Вагон-ресторан двоповерховий моделі 61-4473 виготовлений згідно з нормативними документами і комплекту конструкторської документації. Основне призначення - забезпечити харчуванням пасажирів і обслуговуючий персонал залізничного складу.

Двоповерховий штабний вагон зі спальними місцями для пасажирів моделі 61-4472 представлений на рисунку 1.13.



Рис.1.13 – Вагон моделі 61-4472 двоповерховий пасажирський штабний вагон

Даний тип вагона розрахований на 50 осіб в вагоні, Одне купе для маломобільних груп и супроводжуючий людини

Схема розташування приміщень двоповерхового штабного вагона зображена на рисунку 1.14.

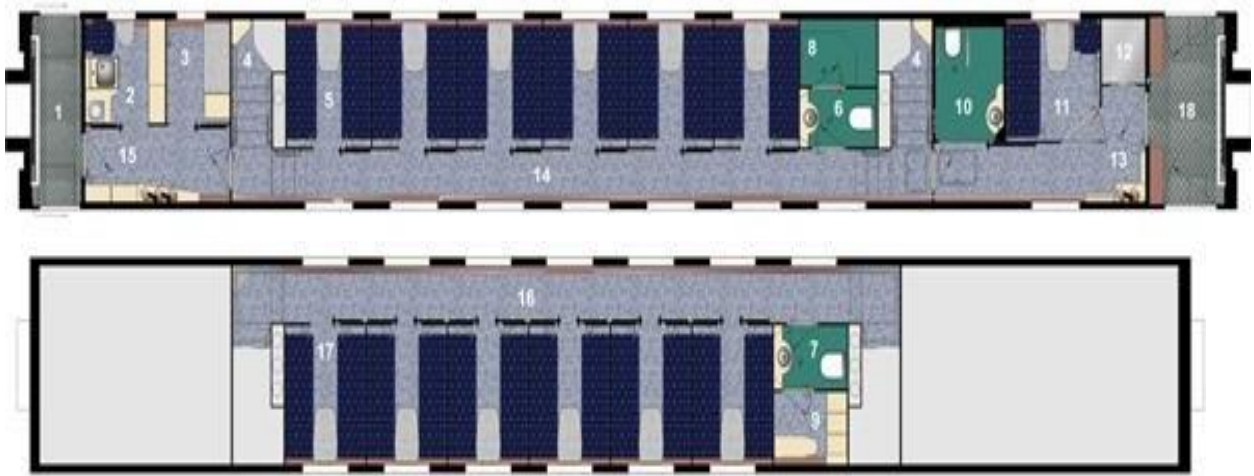


Рис.1.14 – Схема розташування приміщень двоповерхового штабного вагона

Двоповерховий пасажирський вагон з місцями для сидіння моделі 61-4492 представлений на рисунку 1.15 [51].



Рис.1.15 – Современный тип вагона с местами для сидения

Сучасні вагони типу 61-4492 на території України з'явилися відносно недавно. Основне призначення - масова перевезення пасажирів у приміських повідомленнях, які експлуатують для рухомого складу габариту. Максимальна швидкість - 160 км / ч.

Основні приміщення вагона типу 61-4492 представлені на рисунку 1.16.

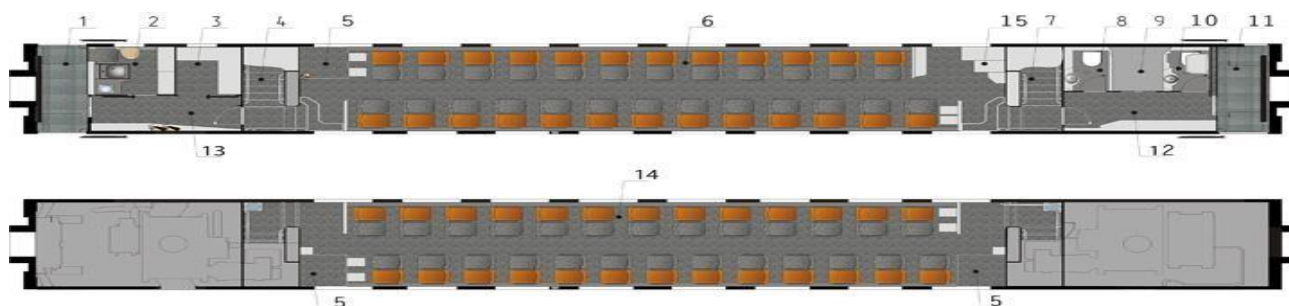


Рис.1.16 – Основні технічні параметри вагона типу 61 - 4492

Схема розташування приміщень двоповерхового вагона з місцями для сидіння зображені на рисунку 1.17.

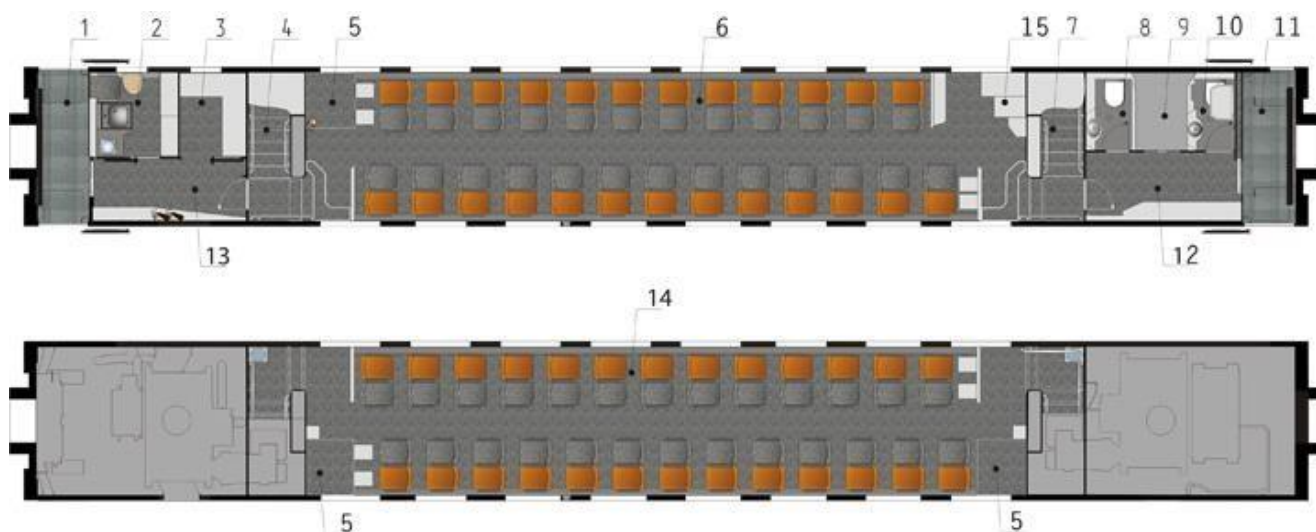


Рис.1.17 – Схема розташування приміщень двоповерхового вагона з місцями для сидіння

1.4 Аналіз подій і НС, пов'язаних з пожежами на залізничному рухомому складі

Відповідно до нормативно-правовими актами "Відомчою охороною залізничного транспорту на об'єктах і рухомому складі ПАТ «Укрзалізниця» за 2020 рік зареєстровано 114 пожеж, для порівняння в 2019 році 96.

У наведеному аналізі розглянуті пожежі на ЗРС як на території України, так і за кордоном, наведені причини пожеж та кількість постраждалих і загиблих людей.

Із загальної кількості пожеж:

- на рухомому складі зареєстровано 74 випадки (71,15%), розмір прямих матеріальних збитків 35,6 млн. грн.;

Обсяг загального прямих матеріальних збитків від пожеж - 35,6 млн. грн. На рисунку 1.19 показана діаграма пожеж на стаціонарних об'єктах і рухомому складі ПАТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

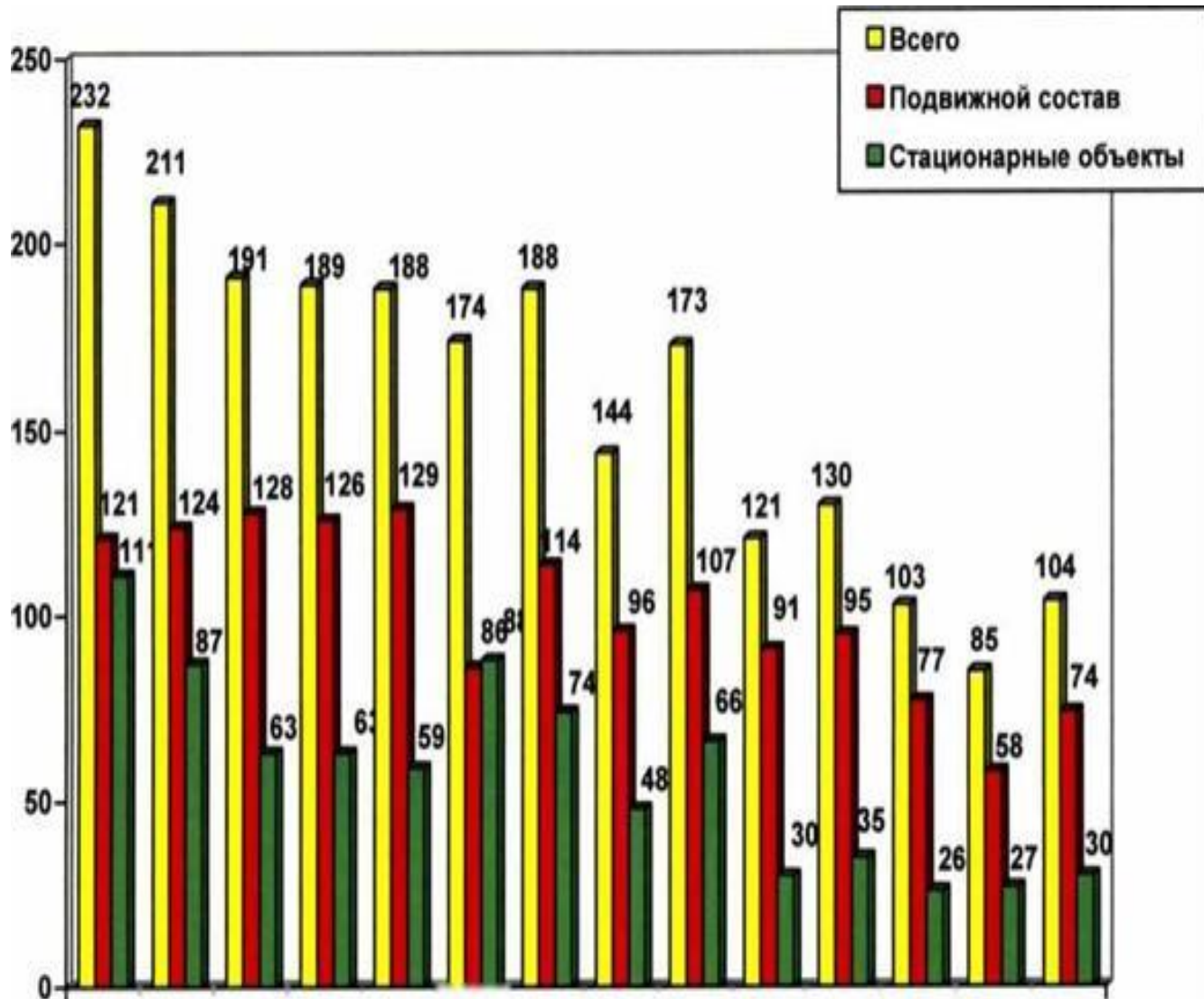


Рис.1.19 – Розподіл пожеж з 2010 по 2020 р.р.

У 2020 році кількість пожеж на об'єктах і рухомому складі інших організацій, що користуються інфраструктурою залізничного транспорту, склало 16 випадків (у 2019 році - 18).

Розподіл пожеж, що сталися на залізничному транспорті в 2010-2020 рр. показані на рисунку 1.20.

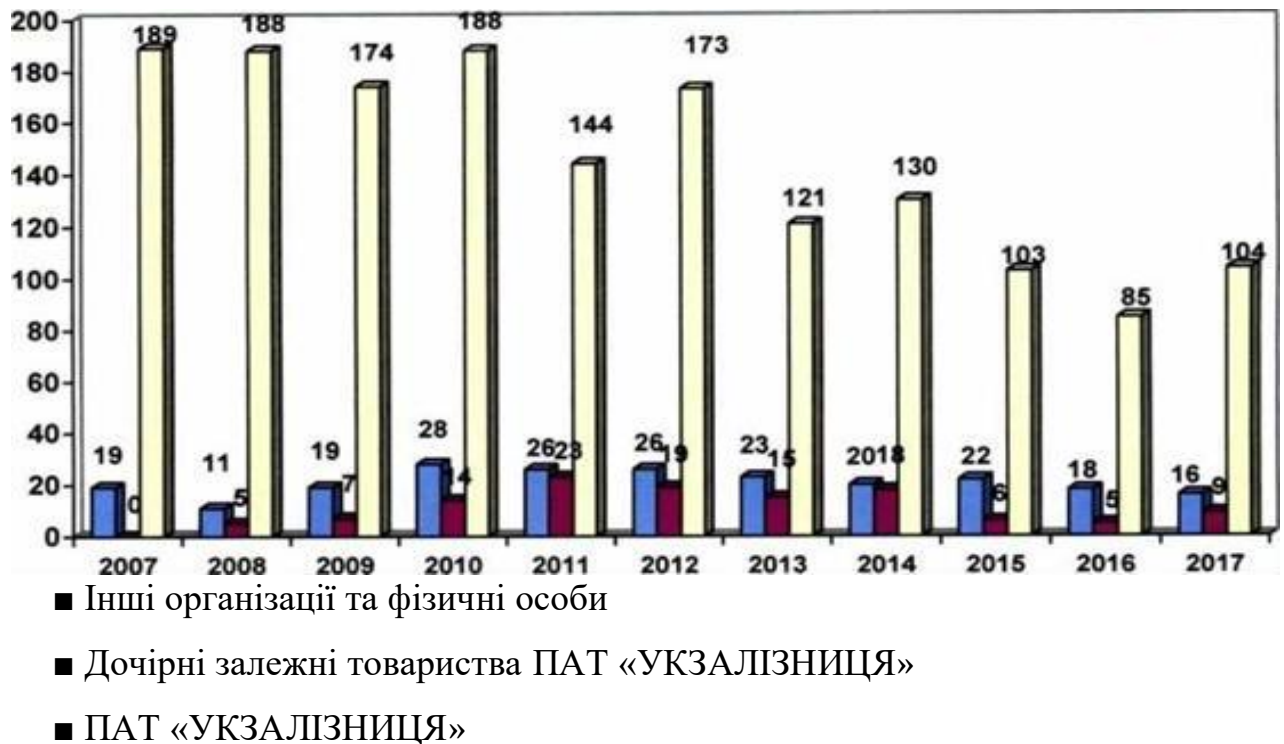


Рис.1.20 – Розподіл пожеж, що сталися на об'єктах ПАТ «УКЗАЛІЗНИЦЯ» в 2010-2020 рр.

Розподіл пожеж на ЗРС в 2020 році:

- 56 пожеж сталося в процесі експлуатації тягового рухомого складу (в 2019 [9] році - 47);
- 7 пожеж - в вагонах електропоїздів (в 2019 [9] році - 3);
- 11 пожеж - в спеціальних машинах і [9] спеціальних вагонах (у 2019 році - 6).

Вантажний рухомий склад дочірніх залежних товариств ПАТ «УКЗАЛІЗНИЦЯ» тричі постраждав від вогню (2019 - 1), а сторонніх організацій - 9 разів (2019 - 8).

Всього 6 пожеж (2019 - 2) сталося на рухомому складі ПАТ

«Укразалізниця», з них:

- інші ПАТ «УКЗАЛІЗНИЦЯ» - 4 випадки (у 2019 році - пожеж не з'являлися)

РС-50 . Площа загорання 50 квадратних метрів. Постраждало більше 5 осіб.

Наслідки пожеж показані на малюнку 1.21.



Рис.1.21 - Наслідки пожежі

На рисунку 1.22 показані наслідки пожежі .



Рис.1.22 – Наслідки пожежі на залізниці

Наслідки пожежі наведені на малюнку 1.23.



Рис.1.23 - Наслідки пожежі

Наслідки пожежі показані на рисунку 1.24..24.

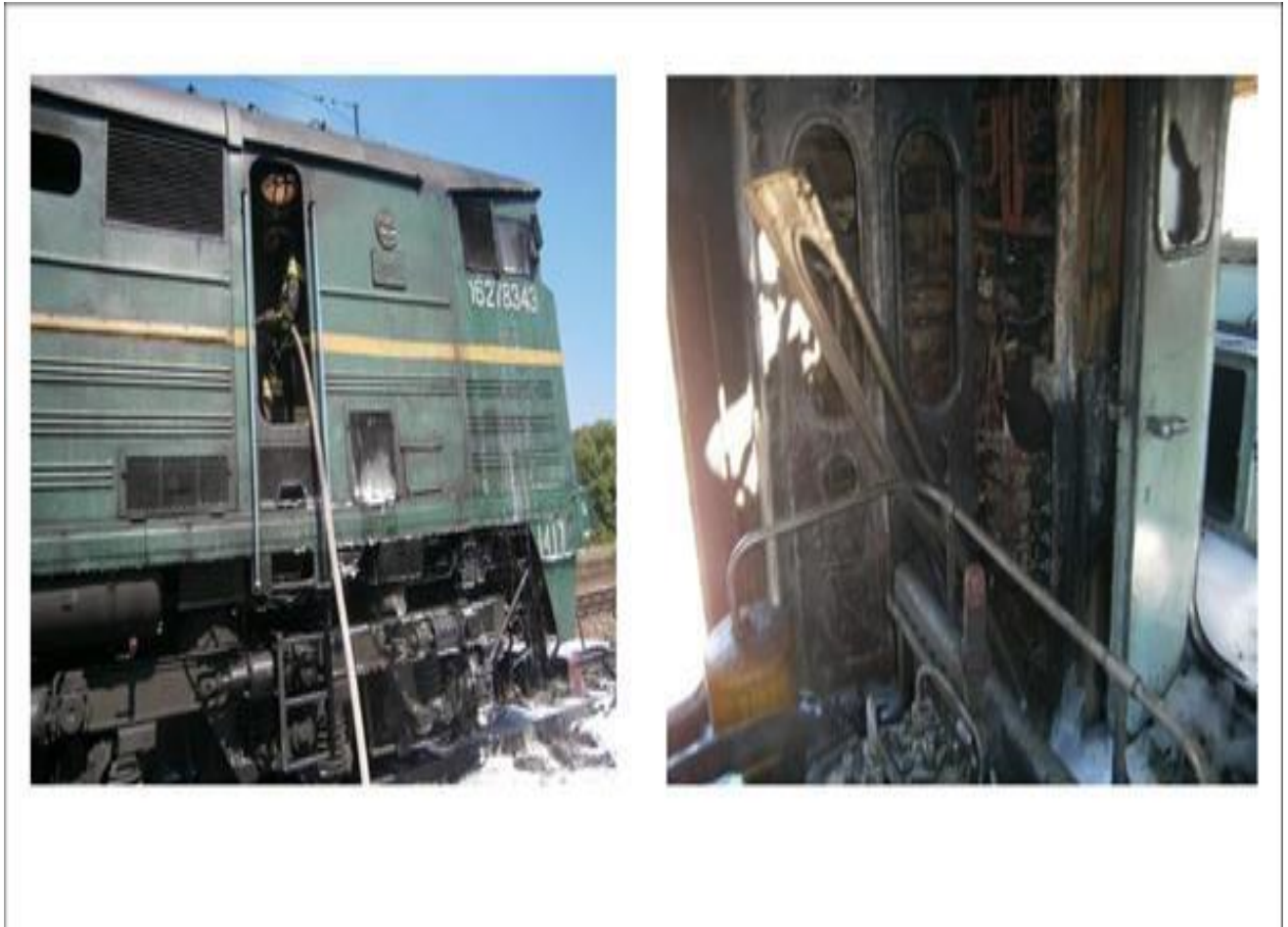


Рис.1.24– Наслідки пожежі на перегоні .

Розглянуті НС, пов'язані з пожежами, що відбулися на ЗРС за кордоном

Год	Город	Место и причина пожара (аварии)	СиС	Сведения о количестве погибших, пострадавших пассажирах и обслуживающего персонала
2005	Сан-Франциско	В результате столкновения в тоннеле поезда с посторонним предметом произошло короткое замыкание.	Пожарные подразделения	Погибло около 10 человек, пострадавших 40 человек и поездная бригада
2006	Бостон	Короткое замыкание произошло из-за касания подвижного состава поврежденного силового кабеля	Пожарные подразделения	Пострадало 20 человек

2007	Лондон	Столкновение двух пассажирских поездов	30 единиц пожарной техники и 8 карет скорой помощи	Из 2 поездов эвакуировано более 890 человек, из них 420 человек пострадало, 25 человек погибло, 156 – госпитализировано
2009	Нью-Йорк	Пожар в поезде	37 отделений пожарной охраны, 4 спасательные команды спецтехники	Эвакуировано 224 человека, пострадало свыше 10 человек

Рис.1.25 – Статистичні дані аварій і катастроф на об'єктах ЗРС за кордоном [9]

З представлених статистичних даних по пожежам на ЗРС можна зробити відповідний висновок про те, що пожежі, що виникають в пасажирських вагонах, можуть бути внутрішні та зовнішні.

До внутрішніх відносять:

- несправність електрообладнання;
- необережне поводження з вогнем, у тому числі підпал;
- несправність приладів опалення;
- різні технічні несправності (тягового електродвигуна, паливопроводу, вихлопного тракту);

• коротке замикання та інші. Зовнішніми причинами можуть бути:

- іскри контактної мережі;
- несправність високовольтних (низьковольтних) ланцюгів;
- іскри гальмівних колодок;
- іскри зварювання.

Основні причини пожеж на тепловозах (2020 - 32 пожежі, 2019- 36 пожеж, 2018 - 35 пожеж):

- коротке замикання силового і допоміжного кіл - 19 пожеж;
- несправність паливопроводу - 4 пожежі;

- несправність тягового електродвигуна - 2 пожеж;
- несправність вихлопного тракту - 1 пожежа;
- несправність дизеля - 1 пожежа;
- інші причини - 5 пожеж, а саме:
 - несправність дренажного трубопроводу - 1 пожежа; нагрів роликового підшипника - 1 пожежа;
 - коротке замикання в ланцюзі харчування топливopодкачивающего насоса - 1 пожежа;
 - ослаблення кріплення гайки гідромеханічного редуктора - 1 пожежа;
 - злам валу гідроприводу - 1 пожежа.

Технічні несправності вагонів, що призвели до пожеж, показані на Рисунку 1.26.



Рис.1.26 – Технічні несправності вагонів, що призвели до пожеж

Провівши аналіз подій і пожеж на ЗРС, ми прийшли до наступного: динаміка пожеж з січня 2010 року по вересень 2020 р носить виражений стохастичний характер, Рис.1.27, і являє собою випадковий процес.

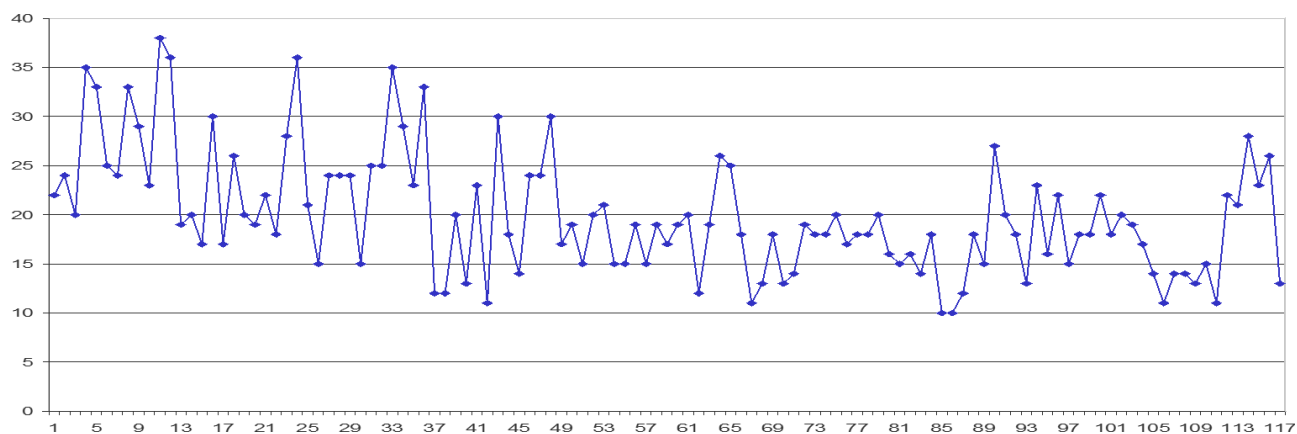


Рис.1.27 – Динаміка пожеж з січня 2010 року по вересень 2020 р.

З метою зниження кількості пожеж у вагонах рухомого складу, необхідно проводити якісні заходи щодо контролю за дотриманням вимог пожежної безпеки на ЗРС. Також необхідно обладнати сучасні вагони автоматичними установками пожежогасіння (АУПТ). На сьогоднішній день такими установками захищено всього 40% вагонів ЗРС.

1.3. Правові основи забезпечення пожежної безпеки на залізничному рухомому складі

В даний час нормативно-правове регулювання (НПР) у сфері забезпечення ПБ на ЗРС здійснюється відповідно законами.

структурні підрозділи ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ» керуються іншими нормативними документами Міністерства шляхів сполучення.

У 2010 році введено в дію ряд нормативних документів з пожежної безпеки на залізничному транспорті.

Крім вищезгаданого документа, введені в дію:

- стандарт ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ» «Об'єкти інфраструктури залізниць.

Вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки »;

- стандарт ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ» Система управління пожежною безпекою в ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ»;

- інструкції щодо забезпечення пожежної безпеки у вагонах пасажирських поїздів.

Планування і організація роботи по забезпеченню пожежної безпеки на залізничному рухомому складі регламентується нормативно-правовими актами. Ряд таких актів прийнятий в 2010 році:

- технічний регламент «Про безпеку високошвидкісного залізничного транспорту»;
- державний стандарт;
- регламент щодо організації службових розслідувань, обліку пожеж та їх наслідків в ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ»;
- концепція забезпечення пожежної безпеки перевізних процесів на період реформування ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ».

Однак у разі виникнення позаштатних ситуацій, пов'язаних з екстреною евакуацією пасажирів в сучасних вагонах наявні кошти евакуації і порятунку можуть бути не ефективними. Про це свідчить статистика пожеж в вагонах залізничного транспорту.

У документах не розкриті основні вимоги нормативних документів з пожежної безпеки, зокрема, не враховано особливості поведінки людей в різний час доби на аварійну ситуацію, не проведені натурні експерименти по евакуації пасажирів, не врахована порядок евакуації маломобільних груп.

Після видання документа по розрахунковому часу евакуації людей з двоповерхових пасажирських вагонів виникли певні труднощі взаємодії між проектними організаціями, тим самим рівень пожежної безпеки сучасних вагонів залишився незмінно. У цьому документі не було описано пристрій самопорятунку людей у вигляді канатних сходів, були відсутні інструкції щодо приведення у дію даних пристроїв. Відсутність натурних випробувань по визначенню розрахункового часу евакуації пасажирів і поїзної бригади рухомого складу, можуть позначитися на рівні пожежної безпеки даних вагонів.

У той же час за кордоном НПП в галузі пожежної безпеки на ЗРС здійснюється:

- європейським стандартом EN 45545, «Протипожежний захист на залізничному транспорті»;
- європейським стандартом EN 45545-2, «Вимоги до вогнестійкості матеріалів і конструкцій»;

- європейським стандартом EN 45545-4, «Вимоги пожежної безпеки для рухомого складу»;

- європейським стандартом EN 45545-6, «Вимоги до систем управління пожежної безпеки».

Головною метою європейських стандартів в галузі пожежної безпеки є розробка комплексного підходу пожежної безпеки, заснованого на функціональній методикою, що допомагає стандартизації залізничного транспорту Європи.

Відповідно кожен об'єкт захисту повинен мати таку систему протипожежної безпеки, яка забезпечить захист від ОФП і обмежить матеріальні збитки в разі виникнення пожежі.

Таким чином, при проектуванні парку ЗРС необхідно передбачити систему забезпечення пожежної безпеки (СЗПБ), відповідну умовам вимог пожежної безпеки (ПБ).

Основна умова запишемо:

$$t_3 \leq t_{\text{блок}}, (1.1)$$

де t_3 – час евакуації людей;

$t_{\text{блок}}$ – час від початку пожежі до часу досягнення критичних значень ОФП.

Момент настання граничних значень ОФП запишемо:

$$t_{\text{блок}} = 0,8 * t_{\text{кр}}, (1.2)$$

Виходячи з записаного виразу (1.1) умови розрахункового часу евакуації будуть досягнуті за рахунок зменшення t_e або збільшення $t_{\text{бл}}$.

Показники отриманих значень будуть застосовані при розробці нової методики для визначення необхідного часу евакуації людей з двоповерхових вагонів.

Таким чином, основні напрями розвитку в області пожежної безпеки в пасажирських вагонах - аналіз діючої нормативно-правової документації та робота з підготовки пропозицій щодо її удосконалення.

1.4. Аналіз досліджень з визначення небезпечних факторів пожежі в двоповерхових пасажирських вагонах залізничного рухомого складу

Згідно із законодавством України ОФП поділяються на первинні та вторинні.

До первинних належать:

- полум'я і іскри;
- тепловий потік;
- підвищена температура навколишнього середовища;
- підвищений вміст токсичних продуктів горіння і термічного розкладання;
- знижена концентрація кисню;
- падіння видимості в диму. До супутніх:

• уламки зруйнованих будівель і транспортних засобів, а також частини технологічних установок, обладнання, агрегатів та іншого потрапив в зону пожежі майна;

- виділилися в навколишнє середовище радіоактивні і токсичні речовини;
- винесення високої напруги на струмопровідні частини технологічного обладнання, агрегатів і установок, а також виробів і іншого майна;
- небезпечні чинники вибуху, викликаного пожежею;
- вплив вогнегасних речовин.

Провівши аналіз пожеж в пасажирських вагонах залізничного транспорту можна виділити специфічні особливості поширення ОФП. По-перше, пожежа дуже швидко поширюється по внутрішній обробці, вентиляційних систем вагона і електроустаткування. Він може охопити один вагон за іншим. Швидкість розвитку пожежі в коридорі досягає 5 м / хв, в купе - 2,5 м / хв. По-друге, загроза пасажирам може виходити з того, що в силу своїх конструктивних особливостей протягом 7-10 хвилин вагон вигорає повністю. Варто відзначити, що температура в палаючому вагоні складає близько 900-1000 ° С. По-третє, концентрація токсичних продуктів горіння істотно зростає, а евакуаційні виходи майже миттєво блокуються димом.

Рівні небезпечних факторів при очікуваному пожежі можуть бути визначені або розрахунковим способом (наприклад, за допомогою розробки математичної моделі), або проведенням натурних випробувань.

На практиці найчастіше використовують перший шлях і при розрахунковому моделюванні пожежі в приміщенні оцінюють насамперед такі ОФП як: втрата видимості в диму, гранична температура, недостатній вміст O₂, і неприпустима концентрація CO₂.

ВИСНОВКИ

У першому розділі магістерської роботи проведено детальний аналіз сучасних пасажирських вагонів залізничного рухомого складу, наведені події і НС, пов'язані з пожежами на залізничному рухомому складі, проведено аналіз досліджень щодо визначення в двоповерхових пасажирських вагонах. Як показав аналітичний огляд сучасного стану пожежної безпеки ЗРС, пасажирські вагони є об'єктами з підвищеною пожежною небезпекою. Це показує статистика пожеж в ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ». Тому керівництву проектних організацій, стоїть завдання привести до необхідного рівня, що відповідає вимогам пожежної безпеки весь парк рухомого складу. З метою зниження кількості пожеж у вагонах рухомого складу, необхідно проводити якісні заходи щодо контролю за дотриманням вимог пожежної безпеки на ЗРС. Також необхідно обладнати сучасні вагони сучасними автоматичними установками пожежогасіння (АУПТ). На сьогоднішній день такими установками захищено всього 40% вагонів ЗРС.

Зниження пожежної небезпеки в тому числі і двоповерхових вагонів можливо досягти шляхом використання технічних рішень, при будівництві даних вагонів.

2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПОШИРЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ В ДВОПОВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНАХ

2.1 Теоретична частина моделювання

Існує безліч видів моделювання, одним з яких є імітаційне.

Імітаційне моделювання - це процес створення і аналізу цифрового прототипу фізичної моделі для прогнозування та продуктивності в реальному світі. Даний метод передбачає моделі людського потоку за допомогою електронно-обчислювальної машини (ЕОМ). Метод моделювання знайшов застосування в таких точних науках як: фізика, хімія, астрономія, біологія, екологія.

Проведення імітаційного моделювання набагато економічніше натурального експерименту:

- для моделювання зовсім необов'язково спалювати сам випробовуваний зразок;
- можна задавати дані для побудови моделі, змінювати параметри моделі;
- за допомогою математичної моделі можна замінити натурний експеримент особливо тоді, коли процес не дасть результатів в результаті віддаленості досліджуваного об'єкта (астрономія) або через його значною розтягнутості в часі (біологія), або через можливість внесення незворотних змін в досліджуваний процес.

Імітаційне моделювання надає можливість розглядати велику кількість альтернатив, покращувати якість управлінських рішень і точність прогнозування їх наслідків. Ефективність такого методу пізнання полягає в тому, що значно скорочуються терміни дослідження, а фінансові витрати стають набагато менше.

Такий вид моделювання, як імітаційне, може застосовуватися в самих різних сферах діяльності людини. Він використовується для вирішення завдань проектування і аналізу виробничих систем, оцінки систем озброєння і вимог до їх обслуговування та утримання, визначення вимог до обладнання і протоколам мереж зв'язку, до програмного забезпечення різних комп'ютерних систем і багато іншого. Це обумовлено рядом переваг, таких, як можливість вирішувати

імовірнісні завдання будь-якої складності при відомих імовірнісних характеристиках елементів системи і відомому взаємодії елементів, можливість оцінювати показники якості системи, наочна імовірнісна трактування, що лежить в основі моделі, проста обчислювальна схема, низька чутливість до окремих помилок.

На сьогоднішній день можливості альтернатив зарубіжних програмних продуктів з розвитку динаміки розвитку для будівель і споруд, а також для пасажирських вагонів з використанням імітаційної моделі дозволяють оцінити динаміку розвитку пожежі.

Одна з найпоширеніших програм для розрахунків пожежних ризиків - «FireCat». Дана програма дозволяє розрахувати індивідуальний пожежний ризик. Вона складається з трьох складових:

- PyroSim моделює динаміку розвитку пожежі, є графічним інтерфейсом для FDS - польовий моделі моделювання поширення;
- Pathfinder програма, що моделює евакуацію людей при пожежі, дана модель дозволяє розрахувати індивідуально-потокове рух кожної людини;
- програма FireRisk обробляє результати величини індивідуального пожежного ризику.

FDS є код з великим вихором для моделювання низько швидкісних потоків з акцентом на транспортування диму і тепла від пожеж. FDS - модуль імітації при вимушеній евакуації людей.

Програмне забезпечення використовується для імітації руху людей в аварійних ситуаціях. Моделювання евакуації може повністю поєднуватися з імітацією пожежі. Такого роду підхід FDS виявляється дуже гнучким, і може бути застосований до моделювання при пожежах для різних НС, починаючи від горіння деревини і до пожеж в пасажирських вагонах.

Крім того, за допомогою програми FDS можна моделювати процеси, що не включає горіння - підтримка системи HVAC (опалення, вентиляція і кондиціонування) в польовому моделюванні. Система HVAC дозволяє передавати газу і тепло по об'єкту. Систему можна описати за допомогою декількох простих компонентів: повітроводи, вузли, вентилятори, теплообмінники та фільтри. Система HVAC може служити частиною протипожежної системи будівлі

(протидимна вентиляція, підпір повітря). Все це створюється, редагується і візуалізується в «PyroSim».

Польова модель FDS може передбачати поширення небезпечних факторів під час пожежі. Програма для візуалізації «Smokevie», вбудована в «PyroSim», дозволяє наочно побачити поширення диму, побудувати поля температур, швидкостей і т.п. Крім того, «PyroSim» має вбудований інструмент для побудови двовимірних графіків залежності величин від часу.

Дана програма дозволяє дуже точно розрахувати необхідний час евакуації людей при пожежі і час блокування евакуаційних виходів.

У програму «PyroSim» вводяться вихідні дані, перевіряються правильність налаштувань файли для FDS, проглядаються і редагуються властивості об'єктів в моделі. Така візуальна зворотний зв'язок прискорює створення моделі і зменшує ймовірність помилок. Користувач може працювати в метричній або англійською системою одиниць, і в будь-який момент перемикається між ними. Крім того, «PyroSim» надає зручні інструменти створення геометрії в 2D і 3D-режимах, наприклад, діагональні стіни, угруповання об'єктів, гнучке налаштування відображення, а також копіювання і модифікація об'єктів.

«PyroSim» дозволяє імпортувати з «AutoCAD» файли в форматах DXF і DWG. Вихідні дані при введенні перетворюються в перешкоди, а решта всіх даних, такі як: лінії, криві - в незалежні CAD-об'єкти. Крім цього, в «PyroSim» існує можливість завантажувати зображення у форматі GIF, JPG або PNG в якості підкладок для полегшення малювання, допомагаючи швидко створювати об'єкти на їх основі.

«PyroSim» підтримує запуск паралельних обчислень з використанням MPI. На одному комп'ютері з декількома ядрами або процесорами паралельні розрахунки запускаються просто через команду меню.

Програма FDS автоматично розраховує не тільки концентрацію продуктів горіння, а й їх теплоту. При певній теплоті згоряння і високій швидкості тепловиділення, FDS отримує кількісні показники масового потоку горючого матеріалу з площини.

У використовуваних моделях зазвичай застосовують просту схему, коли використовується одне пальне, до складу якого входить: C, H, O, N.

Користувач задає вихідну формулу горючої речовини, процентне співвідношення CO₂, і Н в сажі. Якась кількість хімічних реакцій уже закладено в FDS і задається автоматично.

З підтримкою програми «PyroSim» стає можливим вирішення широкого спектра завдань при проектуванні протипожежного захисту, наприклад:

- складання оцінок проектних рішень систем протидимного вентиляції;
- аналіз нестандартних сценаріїв при моделюванні пожежонебезпечних ситуацій в рамках оцінки індивідуального пожежного ризику;
- обґрунтування протипожежних відстаней.

Результати моделювання використовуються для забезпечення ПБ об'єктів захисту при проектуванні та введення в експлуатацію будівель і споруд.

На території України дана програма маловідома, інтерес до неї почали проявляти відносно недавно в зв'язку з введенням, так званого, гнучкого нормування, тобто оцінки пожежної безпеки об'єктів захисту шляхом оцінки пожежних ризиків. За кордоном «PyroSim» має велику популярність, в порівнянні з нашою країною. Існує безліч праць, присвячених створенню моделей, проведення досліджень і інженерних розрахунків за допомогою програми «PyroSim». Прикладами таких досліджень є роботи з моделювання пожеж в кінотеатрах, житлових будинках складної планування, а також з дослідження особливостей евакуації.

2.2 Теоретичні основи математичної моделі прогнозування динаміки поширення пожежі

У вирішенні практичних завдань математичними методами послідовно здійснюється: формулювання завдання (розробка математичної моделі), вибір методу дослідження вийшла математичної моделі, і аналіз результату. Математичне формулювання завдання зазвичай задається за допомогою графіків, систем рівнянь, функцій і т.п. Об'єкт моделі може бути представлений за допомогою безперервної або дискретної, детермінованою або стохастичною і іншими математичними формами.

В основному, концепція точного математичного моделювання гарантує виявлення закономірностей протікання різних явищ навколишнього суспільства за допомогою математичного опису та моделювання за допомогою їх точного відображення, в відсутності виконання натурних експериментів. При цьому застосовуються затвердження і закони арифметики, які представляють імітують дії, концепції або процеси.

Формалізоване уявлення системи в певному абстрактному стилі, наприклад, у вигляді сукупності точних математичних пропорцій або схем певних дій, тобто подібне точне уявлення, яке гарантує імітування діяльності концепцій в ступеня, досить близькій до їх дійсному поведінки, що отримується в результаті експериментів, називається математична модель.

Слід виділити те, що кожна математична модель представляє справжній об'єкт, явище чи процес з певним ступенем наближення до реальності. Тип моделі знаходиться між залежностями реального об'єкта і цілями дослідження об'єкта.

Вільний розвиток пожежі на сучасному етапі розвитку теорії пожежогасіння відбувається відповідно до трьох математичних моделей - інтегральної, зонної і польовий. Вибір відповідної моделі здійснюють, виходячи з певних вимог до приміщень.

Інтегральна модель застосовується у випадках:

- якщо приміщення - малих площ і простих конфігурацій;
- якщо площі вогнища пожежі і приміщення однакові;
- якщо для прогнозування найгіршого варіанту поширення пожежі потрібно провести кілька вимірів.

Зонна (зональна) модель доцільна у випадках:

- якщо системи приміщень (приміщення) з простими геометричними формами, при цьому їх лінійні розміри порівнянні між собою (тобто відрізняються в 5 і менше раз);
- якщо площі приміщень більше площ вогнища пожежі;
- якщо потрапили в осередки вогню робочі зони на різних рівнях одного приміщення (похилий зал для глядачів кінотеатру, антресолі і т.д.).

Параметри застосування польового методу:

- приміщення зі складним плануванням або безліччю внутрішніх перешкод (атріуми з системою галерей і коридорів, що примикають, багатофункціональні центри зі складною системою вертикальних і горизонтальних зв'язків і т.д.);
- один з геометричних розмірів приміщення значно перевищує (менше) інші (тунелі, закриті автостоянки великої площі і т.д.);
- якщо застосовність або інформативність зонних і інтегральних моделей сумнівна (як правило, для унікальних споруд, при поширенні вогню по фасаду будівлі, в разі необхідності врахувати роботу систем протипожежного захисту, якісно змінюють картину пожежі, і т.д.).

Використовуючи інтегральну або зонний модель у випадках, коли один з лінійних розмірів даного приміщення більше хоча б одного з двох його залишилися лінійних розмірів в 5 разів, обов'язково виконати поділ цього приміщення на мають сумірні між собою розміри приміщення. Далі ці ділянки в математичної моделі розглядаються як окремі сполучені отворами приміщення, для яких виконується умова: площа самого розглянутого ділянки і площа перетину на кордоні ділянок даного приміщення однакові. Якщо ж два лінійних розміру більше третього в п'ять разів, аналогічна процедура неприпустима.

Крім зазначених вище моделей, можна також окремо виділити пожежно-тактичну модель, яку використовують для планування дій по гасінню пожежі. Ця модель дозволяє побудувати суміщений графік - визначити динаміку площі пожежі S_p і площі S_t гасіння від моменту початку до ліквідації відкритого горіння з урахуванням дій пожежних, знайти необхідний $Q_{тр}$ і фактичний $Q_{ф}$ витрати вогнегасної речовини, оцінити достатність водопостачання і вийти на номер / ранг пожежі.

У Таблиці 2.1 представлені порівняльні характеристики моделей прогнозування динаміки пожежі в приміщенні.

Табл.2.1 – Сравнительная характеристика моделей прогнозирования динамики пожара

Характеристики	Моделі			
	Інтегральна	Зонная	Польова	Пожежно-тактична
Етапи	Вільний розвиток пожежі			Початок розвитку пожежі - ліквідація повного горіння
Що дозволяє	Оцінити динаміку середньо-об'ємних величин ОФП	Оцінити динаміку ОФП в зонах конвективного колонок, резервуара диму і іншому просторі приміщення	Оцінити динаміку ОФП в кожній точці приміщень (в будівлі, споруді і будові різних класів функціонально і пожежної безпеки)	Оцінити динаміку площі пожежі, площі гасіння та ризик руйнування конструкцій від впливу пожежі, визначити ранг (номер) пожежі, достатність протипожежного водопостачання, дати висновок про притягнення необхідних сил і засобів гарнізону пожежної охорони і рекомендації керівнику гасіння пожежі та адміністрації об'єкта
	Визначити необхідний час евакуації людей і ризик настання граничного стану огорожувальних та несучих конструкцій			

Вихідні дані	Розміри приміщення і прорізів, вид і маса пожежного навантаження	Розміри приміщення і прорізів, вид, маса і розташування пожежного навантаження		Розміри (поверховість) будівлі, споруди, приміщень; категорії по ВПО; наявність людей в будівлях і спорудах, межі вогнестійкості огорожувальних та несучих конструкцій; вид і розташування пожежної навантаження; генплан; джерела внутрішнього і зовнішнього водопостачання; електроустановки; технологічний процес; розклад виїзду гарнізону пожежної охорони
Переваги	Велика простота, наявність налітеских виразів	Відносна простота, наявність аналітичних виразів	Висока точність	Відносна простота, наочність, наявність довідкових даних і аналітичних виразів

Продовження таблиці 2.1

Недоліки	Обмежена точність і застосовність для щодо невеликих приміщень	Обмежена точність	Необхідність СПО, ПК і навченого програміста, трудомісткість в завданні граничних умов	Обмежена точність і облік тільки двох ОФП – площі пожежі і зони задимлення, суб'єктивізм (Багатоваріантність рішень)
----------	--	-------------------	--	--

В цілому, використання математичних моделей поширення пожежі і диму, роботи протипожежного обладнання, впливу пожежі на будівлю, поведінки людей в палаючому будинку дозволяє підвищити якість:

- проектування будівлі з метою підвищення стійкості до пожежі, поліпшення можливостей евакуації при пожежі, більш точного налаштування систем виявлення пожежі і автоматичного пожежогасіння;
- передбачення розвитку НС з метою мінімізації людських і матеріальних втрат (в даному випадку модель виступає як система підтримки прийняття рішень);
- підготовки персоналу і користувачів будинків до дій в НС, пов'язаних з виникненням пожежі;
- роботи по з'ясуванню причин виникнення пожежі та оцінки роботи систем детектування первинних ознак загоряння, пожежогасіння і протипожежних служб.

В рамках даної роботи дослідженню підлягає саме польова модель розвитку пожежі, реалізована за допомогою програми «PyroSim». Польова модель, так само, як і зонная, використовується для передбачення розвитку пожежі в приміщеннях вагона. У польовий моделі також використовується розбиття простору на області і рішення рівнянь, що виражають закони збереження. Але тут число областей значно більше (1000-1000000). Тим самим значне число областей дозволяє з меншою похибкою спрогнозувати аварійну ситуацію в різних приміщеннях. Наведені нижче чисельні значення дають можливість вирішити рівняння в приватних похідних, виходячи з рівнянь збереження маси, імпульсу, енергії і мас компонентів. Тобто, динаміку розвитку пожежі в приміщеннях

можна досягти шляхом застосування польової моделі.

Польова модель застосовується для:

- імітації пожеж різних приміщень, заснованої на вирішенні диференціальних рівнянь;
- забезпечення точності детальних досліджень з розвитку пожежі;
- опису характеристик для різних класів пожежі.

Нижче наведені рівняння, на яких заснована польова модель розвитку пожежі.

Рівняння збереження маси:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0, \quad (2.1)$$

де:

ρ – плотність, кг/м³;

t – час, с;

u – проекції вектора швидкості на вісь x в декартових координатах, м/с.

Рівняння збереження імпульсу:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i, \quad (2.2)$$

де:

p – динамічний тиск, Па;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Для ньютонівських рідин тензор в'язких напруг визначаємо наступним

чином:

$$\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij}, \quad (2.3)$$

де:

μ – ламінарний динамічна в'язкість, Па·с.

Рівняння енергії:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\rho h \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho u_j h \right) = + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\lambda \frac{\partial h}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{j}{c_p} \right) \frac{\partial q^R}{\partial x_j}, \quad (2.4)$$

где:

$$h = h_0 + \int_{T_0}^T c_p dT + \sum_k Y_k H_k, \quad (2.5)$$

Y_k – статична ентальпія суміші;

H_k – теплота освіти k-го компонента;

$$c_p = \sum Y_k c_{p,kk}, \quad (2.6)$$

– теплоємність суміші при постійному тиску;

– радіаційний потік енергії в напрямку x_j ;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К). Рівняння

збереження хімічного компонента k :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Y_k) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j Y_k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho D_j \frac{\partial Y_k}{\partial x_j} \right) + S_k, \quad (2.7)$$

де:

Y_k – масова концентрація k-го компонента суміші, кг/кг.

Для вирішення системи (3-7) застосовується рівняння стану ідеального газу:

$$p = \rho R T \sum_k \frac{Y_k}{M_k}, \quad (2.8)$$

де:

R_0 – універсальна газова постійна;

T – термодинамічна (абсолютна) температура, К;

M_k – молярна маса k -го компонента.

За допомогою наведених рівнянь ми отримуємо локальне рівновагу.

Ці рівняння досить повно описують ламінарні потоки.

Так, для визначення V:

$$u_j(t) = u_j^- + u_j', \quad (2.9)$$

$$\underline{u} = \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} u(t) dt, \quad \underline{u}' = 0 \quad (2.10)$$

Після розкладання всіх змінних, отримуємо середнє значення по V.

Рівняння збереження маси:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j + \rho' u_j') = 0 \quad (2.11)$$

Середнє значення по Рейнольдсу:

$$\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \bar{u}_j) = 0 \quad ; (2.12)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} \bar{u}_{ij}) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \bar{u}_i \bar{u}_j) = \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\tau}_{ij} - \bar{\rho} \bar{u}_i \bar{u}_j) + \bar{\rho} g \quad ; (2.13)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} \bar{h}) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \bar{u}_j \bar{h}) = + \left| \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\bar{\rho} \bar{u}_j' \bar{h}' \right) \right| - \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \bar{u}_j' \bar{h}') + \bar{\rho} \bar{c}_p \frac{\partial \bar{h}}{\partial t} \quad ; (2.14)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{\rho} Y_k) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{\rho} \bar{u}_j Y_k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\bar{\rho} D \frac{\partial \bar{Y}_k}{\partial x_j} - \bar{\rho} \bar{u}_j' Y_k' \right) + S_k \quad (2.15)$$

Осереднення по Фавро:

$$u_j(t) = u_j^{\sim} + u_j', \quad (2.16)$$

де:

$$j \rho_{jj} u = \rho u_j(t) ; \frac{d}{dt} \rho u' \equiv 0 \quad (u' \neq 0) \quad (2.17)$$

Рівняння збереження отримаємо відповідно до вищевикладених значеннями (2.9) - (2.13), однак вони не враховують флуктуації щільності.

2.3 Імітаційна модель двоповерхового пасажирського вагона

При створенні моделі була використана ранішеописана програма «PyroSim». Інтерфейс даної програми англomовний, але відносно нескладний і доступний для освоєння.

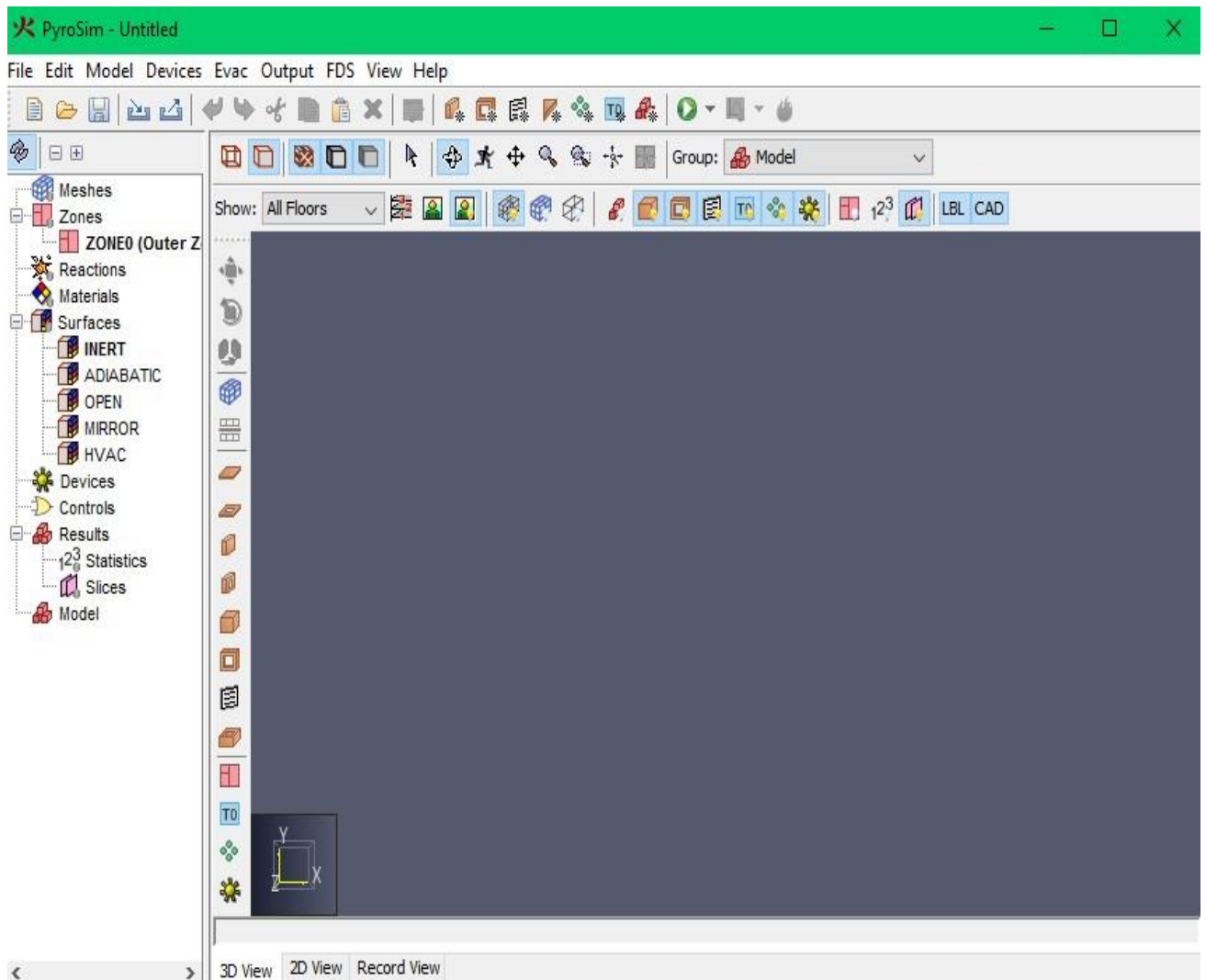


Рис.2.1 – Робоча область «PyroSim»

Модель вагона спроектована відповідно до розмірів, зазначеними в паспорті. Нижче представлений Рис.2.2, зроблений в програмі «AutoCAD» в масштабі з основними параметрами і їх значеннями, які і були взяті за основу при моделюванні.

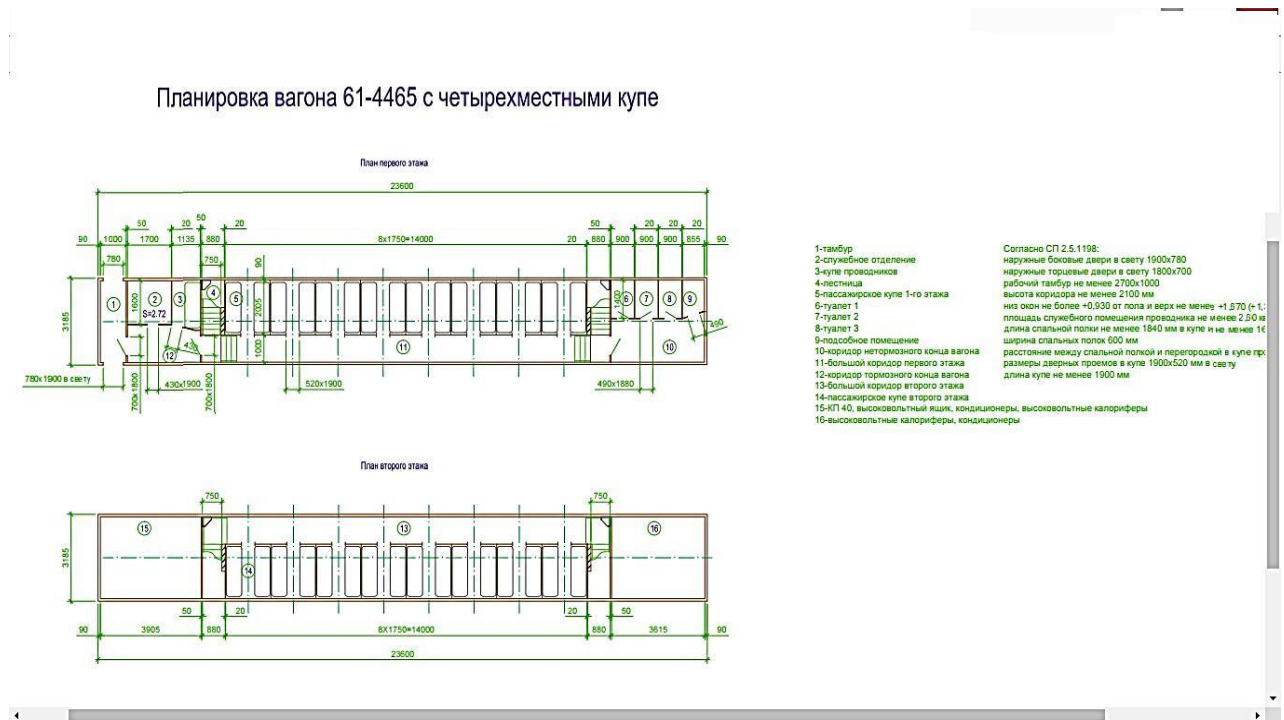


Рис.2.2 – Двоповерховий пасажирський вагон з 4 місцевими купе типу 61–4465

Представлена модель практично відображає об'єкт-оригінал з допущенням незначних похибок.

За допомогою програмного продукту «PyroSim» є можливість наочно продемонструвати модель двоповерхового вагона в 2D і 3D режимах. Це дозволяє підвищити рівень точності при плануванні і побудові моделі, тому що вона може проглядатися з різних точок огляду із змінним масштабом.

Для цього в нижній частині вікна програми розташована панель, на якій знаходяться кнопки для перемикання режимів перегляду.



Рис.2.3 – Математична модель двоповерхового вагона 61–4465

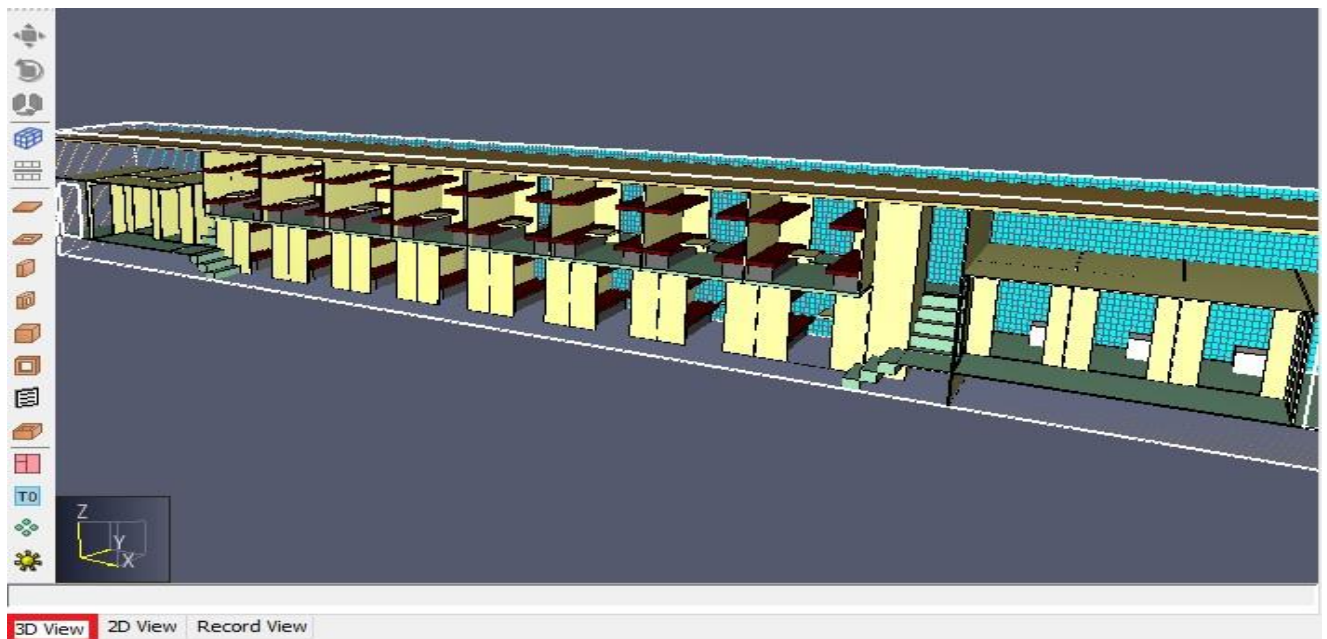


Рис.2.4 – Математична модель вагона 61-4465 в масштабі з усіма приміщеннями

У виділеній області є кнопка для відкриття вкладки, де прописаний програмний код, який дозволяє автоматизувати процеси обчислень і розрахунків, тим самим спрощуючи роботу користувача. На малюнку 2.4 показаний фрагмент

коду програми, на якому відображено опис використовуваної колірної гами, матеріалів, які застосовуються для меблів і обробки вагона. Таким чином, потрібно задати необхідні параметри для побудови сітки моделі, масштаби всіх приміщень і зосередити пожежне навантаження.

2.4 Динаміка поширення небезпечних факторів пожежі в двоповерховому пасажирському вагоні моделі 61-4465

Первинні фактори безпеки на пожежі:

- полум'я і іскри;
- підвищена температура навколишнього середовища;
- підвищений вміст токсичних продуктів горіння в осередку пожежі і їх

вплив на стан навколишнього середовища;

- низький вміст кисню;
- ослаблення видимості в диму;
- тепловий потік; які представляють розпечену до 300-400 ° С суміш

високотоксичних отруйних речовин, що паралізують органи дихання людини за один-два вдиху.

Аналіз статистичних даних по пожежам за 2020 рік свідчить про те, що загибель людей на пожежах відбувається саме в результаті настання первинних ОФП.

Димоутворювальною здатністю і швидке виділення CO і CO₂ в разі виникнення пожежі в купе вагона залежить від:

- 1) мобільності диму;
- 2) системи кондиціонування повітря в приміщенні.

Пожежа, що виникає в двоповерхових вагонах, найбільш небезпечний для пасажирів другого поверху. Дим миттєво блокує евакуаційні виходи на другому поверсі.

Якщо для пасажирів, що знаходяться на першому поверсі, час на евакуацію є прийнятним, то на другому поверсі, де концентрація диму є максимальною, а його температура може перевищувати гранично допустимий значення (70 ° С),

спроба самостійно вибратися з палаючого вагона через евакуаційні виходи істотно ускладнюється. Виробляти самопорятунку з вікон-аварійних виходів не представляється можливим. Тому токсичні продукти горіння, що виділяються під час пожежі, дим і, відповідно, підвищена температура, одні з найпоширеніших причин, які тягнуть за собою загибель людей.

Для того, щоб за допомогою розробленої нами математичної моделі двоповерхового пасажирського вагона типу 61-4465 досліджувати динаміку поширення ОФП, а також визначити можливу загрозу пасажирам, необхідно розглянути один з найбільш найгірших сценаріїв розвитку пожежі і відповідні їм результати моделювання. У Таблиці 2.2 розглянуті найгірші сценарії пожежі в двоповерховому вагоні. Вибір місця знаходження вогнища пожежі враховувався від наявності горючої навантаження в вагоні. При наявності горючої навантаження розглядалися властивості, поведінки матеріалів при інтенсивному розвитку пожежі. За тактичним задумом пожежа виникла в останньому (8 купе) першого і другого поверху, так як одночасно блокуються евакуаційні виходи, що ведуть в безпечну зону. Осередок пожежі вважатимемо червоним кольором.

Табл.2.2 – Найгірші сценарії пожежі в 2-поверховому пасажирському вагоні

№	Сценарій пожежа	Графики $T(t)$
1 2		$T_1(t), T_2(t), T_3(t), T_4(t)$
3 4		$T_1(t), T_2(t), T_3(t), T_4(t)$

У зонах горіння і теплового впливу зафіксовані шари (поперечним перерізом) полів температур.

На рисунку 2.5 наведені початкові значення при моделюванні пожежі.

Предельно допустимые значения (ПДЗ) ОФП

Название	T, °C	O ₂ , кг/м ³	CO ₂ , кг/м ³	CO, кг/м ³	HCL, кг/м ³	Тепловой поток, Вт/м ²
Значение	70	0,226	0,11	0,00116	0,000023	1400

ПДЗ по видимости

Расчетные точки	Значение, м
пт «А, Б»	14

Размеры ячеек расчетной сетки принято по оси X — 0,57 м.; по оси Y — 0,57 м.; по оси Z — 0,57 м.

Рис.2.5 - Початкові значення при моделюванні пожежі

Розрахунковий час, взятє за основу при моделюванні цих процесів, становить 300 секунд. Модель розглядає 3 основних параметри ОФП: гранична температура, гранична концентрація кисню, втрата видимості. Розрахунок проводився на першому і на другому поверсі вагона.

На рисунку 2.6 показана температура в останньому купе 1 і 2 поверхи [118].

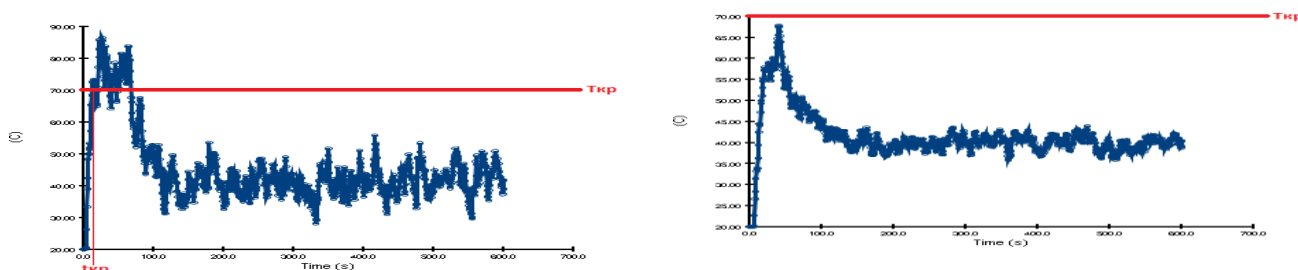


Рис.2.6 – температура в останньому купе 1 і 2 поверхи

Нижче наочно показані результати моделювання ОФП на першому і другому поверсі двоповерхового пасажирського вагона моделі 61-4465.

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

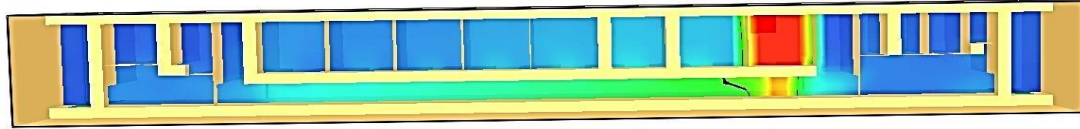
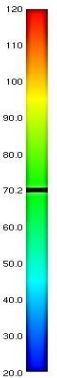
Slice
temp
°CFrame: 1000
Time: 300.1

Рис.2.7 – Динаміка поширення ОФП на 1 поверсі вагона за показником гранична температура

Smokeview 5.6 – Oct 29 2010

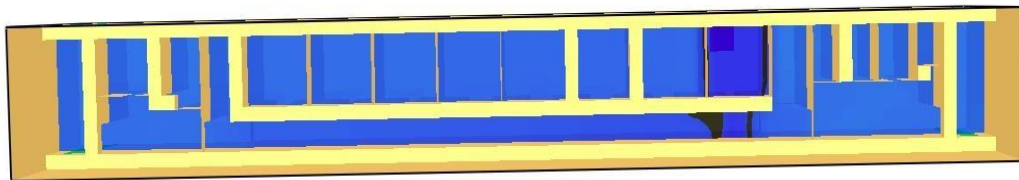
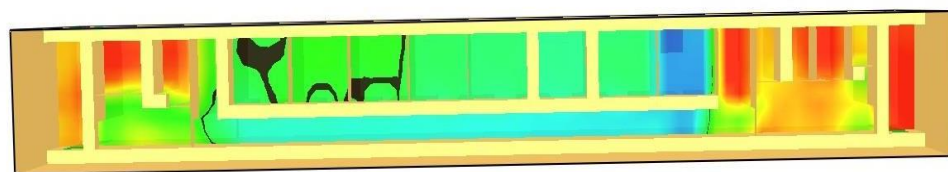
Slice
rho_O2
kg/m³Frame: 1000
Time: 300.1

Рис.2.8 – Динаміка поширення ОФП на 1 поверсі по показнику гранична концентрація кисню

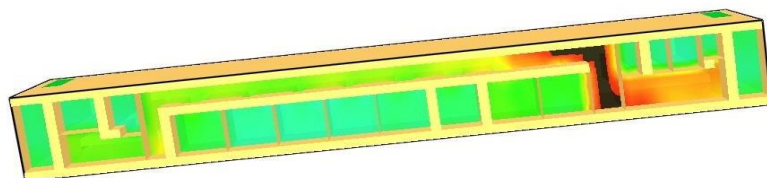
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 548
Time: 164.5

Рис.2.9 – Динаміка поширення ОФП на 1 поверсі по показнику втрата видимості

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



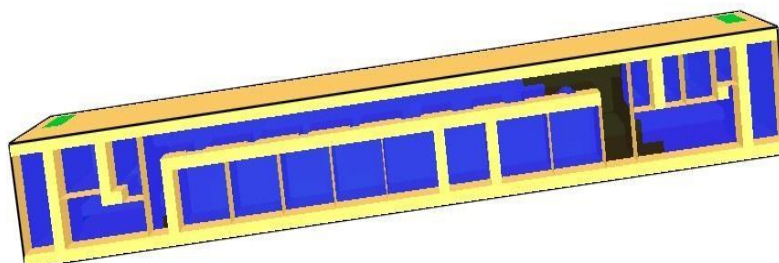
Frame: 1000
Time: 300.1

Рис.2.10 – Динаміка поширення ОФП на 2 поверсі вагона за показником гранична температура

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Slice
rho_O2
kg/m3

1.21
1.12
1.02
0.93
0.83
0.74
0.64
0.55
0.45
0.35
0.26



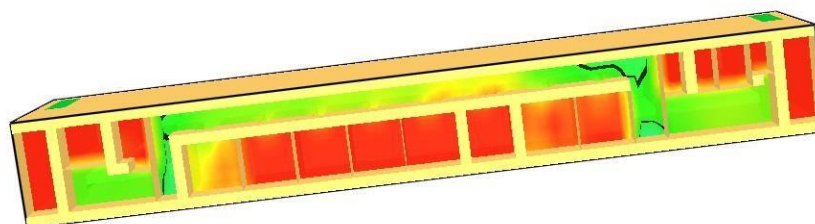
Frame: 1000
Time: 300.1

Рис.2.11 – Динаміка поширення ОФП на 2 поверсі вагона за показником гранична концентрація кисню

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Slice
V15_Soot
m

30.0
27.0
24.0
21.0
18.0
15.0
14.0
12.0
9.00
6.00
3.00
0.00



Frame: 477
Time: 143.2

Рис.2.12 – Динаміка поширення ОФП на 2 поверсі по показнику втрата видимості

Таким чином, за результатами моделювання ОФП на першому поверсі можна зробити висновок, що показник втрати видимості в диму блокує евакуаційні виходи на 164,5 секунді, показник гранична концентрація кисню досягне значення $0,22 \text{ кг / м}^3$, а гранична температура досягне $70,2^\circ \text{ C}$. Весь потік людей (максимальна завантаженість першого поверху 32 людини і плюс багаж) буде направлений до евакуаційного виходу з протилежного коридору. Відповідно, це створює велику загрозу для людей, так як поширення ОФП в вагоні відбувається стрімко швидко.

На другому поверсі показник втрати видимості в диму блокує евакуаційні виходи і весь другий поверх вже на 143,2 секунді, гранична концентрація кисню досягне значення $0,22 \text{ кг / м}^3$, гранична температура досягне 40° C .

Висновки

Другий розділ магістерської роботи присвячений розробці математичної моделі динаміки поширення ОФП в двоповерхових пасажирських вагонах залізничного рухомого складу. Для вирішення проблеми пов'язаної з динамікою розвитку ОФП була розроблена і наочно продемонстрована математична модель двоповерхового пасажирського вагона моделі 61-4465. Імітаційне моделювання надає можливість розглядати велику кількість альтернатив, покращувати якість управлінських рішень і точність прогнозування динаміки поширення ОФП. Ефективність математичного моделювання полягає в тому, що значно скорочуються терміни дослідження, не потрібно спалювати зразок вагона для проведення експерименту.

3 МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ, І ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ В ДВОПОВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

3.1 Аналіз діючих методик з розрахунку вимушеної евакуації людей і оцінки пожежного ризику

Одним з ключових чинників, при якому необхідно провести вимушену евакуацію людей з вагонів - НС, пов'язані з пожежами. Незважаючи на те, що при проектуванні і випуску сучасних вагонів застосовуються в основному важко горючі матеріали, проводи та кабелі, захисні апарати повинні забезпечувати своєчасне відключення електрообладнання, пожежі в вагонах трапляються часто і несуть величезні економічні втрати. Про це свідчить статистика пожеж, наведена в 1 главі [9]. При різних НС, пов'язаних з пожежами, час на вимушену евакуацію пасажирів обмежена. Розрахунковий час евакуації складається з суми руху людей по ділянках евакуаційного шляху.

На сьогоднішній день порядок розрахунку часу евакуації визначено поруч НПА, таких як: «Пожежна безпека. Загальні вимоги регламентує розрахунковий час евакуації людей з вагонів [12], які здійснюють масові перевезення пасажирів такі як:

- вантажні вагони ;
- пасажирські вагони .

Цей стандарт допомагає визначити відповідність об'ємно планувальних і конструктивних рішень пасажирських вагонів при евакуації людей .

Але є в цьому документі ряд недоліків:

- в даній методиці не наведено дані по основним тимчасовими показниками динаміки поширення ОФП;
- не врахована розрахунок евакуації пасажирів через аварійний вихід;
- дані, отримані при розрахунку часу евакуації, мають поверхневі значення.

Методика розрахунку часу евакуації має на увазі собою $t_p < t_{бл}$. У більшості довідкових даних, а також даних натурних випробувань евакуації пасажирів з

пасажирських вагонів зовсім відсутні або не проводилися.

На сьогоднішній день вивчені методики, мають ряд недоліків. Основними недоліками зазначених методик є: відсутність довідкових даних по частоті виникнення пожеж на ЗРС, даних за розрахунком індивідуального пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах, даних натурних випробувань з розрахунку часу евакуації та розрахунку пожежного ризику двоповерхових вагонів, даних за показниками ОФП, відсутність достовірних даних по блокуванню ОФП. Проведений аналіз існуючих методик показав, що прийнята система ПБ не забезпечує безпеку пасажирів в двоповерхових вагонах. Для розрахунку необхідного часу евакуації пасажирів у разі НС або пожежі та розрахунку пожежного ризику необхідна нова методика для оцінки пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах ЗРС. В сукупності, методика дозволить знизити пожежну небезпеку пасажирських вагонів залізничного рухомого складу і мінімізувати ризики виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з пожежами. Крім того, було встановлено, що пропонована методика дозволить вирішити головну проблему: провести евакуацію з двоповерхових пасажирських вагонів до настання гранично допустимих значень ОФП.

Основні параметри, що впливають на ситуацію під час пожежі - об'ємно планувальні рішення двоповерхових пасажирських вагонів; час доби; знаходження поїзда на шляху прямування або на станції; розташування вогнища пожежі (за найгіршим сценарієм розвитку пожежі).

З вищевикладеного випливає, що аварійні ситуації, пов'язані з пожежами, вимагають ретельного вивчення. Тому, при виборі аварійної ситуації враховувалися такі особливості:

максимальна кількість пасажирів у вагоні (всі місця в купе вагона зайняті пасажирами і становить 64 пасажира) і 2 провідники.

На основі моделювання ОФП в двоповерховому пасажирському вагоні під час пожежі в, а також «Інструкції про порядок дій працівників ПАТ

«Укрзалізниця» у випадках задимлення, загорання або пожежі в

пасажирських вагонах »розроблені дії для поїзної бригади в разі НС

3.2 Методика розрахунку часу евакуації людей з двоповерхових пасажирських вагонів залізничного рухомого складу

Результати математичного моделювання, отримані у другому розділі, показали, що під час пожежі з найгіршим сценарієм (пожежа в останньому купе 1 і 2 поверхи), що визначає його критичну тривалість, є втрата видимості. Тому в подальшому розглядається процес динаміки поширення ОФП щодо зниження видимості в диму. Критичне значення втрати видимості для 1 поверху вагона становить 164,5 секунд, для 2 поверху 143,2 секунд.

Аналіз даних, наведених в 1 розділі, дозволив виявити швидкість поширення пожежі в двоповерховому пасажирському вагоні - 2,5 м · хв-1 в купе вагона і 5 м · хв-1 в коридорі.

Відповідно час евакуації пасажирів (t_e) визначається виходячи з наступного виразу:

$$t_e = t_{н.э} + t_p, (3.1)$$

де $t_{н.э}$ – часовий проміжок від початку пожежі до процесу вимушеної евакуації людей з вагона;

t_p – время, полученное в результате расчета эвакуации из вагона.

Проміжок часу $t_{н.э}$ залежить від спрацювання автоматичної пожежної сигналізації.

Необхідний час евакуації людей з вагона визначено виходячи з процесу переміщення людини до виходу назовні одним із таких способів:

- за спрощеною аналітичної моделі руху людей;
- з математичної моделі індивідуально-поточного руху людей.

Визначення фактичного часу евакуації залежить від місця розташування пожежного навантаження, матеріалів обробки приміщень вагона, а також вікових особливостей пасажирів. Для однорідного потоку пасажирів застосовується проста аналітична модель, а для сметанного потоку пасажирів - математична модель індивідуально-поточного руху [12].

Евакуації пасажирів починається через:

— 0 сек - з пасажирських вагонів (купейні, плацкартні та перший поверх двоповерхових купейних вагонів) [4];

— 60 сек - з другого поверху двоповерхових купейних вагонів [12].

Перш ніж проводити розрахунки по евакуації, необхідно знати певні відомості про приміщення:

- розміри приміщень вагона;
- тактико-технічні властивості матеріалів вагона, здатність поведінки даних матеріалів при стійкому горінні застосовуваних у вагоні.
- кількість пасажирів (максимальна місткість людей);
- наявність системи автоматичної пожежної сигналізації (АПС).

Виходячи з вийшов значень, виконується експертний вибір варіантів поширення пожежі з очікуваними найгіршими наслідками для знаходяться в вагоні людей.

Етапи розвитку сценарію виник загоряння:

- вибір місцезнаходження загоряння і виявлення закономірностей поширення вогню;
- вказівка розрахункової області (вибір для розрахунку характеристик приміщень, де сталося загоряння, а саме в цілому системи приміщень вагона, його окремих елементів внутрішньої структури приміщень, стан прорізів);
- завдання параметрів навколишнього середовища і початкових значень параметрів всередині приміщень вагона.

Ставлячи вогнище пожежі експертним шляхом, враховують кілька факторів: який обсяг горючої навантаження, якими властивостями вона володіє, яке її розташування, наскільки велика ймовірність виникнення загоряння, які можливості його розвитку, і, нарешті, яке розташування евакуаційних шляхів і виходів.

Здійснюючи розрахунки, часто використовують певні етапи розвитку і особливості пожежі. Можливі варіанти розвитку подій:

- по твердій горючій навантаженні пожежа поширюється по круговій траєкторії,
- по твердій горючій навантаженні пожежа поширюється по лінійному траєкторії,
- по горючій рідині відбувається несталий горіння.

Виходячи з нормативних документів, швидкість вигорання матиме такий вигляд:

$$\Psi = \begin{cases} \psi \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2 & \text{для кругового поширення пожежі} \\ \psi \cdot F \cdot t_{cm} & \text{для лінійного поширення пожежі} \\ \psi \cdot F \cdot t_{cm} & \text{для несталоного горіння ГР} \end{cases} \quad (3.2)$$

де: $\Psi_{уд}$ – питома швидкість вигорання (для рідин встановилася), кг/(с·м²);

v – швидкість поширення полум'я, м/с; b –

ширина смуги горючої навантаження, м;

t_{cm} – час стабілізації горіння горючої рідини, с; F –

площа вогнища пожежі, м².

Якщо в приміщенні встановлено систему АУПТ, належної вимогам нормативних документів по ПБ, розрахункове значення V вигорання зменшується в 2 рази.

Згідно з вимогами нормативних документів експертом виконується ряд дій: вибір методу моделювання, побудова математичної моделі, що відповідає заданим сценарієм, і, нарешті, моделювання процесу поширення пожежі в динаміці. Далі для кожного з небезпечних факторів пожежі розраховується час досягнення нею гранично допустимого значення на шляхах евакуації.

Причому час досягнення небезпечним фактором свого гранично допустимого значення на шляхах евакуації на висоті 1,7 м від підлоги приймається за критичний час по ньому.

Гранично допустимі значення ОФП:

- підвищена температура - 70 градусів;
- тепловий потік – 1400 Вт/м²;
- втрата видимості - 20 м (в разі, якщо розміри приміщення менше 20 м, значення втрати видимості приймаємо рівною фактичним значенням);
- знижений вміст кисню – 0,226 кг/м³;
- кожен з токсичних газоподібних продуктів горіння (CO₂ – 0,11 кг/м³; CO – 1,16·10⁻³ кг/м³; HCL – 23·10⁻⁶ кг/м³).

Щоб визначити критичні значення часу за допомогою польової моделі потрібно врахувати деякі особливості, а саме ОФП досягає критичних значень в різних точках приміщення за неоднакові проміжки часу. Знайшовши максимальне з критичних часів всіх евакуаційних виходів даного приміщення, ми визначимо критичний час для приміщень з порівнянними лінійними розмірами (час, через яке відбувається блокування останнього виходу).

Час блокування запишемо:

$$t_{\text{бл}} = \min \left\{ t^{\text{п.в.}}, t^{\text{т}}_{\text{кр}}, t^{\text{т.г.}}, t^{\text{O}_2}, t^{\text{т.п.}} \right\}, \quad (3.3)$$

Щоб описати термогазодинамічних параметри пожежі застосовують три основних групи детерміністических моделей: інтегральні, зонні (зональні) і польові.

Для того щоб вибрати той чи інший розрахунок часу блокування шляхів евакуації, необхідно враховувати такі особливості моделей:

Інтегральна модель використовується для:

- простих будівель, що включають сформовану концепцію приміщень невеликих площ і нескладної планування;

- приміщень, де площа вогнища пожежі однакова з розмірами самого приміщення, які в свою чергу мають однакові значення (лінійні розміри приміщення відрізняються в 5 і менше раз);

- для виявлення найбільш серйозного сценарію пожежі за допомогою виконання попередніх розрахунків;

Використання зонного (зональної) моделі доцільно:

- для систем приміщень (приміщень) простої геометричної конфігурації, що мають сумірні лінійні розміри (тобто відрізняються в 5 і менше раз), при цьому площа вогнища пожежі істотно менше розмірів приміщення;

- для робочих зон, розташованих на різних рівнях одного приміщення (майданчика обслуговування обладнання, внутрішні етажерки);

Польова модель:

- для приміщень складної планування, що мають велику кількість внутрішніх перешкод (що примикають коридори і многосветним галереї);

- для приміщень з різними лінійними розмірами, один з яких можна порівняти більше або менше за інших (закриті галереї, тунелі);

- у випадках, коли застосування зональної і інтегральної моделі ризиковано або є необхідність оцінити працездатність систем протипожежного захисту (унікальні споруди, поширення пожежі по фасаду будівлі).

Для інтегральної і зонної моделей, якщо один з лінійних розмірів приміщення більше в п'ять разів хоча б одного з двох, що залишилися, воно ділиться на ділянки з розмірами, порівнянними між собою. Далі отримані майданчики розглядаються як відокремлені приміщення, сполучені отворами, з площами, рівними площі перетину на кордоні ділянок. Використання аналогічної процедури в разі, коли два лінійних розміру перевищують третій більш ніж в 5 разів, не допускається.

Отже, щоб визначити час від початку пожежі до часу блокування евакуаційних виходів ОФП використовуємо польовий метод.

3.3 Теоретичні основи розрахунку часу евакуації

З метою проведення розрахунку часу евакуації приймаємо модель індивідуально-поточного пересування.

Тр евакуації людей вводиться за останнім людині, яка покинула вагон.

Схема евакуаційних шляхів в вагоні задається перед початком моделювання процесу евакуації. Всі шляхи евакуації підрозділяються на евакуаційні ділянки довжиною - a і шириною - b . У проектній документації об'єкта в обов'язковому порядку зазначаються довжина і ширина всіх евакуаційних шляхів, а для експлуатованих - по їх фактичному розташуванню. Довжина сходового маршу приймається за довжину евакуаційного шляху по ньому, відповідно в дверному отворі довжина шляху встановлюється рівною нулю. Розташування ділянок евакуаційних шляхів може бути, як горизонтальним, так і вертикальним (сходи вниз, сходи вгору і пандус).

Координати кожної людини, що знаходиться на i -ій ділянці евакуаційного шляху: x - відстань між центром еліпса і кінцем цього евакуаційного ділянки (Рис.3.2).

У початковий момент часу розташування (координати) кожної людини x_i визначаються відповідно до схеми розстановки людей в приміщеннях (спальні місця, туалет, підсобне приміщення). Якщо такі дані відсутні, то допускається рівномірний розміщення людей по всій площі приміщення.

Формула визначення координатних точок людей в момент часу t матиме вигляд:

$$X(t) = X_i * (t - \Delta t) - V_i(t), \text{ м} \quad (3.4)$$

де $X_i * (t - \Delta t)$ – координата i -го людини в попередній момент часу, м;

$V_i(t)$ – швидкість i -го людини в момент часу t , м/с;

Δt – період, с.

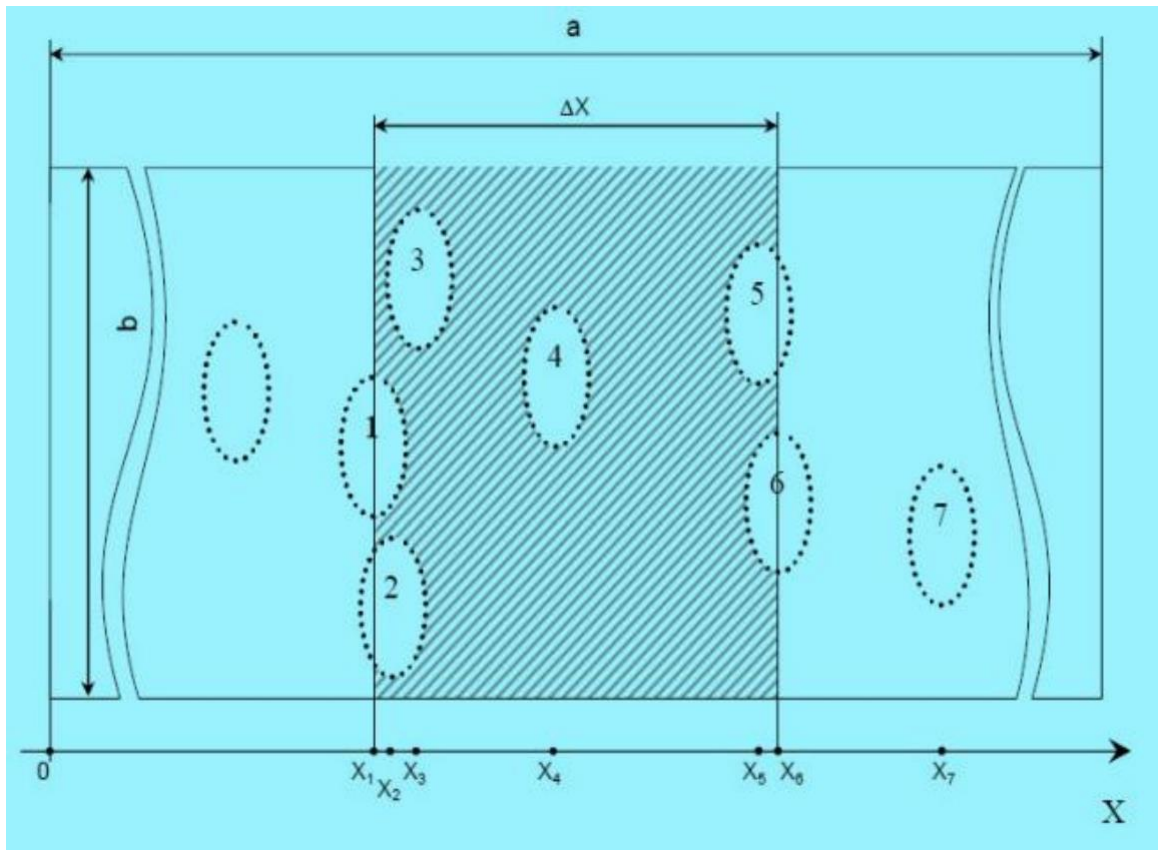


Рис.3.2 – Схематичне розташування пасажирів на евакуаційних шляхах

Локальна щільності потоку $D_i(t)$, в якому рухається пасажир, а також місце розташування евакуаційного виходу обумовлюють швидкість i -го людини в момент часу t . Ці величини визначається за таблицею.

Для групи з n осіб локальна щільність $D_i(t)$ обчислюється за формулою:

$$D_i(t) = (n(t) - 1) \cdot \frac{f}{(b - \Delta x)} \text{ м}^2 / \text{м}^2, \quad (3.5)$$

де n – чисельність групи, осіб;

f – середня площа горизонтальної проекції людини, м^2 ;

b – ширина евакуаційного ділянки, м;

Δx – різницю координат останнього і першого людини в групі, м.

Якщо в момент часу t координата людини $x_i(t)$, визначена за формулою (3.5), стане не позитивним числом - то людина досягла межі певного евакуаційного місця і можна переходити до наступного.

Тоді координата цієї людини на наступному евакуаційному ділянці визначається:

$$x_i(t) = (x_i(t - dt) - V_i(t) \cdot dt) + a_j - l_j, \quad m, \quad (3.6)$$

$x_i(t - dt)$ – координата i -го людини в попередній момент часу на

$(j-1)$ евакуаційному ділянці, м;

$V_i(t)$ – швидкість i -го людини на $(j-1)$ – ом евакуаційному ділянці в момент часу t , м/с;

a_j – довжина j -го евакуаційної ділянки, м;

l_j – координата місця злиття j -го и $(j-1)$ – го евакуаційних ділянок - відстань від початку j -го евакуаційного ділянки до місця злиття його с $(j-1)$ евакуаційним ділянкою, м.

Пропускна здатність виходу з ділянки визначає кількість перехідних з одного евакуаційного ділянки на іншу в одиницю часу людей $Q_j(t)$:

$$Q_j(t) = q_j(t) \cdot c_j \cdot dt \cdot \frac{1}{(f \cdot 60)}, \text{ чел.} \quad (3.7)$$

де $q_j(t)$ – інтенсивність руху на виході з j -го евакуаційного ділянки в момент часу t , м/мін.;

c_j – ширина виходу с j -го евакуаційного ділянки, м;

dt – проміжок часу, с;

f – середня площа горизонтальної проекції людини, м².

Щільність людського потоку $Dv_j(t)$ на j -м евакуаційному ділянці визначає інтенсивність руху $q_j(t)$ на його виході в момент часу t .

Щільність людського потоку $Dv_j(t)$ на j -ом евакуаційному ділянці в момент часу t визначається за формулою:

$$Dv(t) = \frac{(N_j \cdot f \cdot dt)}{(a_j \cdot b_j)}, \quad m^2 / m^2, \quad (3.8)$$

де N_j – кількість людей на j -ом евакуаційній ділянці, люд.;

f – середня площа горизонтальної проекції людини, m^2 ;

a_j – довжина j -го евакуаційної ділянці, м;

b_j – ширина j -го евакуаційної ділянці, m^2 ;

dt – проміжок часу, с.

Для моменту часу t встановлюється чисельність людей m з негативними координатами $x_i(t)$ [60]. В разі $m \leq Q_j(t)$ евакуйовані переходять до наступного етапу. якщо значення $m > Q_j(t)$, евакуйовані загальною чисельністю $Q_j(t)$ переходять до наступного етапу, а чисельністю $(m - Q_j(t))$ залишаються на поточному етапі, і їх координати: $x_i(t) = k \cdot 0,25 + 0,25$, де k - номер ряду, в якому будуть знаходитися люди (розрахунки передують з'ясування для кожного евакуаційного ділянки, скільки людина максимально можливо розмістити у одному ряду збоку один від одного). Таким чином, виникає скупчення людей перед виходом з евакуаційного ділянки.

Для того щоб визначити необхідний час евакуації пасажирів з двоповерхових вагонів розглянемо найбільш загальний випадок для пожежі кругової форми поширення. Осередок пожежі в своєму розпорядженні в останньому купе вагона, за умови блокування одного з евакуаційних виходів. Температура повітря в приміщеннях вагона задається як максимально допустима згідно з вимогами, встановленими до кожного рухомого складу.

Щоб визначити необхідний час евакуації пасажирів двоповерхового вагона визначаємо модель евакуації пасажирів, проводимо побудову методики розрахунку часу евакуації та здійснюємо моделювання евакуації пасажирів.

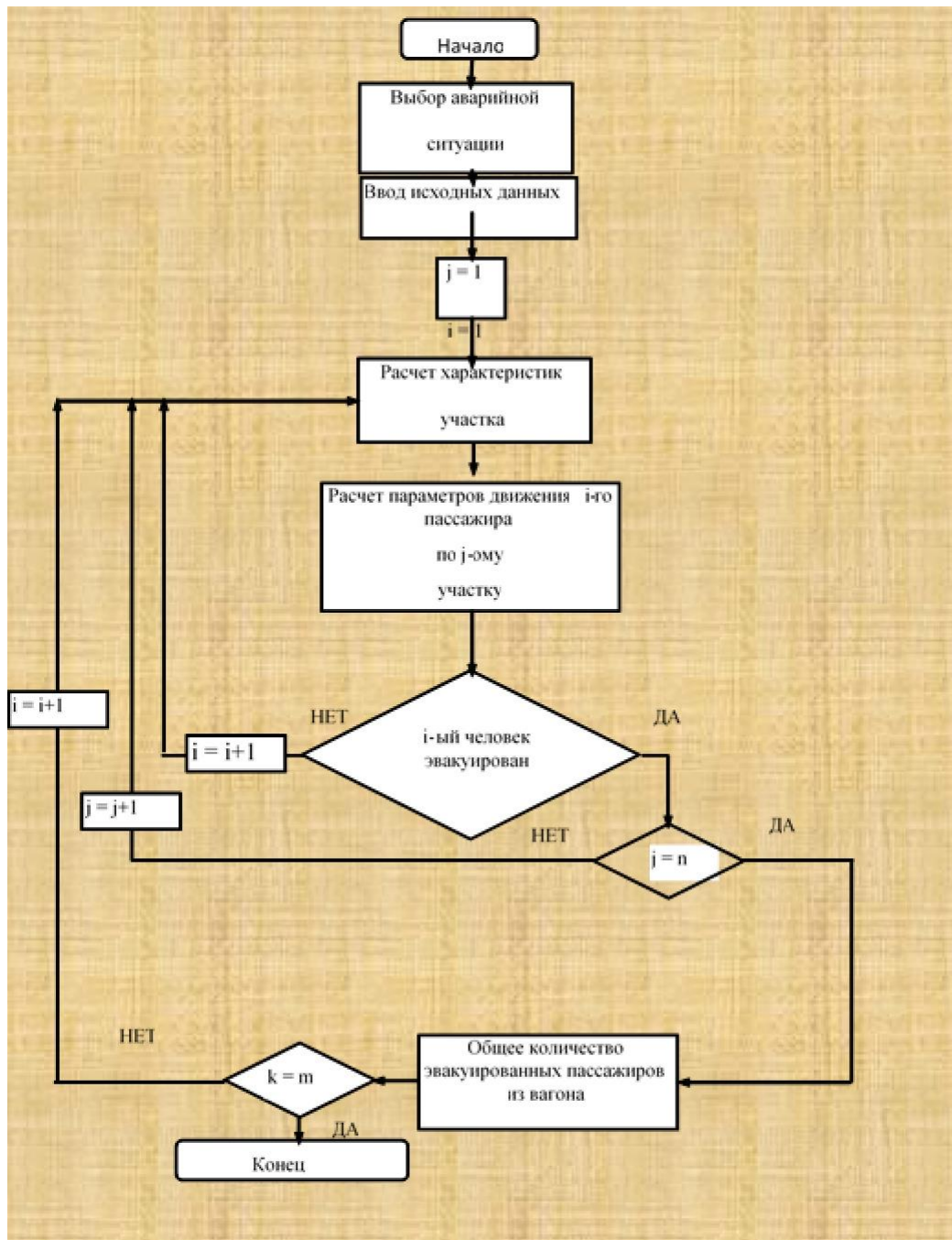


Рис.3.3 – Методика розрахунку часу евакуації людей з
двоповерхових пасажирських вагонів

де:

i – індекс людини;

j – номер шляху людського потоку;

k – кількість людей, які зуміли покинути приміщення вагона за час моделювання;

n – кількість евакуаційних шляхів;

m – загальне число людей, евакуювалися з вагона.

За допомогою моделювання процесу вимушеної евакуації ми задаємо розстановку пасажирів у всіх приміщеннях двоповерхового вагона, задаємо параметри розрахункових точок, місце виникнення пожежі та проекцію людини. В даному випадку, проекція була прийнята 0,125 м².

Алгоритм при вимушеній евакуації людей з двоповерхових пасажирських вагонів через хол показані на малюнку 3.4.

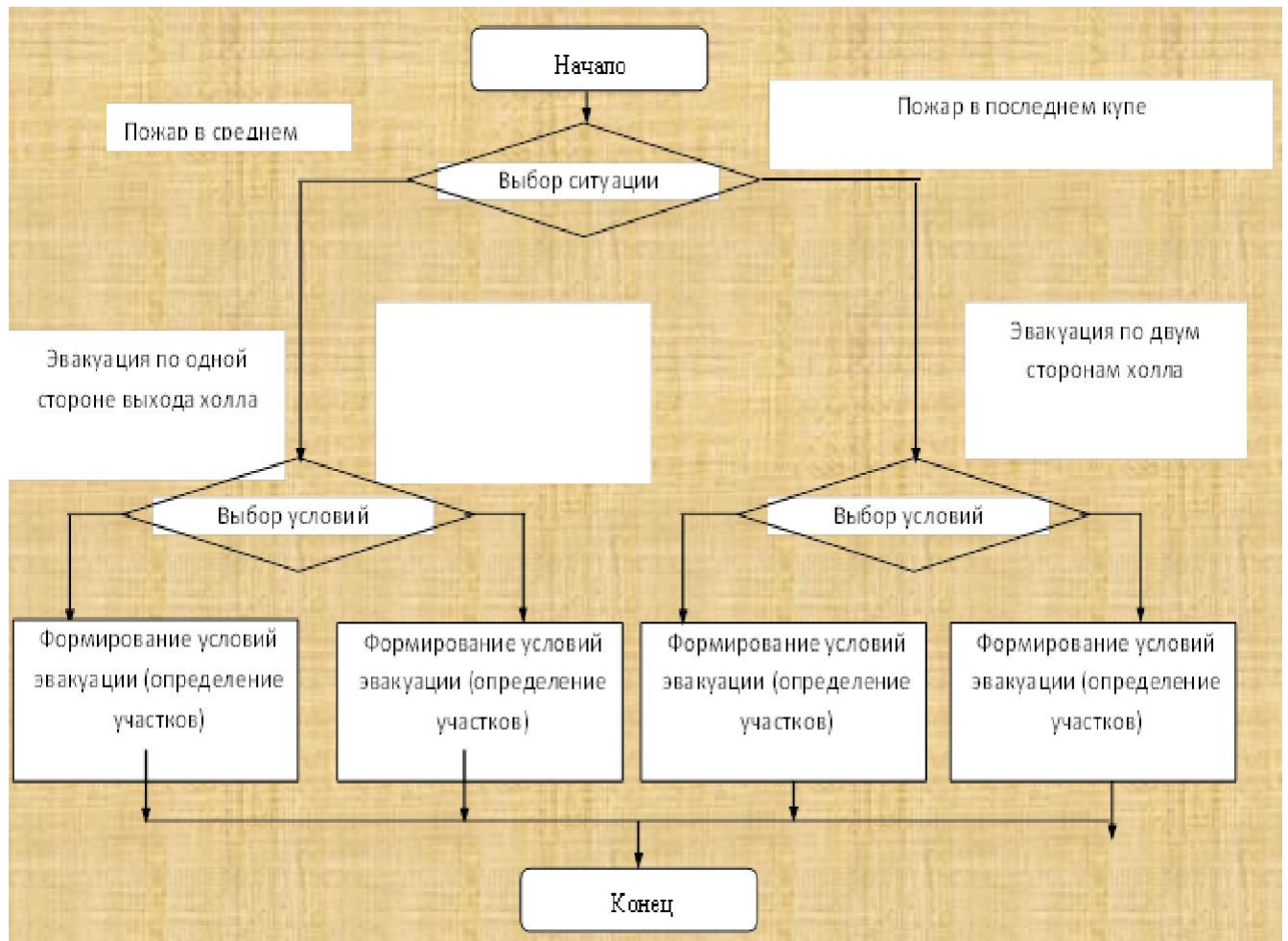


Рис.3.4 – Алгоритм при вынужденной эвакуации людей из двухэтажных пассажирских вагонов через холл

Пропускні спроможності виходів і щільності людських потоків на шляхах евакуації визначаються виходячи із заданих умов, таких як початкові координати людей, характеристики евакуаційних ділянок.

Після цього переходимо до визначення наявності ОФП на всьому шляху евакуації в момент часу $t = t + dt$. Від цього буде залежати напрямок руху і як

обчислити нову координату кожного пасажера. Потім по новій розраховуємо щільність людських потоків на шляхах евакуації та пропускні спроможності виходів. Далі знову знаходимо значення функції часу dt , визначаємо отримані координати пасажирів, включаючи ОФП на шляхах евакуації в певний момент часу. Після цього знову розраховуємо координати кожної людини. Поки все пасажери не будуть евакуйовані з вагона, розрахунки будуть зроблені.

В якості розрахункових точок вогнище пожежі задаємо останнім купе першого поверху і другого.

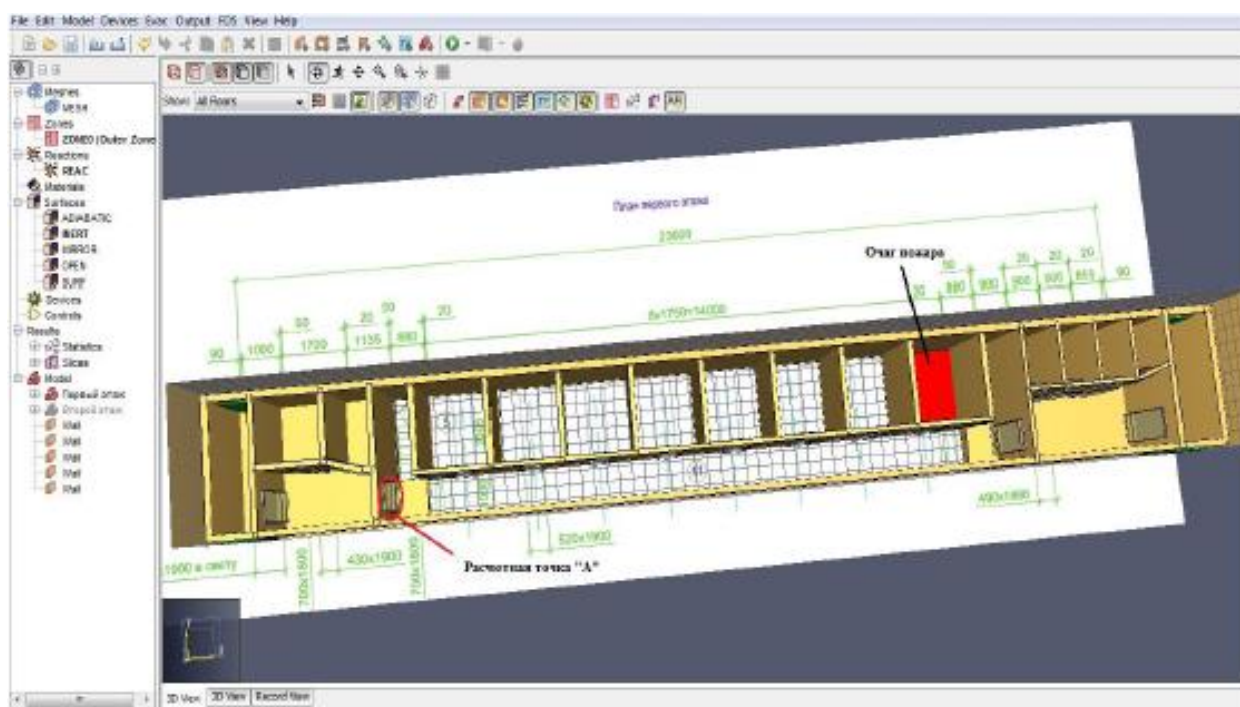
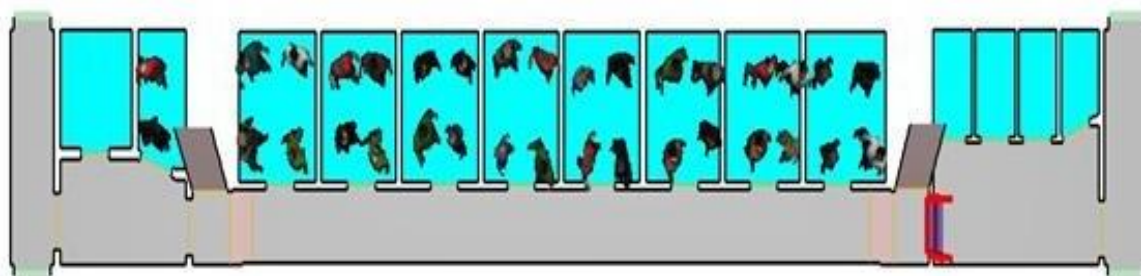


Рис.3.5 – План першого поверху із заданою розрахунковою точкою і осередком пожежі

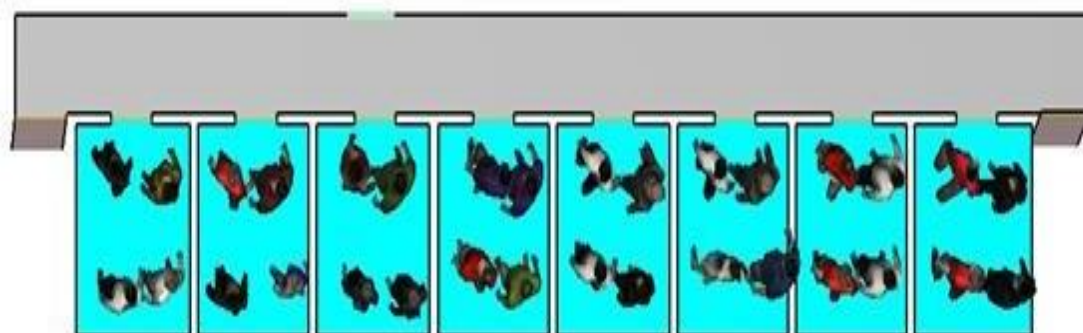
Вышло: 0/66



0,0

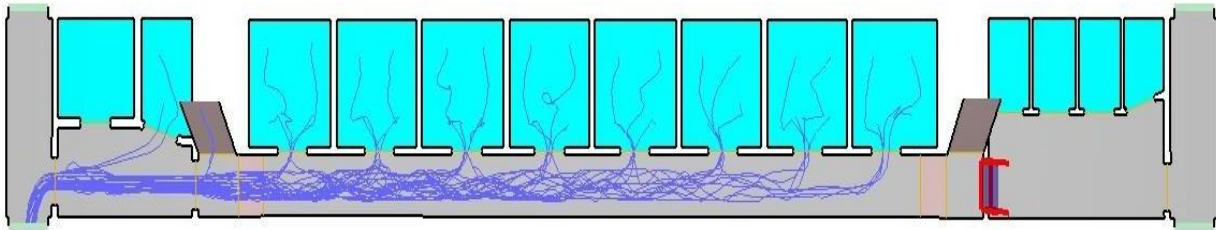
Рис.3.7 – Розташування пасажирів в купе першого поверху вагона

Вышло: 0/66



0,0

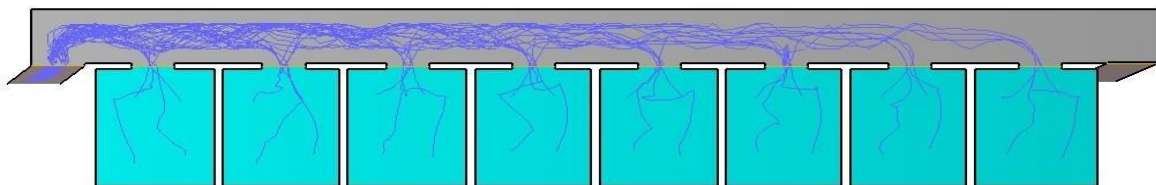
Рис.3.8 – Расположение пассажиров в купе второго этажа вагона



47,5

Рис.3.9 – Треки людських потоків при евакуації людей з купе вагону першого поверху.

В и ш л о : 66/66



87,0

Рис.3.10 – Треки людських потоків при евакуації людей з купе вагону другого поверху

На Малюнках 3.7-3.10 продемонстровані результати розрахунків людських потоків при евакуації людей з купе вагону. Як показали результати, евакуація пасажирів 1 поверху склала 77,5 секунд, 2 поверхи 147 секунд.

Умова $\tau_p < t_{\text{бл}}$ не забезпечується для пасажирів другого поверху. Пасажири 2 поверху, в кількості 32 людини залишаються заблокованими. У зв'язку з цим нами запропоновано провести вимушену евакуацію пасажирів з другого поверху вагона за допомогою додаткового евакуаційного виходу (надувний трап). Цей пристрій широко використовується в літаках.

На рисунку 3.11 продемонстрований пристрій надувного трапу для евакуації людей.



Рис.3.11 – надувний трап

На Малюнках 3.12 - 3.13 продемонстровані результати розрахунків людських потоків при евакуації людей з другого поверху вагона за допомогою додаткового евакуаційного виходу. Як показали результати, евакуація пасажирів 2 поверху склала 47,5 сек. Умова $\tau_p < t_{\text{бл}}$ забезпечується. Пасажири 2 поверху, в кількості 32 людини безпечно евакуйовані до настання критичних значень ОФП.

Таким чином, застосування технічного рішення по оснащенню двоповерхових пасажирських вагонів залізничного рухомого складу пристроями надувного трапу зменшить час евакуації пасажирів на 39,5

сек. Время эвакуации пассажиров с помощью данного устройства уменьшилось в разы. Что не противоречит условиям $t_p < t_{\text{бл}}$.

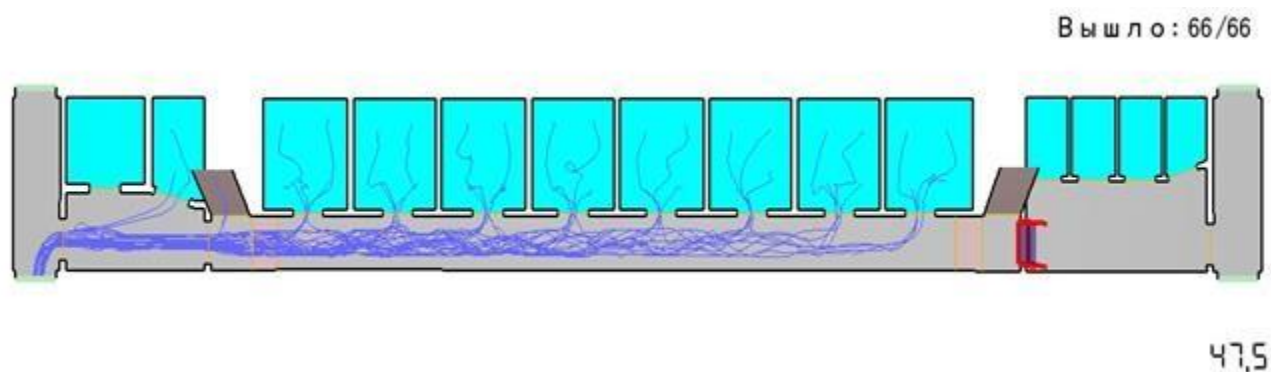


Рис.3.12 – Евакуація пасажирів з першого поверху вагона

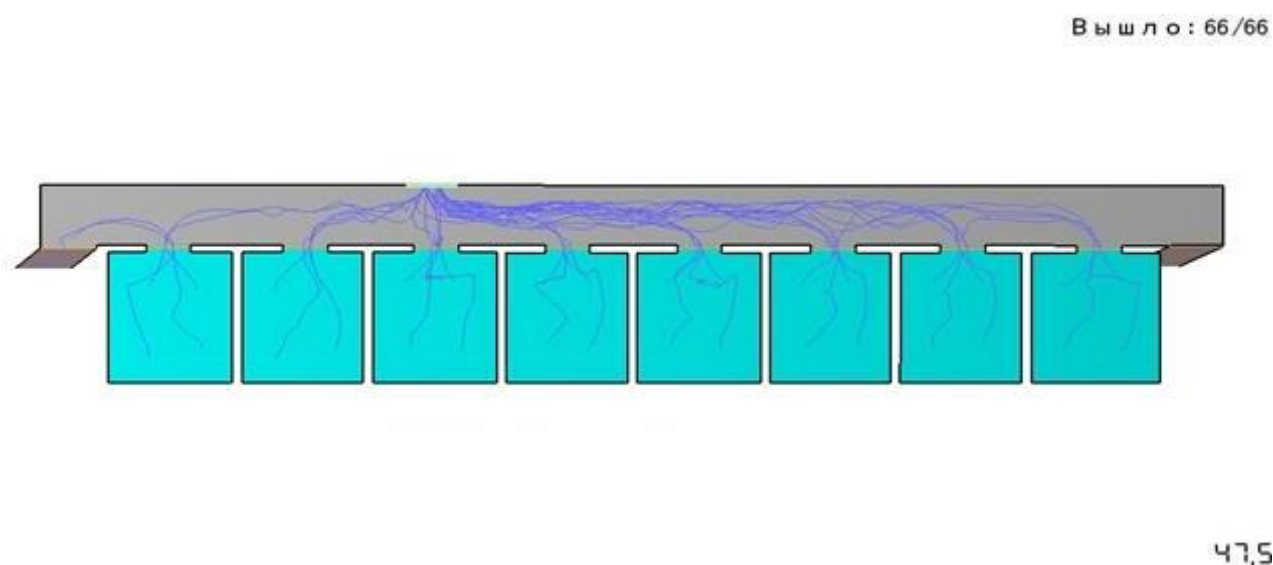


Рис.3.13 – Евакуація пасажирів з другого поверху вагона з використанням додаткового евакуаційного виходу (надувний трап)

В результаті виконаного розрахунку часу евакуації з двоповерхових пасажирських вагонів доведений спосіб зниження пожежної небезпеки пасажирських вагонів, який полягає в вигляді додаткового евакуаційного виходу на другому поверсі вагона.

3.4 Методика оцінки пожежного ризику двоповерхових пасажирських вагонів залізничного рухомого складу

Методика оцінки пожежного ризику двоповерхових пасажирських вагонів визначає процедуру обчислення значень пожежного ризику.

Розрахунки за оцінкою пожежного ризику проводяться методом порівняння розрахункових величин з нормативним значенням, встановленим регламентом про пожежну безпеку. Розрахункові величини пожежного ризику можна визначити шляхом: аналізу пожежної небезпеки двоповерхових вагонів; визначення частоти виникнення пожеж на ЗРС; побудови полів небезпечних факторів пожежі для різних сценаріїв його розвитку; оцінки результатів впливу ОФП на людей для всіляких сценаріїв його розвитку; наявності систем, які забезпечують ПБ двоповерхового вагона.

Для того щоб визначити розрахункове значення пожежного ризику, необхідно порахувати індивідуальний пожежний ризик для пасажирів, що знаходяться в двоповерховому вагоні. Основою для отримання числа індивідуального пожежного ризику вважається Q_{pi} - частота впливу ОФП на людей. Даний показник, отриманий при оцінці пожежного ризику в двоповерховому вагоні, застосовується для обґрунтування параметрів і характеристик вагона і ЗРС.

Q_{pi} визначається в разі пожежі, тому як може містити небезпеку для здоров'я і життя пасажирів, що знаходяться в двоповерховому вагоні.

Ключові розміри індивідуального пожежного ризику висловлюють:

$$Q_{VB} \leq Q^H, \quad (3.9)$$

де Q^H - значення індивідуального пожежного ризику, затверджене нормативними документами,

$$Q^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1};$$

Q_{VB} – розрахункова величина індивідуального пожежного ризику.

Максимальне значення індивідуального пожежного ризику з розглянутих сценаріїв пожежі дає розрахункову величину індивідуального пожежного ризику в двоповерхових вагонах:

$$Q = \max \left\{ Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N} \right\}, \quad (3.10)$$

де $Q_{B,i}$ – расчетная величина индивидуального пожарного риска для i -го сценария пожара,

N – кількість розглянутих сценаріїв пожежі.

Сценарій розвитку пожежі - пропонується прогност, в якому місце загоряння і особливості поширення вогню визначені заздалегідь. Об'ємно-планувальні параметри розміщення горючої навантаження і максимально можлива чисельність пасажирів у вагоні є основними факторами при його розробці. При розрахунках доцільно розглянути сценарій з найгіршими можливостями забезпечення безпеки людей. До таких сценаріїв, що характеризується особливо утрудненим умовами евакуації і (або) більш високим ступенем розвитку ОФП, можна віднести:

— в купе вагона може статися блокування евакуаційних шляхів (тамбури, коридори евакуаційних виходів і т.д.), осередок пожежі знаходиться в приміщенні невеликій площі поруч з евакуаційним виходом, або в приміщенні з основною масою горючої навантаження;

— в службових приміщеннях з недостатньою пропускною спроможністю евакуаційних шляхів, що приводить до великого скупчення людей.

У приміщеннях першого і другого поверхів вагона, при розташуванні двох і більше евакуаційних виходів, вогнище пожежі задаємо в останньому купе. Найближчий евакуаційний вихід блокується з перших секунд пожежі і не враховується при розрахунку часу евакуації людей. Розрахунковий час евакуації пасажирів з двоповерхових вагонів проведено в попередньому розділі дисертаційного дослідження.

Розрахунок значень індивідуального пожежного ризику $Q_{B,i}$ для i -го сценарію може бути виражений формулою:

$$Q_{B,i} = Q_{п,i} * (1 - K_{ап,i}) * P_{пр,i} * (1 - P_{э,i}) * (1 - K_{п.э,i}), \quad (3.11)$$

де $Q_{п,i}$ – частота реалізації пожежонебезпечної ситуації на ЗРС протягом року. Оцінку частотних характеристик виникнення пожежі на ЗРС визначаємо наступним чином:

$$Q = N_1 / N_2, \quad (3.12)$$

де N_1 – кількість пожеж на залізничному рухомому складі; N_2 – количество пассажирских вагонов дальнего следования.

$$\text{Отримуємо: } Q = 114 / 21000 = 0,54 \cdot 10^{-4}$$

$K_{ап,i}$ – коефіцієнт відповідності (АУПТ) вимогам нормативних документів з пожежної безпеки. Значення параметра $K_{ап,i}$ приймаємо рівним 0,8 якщо виконується ряд вимог:

двоповерховий вагон оснащений АУПТ, які задовольняють умовам вимог ПБ;

двоповерховий вагон не вимагає оснащення АУПТ відповідно до нормативних документів з пожежної безпеки.

$P_{э,i}$ визначаються наступним чином.

$$P_{э} = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases}, \quad (3.13)$$

де t_p – розрахунковий час евакуації людей, хв;

$t_{нэ}$ – час початку евакуації (інтервал часу між моментом загоряння і початком евакуації людей), хв;

$t_{бл}$ – час блокування шляхів евакуації (інтервал часу між моментом загоряння і моментом блокування евакуаційних шляхів під впливом на них ОФП з гранично допустимими для людей значеннями), хв;

$t_{ск}$ – час наявності скупчень людей на ділянках шляху (щільність людського потоку на шляхах евакуації перевищує значення 0,5).

Розрахунковий час евакуації людей тр з двоповерхових пасажирських вагонів визначається на основі моделювання руху людей до виходу назовні одним із таких способів:

- за простою аналітичної моделі руху людського потоку;
- з математичної моделі індивідуально-поточного руху людей;
- по імітаційно-стохастичною моделі руху людських потоків.

Встановлення розрахункового часу евакуації вимагає враховувати дані і принципи складання розрахункової схеми евакуації людей, характеристики переміщення людей всіляких груп мобільності, площі горизонтальних проєкцій для різних людей (вік кожної людини), в тому числі, індивідуальних особливостей вагонів. Час початок евакуації виконується відповідно до [8].

Встановлення часу блокування шляхів евакуації тбл проводиться так: визначається, в який момент часу ОФП на евакуаційних шляхах досягають свої гранично допустимі значення. У попередньому розділі дан алгоритм для здійснення розрахунку і розглянуті математичні моделі, за допомогою яких визначено час блокування шляхів евакуації небезпечними факторами пожежі.

Постійне значення рівня систем протипожежного захисту, спрямованої на забезпечення умов безпечної евакуації людей у разі виникнення пожежі, у відповідність значенням вимог ПБ, може бути записана:

$$Q_{в,i} = Q_{п,i} * (1 - K_{ап,i}) * P_{пр,i} * (1 - K_{Рз,i}) * (1 - K_{п.з,i}), \quad (3.14)$$

де $K_{ап,i}$ – коефіцієнт відповідності установок АПС вимогам федерального закону по ПБ;

$K_{Рз,i}$ – коефіцієнт наявності згідно з нормативними документами;

$K_{п.з,i}$ - коефіцієнт, що враховує відповідність системи протидимного захисту, вимогам нормативних документів по ПБ.

На підставі формули (3.13) визначається система забезпечення ПБ двоповерхових вагонів.

Методика оцінки пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах ЗРС представлена на рисунку 3.14.

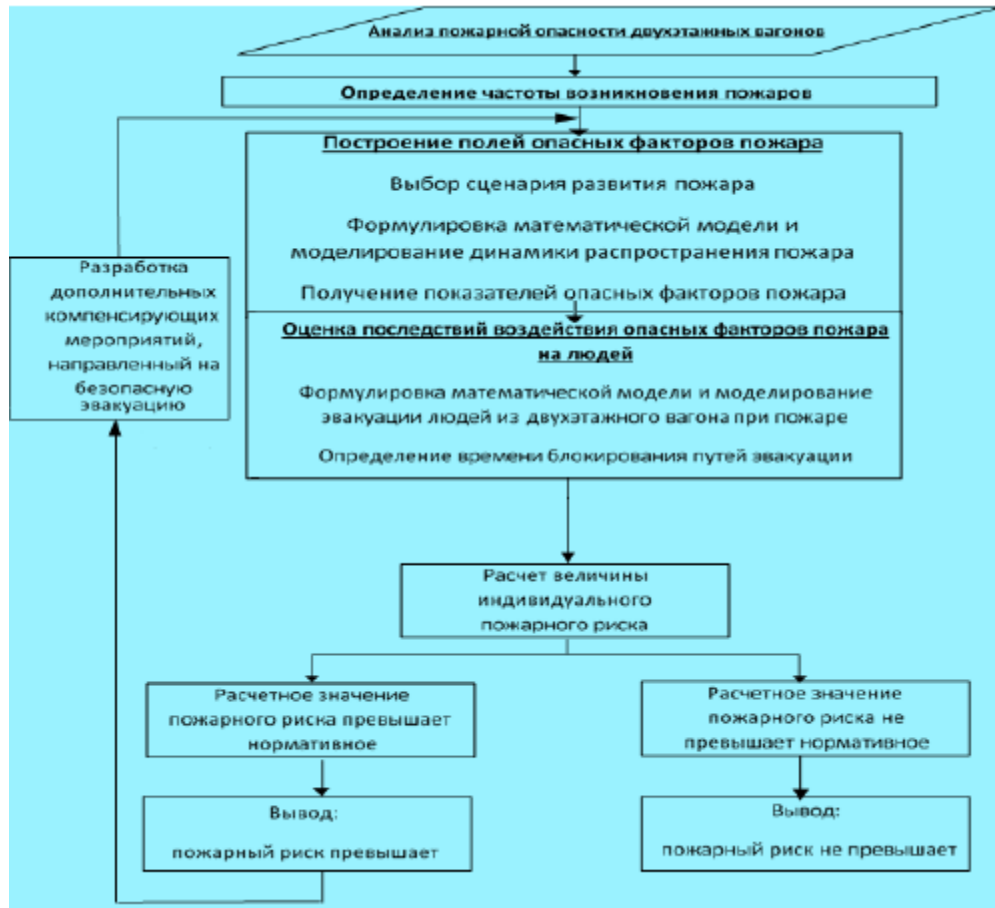


Рис.3.14 – Методика оцінки пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах ЗРС

У разі перевищення затвердженого значення розрахункової величини індивідуального пожежного ризику, в двоповерхових пасажирських вагонах необхідно додаткове технічне рішення щодо підвищення ПБ, яке знизить значення величин пожежного ризику до необхідного.

До числа таких заходів відносять:

- додаткові конструктивні і об'ємно-планувальні рішення і засоби, що гарантують обмеження поширення пожежі в вагонах;
- додаткові евакуаційні виходи в вагонах;

- обмеження кількості і пожежної небезпеки, горючої навантаження в приміщеннях купе;
- пристрій підвищеного типу;
- влаштування систем автоматичного пожежогасіння (в двоповерхових вагонах).

Повторний розрахунок величини індивідуального пожежного ризику повинен показати, наскільки додаткові протипожежні заходи ефективні.

Показники t_p , $t_{\text{блок}}$ і $t_{\text{не}}$ впливають на ефективність кожного з розглянутих раніше заходів, а параметри $K_{\text{обн}}$, $K_{\text{СОУЭ}}$ і $K_{\text{ГДЗ}}$ – на системи пожежної сигналізації, системи оповіщення людей при пожежі та управління евакуацією людей.

Оборудуя додаткові евакуаційні виходи як додаткове протипожежне заход, слід виконати повторний розрахунок за оцінкою параметра t_p , з уже відкоригованими об'ємно-планувальними рішеннями.

Так само повторний розрахунок необхідний, якщо здійснюються додаткові допоміжні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, по модернізації системи оповіщення людей про пожежу та управління евакуацією людей підвищеного типу. В цьому випадку необхідно оцінити значення параметра часу. При розрахунку повинні бути враховані такі фактори: перерозподіл потоків, що евакуюються і зміна схеми евакуації, що залежить від сценаріїв прогнозованого пожежі. Також доцільно внести корективи в алгоритм функціонування системи оповіщення людей про пожежу та управління евакуацією людей.

Результати значень індивідуального пожежного ризику

Величина індивідуального пожежного ризику $Q_{вв}$ двоповерховому вагоні:

$$Q_{в} = Q_{п} * (1 - K_{ап}) * K_{пр} * (1 - K_{э}) * (1 - K_{п.э}) \quad (3.15)$$

Аварійна ситуація №1-2:

$$Q_{в1,2} = Q_{п} * (1 - K_{ап}) * K_{пр} * (1 - K_{э}) * (1 - K_{п.э})$$

$$Q_{в1,2} = 0,54 * 10^{-4} * (1 - 0,9) * 1 * (1 - 0,999) * (1 - 0,8704) = 0,7 * 10^{-7} \quad (3.16)$$

Нормативне значення індивідуального пожежного ризику відповідно до вимог статті становить $1 \cdot 10^{-6}$.

Висновок: значення, що вийшло в результаті підрахунку індивідуального ризику для двоповерхового вагона $Q_{в} = Q_{вmax} = 0,7 * 10^{-7}$ відповідає необхідному, оскільки не виходить за рамки допустимого ($Q_{в} < 1 \cdot 10^{-6}$).

Індивідуальний пожежний ризик для пасажирів двоповерхового вагона не перевищує допустимого (нормативного) значення.

Таким чином, з огляду на прийняті в вагоні об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, а також встановлені організаційно-технічні заходи, що входять в систему забезпечення пожежної безпеки, можна зробити висновок про відповідність двоповерхового вагона вимогам ПБ, прийнятим в [15], за умови дотримання вимог ПБ, встановлених технічними регламентами, [18]. Дані про частоту виникнення пожежі на ЗРС представлені в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Отримані показники частот виникнення пожеж на ЗРС.

№ п/п	споруди	Частота виникнення пожежі протягом року
1	Пасажирські вагони	$0,54 \cdot 10^{-4}$
2	Купе вагонів	$0,14 \cdot 10^{-5}$
3	Блоки служебных помещений (служебные помещения)	$0,12 \cdot 10^{-6}$
4	Рухомий склад	$2,50 \cdot 10^{-4}$

Висновки

За результатами в 3 розділі були проаналізовані існуючі нормативно-правові акти, що розкривають питання евакуації людей, порядок розрахунку пожежного ризику. І на їх основі була розроблена нова методика з розрахунку часу евакуації людей з двоповерхових вагонів. На підставі розробленої методики проведено розрахунок часу евакуації людей з двоповерхового вагона з урахуванням отриманої математичної моделі динаміки розвитку ОФП, отримана методика оцінки пожежного ризику в двоповерхових пасажирських вагонах дозволяє встановити ймовірність реалізації пожежної небезпеки в двоповерховому пасажирському вагоні і ступінь можливого завданого при загорянні шкоди матеріального майна, життю і здоров'ю пасажирів, вперше отримані показники частоти виникнення пожеж на ЗРС дозволить розрахувати величину індивідуального пожежного ризику в вагонах. З урахуванням одержані значень індивідуального пожежного ризику в двоповерхових вагонах і способах зниження пожежної небезпеки (додаткові евакуаційні виходи у вигляді надувних трапів), виконуються умови безпечної евакуації пасажирів. Отримані результати свідчать про практичну можливість управляти значеннями пожежних ризиків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено математичну модель динаміки поширення небезпечних факторів пожежі в двоповерхових вагонах і отримані показники часу блокування евакуаційних шляхів по втрати видимості, граничної температури, граничної концентрації кисню.

2. Виконано аналіз існуючих методик розрахунку часу евакуації та оцінки пожежного ризику, і на їх основі розроблено нову методику розрахунку часу евакуації людей з двоповерхових вагонів, яка дозволяє провести розрахунок часу евакуації людей з двоповерхових пасажирських вагонів.

3. Розроблено і теоретично обґрунтовано методику оцінки пожежного ризику в двоповерхових вагонах, запропоновано технічне рішення по оснащенню додатковими евакуаційними виходами у вигляді надувних трапів двоповерхові вагони.

4. Дано рекомендації дій поїзної бригади в разі НС або пожежі.

СКОРОЧЕННЯ

ЗРС - залізничний рухомий склад; СКДУ- система контролю діагностики та управління;

Вождь - відомча охорона залізничного транспорту;

КГП - керівник гасіння пожежі;

НПР - нормативно-правове регулювання;

МПС - Міністерство шляхів сполучення; МТР - Міністерство транспорту;

ПБ - пожежна безпека; ОФП-небезпечні фактори пожежі; Сис сила і засоби;

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина;

СОУЕ - система оповіщення та управління евакуацією людей при пожежі;

АУПТ- автоматичні установки пожежогасіння;

ГДЗ - гранично допустимі значення;

СЗПБ - система забезпечення пожежної безпеки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Fire Development in Passenger Trains. URL: <https://www.file:/C:/Users/User/Downloads/0604>.
2. Kraus, U. The International FORUM of Fire Research Directors / U. Kraus.
3. W. Grosshandle. L. Gritzko // A position paper on sustainability and fire safety. Fire Safety Journal. – 2012. – № 49. P. 20–28.
4. Passenger Rail Car Egress Time Prediction. URL: <https://www.file:/C:/Users/User/Downloads/rr0604%20> (дата обращения 10.05.2018).
5. Thermal Radiation from Large Pool Fires. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.521.1381&rep=rep1&type=> (дата обращения 10.05.2018).
6. Carvel R. The Effect of Ventilation on Fires in Train / R. Carvel // Department of Civil & Offshore Engineering Heriot–Watt University. – 2010. P. 103–108.
7. Roscoe, G. Underground fire proves the value of training excrcises / G. Roscoe // Fire J. – 1982. – № 928. P. 210.
8. Sport circuit caused Bounds Green tube fire. URL: <https://www.railwaysarchive.co.uk/docsummary.php?docID=1167>.
9. Thomas, A. A. Resent fire incident on London underground / A. Thomas. // Fire Safety J. – 1984. – № 1. P. 47–52.
10. Wittmann, H. Metro of Nurnberg /H. Wittmann // Nurnberg: Feuer in U–Bahn // – 1983. – № 10. P. 331–332.
11. Об утверждении концепции корпоративной безопасности ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ» в условиях реформирования ПАТ «УКЗАЛІЗНІЦЯ»:
12. № 2628р. URL
13. Railway Standard EN 45545 – Application manual for electrical insulating materials. URL:
14. EN 45545–2. Defines a classification system that specifies requirements for fire behavior of materials and products used in trains.

URL: <https://www.sp.se/en/index/services/trainfire//default.aspx>

15. Din EN 45545–4. Railway applications – fire protection on railway vehicles. URL: <https://www.sis.se/api/document/preview/89331/>
16. BS EN 45545–6. Railway applications. Fire protection on railway vehicles. Fire control and management systems. URL: <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/pid>.
17. Mc Grattan, K. National Institute of Standards and Technology: Fire Dynamic Simulator /K. Mc Grattan // Thunderhead engineering Baltimore. Maryland. USA. 2010. P. 288.
18. HuaN, L.H. Modeling fire-induced smoke spread and carbon monoxide transportation in long channel Fire Dynamics Simulator comparisons with measured / L.H. HuaN. L.Z. Fongb. W.K. Yanga. 06.09.2006. 140 (1–2). P. 293–298.
19. Mula, J. Mathematical programming models for supply chain production and transport planning / J. Mula. D. Peidro. M. Díaz. M. Eduardo // European Journal of Operational Research. August 2010. Vol. 204.1. P. 377–390.
20. Briggs, P. Developments in fire safety engineering methodology for classifying products on European trains / P. Briggs // Proceedings of the Twelfth International Conference and exhibition on fire Science and Engineering. UK. 2010. P. 995–1008.
21. Method for time estimation of human evacuation from double-deck passenger coaches / I.B. Eliseev, A.V. Fomin, S.A. Tursenev // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). 2018. P. 735– 740.
22. Abdulkarim, H. Generation of stable thermal stratification in a partially enclosed space due to a room fire / H. Abdulkarim, J.Yogesh // Int. J. Num. Meth. Heat Fluid Flow. 1996. V.6. N8. P.31–52.
23. Babrauskas, V. Smoke and Soot Data Determinations in the Cone Calorimeter. Mathematical Modeling of Fires // V. Babrauskas. G. Mulholland ASTM STP 983. 1987. P. 83–104.
24. Ruotsalainen, H.N. Equivalent Complex Baseband Model for Digital Transmitters Based on 1-bit Quadrature Pulse Encoding / Ruotsalainen. H.N. // Text

Views Related Articles. The weight distribution of a class of linear codes from perfect nonlinear functi. Sign In or Purchase to View Full Text 5. P.376.

25. New safety measures follow undersea tunnel fire // Int. Railway. 1980. 20.
26. Gossard, W.H. Some major accident investigations of fires under-ground rail rapid transit systems / W.H. Gossard // Fire Safety J.1984. №8. № 1. pp. 9–14.
27. Методические рекомендации по использованию программы FDS с применением программ «PyroSim и Flamer» СИТИС 4–09. URL.
28. D 79747:2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Part 7: Probabilistic fire risk assessment. British Standards Institution (BSI), London. UK. – 2003.
29. CPR 18E. Guidelines for quantitative risk assessment / Dr. P.A.M. Uijt de Haag, Dr. B.J.M. Ale. Committee for the Prevention of Disasters, the Hague. 1999. – P. 237.