

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКОГО
ТРАНСПОРТУ НА ПРИКЛАДІ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Виконав: студент II курсу, групи T-810м

Спеціальності 275 Транспортні технології
(на залізничному транспорті)
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Транспортні технології
(на залізничному транспорті)

		<u>Євген АНДРІЮЩЕНКО</u> (прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Роман СУЩЕНКО</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент		<u>Ольга ДУДАРЕНКО</u> (прізвище та ініціали)

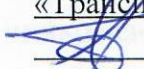
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет машинобудівний, транспортний
 Кафедра «Транспортні технології»
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 275 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Транспортні технології (на залізничному транспорті)

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ**Завідувач кафедри**«Транспортні технології» Сергій ТУРПАК« 01 » 10 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Андрющенка Євгена Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження роботи внутрішньозаводського залізничного транспорту на прикладі машинобудівного підприємства

керівник проєкту (роботи) Сущенко Роман Віталійович, професор, д.п.н.,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2021 року №425

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 30.11.2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) 1. Характеристика підприємства ПАТ «ЗАЗ». 2. Характеристика транспортної підсистеми ПАТ «ЗАЗ». 3. Технологічний процес взаємодії внутрішньозаводського залізничного транспорту і станції примикання. 4. Вагонопотоки прибуття та відправлення вантажів на підприємстві 4. Техніко-економічні показники роботи залізничного транспорту ПАТ «ЗАЗ».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 2.1. Дослідження транспортного обслуговування вантажних фронтів та тривалості роботи локомотивів за допомогою статистичного аналізу. 2.2. Розробка моделі формалізованого опису функціонування досліджуваної системи. 2. 3. Імітаційне моделювання процесів обслуговування виробничих підрозділів локомотивами заводського парку. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Сущенко Р.В., професор		
Основна частина	Сущенко Р.В., професор		
Економічна частина	Харченко Т. В., ст. викладач		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М. І., доцент		

7. Дата видачі завдання « 1 » жовтня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	18.10-30.10	
2	Основна частина	01.11-13.11	
3	Економічна частина	15.11-20.11	
4	Охорона праці	22.11-26.11	
5	Оформлення МР	27.11-30.11	
6	Перевірка МР на плагіат	01.12-10.12	
7	Отримання зовнішніх рецензій	13.12-18.12	
8	Захист магістерських робіт	20.12-24.12	

Студент(ка)

(підпис)

Євген АНДРІЮЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Роман СУЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 106 с., 8 табл., 27 рис., 25 джерел.

ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ПІД'ЇЗДНІ КОЛІЇ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СИСТЕМА ОБСЛУГОВУВАННЯ, ІМІТАЦІЙН МОДЕЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження - процес транспортного обслуговування виробничих підрозділів ПАТ «ЗАЗ» внутрішньозаводським залізничним транспортом.

Мета магістерської роботи - оптимізація процесів функціонування внутрішньозаводського транспорту в умовах машинобудівного підприємства.

Методи досліджування – статистичний аналіз, імітаційне моделювання, оброблення та аналіз отриманих результатів.

В даній роботі було проведено дослідження процесу функціонування транспортного обслуговування виробничих підрозділів підприємства ПАЗ «ЗАЗ» внутрішньозаводським залізничним транспортом. На основі отриманих вихідних даних було зроблено статистичний аналіз існуючого варіанту технологічного процесу обслуговування, на основі якого отримали вибірки надходження вимог на транспортне обслуговування з вантажних фронтів та тривалості виконання робіт ресурсами залізничного транспорту по задоволенню цих вимог. На основі цих вибірок було визначено закони розподілу, яким підпорядковуються дані процеси та розроблена імітаційна модель функціонування системи обслуговування.

Упровадження розробленої моделі дозволить удосконалити транспортну систему підприємства за рахунок найбільш раціонального варіанту організації технологічного процесу обслуговування вагонопотоку локомотивами заводського парку.

ЗМІСТ

Завдання	2
Реферат	4
Зміст	5
Вступ	7
1. Аналітична частина	9
1.1 Характеристика основного виробництва та генерального плану ПАТ «ЗАЗ	9
1.2 Характеристика транспортної підсистеми ПАТ «ЗАЗ»	15
1.3 Аналіз технологічного процесу взаємодії внутрішньозаводського залізничного транспорту і станції примикання	24
1.4 Аналіз літературних джерел за темою дослідження	34
1.5 Висновки та постановка задач	42
2. Основна частина	44
2.1 Дослідження транспортного обслуговування вантажних фронтів та тривалості часу роботи локомотивів за допомогою статистичного аналізу	44
2.2 Розробка моделі формалізованого опису функціонування досліджуваної системи	71
2.3 Імітаційне моделювання процесів обслуговування виробничих підрозділів локомотивами заводського парку	78
3. Економічна частина	90
3.1 Розрахунок витрат на простій вагонів на вантажних фронтах	90
3.2 Розрахунок витрат на експлуатацію локомотивного парку	93
3.3 Вибір економічно вигідного варіанту транспортного	94

обслуговування	
4 Охорона праці	96
4.1 Аналіз потенційних небезпек	96
Висновки	98
Перелік джерел посилань	100

ВСТУП

Досвіт країн з розвиненою економікою свідчить про те, що в сучасних умовах підприємство досягає успіху, якщо воно орієнтується на споживача, забезпечує високу якість продукції та послуг, використовує нові методи управління

Транспорт завжди відігравав важливу роль у промисловому господарстві і суттєво впливає на собівартість кінцевої продукції. Саме з цих причин, у наш час зростання обсягів виробництва, дуже важливим є правильна та чітка організація технологічних і технічних процесів роботи транспорту, які являють собою в більшості систему обслуговування прибуваючих вимог, підвищення якості транспортного обслуговування і конкурентно-спроможності, більш широкого впровадження в перевізний процес досягнень науково-технічного прогресу, удосконалення управління експлуатацією з орієнтацією на споживача і зменшення собівартості перевезень, тобто зниження рівня транспортних витрат.

В останній час широко вийшло у практику впровадження у виробничий процес методу прийняття ефективних керуючих рішень на основі сучасних інтелектуальних технологій та математичних методів вибору варіанта реалізації технологічного процесу функціонування транспортних підсистем підприємств, що допомагає у значній мірі зменшувати експлуатаційні витрати, прискорити просування матеріальних потоків і таким чином сприяє підвищенню конкурентоспроможності транспортних систем підприємства.

Метою цієї магістерської роботи є дослідження роботи внутрішньозаводського залізничного транспорту з використання імітаційного моделювання системи обслуговування виробничих підрозділів. Застосування математичного моделювання дозволить приймати ефективні управлінські рішення по раціональним використанням ресурсів внутрішньозаводського залізничного парку при організації процесу

обслуговування вагонопотоку, отримувати технічні показники роботи системи при заданих вхідних умовах, на основі яких після проведення необхідних розрахунків техніко-економічних показників робити висновок о найбільш прийнятним варіанті організації процесу обслуговування.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика основного виробництва та генерального плану ПАТ «ЗАЗ»

Запорізький автомобільний завод, історія розвитку якого починається з 1863 року, є єдиним машинобудівним підприємством в Україні, що має повний цикл виробництва легкових автомобілів, який включає штампування, зварювання, фарбування, обладнання кузова та складання автомобіля. На підприємстві створено та постійно вдосконалюється якісно нове сучасне високотехнологічне виробництво. Не зважаючи на складну економічну ситуацію пріоритетами підприємства є постійне прагнення вдосконалювати власну продукцію, робота над впровадженням нових ідей та розширення модельного ряду автомобілів.

Підприємство має у своєму складі наступні виробництва:

Пресове виробництво. Складається з цехів великого, середнього і дрібного штампування і займає площу 31500м². Виробництво оснащене сучасним високопродуктивним устаткуванням (двох -, трьох - координатними прес-автоматами, лініями розкрою для виготовлення заготівель з рулонів). Виробнича потужність по переробки листового прокату складає приблизно 90000 тонн у рік, з можливістю виконувати штампування деталей для автомобіля, загальною кількістю близько 2 тисяч найменувань.

Зварювальне виробництво. Автоматизація виробництва, що практично повністю виключила людський ресурс, особливо на етапі зварювання кузова, покращила швидкість і якість операцій. Зварювання кузовів ведеться на лініях, які оснащені унікальним обладнанням, які не мають аналогів в Україні. Операції виробляються робото технологічними комплексами. Максимальна механізація та автоматизація зварювального виробництва дозволяє за невеликих трудовитрат не тільки забезпечувати якість згідно з найжорсткішими вимогами, а й контролювати його сучасними засобами

діагностики. До складу зварювального виробництва входять гнучкі автоматичні лінії "FANUC", "COMAU", "КУКА", системи управління "Texas-500", "Alen-Bredley", "Simatik-110". Рівень якості зварених кузовів визначається лабораторією геометрії кузова із застосуванням сучасного устаткування, що відповідає світовим стандартам. Координатно-вимірювальна машина PRO Compact, встановлена в лабораторії - багатопрофільна, виконує вимірювальні функції, сканує поверхні, і за допомогою програмного забезпечення перетворює їх на поверхні тривимірного зображення. Якість лицьової поверхні та відповідність зазорів навісних вузлів контролюється на 100% кузовів, що виготовляються.

Продуктивність складає 22 вузли на годину.

Фарбувальне виробництво автомобілів розташовано на площах цеху фарбування кузовів у складальному корпусі. Площа цеху 30528м². Процес фарбування має дві складові: фарбування кузова та фарбування пластмасових деталей.

До подачі деталей в камери фарбування проводиться знежирення, промивання, обдування та сушіння в агрегаті підготовки поверхні. Після газополум'яної обробки та обдування іонізованим повітрям деталі надходять у камери ґрунтування та фарбування. Усі процеси виробляються з використанням роботів. Підготовка поверхні кузова на стадії знежирення та фосфатування виконується методом занурення в катафорезну ванну та розбризкування із застосуванням складу фосфатування та катодного електрофорезу.

За етапом нанесення герметиків настає трицикл забарвлення. Головка розпилювача кожного робота «SAMES» обертається зі швидкістю 30 тисяч обертів за хвилину, забарвлення одного кузова займає 1 хвилину 25 секунд.

На лініях передбачена можливість використання емалей типу «пастель» та «металік». У цеху фарбування встановлено дев'ять сучасних роботів, п'ять із них призначені для нанесення фарби, чотири – лаку. Можливості цеху

фарбування - конвеєр зі швидкістю 3,75 м/хв., де кузови фарбуються в 12 кольорів: 8 - металік, 4-пастель.

Нове роботизовано обладнання легко піддається перепрограмуванню, виконуючи фарбування швидко та якісно. У виробництві діють дві автоматичні лінії загальною довжиною вантажного конвеєра 4100 м.

Фарбувальні конвеєри забезпечують потужність 32 кузови на годину.

Використання фарбувальних матеріалів виробництва фірм BASF та КСС та сучасна технологія фарбування надають гарантію проти наскрізної корозії кузова на 5 років.

Виготовлення деталей із пластмас виконується в цеху пластмасових виробів, розташованих у збірному корпусі. Площа цеху складає 16500м². Виробництво виробів із пластмас оснащено термопластавтоматами з обсягами робочої камери від 125см³ до 16000см³. Усього в цеху працює 130 одиниць технологічного устаткування. У цеху виготовляються також вироби з пінополіуретану на лінії "Галино" і килимові покриття на лінії фірми "Шультхай".

Арматурне виробництво складається з двох цехів: арматурного (площею 16880м²) і цеху автонормалей (площею 5500м²). Виробництво виготовляє і поставляє для збірки такі вироби як бензобаки, глушители, резонатори, каркаси сидінь, металеві та інші вироби з наступним фарбуванням їх емаллю. Використовується 480 одиниць спеціального зварювального, профілювального й універсального ковальсько-пресового і зварювального устаткування. У цехах використовується устаткування, виготовлене верстатобудівним виробництвом підприємства: лінія зварювання труб, устаткування для завальцювання глушителей, лінія для виготовлення профільованих деталей і ін.

Збірне виробництво складається з цеху збірки автомобілів і цеху здачі. Площа цеху збірки складає 25735м². У Збірному виробництві автомобілів використовується принцип потокової лінії з використанням систем підвісних штовхаючих конвеєрів, (ПШК) і напільних конвеєрів. Система ПШК (легка

серія) складається з двох систем ПШК 1 і ПШК 2. Система ПШК 2 призначена для складування і накопичення силових агрегатів у комплекті з задньою підвіскою, подачі комплектів до місця монтажу силового агрегату і задньої підвіски, накопичення порожніх підвісок. У виробництві використовуються засоби контролю параметрів вузлів, що збираються, і автомобіля в цілому:

- стенди для регулювання кутів сходження передніх коліс на автомобілі;
- дві напівавтоматичні лінії збірки і балансування коліс;
- установка для вакуумного заповнення гідросистеми приводу гальм;
- двохкомпонентні газоаналізатори контролю “СО-СН” (для потокової лінії);
- електронно-оптичні прилади для контролю кутів установки коліс;
- роликові стенди технологічного обкатування автомобілів;
- барабанні стенди для контролю гальмових зусиль автомобіля.

У цеху здачі виконуються іспит автомобілів на герметичність у дощувальній камері лінії мийки, комплектація й остаточне приймання, усунення дефектів фарбування на лінії фарбування, по потребі — консервація автомобіля в спеціальній камері.

У 1991-2014 роках – «ЗАЗ» лідер українського автопрому. З моменту незалежності України і до 2014 року завод випускав до 300—400 тис. автомобілів на рік, більша частина їх йшла на експорт. З 2014 року виробництво знизилося в десятки разів, до 2018 року завод припинив випуск легкових автомобілів, випускаючи лише автобуси, фургони та авто компоненти. 6 грудня 2018 року розпочато процедуру банкрутства заводу, майно було виставлено на торги. У тому ж 2018 році підприємство отримало 1,07 млрд. грн.. чистого прибутку, тоді як у 2017 році збитки становили 287,75 млн. грн. З 2019 року по вересень 2020 року завод не виробляв легкових автомобілів.[1]

За даними «Укравтопрому», 2020 року ЗАЗ наростив випуск автотранспортних засобів більш ніж у 10 разів порівняно з 2019 роком – до 885 одиниць. Зростання відбулося через поновлення випуску автомобілів – до 816 од., тоді як у 2019 – 0 од. Виробництво автобусів впало на 2,8% - до 69 од.[1].

Загалом, за 2020 рік Україна скоротила виробництво автотранспортних засобів на 31,8% порівняно з 2019 роком – до 4952 од. Випуск легкових автомобілів впав на 33%, до 4202 од., комерційного транспорту – на 62,5%, до 51 од., а автобусів – на 20,2%, до 699 од.[1]

У березні 2020 року завод розпочав пробне виробництво автомобілів марки LADA: седана Vesta, кросовера XRAY та універсала Largus. Машини почали постачати дилерам. Про серійний випуск доки річ ще не йде.[1]

У вересні 2020 року було підтверджено інформацію про початок збирання АвтоЗАЗом автомобілів марки Renault Arkana. Протягом року завод проходив модернізацію, щоб відповідати міжнародним вимогам.[1]

За перші 8 місяців 2021 року ЗАЗ виробив понад 2 тисячі легкових автомобілів. [1]

В серпні 2021 року стало відомо, що завод розпочне серійне виробництво міського автобуса з урахуванням однієї з моделей Mercedes-Benz.[1]

Закрите акціонерне товариство «ЗАЗ» розташовано в південній частині міста Запорозжя в безпосередній близькості від залізничної станції Запоріжжя-1 Придніпровської залізниці. При сформованій ситуації територія підприємства розташована на декількох площадках, розділених між собою проспектом Соборний, вулицею Сергія Серікова, швидкісною автомагістраллю.

Площа земельної ділянки, займаного Запорізьким автомобільним заводом - 150га; загальна розгорнута площа будинків заводу складає 502,4 тис. км²; у тому числі виробничих площ - 403,1 тис. км².

Східна частина території заводу безпосередньо примикає до границь

смуги відводу залізничної станції Запоріжжя-1. Ведення залізничних колій на підприємство здійснений з південно-східної сторони зі станції Запоріжжя-1.

Зв'язок із загальноміською мережею автодоріг здійснена за допомогою виїздів із площадки заводу на прилягаючі міські вулиці і швидкісну автомагістраль. Транспортний зв'язок з житловими районами здійснюється міським транспортом.

Основні показники генерального плану підприємства приведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні показники генерального плану

Найменування показників	Величина показників
1. Площа заводу в огорожі, га	83,0
2. Площа будинків і споруджень, га	47,9
3. Коефіцієнт забудови, %	66,1
4. Коефіцієнт використання території під залізницями, %	4,8
5. Коефіцієнт використання території під автомобільними дорогами, %	8,3
6. Коефіцієнт використання території, %	87,4
7. Ступінь озеленення території, %	12,5
8. Довжина автомобільних доріг, км	14,5

Основними постачальниками сировини, матеріалів і комплектуючих виробів є: Україна - 70%, країни СНД 20%, далеке зарубіжжя - 9%.

1.2 Характеристика транспортної підсистеми ПАТ «ЗАЗ»

Транспортна система підприємства ПАТ «ЗАЗ» представлена залізничним, автомобільним, електротранспортом. З зовнішньої мережі вантажі на підприємство прибувають залізничним і автомобільним транспортом. При переміщенні вантажів зі складів у цехи використовують в основному електрокари, вантажні автомобілі, трактори з причіпними візками. Цим же транспортом здійснюються міжцехові перевезення. Крім того, застосовуються легкові автомобілі на базі «Запорожця» типу «пікап». Вантажно-розвантажувальні роботи виконуються електронавантажувачами, автонавантажувачами, козловими і мостовими кранами й іншими механізмами. Зі спеціальних видів транспорту на заводі застосовуються конвеєри.

Автомобільний транспорт, так само як і залізничний, виконує зовнішні і внутрішньозаводські перевезення. Обслуговування наявних на підприємстві автотранспортних засобів здійснюється цехом автомобільного транспорту (ЦАТ)

Крім залізничного й автотранспортного цехів на підприємстві є цех електротранспорту (ЦЕТ), що виконує тільки внутрішньозаводські перевезення. Більш половини транспортних засобів ЦЕТ направляє в розпорядження виробничих цехів. Цехові електронавантажувачі виконують великий обсяг роботи з переміщення вантажів усередині цехів, а в ряді випадків - між двома цехами або складами.

Доставка комплектуючих частин усередині заводу здійснюється децентралізовано напільним безрейковим транспортом. Транспортні засоби розподіляються між цехами і по їхніх заявках, навантаження комплектуючих виробів здійснюється силами виробничих підрозділів.

Залізничний транспорт використовується для доставки вантажів із зовнішньої мережі на склади заводу і відправлення готової продукції

споживачам. Залізничний цех (ЗЦ) у своїй роботі керується правилами технічної експлуатації залізничного транспорту промислових підприємств, єдиним технологічним процесом роботи під'їзної колії ПАТ «ЗАЗ» і станції примикання Запоріжжя – 1, діючими договорами з АТ «Укрзалізниця».

Земляна полотнина на даному підприємстві одноколійна. Ширина основної площадки земляної полотнини складає 5,5м. Ґрунт земляної полотнини щебінь або суглинок.

Усі технологічні проїзди призначені для проїзду автотранспорту. Ширина проїзної частини 6-12м. Проїзди покриті асфальтом. На проїздах покладені жолоби, на підходах до проїздів з боку автодороги встановлені попереджуючі знаки.

На під'їзному залізничному шляху ПАТ «ЗАЗ» є 2 не охоронюваних переїзди і 22 технологічних проїздів. Не охоронювані залізничні переїзди обладнані світловою і звуковою сигналізацією і призначені для проїзду автотранспорту.

Для узгодження порядку проїзду на під'їзну колію мається телефонний зв'язок.

Схема колійного розвитку ПАТ «ЗАЗ» приведена на рисунку 1.1., характеристика колійного розвитку ПАТ «ЗАЗ» наведена у таблиці 1.2, технологічна карта вантажних фронтів ПАТ «ЗАЗ» – у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Характеристика колій ПАТ «ЗАЗ»

Номер колії	Спеціалізація колії	Межі колії		Корисна довжина, м	Місткість у фізичних вагонах
		Від	До		
1	2	3	4	5	6
1	Ходова, вивантажувальна	313 А	9	184,0	13
2	Ходова, вивантажувальна	317	упор	133,0	9
3	Ходова, об'їзна	1	9	188,0	13
4	Вагова	313	4	252,0	18

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
4 А	Ходова, вивантажувальна	3	8	212	15
5	Навантажувальна	13	упор	15,0	1
7	Ходова, вивантажувальна	11	14	170,0	12
8	З'єднувальна	9	10	-	-
9	Ходова	10	упор	287,0	20
10	Тупик	14	16	-	-
11	Вивантажувальна	12	упор	42,0	3
12	Вивантажувальна	5	упор	58,0	4
13	Вивантажувальна	2	упор	133,0	8
14	Вивантажувальна	210	упор	804,0	57
15	Вивантажувальна	21	упор	45,0	3
16	Вивантажувальна	23	упор	196,0	14
17	Навантажувальна	321	упор	224,0	15
18	Вивантажувальна	18	упор	130,	9
19	Навантажувально-розвантажувальна	16	упор	130,	9
20	Навантажувально-розвантажувальна	315 А	упор	100,0	7
21	Ходова	Знак «Межа п/к»	Знак «Межа п/к»	-	-
22	Вивантажувальна	19	упор	142,0	10
23	З'єднувальна	6А	ворота	-	-
24	Навантажувальна	24	упор	30,0	2
25	Вивантажувальна	28	упор	28,0	2
26	Навантажувально-розвантажувальна	27	упор	190,0	13
27	Вивантажувальна	25	упор	480,0	34
28	Вивантажувальна	319	упор	120,0	8
29	Вивантажувальна	16А	упор	116,0	8

Кінець таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
30	Вивантажувальна	17А	упор	165,0	11
31	Вивантажувальна	323А	15	160,0	11
32	Вивантажувальна	22	упор	65,0	11
33	Вивантажувальна	29	упор	201,0	14
34	Колія депо залізничного цеху	26	упор	90,0	6
35	Колія депо залізничного цеху	7	упор	60,0	4
36	Навантажувальна	17	упор	55,0	6
37	Навантажувально-розвантажувальна	323	упор	101,0	7
38	З'єднувальна	16	упор	-	-
39	Навантажувально-розвантажувальна	6	упор	28,0	2
40	Уловлюючий тупик	315	упор	70,0	5
41	Вивантажувальна	14	упор	42,0	3

Загальна потужність технічних засобів ЗЦ складається з:

- вагонів місцевого парку (21 платформи, 8 критих вагонів, 2 цистерни, 1 думпкар)
- кранів на залізничному ходу (кран дизельний електричний, КДС-253 вантажопідйомністю 25 т - 1 штука; кран залізничний дизельний електричний, КЗЄ-16 вантажопідйомністю 16 т - 1 штука);
- локомотивного парку (таблиця 1.4);
- вагових пристроїв: вагонні 100-тонні ваги №0143.

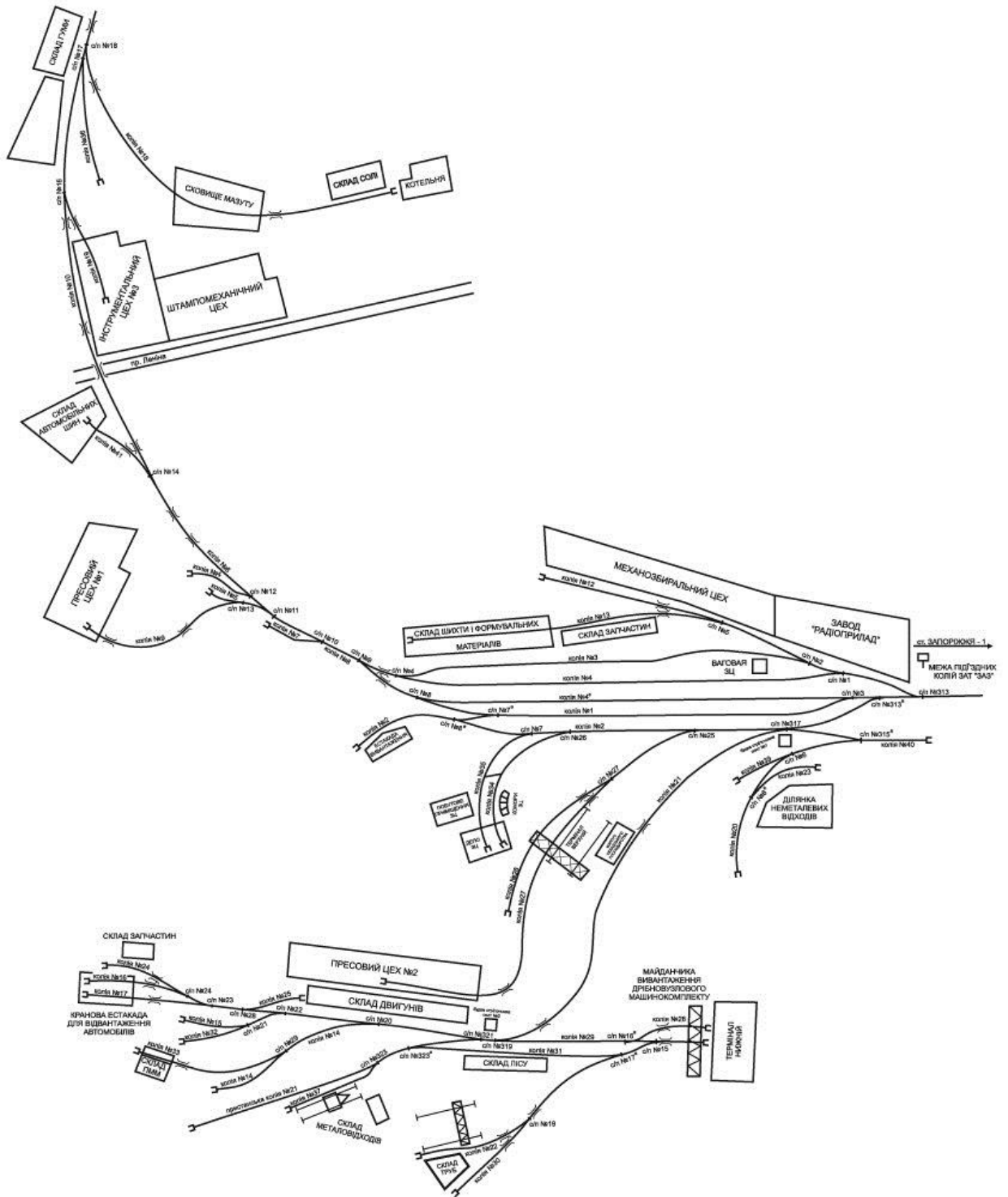


Рисунок 1.1 – Схема колійного розвитку ПАТ «ЗАЗ»

Таблиця 1.3 - Технологічна карта вантажних фронтів ЗАТ “ЗАЗ”

Номер колій	Назва вантажу, що переробляється /рід/ середнє завантаження вагона	Регламентовані перерви в роботі г од/добу	Механізми - їх вантажопідйомність, т- кількість	Розмір фронту, вагонів		Термін виконання вантажних операцій	Середньодобова переробна спроможність вагонів/добу
				Максимальної подачі,	Однoчасного навантаження (вивантаження),		
1	2	3	4	5	6	7	8
ВИВАНТАЖЕННЯ							
Колія №27	Контейнери з машинокомплектами /фіт. пл./9,00	1,4	Козловий кран ККС – 20т – 1 од.; автомобільні стрілові крани КС – 25т – 1 од.; КС – 10т – 1 од.; автонавантажувач, в/п – 5т – 2од.; електронавантажувач, в/п – 2т – 1од.	8	4	0,5	106
Колія №28	Машинокомплекти ВАЗ/кр/14,00	-//-	Електронавантажувач, в/п – 2т – 2од.	5	2	1,43	26
Колія №29	Контейнери з машинокомплектами/ фіт. пл./9,00	-//-	Козловий кран КСК – 32т – 1 од.; автомобільні стрілові крани КС – 25т – 1 од.; КС – 10т – 1 од.; електронавантажувач, в/п – 2т – 1од.	4	4	0,5	75
Колія №2	Фарба, хімікати, будматеріали /кр./55,00	-//-	Електронавантажувач, в/п – 2т – 1од.	3	1	1,77	12

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Колія №12	Скло, гумовотехнічні вироби/кр./20,00	-//-	Електронавантажувач, в/п – 2т – 1од.	4	1	1,77	12
Колія №13	Глина/пв./67,00	-//-	Електромостовий кран, в/п – 5т – 1од., грейфер (місткість 2м ³)	1	1	0,81	15
	Кокс/пв./48,00					0,7	
	Пісок/пв./65,00					0,81	
Колія №18	Сіль/пв./60,00	-//-	Залізничний кран, в\п – 25т – 1од.	1	1	1,43	11
Колія №18	Мазут/цс./57,00	-//-	Самоплив	2	1	2,0 (хронометраж)	10
Колія №41	Автомобільні шини/кр./10,00	-//-	Немеханізованим способом	2	2	2,25	16
Колія №22 (склад метала)	Довгомірний лист, сталь рулонна/пв./60,00	-//-	Козловий кран ККС – 10т – 1 од.	7	1	1,15	18
Колія №30	Обладнання/пл./19,00	1,4	Залізничний кран КДЕ 253, в/п – 25т – 1од.	5	1	0,88	22
Колія №15	Наливні вантажі/цс./57,00	1,4	Насос	4	4	2,0 (хронометраж)	33
Колія №5	Кислоти/цс./57,00	1,4	Насос	4	4	2,0 (хронометраж)	33
Колія №33	Нафтові вантажі/цс./55,00	-//-	Насос	1	1		9
Колія №31	Машинокомплекти ВАЗ/кр/14,00	-//-	Електронавантажувач, в/п – 2т – 3од.	10	3	1,77	34
НАВАНТАЖЕННЯ							
Колія №3	Зворотна тара/пв./5,00	1,4	Залізничний кран ЗКДЕ – 16т – 1од.	2	1	1,43	13
Колія №27	Преспакети, сталь рулонна, листова/пв./60,00	-//-	Електромостовий кран, в/п - 30т (крюк)/5т (шайба) – 1 од.	5	1	1,43	14

Кінець таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Колія №16	Автомобілі/2 – ярусні фінські пл.. типу 11- 835/8,8	-//-	Машині на ходу	8	8	0,25	198
Колія №17	Автомобілі/2 – ярусні фінські пл.. типу 11- 835/8,8	-//-	Машині на ходу	8	8	0,25	198
Колія №24	Запчастини/пв., кр./35,00	-//-	Залізничний кран ЗКДЕ – 16т – 1од. Немеханізованим способом	1	1	1,43	11
						2,25	8
Колія №22	Зворотна тара/пв/5,00	1,4	Козловий кран ККС – 16т – 1од.	4	1	1,25	17
Колія №26	Для відстою вагонів			4			
Колія №27	Зворотна тара із-під машинокомплектів/40 -футові контейнери/5,00	-//-	Козловий кран КСК – 32т – 1од.; автомобільні стрілові крани КС – 25т - 1 од.; КС – 10т – 1 од.; електронавантажувач, в/п – 2т – 1 од.	8	4	1,43	51
Колія №29	Зворотна тара із-під машинокомплектів/40 -футові контейнери/5,00	-//-	Козловий кран КСК – 32т – 1од.; автомобільні стрілові крани КС – 25т - 1 од.; КС – 10т – 1 од.; електронавантажувач, в/п – 2т – 2 од.	4	4	1,43	42
Колія №37	Брухт чорних металів, стружка, відходи виробництва/пв./46,00	1,4	Баштовий кран з незворотним ви літом стріли ГПК – 5т – 1 од.	1	1	1,5	10

Таблиця 1.4 – Локомотиви основного власника

Серія і номер локомотива	Парк локомотивів		Спеціалізація локомотивів
	інвентарний	робочий	
ТГМ 4А - 962	87044	1	маневровий
ТГМ 4А - 1517	87056	1	маневровий
ТГМ 4А - 2856	87065	1	маневровий
ТГМ 4Б - 0432	87070	1	маневровий
ТГМ 4Б - 0625	87074	1	маневровий

Всі вантажі, що надходять на підприємство й відправляються з нього, зберігаються на заводських складах, які спеціалізовані по видах вантажів. Вантажі на склади надходять у тарі, різних ємностях, зв'язуваннях, пачках, навалом й ін.

Вантажі для забезпечення матеріально-технічного постачання зберігаються на складах відділу забезпечення матеріалів (ВЗМ). Загальна площа складів становить 92224м², у тому числі:

- капітальні – 12995м²;
- тимчасові (металеві не опалювальні приміщення) – 19824м²;
- відкриті площадки – 59465м².

Комплектуючі деталі й вузли зберігаються в закритих складських приміщеннях, на складах відділу кооперованих поставок комплектуючих.

Готові автомобілі зберігаються на відкритих складських площадках цеху продажів автомобілів.

Запасні частини й товари народного споживання зберігаються на складах центра реалізації й розподіли запасних частин у закритих приміщеннях. Запас зберігання матеріалів і комплектуючих для поставок становить:

- 3 доби для вантажів, що відправляють у межах Запоріжжя й Запорізької області (відстань до 50км);
- 7 доби для вантажів, що відправляють по Україні;

- 20 доби - для поставок за рубіж.

Більшість складських будинків і споруджень (близько 80%) розміщаються на тимчасових площах, що не дає можливості ефективно застосувати засоби комплексної механізації й автоматизації вантажопереробки відповідно до технології основного виробництва з урахуванням зміни впакування, строків доставки, розмірів партій і виду впакувань.

На постійних місцях розташовуються склади автомобілів, склад мазуту (резервуарне зберігання) і естакада відвантаження готової продукції (автомобілів), що займає площу 1450м².

Вантажно-розвантажувальні роботи в основних виробничих цехах виконуються механізованим способом за допомогою різних механізмів:

- мостових, козлових кранів, кран-балок, кранів-штабелерів;
- електронавантажувачів й автонавантажувачів;
- засобів малої механізації.

Доставка комплектуючих провадиться зі складів у цехи в тарі на електрокарах. Перевантаження комплектуючих, в основному, виконується електронавантажувачами. У цехах і на складах провадиться перекладка комплектуючих у виробничу або складську тару, а порожня завантажується на електрокари й повертається на склади (у цехи) для подальшої комплектації запасних частин по споживачам.

1.3 Аналіз технологічного процесу взаємодії внутрішньозаводського залізничного транспорту і станції примикання

Підїзна колія ПАТ «ЗАЗ» обслуговується локомотивними і збиральними бригадами власника колії.

Вагони, які надійшли на адресу ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» на станцію Запоріжжя 1 подаються маневровим локомотивом станції Запоріжжя 1 на колію №10-Г або на іншу колію по вказівці маневрового диспетчера станції Запоріжжя 1 вантажного парку станції Запоріжжя 1. З цих колій вагони забираються на під'їзну колію і повертаються з під'їзної колії маневровими локомотивами власника колії у супроводженні збиральної бригади підприємства маневровим порядком цілодобово.

Після отримання від маневрового диспетчера станції Запоріжжя 1 дозволу на обробку складач поїздів заводу виконує з'єднання гальмових рукавів локомотиву ПАТ «ЗАЗ» і першого вагону, виконує комерційний огляд вагонів у присутності прийомоздавач вантажу та багажу станції Запоріжжя 1. Після комерційного огляду складач поїздів під'їзної колії спільно з машиністом локомотиву під'їзної колії виконує скорочене випробування гальм без видачі довідки ВУ-45 з доповіддю про проведене скорочене випробування гальм черговому по станції Запоріжжя 1.

Маневровий диспетчер станції Запоріжжя 1 повідомляє начальника зміни залізничного цеху ПАТ «ЗАЗ» про наступну подачу вагонів. Після цього начальник зміни залізничного цеху заводу припиняє виконання маневрової роботи на під'їзній колії.

Подавання вагонів на під'їзну колію ПАТ «ЗАЗ» і забирання з неї виконується тільки локомотивом уперед.

Швидкість руху маневрового складу (локомотива) при слідуванні з під'їзної колії ПАТ «ЗАЗ» на станцію Запоріжжя 1 і навпаки встановлюється не більше 15 км/год. При під'їзді до переїзду, що охороняється, не більше 15 км/год.

Маневрова робота на під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» виконується тільки по вказівці начальника зміни залізничного цеху підприємства.

Стрілочні переводи при виконанні маневрової роботи переводять чергові стрілочних постів 1 і 2 маневрових районів, останні складач поїздів під'їзної колії.

Маневрова робота на під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» здійснюється методом осаджування з обов'язковим включенням і скороченим випробуванням автогальм без видачі довідки ВУ-45.

Маневрову роботу в одному маневровому районі може виконувати тільки один локомотив. Виконувати маневри поодинокими та серійними підштовхуваннями і керуватися несправними гальмовими башмаками при закріпленні вагонів заборонено.

Закріплення вагонів при маневровій роботі і після її закінчення на під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» здійснюється складачем поїздів під'їзної колії по вказівці і під контролем начальника зміни підприємства, гальмовими башмаками ПАТ «ЗАЗ» з накатом обода колес на гальмові башмаки. Відповідальність за правильність і надійність закріплення вагонів на коліях заводу несе складач поїздів підприємства .

Швидкість руху при пересуванні по всіх коліях і стрілочним переводам під'їзної колії ПАТ «ЗАЗ» не більше 15 км/год., при слідуванні через переїздів і проїздів - 5 км/год.

При нормуванні маневрової роботи всі операції з поїздами і вагонами поділені на такі групи:

- передача вагонів з передавальних колій на під'їзну колію і навпаки;
- розформування передатних поїздів на станції Запоріжжя 1 з підбиранням груп вагонів по вантажним фронтам під'їзної колії;
- переставляння вагонів між вантажними пунктами;
- розставляння вагонів на вантажних фронтах і забирання їх після виконання вантажних операцій;
- формування передатних поїздів і груп вагонів на станцію Запоріжжя 1;
- операції, пов'язані з подаванням, забиранням вагонів, розігріванням вантажів, що згущаються, для яких використовується паро підогрів.

Подача вагонів під вантажні операції, як правило, суміщається з переставлянням вагонів під подвійні операції і забиранням вагонів з вантажних фронтів.

Сформовані на станції Запоріжжя 1 поїзди відправляються з відправних колій вантажного парку.

Перед відправленням поїзда свого формування працівники станції перевіряють правильність і міцність кріплення вантажів на відкритому рухомому складі, правильність формування поїзда і зчеплення вагонів у составі, переконуються в тому, що збереження вантажів повністю забезпечено.

Із складами свого формування виконуються наступні операції:

- технічне обслуговування і поточний безвідчіпний ремонт вагонів;
- комерційний огляд вагонів;
- причеплення поїзного локомотиву та випробування автогальм;
- здача документів локомотивній бригаді;

Про майбутню перестановку состава на колію відправлення маневровий диспетчер сповіщає працівників пункту технічного обслуговування (ПТО), старшого прийомоздавач вантажу та багажу вантажного парку і вказує колію відправлення, на яку переставляється состав. Після перестановки состава на колію відправлення маневровий диспетчер пред'являє состав оператору ПТО до технічного обслуговування з указівкою номера колії, кількості вагонів в составі, номерів головного та хвостового вагонів, та приблизного часу відправлення поїзда. Оператор ПТО огорожує состав та по двосторонньому парковому зв'язку сповіщає старшого оглядача вагонів.

Одночасно з технічним обслуговуванням старший прийомоздавач вантажу та багажу вантажного парку здійснює комерційний огляд состава та усунення несправностей, що загрожують збереженню вантажу і безпеці руху поїздів.

Відповідальність за вірність формування поїзда несе маневровий диспетчер та складач поїздів.

Причеплення поїзного локомотиву здійснюється не пізніше ніж за 20 хвилин до відправлення поїзда. Після причеплення локомотива оглядач

вагонів проводить випробування автогальм та дає машиністу довідку про гальма форми ВУ-45.

Перед відправленням поїзда оператор при черговому по станції передає поїзному диспетчеру номер та індекс поїзда, вагу і кількість вагонів у поїзді, наявність в складі поїзда вагонів з вибуховими матеріалами, негабаритними вантажами та інші дані, які передбачено діючими на залізницях інструкціями.

Забирання вагонів з колій вантажного парку станції примикання Запоріжжя 1 на під'їзну колію ПАТ «ЗАЗ» і повернення вагонів з під'їзної колії на колії вантажного парку станції Запоріжжя 1 виконується локомотивом власника колії.

Під'їзна колія обслуговується власним локомотивом.

Повернення вагонів з під'їзної колії ПАТ «ЗАЗ» здійснюється на колію №15-Г або на іншу колію вантажного парку станції Запоріжжя I по вказівці маневрового диспетчера станції Запоріжжя 1.

Максимальна кількість вагонів у кожній партії, що передається власнику колії, становить по довжині не більше 35 вагонів (140 вісей), по вазі не більше 1600 тонн.

З під'їзної колії вагони повертаються у будь-якій кількості по мірі готовності.

Час перебування вагонів (контейнерів) на під'їзній колії визначається за їх номерами.

Час користування вагонами на під'їзній колії обчислюється з моменту їх передачі вантажовласнику до моменту їх фактичного прийняття від вантажовласника на одній з колій вантажного парку станції Запоріжжя 1.

На під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» встановлюються такі терміни перебування на ній вагонів:

- для вагонів з однією вантажною операцією - 8,0 год;
- для вагонів з двома вантажними операціями - 12,5 год;
- загальний термін перебування усіх вагонів - 11,0 год.

Приймально-здавальні операції з вагонами, які прибувають на адресу ПАТ «ЗАЗ» здійснюються на одній з колій вантажного парку станції Запоріжжя 1.

На підприємстві ЗАТ «ЗАЗ» відповідальних осіб за приймання і здавання вагонів в технічному і комерційному відношеннях призначає своїм наказом директор департаменту організації перевезень і Відділу Логістики автомобілів по належності. Копії цих наказів надаються начальнику станції Запоріжжя 1.

Приймально-здавальні операції складаються з комерційного і технічного обслуговування. Комерційний огляд і технічне обслуговування виконуються паралельно.

Технічне обслуговування вагонів при передачі їх на під'їзну колію виконують працівники ПТО станції Запоріжжя 1. При технічному обслуговуванні перевіряється стан та зношеність обладнання, вузлів та деталей і їх відповідність встановленим розмірам; справність дії гальмового обладнання і авто зчіпного пристрою; стан і справність ходових частин (візків); справність кузовів і котлів цистерн, що гарантує збереження вантажів, які перевозяться; справність перехідних площадок, спеціальних підніжок і поручнів; наявність і справність пристроїв, що запобігають падінню на колію деталей та обладнання рухомого складу.

З боку підприємства ПАТ «ЗАЗ» технічний стан завантажених вагонів перевіряється зовнішнім оглядом кузова вагону, порожніх - оглядом, як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь. У вагонах-автомобілевозах перевіряється кількість колісних упорів.

При комерційному огляді перевіряються: відповідність вантажу перевізним документам, наявність та справність пломб або запірно - пломбованих пристроїв у критих вагонах і цистернах; справність дверних запорів; правильність навантаження та кріплення вантажів на відкритому рухомому складі; очищення вагонів від залишків раніше перевезених вантажів; закриття дверей і люків напіввагонів.

При подаванні вагонів на під'їзну колію комерційний огляд проводять прийомоздавачі вантажу та багажу станції Запоріжжя 1 і представник залізничного цеху підприємства (складач поїздів) за дорученням з метою виявлення вагонів з комерційними несправностями. У вагонах - автомобілевозах перераховуються колісні упори і вказується їх фактична кількість в кожному вагоні із записом у натурному листі поїзду.

Загальне керівництво вантажною і комерційною роботою на станції Запоріжжя 1 здійснюється заступником начальника станції.

На під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» загальне керівництво навантажувальна-розвантажувальними роботами, які виконуються силами залізничного цеху, здійснює начальник вантажного терміналу залізничного цеху, а оперативне - начальник зміни залізничного цеху, майстер вантажного терміналу.

Керівництво вантажно-розвантажувальними роботами, які виконуються підрозділами і цехами заводу, здійснює посадова особа із числа керівників, відповідальних за роботу залізничним транспортом.

Вантажна і комерційна робота на станції Запоріжжя 1 і під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» виконується цілодобово з рівномірним розподіленням по періодах діб.

Для забезпечення вантажно-розвантажувальних операцій на під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» мають бути необхідні засоби механізації, рампи, естакади і два контейнерних термінала.

Розміри фронтів навантаження-вивантаження, їх оснащеність вантажно-розвантажувальними механізмами зведено у «Технологічну карту вантажного фронту» (табл. 1.3).

Порядок розрахунків за користування вагонами робиться наступним чином.

Згідно зі статтями 119-126 Статуту залізниць України облік часу користування вагонами та нарахування плати за користування ними проводиться на станції за «Відомістю плати за користування вагонами (контейнерами) форми ГУ - 46 (з нарахуванням плати за користування

вагонами) на підставі «Пам'яток про користування вагонами» форми ГУ- 45, «Пам'яток про користування контейнерами» форми ГУ-45к, яка складається прийомоздавачем вантажу та багажу, «Актів про затримку вагонів» форми ГУ - 23а, «Актів загальної форми» форми ГУ - 23, «Повідомлення про затримку вагонів», які заповнюються у відповідності з Правилами користування вагонами і контейнерами.

Відомості плати за користування вагонами складаються на вагони, що подаються під навантаження та вивантаження, є документами обліку часу перебування вагонів у пунктах навантаження та вивантаження і містять розрахунки платежів за користування вагонами, за маневрову роботу.

Час користування вагонами обчислюється з моменту їх передачі власнику колії до моменту їх фактичного прийняття від власника колії.

Плата за користування вагонами стягується з власника колії у разі затримки вагонів, пов'язаної з митним оформленням.

Розмір плати за користування вагонами в залежності від часу користування встановлюється згідно з чинним законодавством.[2]

Внесення плати здійснюється через ТехПД - 3 на підставі договору з Придніпровською залізницею "Про організацію перевезень вантажів і проведення розрахунків за перевезення та надані залізницею послуги".

Документами, на підставі яких нараховуються додаткові збори і штрафи, є накопичувальні картки, акти загальної форми, облікові картки виконання плану перевезень. Вони заповнюються у відповідності з Інструкцією з ведення станційної комерційної звітності.

Підприємству ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» присвоєно код платника по ТехПД - 3, який проставляється в усіх перевізних документах, накопичувальних картках та відомостях плати за користування вагонами (контейнерами). Усі документи у встановлені Придніпровською залізницею періоди надсилаються до ТехПД - 3 для стягнення платежів.

Щоденна виробнича робота під'їзної колії будується на основі змінно-добового плану, який визначає обсяги і характер робіт різних підрозділів

ПАТ «Запорізький автомобілебудівний завод», раціональне використання технічних засобів на добу, яка планується.

Основною задачею оперативного планування роботи на добу і зміну є забезпечення виконання плану перевезень та найбільш повного задоволення потреб підприємства в них при мінімальних транспортних витратах.

Планування залізничних перевезень вантажів по заявкам підрозділів заводу здійснює Департамент організації митного супроводження вантажів і перевезень. У міжнародному сполученні Відділ транспортної логістики через Укрзалізницю, а по території України - залізничний цех через Управління Придніпровської залізниці.

Планування залізничних перевезень автомобілів у міжнародному і внутрішньому сполученнях здійснює Відділ логістики автомобілів Департаменту Маркетингу.

Підрозділи заводу надають заявку з указівкою кількості вагонів і ваги вантажу за 15 діб до планованого місяця по території України і за 25 діб по СНД і дальньому зарубіжжю.

Для забезпечення виконання вантажопідйомності вагонів підрозділ заводу, який планує вантаж до відправлення, повинен заявити вагу вантажу, яка відповідає його фактичному завантаженню в залізничний вагон.

Перевезення вантажів у вагонах внутрішньозаводського парку здійснюється на підставі заявок, які надаються начальнику служби перевезень залізничного цеху до 15 години доби, попередньої навантаженню.

Відповідальними за виконання плану у змінах являється начальник зміни, який в процесі чергування приймає міри по забезпеченню виконання добового плану.

При виконанні залізничних перевезень, навантаження – вивантаження вантажів, диспетчерські функції організації маневрової роботи покладено на начальника зміни залізничного цеху, який повинен забезпечити:

- виконання змінного завдання навантаження - вивантаження вагонів;

- додержання норм використання вагонів парку УЗ під вантажними операціями, враховуючи своєчасне забирання вагонів;
- виконання заявок на надання залізничних послуг по перевезенню вантажів у вагонах місцевого парку;
- оперативне керівництво і виконання єдиного технологічного процесу роботи під'їзної колії заводу і станції Запоріжжя 1.

Начальник зміни несе відповідальність за безпеку руху поїздів і маневрових пересувань, дотримання працівниками техніки особистої безпеки, зберігання вантажів і рухомого складу.

На під'їзній колії ПАТ «ЗАЗ» керівником зміни являється начальник зміни.

Начальник зміни залізничного цеху повинен постійно контролювати виробництво вантажних операцій і приймати необхідні заходи для ліквідації простою вагонів понад встановлених норм при виконанні навантажувальних - розвантажувальних робіт як силами і засобами цеха, так і силами і засобами підрозділів заводу.

На підставі добового плану начальник зміни при плануванні вантажної роботи зі станцією Запоріжжя 1 на початку зміни заказує необхідну кількість вагонів для виконання вантажних операцій на під'їзній колії. Оперативне добове, декадне і місячне планування подавання вагонів парку УЗ, власних вагонів для виконання планів залізничних перевезень здійснює начальник служби перевезень залізничного цеху, який складає змінне завдання для начальника зміни.

Підставою для складання змінного завдання начальником служби перевезень є:

- плани навантаження вагонів по родам вантажів;
- фактичне забезпечення рухомим складом з урахуванням відставання (випередження);
- інформація про підхід вагонів і вантажів;

- оформленні заявки встановленої форми від підрозділів заводу на перевезення.

Для контролю за ходом виконання змінного завдання диспетчерський апарат залізничного цеху веде «Диспетчерський графік».

У графіку фіксується виконання операцій з вагонами, робота маневрових локомотивів, зайнятість колій і навантажувальна – розвантажувальних фронтів, витрати паливо-мастильних матеріалів.

Для забезпечення чіткої і злагодженої роботи між станцією Запоріжжя 1 і ПАТ «ЗАЗ» організується взаємна інформація про підхід поїздів та вантажів, а також про хід виконання технічних, вантажних і комерційних операцій з вагонами. Інформація про поїзди і вантажі розподіляється на попередню і точну.

Підприємство попередньо інформує маневрового диспетчера станції Запоріжжя 1 про майбутнє навантаження і вивантаження, повідомляє передбачений час вивозу, рід і кількість вантажу у тоннах. Точну інформацію про прибулі вагони передає маневровий диспетчер станції Запоріжжя 1 начальнику зміни ПАТ «ЗАЗ» за 2 години до готовності передавання вагонів на підприємство, в якій повідомляє кількість вагонів, рід вантажу.

Для усіх видів вказаної інформації на станції і підприємстві ведеться журнал інформації, у якому записується час передачі інформації, прізвища працівників, які передають і приймають інформацію.

1.4 Аналіз літературних джерел за темою дослідження

У зв'язку з розвитком України як імпортно–експортної та транзитної країни, визначення її головного місця в мережі міжнародних транспортних коридорів рухомий склад, організація перевезень на залізничному транспорті та рівень обслуговування мають повністю відповідати європейським

стандартам. Слід визначити, що протягом останніх років транспортна галузь України поступово поліпшує показники перевезень [3]. Зростає їх масштабність, збільшується обсяги завантаження і розвантаження, покращується використання рухомого складу. Однак залишилися і нерозв'язані проблеми, в тому числі підвищення якості транспортного обслуговування і конкурентно-спроможності залізниць, більш широкого впровадження в перевізний процес досягнень науково-технічного прогресу, удосконалення управління експлуатацією залізниць з орієнтацією на споживача і зменшення собівартості перевезень, тобто зниження рівня транспортних витрат залізниць[3].

У сучасних умовах, незважаючи на зменшення вантажообігу, собівартість перевезень та витрати продовжують зростати. Це свідчить про те, що собівартість продукції є складним показником. Крім обсягів перевезень, на собівартість впливають технологія та організація перевізного процесу і багато інших факторів.

Прийняття ефективних рішень на основі сучасних інтелектуальних технологій та математичних методів вибору варіанта реалізації технологічного процесу проміжної залізничної станції, надходження транспортних одиниць на станцію за чіткими графіками, від слідкування процесів обробки вагонів та скорочення їх простоїв у значній мірі зменшує експлуатаційні витрати станції, прискорює просування матеріальних потоків і таким чином сприяє підвищенню рейтингу конкурентоспроможності транспортної системи країни [3].

Існує проблема, пов'язана із зростанням вантажообігу і відповідним зниженням тарифів за переробку вантажів при їх перевалюванні. Розв'язати цю проблему можливо за рахунок збільшення ефективності роботи проміжних залізничних станцій і вдосконалення технологічного процесу [4].

С. І. Мишко (інженер, Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем) у статті «Економіко-математичне моделювання технологічних процесів роботи залізничної проміжної станції»

[5] наводить економіко-математичну модель технологічного процесу роботи проміжної станції. Він описує розробку сценарію та алгоритму моделювання, в основу якого покладено метод автоматного моделювання, що дає можливість адекватного представлення процесів навантаження – розвантаження вагонів НП станції з урахуванням часу простоїв, що веде до зниження прибутків станції від своєї роботи по обслуговуванню транспортних одиниць.

Розглядається модель виробничо-технологічного підрозділу залізниці з організації перевезень пасажирів, вантажів, пошти та взаємодії виробничого процесу з підприємствами, суміжними службами залізничного транспорту – модель залізничної станції, яка за своїм призначенням та основним характером роботи є проміжною лінійною вантажною станцією. Як приклад вибрано конкретну станцію Святошин Південно – Західної залізниці.

В роботі [6] мовою математичного моделювання застосовується мова випадкових автоматів Автоматні моделі, що мають властивість марковості, дозволяють використовувати подієву схему імітації реального процесу, яка допускає моделювання в безперервному режимі часу з дискретним втручанням випадку.

Наведена модель та алгоритм імітаційного моделювання, в основу якого покладено технологічний процес роботи залізничної проміжної станції, дає можливість ефективного управління проміжною залізничною станцією. Застосування наведеного підходу на основі імітаційного моделювання дозволяє забезпечити нечутливість системи управління технологічним процесом проміжної залізничної станції до коливання змінних параметрів з невизначеністю та до впливу конфліктних ситуацій.

Джерелами для підвищення ефективності функціонування технологічного процесу є скорочення часу обробки та простоїв транспортних одиниць при обслуговуванні заданого вантажопотоку.

У роботі «Оцінка стійкості функціонування складних систем» [7] описується розробка моделі обробки транзитного вагона на сортувальній

станції для подальшого аналізу и виявлення можливостей прискорення операцій обробки і відповідно скорочення часу перебування вагонів на станціях. Для цього необхідна чітка взаємодія між усіма підрозділами станції при виконанні технологічних операцій. Автори проаналізували розподіл часу перебування вагонів на сортувальній станції і розробили математичні моделі каналів системи «Сортувальна станція» у вигляді системи диференційних рівнянь і перевірили її на стійкість за критеріями Ляпунова та Рауса - Гурвіца. Під стійкістю системи розуміється її здатність повертатися у вихідний або близький до сталого режиму функціонування із будь-яких початкових станів.

Інтенсивності переходів із одного стану в інший було оцінено на базі дослідження та обробки статистичного матеріалу, зібраного на сортувальних станціях різних залізниць (Основа, Куп'янськ – сортувальний, Красний Лиман), а також технології роботи та технічних норм на виконання маневрових операцій. Так, на підставі статистичного матеріалу було виявлено, що вхідний потік вагонів з переробкою підпорядковується експоненціальному закону з інтенсивністю $\lambda \in [0,6; 2,8] \text{ год}^{-1}$.

Таким чином, у результаті перевірки системи доведено її асимптотичну стійкість. Це дозволяє застосовувати модель для моделювання роботи системи «Сортувальна станція».

З 1192 збільшилась кількість сортувальних та дільничних станцій України, які отримали статус передатних, на яких здійснюється передача вантажних вагонів залізничним шляхам суміжних держав, з шириною колії 1520мм. Значна зміна технології роботи таких станцій спричинила необхідність удосконалення організації їхньої діяльності і технічного оснащення [9].

Для підвищення вірогідності інформації на передатних станціях в останні роки впроваджуються такі сучасні технічні засоби, як система автоматичної ідентифікації рухомого складу, промислове телебачення та інші. Для оптимізації технології використовують методи, засновані на теорії

вірогідності і теорії масового обслуговування, лінійному і динамічному програмуванні, мереживом плануванні і теорії надійності. При цьому має велике значення системний підхід, який дозволяє аналізувати роботу різних по своїй природі і складності елементи станції, виявляти характерні важливі риси функціонування системи, а також оцінювати інтеграцію усіх елементів і факторів у єдине ціле.

Порушення станціями технології роботи приводять к відказам у прийомі поїздів, затримкам вагонопотоків на підходах к станціям, уповільнення експортна – імпортного потоку, порушенням логістичних зв'язків між користувачами та виробниками продукції.

У [10] “Повышение эффективности функционирования передаточных станций Украины” Н. І. Луханін (кандидат технічних наук, Донецька залізнична дорога), Н. Ф. Тітов, В. А. Шиш (кандидати технічних наук, ДНДЦУЗ) представили математичну модель визначення раціональних технічних і технологічних параметрів передатних станцій, яка реалізована у вигляді програм розрахунку, що реалізують потенціал підсистем “прийом” та “відправлення”.

Робота передатної станції була формально представлена, як взаємозв'язане функціонування трьох технологічних ліній:

- переробки експортна – імпортних вагонопотоків;
- обробка перевізних документів;
- інформаційного забезпечення функціонування станції.

При цьому, однорідні операції або групи операцій об'єднуються у окремі блоки.

Аналіз взаємодії технологічних ліній у системі обробки імпортного вагонопотоку показало, що у певний момент люба технологічна лінія може стати обмежуючим елементом.

Найбільш прийнятним математичним апаратом для опису такої багатосистемної структури, як передатна станція, є теорія масового обслуговування [11].

При досліджуванні структури вхідного потоку вагонопотоку даними для аналізу служать інтервали часу між послідовним прибуттям составів на станцію. Випадковість надходження поїздів приводить к тому, що в певні моменти на вході у систему масового обслуговування вони створюють чергу, а у інші – частина ліній обслуговування не використовується.

Статистичними дослідями роботи передаточної станції Донецької залізничної дороги було встановлено, що інтервали між надходженням на станцію і поїздами, що відправляються, а також розподіл часу обслуговування вимог, що надходять описується рівняннями Пуасона і Ерланга другого порядку.

Виконаний аналіз і формалізація виробничих процесів показали взаємну залежність виконання основних операцій. Технологічні операції, тривалість яких впливає на виконання інших операцій називають активними, а ті, тривалість яких залежить от тривалості інших операцій – пасивними. Цикли об'єднання деяких операцій представленні як двох -, трьох - і чотирьохфазні системи масового обслуговування.

Математична модель визначення раціональних технічних і технологічних параметрів передаточних станцій реалізована у вигляді програм розрахунку тих параметрів, які характеризують потенціал підсистем “прийом” та “відправлення”. Перебором (за допомогою програмного продукту для ЕОМ) варіантів технічного оснащення обслуговування поїздопотоків, приводиться мінімізація сумарних економічних затрат.

Отримуючи у неперервному режимі дані о надходженні поїздів і виконуючи необхідні розрахунки можна отримати раціональні значення периметрів технологічних ліній прикордонь-передаточних станцій, планувати в оперативному режимі експлуатаційну роботу станції, а також використовувати отриманні данні для роботи інтегрованою інформаційно-керуючою системи технолого-економічного керування перевізним процесом [12, 13].

Значну частину витрат залізниць України складають збитки від неправильного завантаження і кріплення вантажів у вагони. З початку 2015 року кількість вагонів з комерційними браками, виявленими на пунктах комерційного огляду, склала 29060 [14]. Для приведення технічного оснащення залізниць у відповідність до нових умов роботи і для отримання об'єктивної техніко-економічної оцінки конкурентних варіантів необхідно мати комплексні рішення щодо автоматизації збору і аналізу первинної інформації про комерційні порушення у процесі вантажних перевезень на полігоні залізниць України та створити математичні моделі транспортних систем.

У роботах [15, 16] розглянути питання побудови імітаційних моделей функціонування транспортних систем та систем прийняття управлінських рішень.

У [17] «Математична модель функціонування пункту комерційного огляду вагонів» Д. В. Ломотько (кандидат технічних наук), М. М. Кузнєцов, К. В. Таратушка (інженери УкрДАЗТ) запропонували моделювання роботи пункту комерційного огляду вагонів як системи масового обслуговування з очікуванням, представили граф станів та розв'язали диференціальне рівняння Колмогорова.

Метою даної роботи є розробка заходів щодо підвищення якості управлінських рішень і об'єктивності визначення ситуації, яка існує на мережі залізниць України, а також скорочення збитків залізниць за рахунок підвищення діяльності пунктів комерційного огляду на основі досліджень математичних моделей їх функціонування.

Для розроблення математичної моделі функціонування пункту комерційного огляду вагонів розглядали n – каналну систему масового обслуговування (СМО) пункту комерційного огляду (ПКО) з очікуванням, на яку надходить потік з інтенсивністю λ ; інтенсивністю обслуговування (для одного каналу) μ ; кількістю місць у черзі m . У СМО заявки – це поїзди

перед початком комерційного огляду, канали – колії сортувального парку з бригадами працівників ПКО.

В останні роки впроваджуються сучасні технології обробки вагонів поїздів, спрямовані на зменшення часу простою вагонів при забезпеченні якісного технічного і комерційного оглядів. З метою підвищення схоронності вантажів у подальшому планується питання моніторингу процесу несхоронних перевезень, накопичення і аналізу інформації про зміну показників, які характеризують цей процес. Це дозволить установити наявність, частоту і характер порушень, виявити причини їхнього виникнення та обумовити прийняття відповідних рішень для їх усунення і попередження.

В умовах глобалізації економічних процесів, інтернаціоналізації роботи транспорту та виробничої міжнародної кооперації більша увага звертається на питання збалансованої технологічності різних видів транспорту та терміналу [18, 19].

Методи транспортної логістики дають можливість скорочення витрат сукупного часу на переміщення і схоронність продукції. Посилення ролі фактора часу в світових господарських зв'язках унаслідок зростання вартості товарної маси, яка бере участь в обороті на світовому ринку, обумовлює значимість логістичного забезпечення вантажів та транспортних потоків [20]. Моделювання технологічного процесу при взаємодії кількох видів транспорту успішно використовується для його удосконалення збалансованості в роботі усіх учасників процесу.

У [21] “Економіко-математична модель перевалювання зерна через морський термінал” І. А. Слободян (інженер, між нар. наук.-навч. центр інформац. технологій і систем) наводить економіко математичну модель перевалювання зерна через морський термінал, яка описує технологічний процес роботи морського транспорту у взаємодії із залізничним транспортом, з яких одні підвозять зерно до морського терміналу, інші – вивозять. Розроблень сценарій та алгоритм моделювання, в основу якого покладено

метод адекватного представлення процесів перевалки зерна з одного виду транспорту на інший через термінал. Розглядається система доставки партій зерна залізницею на вхід системи – у випадкові моменти часу і у випадковій кількості. Належність системи перевалювання зерна до класу імовірнісних систем перетікання обумовлює побудову сценарію у вигляді послідовного опису структурно-функціональних характеристик потоків по мірі їх переміщення у системі, а також об'єктів їх перебування. Як метод моделювання застосовано метод імовірнісних автоматів [22].

Як видно із приведених джерел, використання сучасних інтелектуальних технологій, математичних методів, імітаційних моделей для вибору варіанта організації та технології перевізного процесу дає можливість прийняття на основі отриманих результатах ефективні і раціональні рішення. Дає змогу прогнозувати стан та параметри дослідної системи при зміні зовнішніх та внутрішніх впливових факторів. Виявляти і коректувати негативні впливи, «вузькі місця» системи для удосконалення її функціонування.

1.5 Висновки та постановка задач

Транспортна підсистема підприємства ПАТ «ЗАЗ», яка досліджується у магістерській роботі, є складною структурою, функціонування якою залежить от багатьох факторів, таких як невизначеність більшості вхідних даних, випадковість зовнішнього і внутрішнього впливів, складність застосованого обладнання та механізмів, важкість у організації надійного обліку і оперативного керування виробничим процесом.

Внаслідок не узгодженій організації обслуговування залізничного транспорту при роботі на повну виробничу потужність на підприємстві спостерігався досить великий час простою рухомого складу на під'їзних

коліях, що створювало затримку своєчасного забезпечення виконання вимог виробничих підрозділів у доставки необхідних вантажів. Великі значення часу простою рухомого складу в очікуванні обслуговування складають суттєву частку загальних транспортних експлуатаційних витрат, що негативно відображається на собівартості готової продукції.

Основними задачами внутрішньозаводського залізничного транспорту для удосконалення процесу обслуговування є покращення і узгодженість наступних напрямків у роботі:

- своєчасне та якісне обслуговування транспортних вимог виробничих підрозділів;
- скорочення простою рухомого складу;
- ефективне використання технічних засобів;
- виконання операцій з обслуговування під'їзних колій;
- виконання маневрових операцій відчеплення та причеплення вагонів від (до) збірних поїздів.

Існуючи недоліки процесу обслуговування рухомого складу вимагають пошуку ефективних технологій управління ресурсами на залізничному транспорті. В даній роботі пропонується для прийняття ефективних рішень при оптимізації процесів транспортного обслуговування виробничих підрозділів внутрішньозаводським залізничним транспортом використання сучасної програми для моделювання процесів обслуговування - SERVICE MODEL.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження транспортного обслуговування вантажних фронтів та тривалості часу роботи локомотивів за допомогою статистичного аналізу

Для досліджування процесу транспортного обслуговування виробничих підрозділів ПАТ «ЗАЗ » внутрішньозаводським залізничним транспортом були обрані статистичні матеріали використання залізничного транспорту при роботі підприємства на повну проектну потужність. Були оброблені «Графіки виконання роботи локомотива» на кожен день протягом одного місяця і отримані таким чином дві статистичні вибірки:

- вибірка часу надходження потоку вимог на транспортне обслуговування на кожному вантажному фронті (вибірка А);
- вибірка тривалості виконання робіт локомотивами на кожному вантажному фронті (вибірка Б).

На попередньому етапі обслідування дослідного об'єкту вивчають поведінку системи управління у минулому: вибирають стохастичні параметри системи, збирають статистичні дані і проводять їх попередню обробку. Базою для дослідження випадкової величини є статистична вибірка.

Статистичною вибіркою називають частину членів сукупності, яка відібрана із цієї сукупності для отримання відомості щодо всієї сукупності. Розпізнають великі, об'ємом більше 30 спостережень, і малі, об'ємом менше 30 спостережень, вибірки[23].

В процесі функціонування будь-якої системи її параметри не залишаються постійними і змінюються в певних межах. Внаслідок цього приходится аналізувати випадкові (імовірнісні або стохастичні) зв'язки, в яких кожному аргументу відповідає множина значень функції. Незважаючи на випадковий характер зв'язку, розсіювання має цілком визначені

закономірності. Встановлення таких закономірностей здійснюють на основі обробки і аналізу емпіричних даних методами математичної статистики[23].

На першому етапі статистичного аналізу проводять попередню статистичну обробку даних, яка призначена для перевірки виконання передумов щодо обраного статистичного методу побудови стохастичної моделі об'єкта дослідження[23].

Кінцевою метою попередньої обробки експериментальної статистичної інформації є висунення гіпотез щодо класу і структури математичної моделі досліджуваного явища, визначення складу і об'єму додаткових дослідів, вибір можливих методів подальшої статистичної обробки і аналіз виконання основних передумов, які лежать в їх основі[23].

В ході попередньої обробки розв'язуються наступні основні задачі.

1. *Визначення основних статистичних характеристик.* Числові характеристики, які визначаються згідно з вибіркою, є приблизними оцінками відповідних характеристик генеральної сукупності. До основних характеристик розподілу належать: *вибіркове середнє, вибіркова дисперсія, середнє квадратичне (стандартне) відхилення, коефіцієнт варіації*[24].

- вибіркове середнє:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.1)$$

де $\sum_{i=1}^n x_i$ - сума усіх членів вибірки об'ємом n ;

n - об'єм вибірки.

- дисперсія:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}; \quad (2.2)$$

- стандартне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{s^2}; \quad (2.3)$$

- коефіцієнт варіації:

$$\nu = \frac{\sigma}{\bar{x}}; \quad (2.4)$$

Дисперсія характеризує розсіяння випадкової величини по відношенню до вибіркової середньої, а коефіцієнт варіації – інтенсивність розсіяння в різних сукупностях.

2. *Аналіз, відбракування і відновлення аномальних або пропущених значень досліджуваних величин.* Ця задача пов'язана з тим, що вихідна експериментальна інформація, як правило, якісно неоднорідна. Поряд з основною масою прямих спостережень або вимірів в експериментальних даних часто присутні грубі помилки, викликані прорахунками спостерігача, збоями при введенні в ЕОМ і т.д. Без аналізу якості даних, усунення або зменшення впливу аномальних даних на результати наступної обробки можна зробити помилкові висновки щодо об'єкта або явища, який вивчається[23].

Найбільше $x_{\max}$ і найменше $x_{\min}$ значення випадкової величини, яке включається в статистичну вибірку, розраховується за формулами[24]:

$$x_{\max} < \bar{x} + q\sigma; \quad (2.5)$$

$$x_{\min} > \bar{x} - q\sigma, \quad (2.6)$$

де $\bar{x}$ - середнє вибіркове значення випадкової величини;

σ - середнє квадратичне відхилення випадкової величини;

q - табличний коефіцієнт, який визначається згідно з довірчою ймовірністю P_d і об'ємом вибірки n .

Грубими аномальними враховують такі дані, які в значній мірі відрізняються від інших даних варіаційного ряду[24].

Згідно з одним із методів при великих об'ємах вибірки ($n > 30$), коли оцінка середнього квадратичного відхилення надійна, сумнівні результати спостережень приймають або відхиляють на основі критеріїв їх появи в довірчій області[24]:

$$\beta_1 = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma \sqrt{\frac{n-1}{n}}}; \quad \beta_2 = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{\sigma \sqrt{\frac{n-1}{n}}}, \quad (2.7)$$

Розрахункове значення критерію порівнюють з табличним $\beta_{\max}$ для прийнятого рівня довірчої ймовірності P_d . Якщо $\beta_1 > \beta_{\max}$, то значення $x_{\max}$ необхідно виключити із статистичного ряду як грубу похибку. При $\beta_2 > \beta_{\min}$ виключається величина $x_{\min}$. Після виключення аномальних членів ряду визначають нові значення $\bar{x}, \sigma$ із $n-1$ або $n-2$ спостережень.

Другий метод встановлення аномальних членів ряду базується на використанні критерію В. І. Романовського, котрим можна користуватися і для малих вибірок[23]. Методика виявлення аномальних членів ряду зводиться до наступного. Задаються довірчою ймовірністю P_d , в таблиці в залежності від n знаходять коефіцієнт q і розраховують граничну припустиму абсолютну похибку окремого спостереження[24]:

$$\varepsilon_{np} = \sigma \times q \quad (2.8)$$

Якщо $(x_{\max} - \bar{x}) > \varepsilon_{np}$, то спостереження $x_{\max}$ виключають із варіаційного ряду спостережень. При $(\bar{x} - x_{\min}) < \varepsilon_{np}$ виключають $x_{\min}$.

Процедура виключення аномальних спостережень виконується в такій послідовності:

1. Встановлюють підозрілі значення $x_{\max}$ або $x_{\min}$.
2. Розраховують статистичні середні $\bar{x}$ і середньоквадратичні відхилення σ .
3. Розраховують за формулою (2.7) критерії β_1, β_2 (для великої вибірки) або критерій ε_{np} (для малої вибірки) за формулою (2.8).
4. Порівнюють $\beta_1, \beta_2, \beta_2$ з $\beta_{\max}$ і $\beta_{\min}$ для великої вибірки або, $(x_{\max} - \bar{x})$, $(\bar{x} - x_{\min})$ з ε_{np} для малої вибірки і при необхідності виключають із статистичного ряду $x_{\max}, x_{\min}$.

Для нового ряду із нових членів повторюють п.п. 1-4 до повного очищення вибірки.

3. *Об'єднання декількох вибірок.* Якщо статистичні дані мають малий об'єм ($n < 30$) і зібрані на різних об'єктах, в різні періоди часу або в різних умовах, постає необхідність об'єднати їх в одну генеральну сукупність. Дві незалежні вибірки належать до єдиної генеральної сукупності при умові[24]:

$$t_{ij} = \frac{|\bar{x}_i - \bar{x}_j|}{\sqrt{\frac{s_i^2}{n_i} + \frac{s_j^2}{n_j}}} \leq t_{\alpha}, \quad (2.9)$$

де t_{ij} - розрахункове значення критерію t ;

$\bar{x}_i, \bar{x}_j$ - середнє вибіркове значення випадкової величини в i -й і j -й вибірках;

s_i^2, s_j^2 - дисперсії випадкових величин;

n_i, n_j - об'єм вибірок;

t_α - табличне значення критерію t для заданої довірчої ймовірності P_d .

4. *Визначення достатності спостережень.* Об'єм вибірки n , достатній для забезпечення заданої довірчої ймовірності P_d при найбільшому припустимому відхиленню ξ вибіркової середньої від генеральної, обчислюється за формулою[24]:

$$n_{\min} = \frac{t^2 \sigma^2}{\xi^2 \bar{x}^2}, \quad (2.10)$$

де t - нормоване відхилення, визначається за таблицею функції розподілу $\Phi(t)$ згідно з заданою довірчою ймовірністю P_d . Значення ξ приймається в межах 0,01 – 0,05.

5. *Стиснення і групування вихідної інформації.* При наявності великого об'єму експериментальних даних для подальшого статистичного аналізу доцільно зменшити об'єм вибірки до розумної межі[24].

Для цього єдину генеральну сукупність розбивають на окремі групи з приблизно однаковими законами розподілу і для подальшого аналізу приймають групу статистичних даних, яка має найменше середнє квадратичне відхилення σ .

У разі множини великих незалежних вибірок ($n > 40$) утворюють групи з однаковими законами розподілу і серед них обирають групу з найменшим значенням σ .

6. *Визначення закону розподілу досліджуваної випадкової величини і оцінка параметрів закону.* Апроксимація статистичної інформації теоретичною функцією полягає у підборі ймовірнісного теоретичного закону розподілу випадкової величини, який з заданою надійністю описує емпіричний розподіл. Розробка математичної моделі вхідних параметрів системи передбачає вирішення двох основних задач[23]:

1) визначення виду імовірнісного закону, якому підпорядковується випадкова величина, тобто апроксимація експериментальної інформації яким–небудь теоретичним законом розподілу;

2) перевірка адекватності цього закону експериментальним даним.

Вибір теоретичного закону розподілу здійснюється у відповідності з видом гістограм (полігонів) статистичного розподілу і перевіряється за критеріями згоди.

Попередній вибір теоретичного закону розподілу здійснюється візуально шляхом порівняння зовнішнього виду експериментальної кривої з кривими відомих теоретичних законів розподілу.

Емпіричний закон розподілу – це співвідношення, яке встановлює зв'язок між значеннями випадкової величини і відповідними їм ймовірностями (відносними частотами) подій, які визначаються за формулою[24]:

$$P_i = f_i = \frac{m_i}{n} = \frac{m_i}{\sum m_i}, \quad (2.11)$$

де m_i – кількість дослідів, в яких випадкова величина X набуває значення x_i .

Емпіричний закон розподілу випадкової величини може бути заданий в табличній або графічній формі[23].

В табличній формі закон розподілу задається статистичним рядом розподілу або функцією $F(x)$ розподілу (інтегральною функцією), яка визначається як сума відносних частот f_i або ймовірностей P_i на всіх проміжках[24]:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x \in (-\infty; x_1); \\ f_1, & \text{якщо } x \in (x_1, x_2); \\ f_1 + f_2, & \text{якщо } x \in (x_2, x_3); \\ \dots & \dots \\ f_1 + f_2 + \dots + f_k, & \text{якщо } x \in (x_k, x_{k+1}); \\ \dots & \dots \\ f_1 + f_2 + \dots + f_n = 1, & \text{якщо } x \in (x_n, +\infty). \end{cases}$$

Приклад табличного способу задавання закону розподілу дискретної випадкової величини (кількість вимог, які надходять на вантажний фронт протягом заданого часу) наведений у таблиці 2.2.

При побудові статистичного ряду неперервної випадкової величини весь діапазон спостережень розбивають на інтервали. Величина інтервалу визначається за формулою[24]:

$$J = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,222 \times \lg n} \quad (2.13)$$

В кожному розряді підраховують відносні частоти (частоті) попадання ознаки в заданий інтервал і будують таблицю емпіричного розподілу.

Графічна інтерпретація емпіричних законів розподілу здійснюється у вигляді полігонів або емпіричних кривих розподілу (для дискретних і неперервних величин), гістограм (для неперервних величин) і кумулят. Для цього по осі абсцис відкладають всі можливі значення випадкової величини, а по осі ординат – їх відносні частоти f_i при побудові гістограм і полігонів, і значення інтегральної функції $F(x)$ при побудові кумуляти. Для дискретної випадкової величини кумулята має східчасту структуру[24]

Для перевірки відповідності теоретичної кривої експериментальним даним застосовуються такі критерії: Пірсона, Романовського і Колмогорова. Найбільш поширеним є критерій χ^2 Пірсона, який визначається за формулою[24]:

$$\chi_p^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (2.14)$$

де k - число інтервалів, на яке розбито діапазон зміни випадкової величини;

p_i - імовірність відповідного значення випадкової величини, розраховане згідно з теоретичним розподілом;

n - число спостережень.

Розраховане значення χ_p^2 порівнюють з табличним χ_m^2 для $f = k - r - 1$ ступенів свободи, де r - число параметрів теоретичного закону розподілу.

Якщо $\chi_p^2 < \chi_m^2$, то із заданою надійністю P теоретичний закон розподілу узгоджується із статистичними даними.

При поганому узгодженні теоретичного і емпіричного розподілів, необхідно спробувати підібрати інший теоретичний розподіл або повторити вибірку. Якщо емпіричний розподіл можна описати різними теоретичними функціями, то слід вибрати найбільш просту і зручну для розрахунків.

За допомогою програми STATISTICA [24] було проведено статистичний аналіз і обробка отриманих даних (вибірки А, Б на кожному вантажному фронті) для подальшого визначення виду імовірнісного теоретичного закону розподілу, якому вони підпорядковуються.

Графіки емпіричних законів розподілу, побудовані за статистичними даними досліджуваного об'єкту, а саме тривалості обслуговування кожного вантажного фронту локомотивами, представлені на рисунках 2.1 – 2.20.

На рисунку 2.21 скомпоновані графіки закону розподілу по надходженні потоків вимог на кожний вантажний фронт.

В таблиці 2.1 зведені результати статистичного аналізу по двох вибірках.

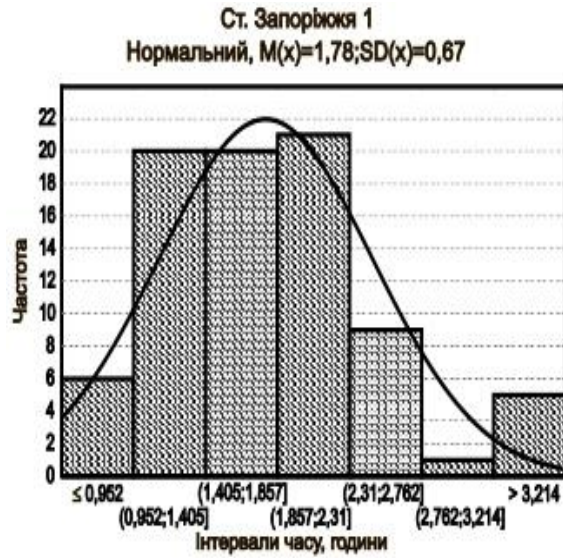


Рисунок 2.1 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Запоріжжя-1

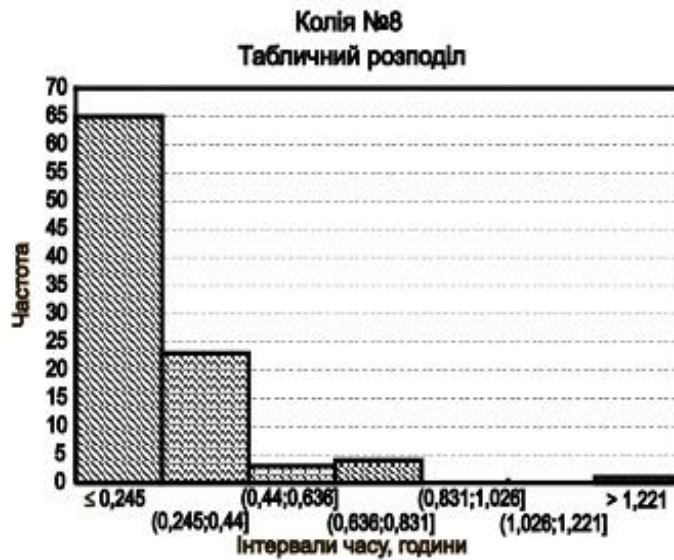


Рисунок 2.2 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Колія №8

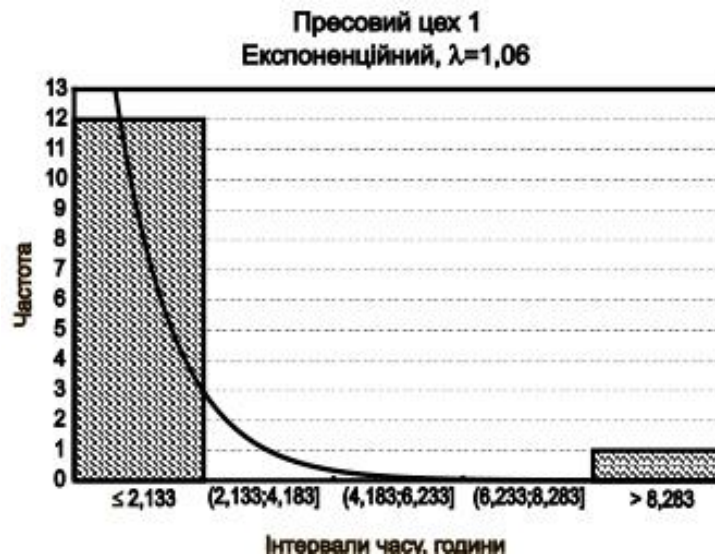


Рисунок 2.3 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Пресовий цех №1

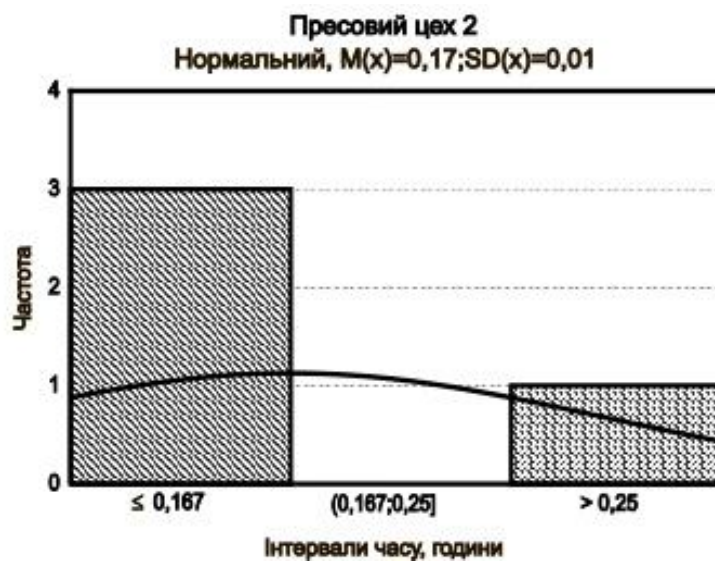


Рисунок 2.4 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Пресовий цех №2

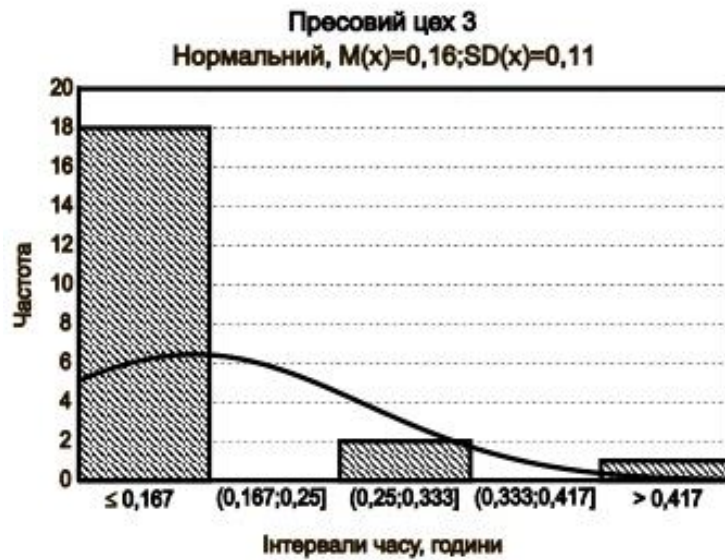


Рисунок 2.5 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Пресовий цех № 3

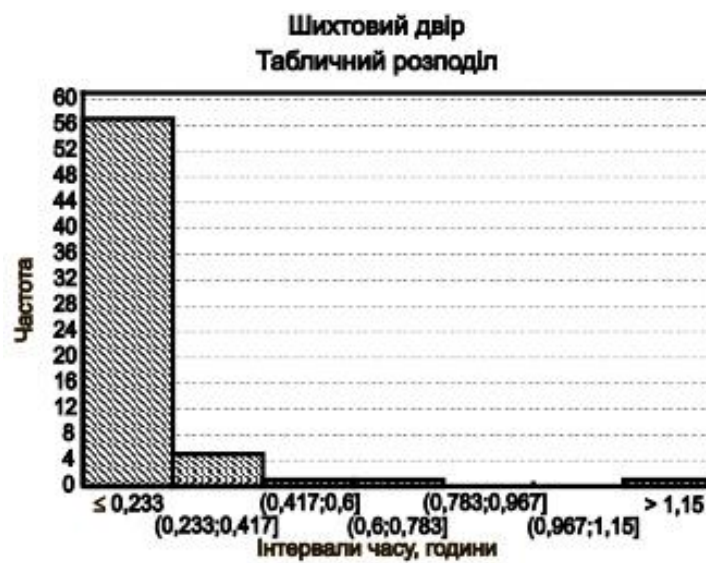


Рисунок 2.6 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Шихтовий двір

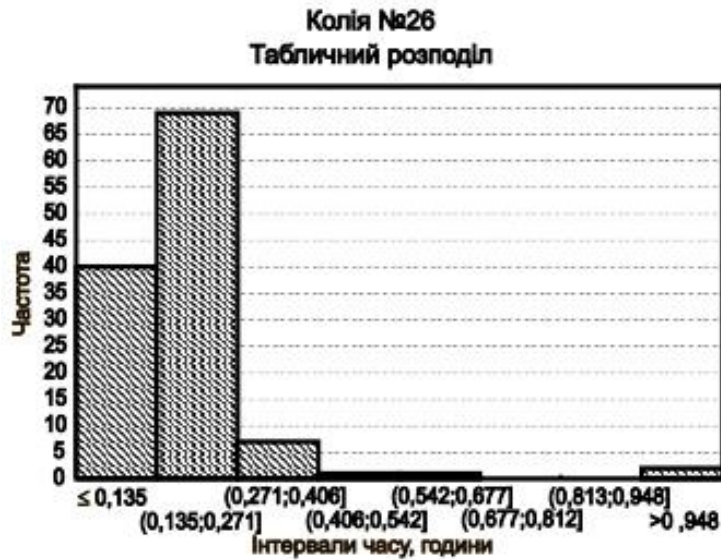


Рисунок 2.7 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія №26

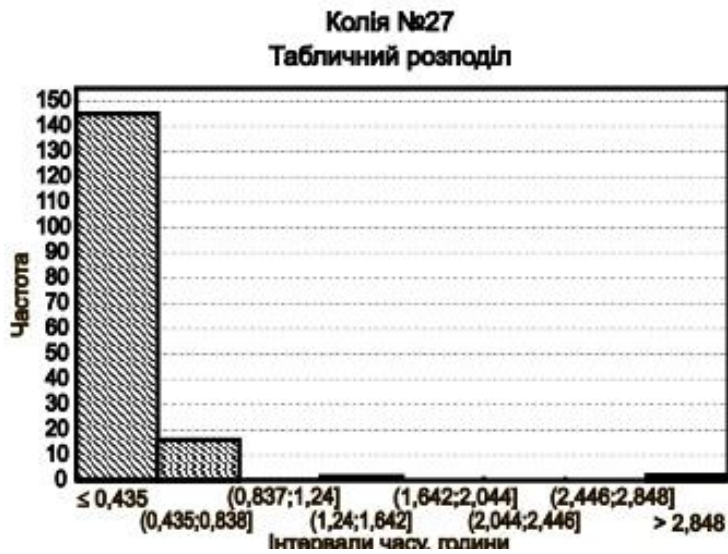


Рисунок 2.8 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 27

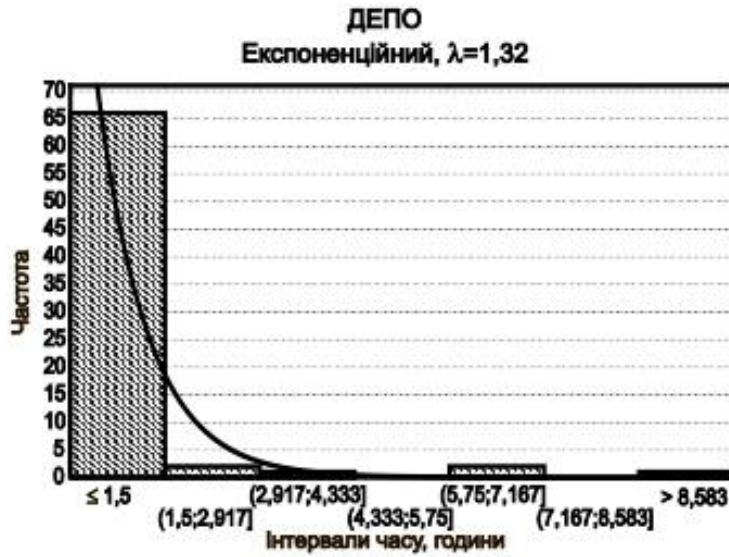


Рисунок 2.9 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті ДЕПО

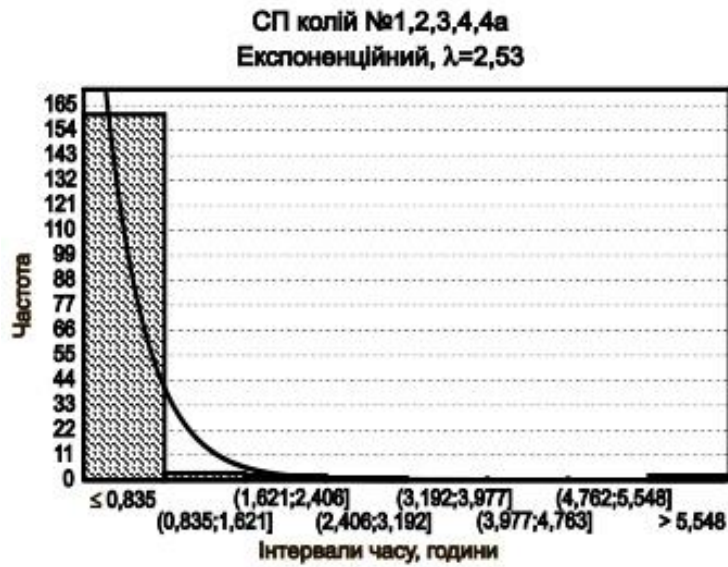


Рисунок 2.10 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колій № 1, 2, 3, 4, 4а

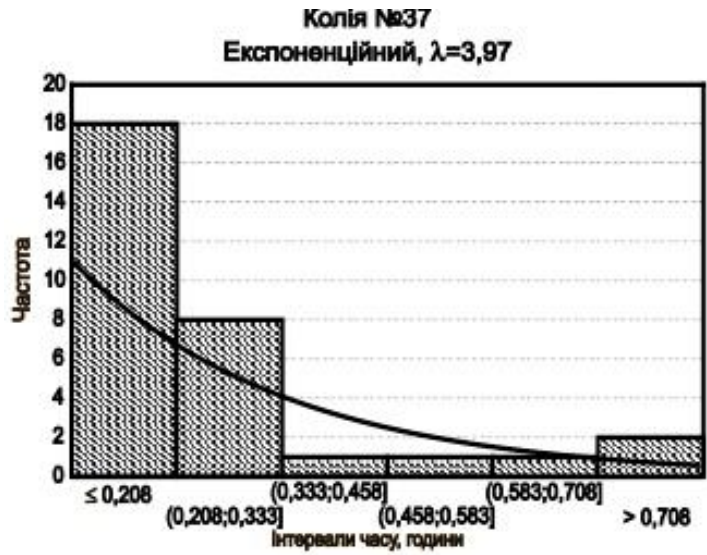


Рисунок 2.11 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 37

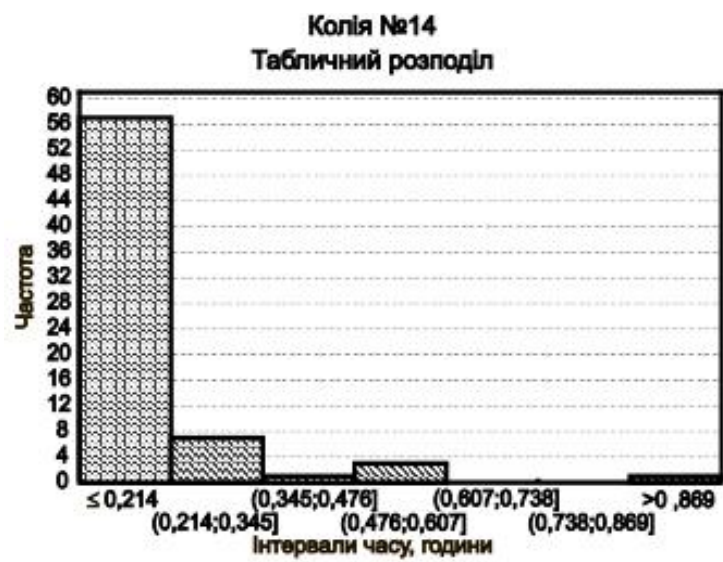


Рисунок 2.12 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 14

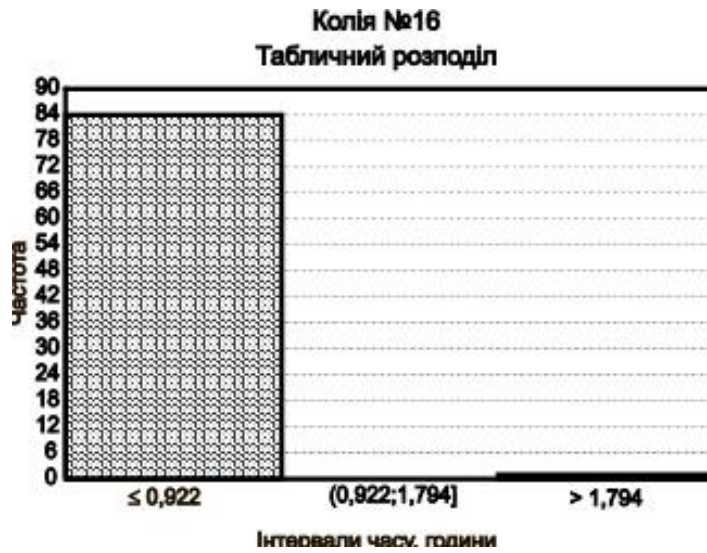


Рисунок 2.13 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 16

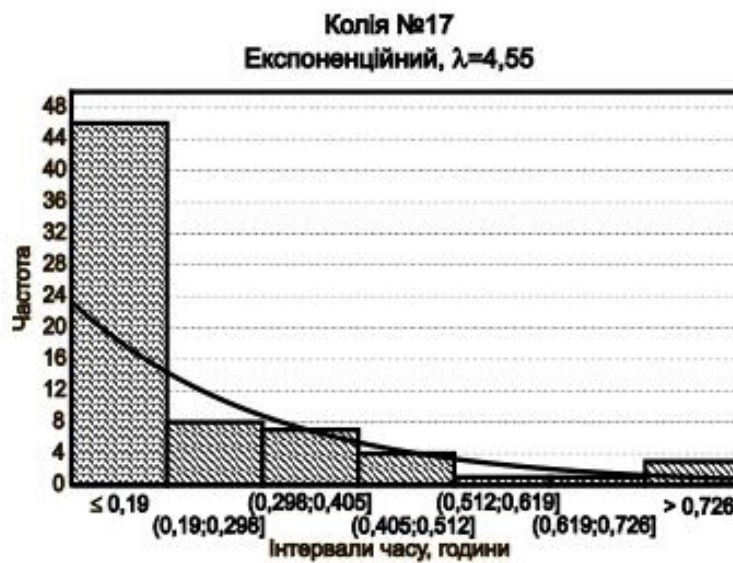


Рисунок 2.14 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 17

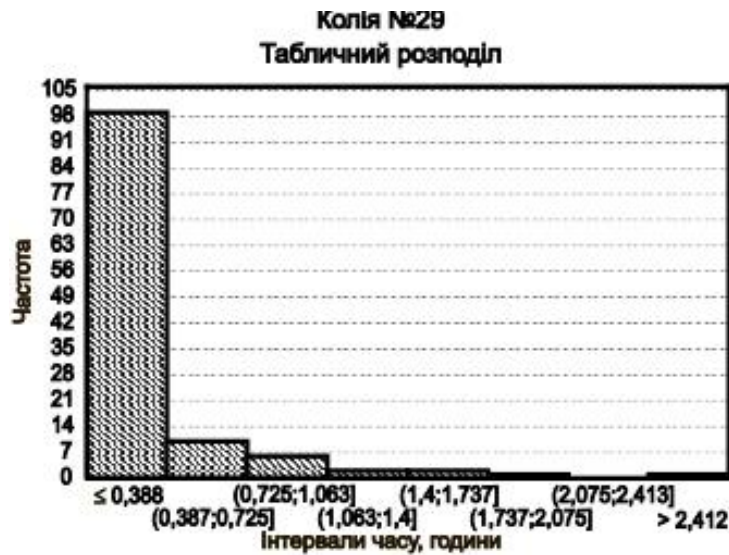


Рисунок 2.15 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 14

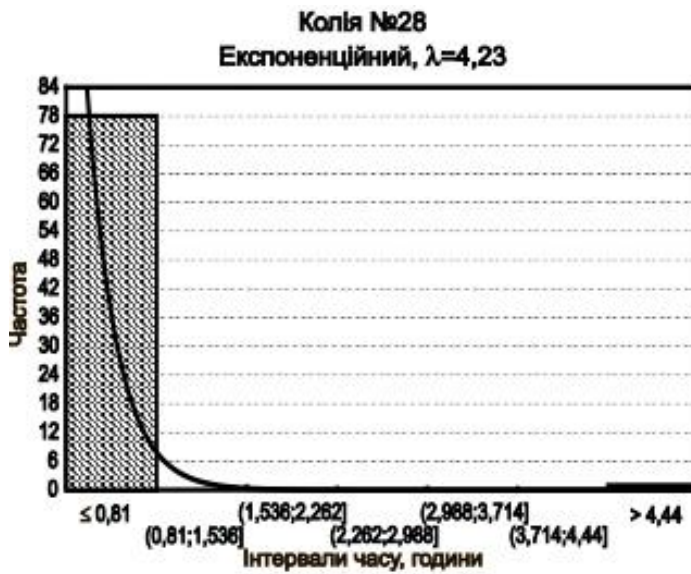


Рисунок 2.16 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 28

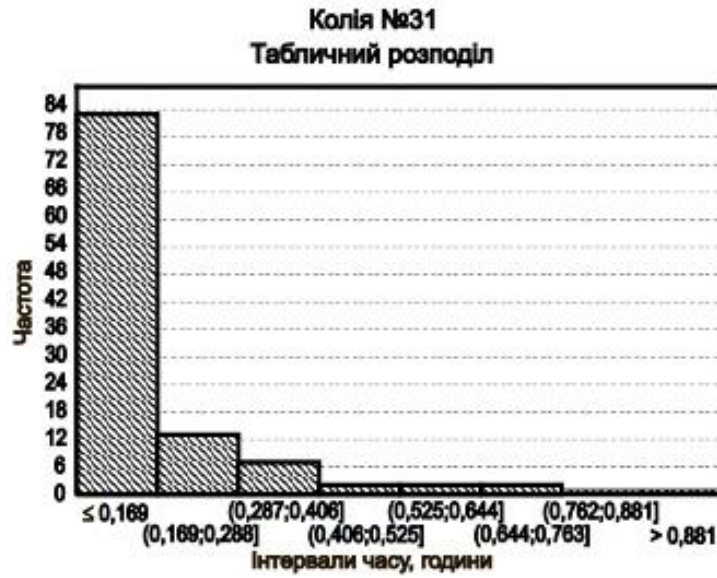


Рисунок 2.17 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 31

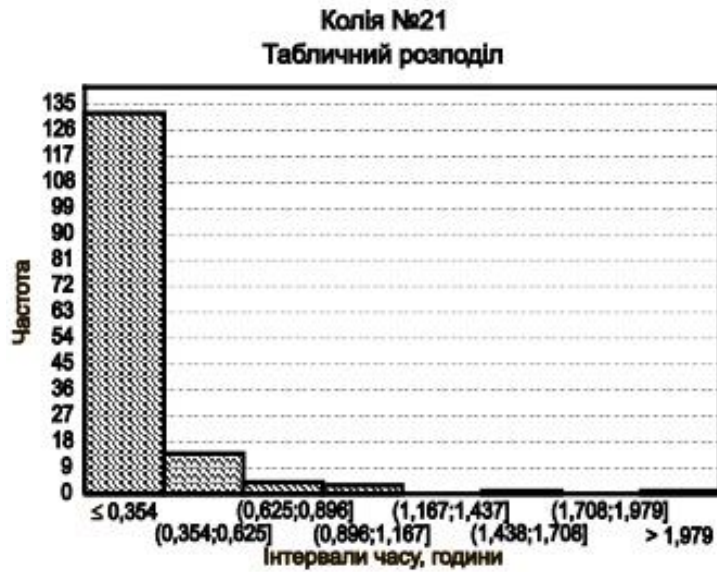


Рисунок 2.18 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті колія № 21

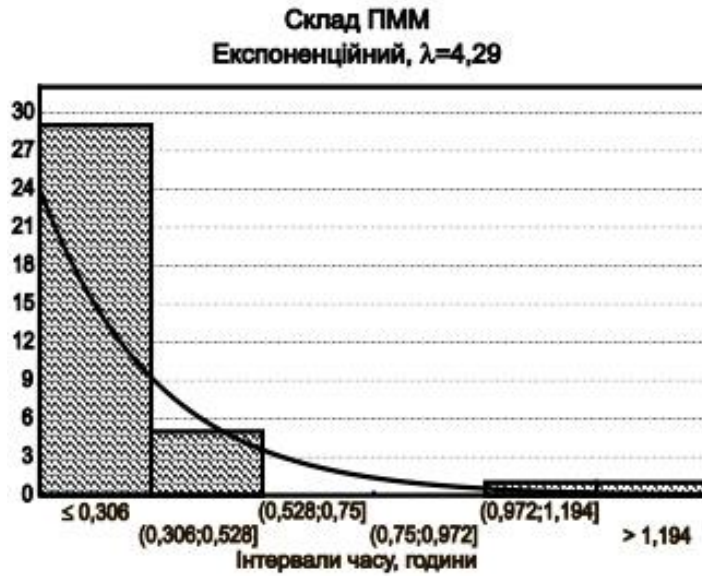


Рисунок 2.19 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Склад ПММ

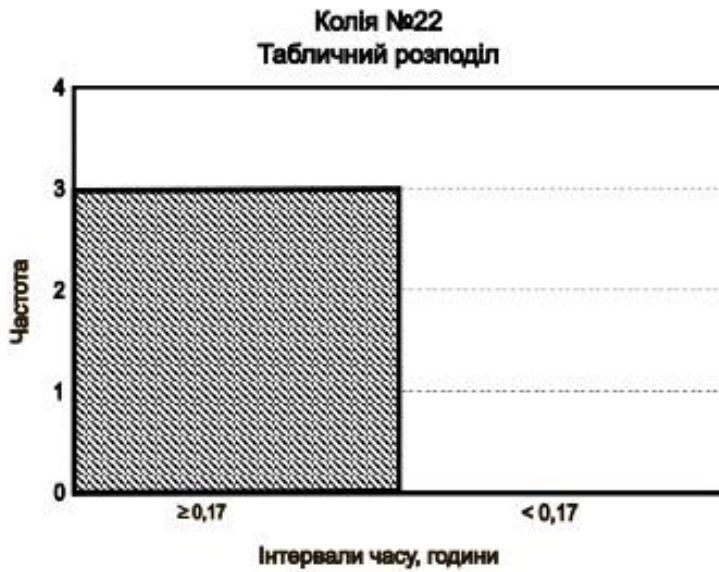


Рисунок 2. 20 - Графік закону розподілу часу роботи локомотива на вантажному фронті Колія №22

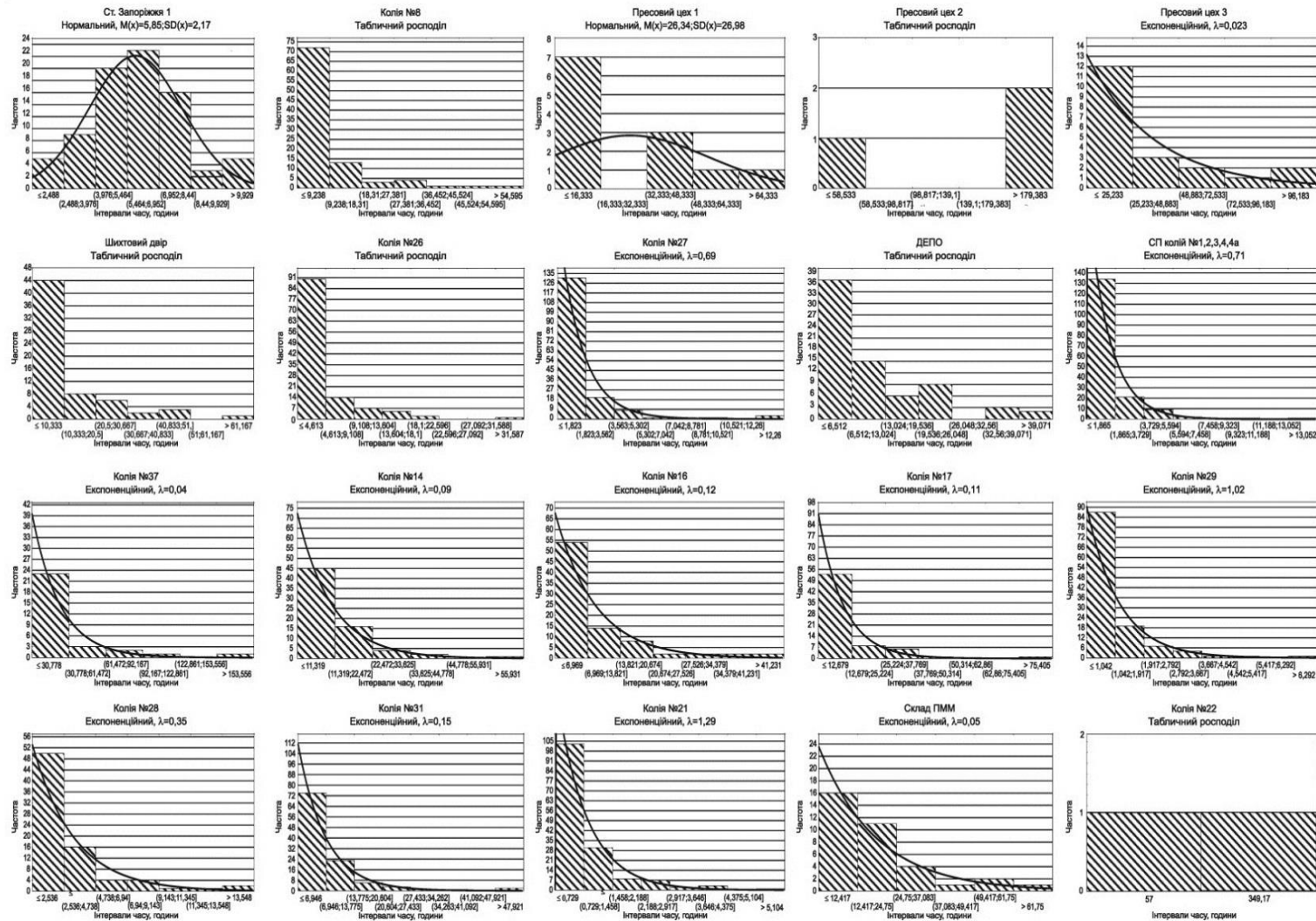


Рисунок 2.21 - Графіки законів розподілу надходження потоку вимог по вантажним фронтам ПАТ «ЗАЗ»

Таблиця 2.1 – Статистичні закони розподілу випадкових величин

Вантажний фронт		Закон розподілу	Параметри
ст. Запоріжжя – 1	вибірка А	нормальний	середнє $M(x) = 5,851852$, дисперсія $SD(x) = 2,174465$
	вибірка Б	нормальний	середнє $M(x) = 1,78252$, дисперсія $SD(x) = 0,6737988$
Колія №8	вибірка А	систематизована таблиця	$J = 8,62$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,185$
Пресовий Цех 1	вибірка А	нормальний	середнє $M(x) = 26,34028$, дисперсія $SD(x) = 26,98303$
	вибірка Б	експоненціальний	$\lambda = 1,0612244$
Пресовий Цех – 2	вибірка А	систематизована таблиця	$J = 44,46$
	вибірка Б	нормальний	середнє $M(x) = 0,1666667$, дисперсія $SD(x) = 0,1178511$
Пресовий Цех – 3	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,0292184$
	вибірка Б	нормальний	середнє $M(x) = 0,1571429$, дисперсія $SD(x) = 0,1084706$
Шихтовий двір	вибірка А	систематизована таблиця	$J = 10,43$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,19$
Колія №26	вибірка А	систематизована таблиця	$J = 4,68$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,14$
Колія №27	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,6988637$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,40$
ДЕПО	вибірка А	систематизована таблиця	$J = 6,57$
	вибірка Б	експоненціальний	$\lambda = 1,323124$
СП колій №1, 2, 3, 4, 4а	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,7126195$
	вибірка Б	експоненціальний	$\lambda = 2,526788$
Колія №37	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,0431034$
	вибірка Б	експоненціальний	$\lambda = 3,965885$

Продовження таблиці 2.1

Вантажний фронт		Закон розподілу	Параметри
Колія №14	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,0972239$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,13$
Колія №16	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 1194454$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,81$
Колія №17	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,1062083$
	вибірка Б	експоненціальний	$\lambda = 4,545454$
Колія №29	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 1,0234542$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,35$
Колія №28	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,3479554$
	вибірка Б	експоненціальний	$\lambda = 4,232143$
Колія №31	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 0,1507021$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,13$
Колія №21	вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 1,293212$
	вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0,27$
Склад ПММ	Вибірка А	експоненціальний	$\lambda = 1,293212$
	Вибірка Б	експоненціальний	$\lambda = 0,0234$
Колія 22	Вибірка А	систематизована таблиця	$J = 148,31$
	Вибірка Б	систематизована таблиця	$J = 0$

Перевірка гіпотез про закони розподілу неперервних випадкових величин виконується за допомогою статистичної процедури *Distribution fitting* – Підгонка законів розподілу з модуля *Nonparametric/Distribution* – Непараметричні статистики/Розподіли.

Перевірку гіпотез про закони розподілу виконують у такій послідовності[23]:

1) відкрити файл даних у модулі *Nonparametric/Distribution* – Непараметричні статистики/Розподіли;

2) у верхній частині вікна статистичних процедур модуля вибрати опцію *Distribution fitting* – Підгонка законів розподілу.

3) у списках правої частині вікна вибрати (підсвітити) необхідний неперервний -*Continuous Distributions* закон розподілу випадкових величин та натиснути кнопку “Ok”. Список законів розподілу неперервних випадкових величин представлений нормальним (*Normal*), прямокутним (*Rectangular*), експоненціальним (*Exponential*), гама (*Gamma*), логарифмічно-нормальним (*Log-Normal*), та χ^2 (*Chi-Square*) законами.

4) на екрані відкривається діалогове вікно *Fitting Continuous Distributions* – Підгонка неперервних розподілів.

5) у списку *Distribution* – Розподіл можна вибрати необхідний закон розподілу (у даному випадку неперервний). За допомогою кнопки “Variable” необхідно вибрати одну змінну для проведення аналізу (у нашому випадку один з вантажних фронтів);

6) у полі вводу *Number of Categories* – Кількість інтервалів необхідно вказати: для неперервних випадкових величин кількість інтервалів, на які буде розділена вибірка для проведення аналізу (обчислюється за формулою $n = 1 + 3,222 \times \lg N$, де n – кількість інтервалів та N – об’єм вибірки);

7) у полях вводу *Lower limit* – Нижня границя та *Upper limit* – Верхня границя слід вказати відповідно найменше та найбільше значення з чисел у досліджуваній вибірці;

8) нижче полів вводу *Lower limit* та *Upper limit* розміщуються поля вводу, що представляють обчислені за даними вибірки параметри розподілу та залежать від обраного закону розподілу.

9) у групі опцій *Kolmogorov-Smirnov Test* –Тест Колмогорова-Смирнова слід вибрати параметр тесту Колмогорова, що має наступні значення: *Yes (categorized)* – виконати тест Колмогорова-Смирнова з розбиттям даних на групи;

10) натиснути кнопку “Ok” для проведення тесту та виведення результатів розрахунку. Результати розрахунку виводяться у електронну таблицю.

У крайньому лівому стовпчику таблиці вказані верхні границі інтервалів групування (значення *Infinity* відповідають значенням, що перевищують верхню границю попереднього інтервалу). Нижче наведені українські відповідності заголовкам таблиці[23]:

- *Observed freq-cy* – Емпірична частота;
- *Cumulative observed* – Накопичена емпірична частота;
- *Percent observed* – Доля спостережень в інтервалі в процентах;
- *Cumul % observed* – Накопичена доля спостережень в інтервалі в процентах;
- *Expected freq-cy* – Очікувана частота;
- *Cumulative expected* – Очікувана накопичена частота;
- *Percent expected* – Очікувана доля спостережень в інтервалі в процентах;
- *Cumul % expected* – Очікувана накопичена доля спостережень в інтервалі в процентах;
- *Observed-Expected* – Різниця між очікуваною та емпіричною частотами.

У верхній частині вікна результатів тесту виводяться результати тестів[23]:

- для тесту Колмогорова-Смирнова вказується максимальна різниця між емпіричною та очікуваною частотами (d) та гранична імовірність прийняття гіпотези про відповідність емпіричного розподілу обраному теоретичному закону (p). Якщо максимальна різниця між очікуваною та емпіричною частотами не є значущою, то для граничної імовірності вказується значення *n.s.* – *Not Signed* – Не значуща.;

- для тесту Пірсона вказується розрахункове значення критерію χ^2 – *Chi Square* – X_i^2 - квадрат, кількість ступенів волі (df), гранична імовірність прийняття гіпотези про відповідність емпіричного розподілу обраному теоретичному розподілу (p). Якщо кількість значень, що знаходяться у деякому інтервалі не перевищує 5, то система автоматично об'єднує такий інтервал з сусіднім. В такому випадку кількість ступенів волі зменшується та у рядку результатів критерію Пірсона вказується *df adjusted* – Виправлена кількість ступенів волі.

11) зробити висновок про відповідність емпіричного розподілу обраному теоретичному. Для цього задаються рівнем значущості, який зазвичай дорівнює 0.05 чи 0.1. Гіпотезу про те, що даний емпіричний розподіл відповідає обраному теоретичному закону розподілу можна прийняти[24]:

- за критерієм Колмогорова-Смирнова – у випадку, коли гранична імовірність прийняття гіпотези перевищує заданий рівень значущості, або є несуттєвою (*n.s.*);

- за критерієм Пірсона (χ^2) – у випадку, коли гранична імовірність прийняття гіпотези перевищує заданий рівень значущості ($p > 0,05$).

Нижчі приведемо закони розподілу вибірок А та Б, які були визначні для кожної колії (таблиця 2.1).

У випадку, коли для вибірки ні відповідає, ні по одному критерію, жодна гіпотеза закону розподілу, вона представляється у вигляді систематизованої таблиці (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Табличний розподіл випадкових величин

Вантажний фронт		Величина інтервалу, J	Межі інтервалу $x_i - x_{i+1}$, години	Відносна частість, %
1		2	3	4
Колія №8	вибірка А	8,62	$0,17 \leq x < 8,77$	74,74
			$8,77 \leq x < 17,41$	89,47
			$17,41 \leq x < 26,03$	91,58
			$26,03 \leq x < 34,65$	94,74
			$34,65 \leq x < 43,27$	97,89
			$43,27 \leq x < 51,89$	98,95
			$51,89 \leq x < 60,51$	98,95
			$60,51 \leq x < 69,13$	100,00
	вибірка Б	0,185	$0,05 \leq x < 0,24$	67,71
			$0,24 \leq x < 0,42$	91,67
			$0,42 \leq x < 0,61$	94,79
			$0,61 \leq x < 0,79$	98,96
			$0,79 \leq x < 0,98$	98,96
			$0,98 \leq x < 1,16$	98,96
			$1,16 \leq x < 1,35$	98,96
			$1,35 \leq x < 1,53$	100,00
Пресовий Цех – 2	вибірка А	44,46	$18,25 \leq x < 62,71$	33,33
			$62,71 \leq x < 107,17$	33,33
			$107,17 \leq x < 151,63$	33,33
			$151,63 \leq x < 196,09$	33,33
			$196,09 \leq x < 240,55$	100,00
Шихтовий двір	вибірка А	10,43	$0,167 \leq x < 10,59$	68,75
			$10,59 \leq x < 21,03$	81,25
			$21,03 \leq x < 31,46$	90,63
			$31,46 \leq x < 41,89$	93,75
			$41,89 \leq x < 52,32$	98,44
			$52,32 \leq x < 62,75$	98,44
			$62,75 \leq x < 73,18$	100,00
	вибірка Б	0,19	$0,05 \leq x < 0,24$	87,69
			$0,24 \leq x < 0,43$	95,38
			$0,43 \leq x < 0,62$	96,92
			$0,62 \leq x < 0,81$	98,46
			$0,81 \leq x < 1,00$	98,46
			$1,00 \leq x < 1,19$	98,46
			$1,19 \leq x < 1,380$	100,00
Колія №21	вибірка А	148,31	$57,00 \leq x < 148,31$	50,00
	вибірка Б	0	$148,31 \leq x < 349,17$	100,00
			$0,00 \leq x < 0,17$	100,00

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4	5
Колія №26	вибірка А	4,68	$0,12 \leq x < 4,79$ $4,79 \leq x < 9,48$ $9,48 \leq x < 14,16$ $14,16 \leq x < 18,84$ $18,84 \leq x < 23,52$ $23,52 \leq x < 28,19$ $28,19 \leq x < 32,88$ $32,88 \leq x < 37,56$	78,15 88,24 93,28 97,48 99,16 99,16 99,16 100,00
	вибірка Б	0,14	$0,00 \leq x < 0,14$ $0,14 \leq x < 0,28$ $0,28 \leq x < 0,42$ $0,42 \leq x < 0,56$ $0,56 \leq x < 0,70$ $0,70 \leq x < 0,84$ $0,84 \leq x < 0,98$ $0,98 \leq x < 1,12$	33,33 90,83 97,50 97,50 98,33 98,33 98,33 100,00
Колія №27	вибірка Б	0,40	$0,03 \leq x < 0,43$ $0,43 \leq x < 0,83$ $0,83 \leq x < 1,23$ $1,23 \leq x < 1,63$ $1,63 \leq x < 2,03$ $2,03 \leq x < 2,43$ $2,43 \leq x < 2,83$ $2,83 \leq x < 3,23$ $3,23 \leq x < 3,63$	87,88 97,58 98,18 98,79 98,79 98,79 98,79 99,39 100,00
ДЕПО	вибірка А	6,57	$0,00 \leq x < 6,57$ $6,57 \leq x < 13,14$ $13,14 \leq x < 19,71$ $19,71 \leq x < 26,28$ $26,28 \leq x < 32,85$ $32,85 \leq x < 39,42$ $39,42 \leq x < 45,99$	50,70 71,83 80,28 92,96 94,37 97,18 100,00
Колія №14	вибірка Б	0,13	$0,083 \leq x < 0,21$ $0,21 \leq x < 0,34$ $0,34 \leq x < 0,47$ $0,47 \leq x < 0,60$ $0,60 \leq x < 0,73$ $0,73 \leq x < 0,86$ $0,86 \leq x < 0,99$ $0,99 \leq x < 1,12$	82,61 92,75 94,20 98,55 98,55 98,55 98,55 100,00

Кінець таблиці 2.2

1	2	3	4	5
Колія №16	вибірка Б	0,81	$0,05 \leq x < 0,86$ $0,86 \leq x < 1,67$ $1,67 \leq x < 2,48$ $2,48 \leq x < 3,29$	98,82 98,82 98,82 100,00
Колія №29	вибірка Б	0,35	$0,05 \leq x < 0,40$ $0,40 \leq x < 0,75$ $0,75 \leq x < 1,10$ $1,10 \leq x < 1,45$ $1,45 \leq x < 1,80$ $1,80 \leq x < 2,15$ $2,15 \leq x < 2,50$ $2,50 \leq x < 2,85$	81,82 90,08 95,04 97,52 98,35 99,17 99,17 100,00
Колія №31	вибірка Б	0,13	$0,05 \leq x < 0,18$ $0,18 \leq x < 0,31$ $0,31 \leq x < 0,44$ $0,44 \leq x < 0,57$ $0,57 \leq x < 0,70$ $0,70 \leq x < 0,83$ $0,83 \leq x < 0,96$ $0,96 \leq x < 1,09$	74,77 86,49 94,59 94,59 96,39 98,19 99,09 100,00
Колія №21	вибірка Б	0,27	$0,083 \leq x < 0,35$ $0,62 \leq x < 0,89$ $0,89 \leq x < 1,16$ $1,16 \leq x < 1,43$ $1,43 \leq x < 1,70$ $1,70 \leq x < 1,97$ $1,97 \leq x < 2,24$ $2,24 \leq x < 2,51$	85,16 96,77 98,06 98,71 99,35 99,35 99,35 100,00

2.2 Розробка моделі формалізованого опису функціонування досліджуваної системи

Функціонування системи можна представити, як ціль перетворень її станів під дією зовнішнього середовища, вплив якого описується вектором

вхідних параметрів X . Результатом цієї дії, буде реакція виробничої системи, що описується вектором вхідних параметрів Y [25,26]:.

Спосіб дії (поводження) об'єкта математично являють собою перетворення вхідного вектора X у вихідний вектор Y .

Безліч припустимих значень вектора X називається областю перетворення, безліч припустимих вектора Y – полем перетворення.

Перетворення являють собою правило, відповідно до якого кожному елементу $x \in X$ ставиться у відповідність цілком певний елемент $y \in Y$.

Для лінійної системи правило перетворення X в Y (відображення $X \rightarrow Y$) представляється за допомогою лінійного оператора $Y = AX$, де A – оператор, що характеризує властивості системи. Для нелінійної системи - вхідна величина є функцією від вхідної величини й виражається залежністю $Y = FX$.

Якщо система залежить не тільки від функцій (станів) входів X , але й від функцій станів (переходів) Z , то правило перетворення X в Y можна представити у вигляді $Y = F(X, Z)$ - це рівняння визначає стан системи й називається рівнянням змінних станів системи.

Залежно від характеру властивостей функцій входів і виходів систем розрізняють системи дискретні й безперервні.

Від способу дій, залежно від характеру функції виділяють два класи об'єктів: детерміновані й імовірнісні (стохастичні).

У загальному виді формальну математичну модель системи можна представити у вигляді безлічі величин, що описують процес функціонування системи. Найпростіша функціональна модель системи формально може бути представлена у вигляді «чорного ящика» з безліччю входів X і виходів Y (рисунок 2.22).

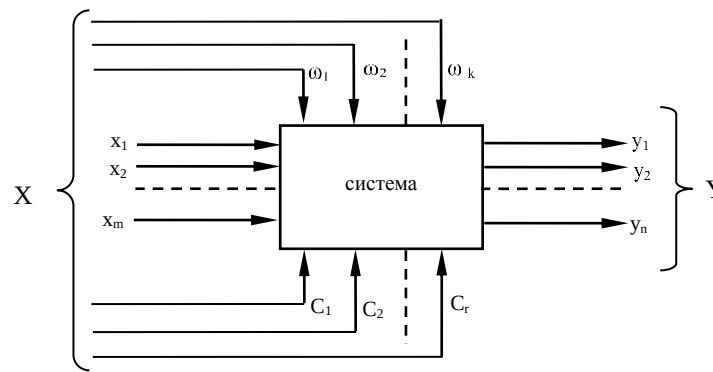


Рисунок 2.22 - Найпростіша функціональна модель системи

Вхід системи включає наступні параметри[27]:

1. Сукупність вхідних контрольованих і керованих впливів $x_i \in X (i = \overline{1, m})$, які задають режим процесу функціонування.
2. Сукупність вхідних неконтрольованих і некерованих впливів зовнішнього середовища $w_l \in W (l = \overline{1, L})$, які відображають вплив на систему збурювань, які безпосередньо не можуть бути обмірювані в умовах дослідження.
3. Сукупність контрольованих, але некерованих внутрішніх (власних) постійних параметрів $c_r \in C (r = \overline{1, R})$, які характеризують якість сировини, рівень технічних устроїв, кваліфікацію, технічні характеристики встаткування й т.д.

Вхідні впливи, вплив зовнішнього середовища й внутрішні параметри системи є незалежними (екзогенними) параметрами, які математично можна представити в наступному виді[26]::

$$\begin{aligned} x(t) &= [x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)]; \\ w(t) &= [w_1(t), w_2(t), \dots, w_k(t)]; \\ c(t) &= [c_1(t), c_2(t), \dots, c_r(t)]. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Вихідні характеристики є залежними (ендогенними) змінними й у математичній формі мають вигляд[26]::

виході формальної системи щонайкраще апроксимувала аналогічні параметри реальної системи[27]:.

Розглянемо модель функціонування системи обслуговування потоку вимог на транспортне обслуговування виробничих підрозділів на прикладі обслуговування локомотивами залізничного парку ПАТ «ЗАЗ» вагонопотоку. Система повинна забезпечувати:

- своєчасне та якісне обслуговування транспортних вимог виробничих підрозділів;
- скорочення простою рухомого складу;
- ефективне використання технічних засобів;
- організації роботи на основі затвердженого технологічного процесу;
- виконання операцій з обслуговування під'їзних колій;
- виконання маневрових операцій відчеплення та причеплення вагонів від (до) збірних поїздів.

Система має один вхід і вихід. Надходження потоку вимог на кожен вантажний фронт відбувається у випадкові моменти часу і є контрольованими і некерованими впливами (c_r). Тривалість обслуговування вимог ресурсами системи, які представлені локомотивними заводського парку ПАТ «ЗАЗ», також визначається випадковими величинами, є контрольованими і керованими впливами (x_i). Після закінчення обслуговування вимога покидає систему. Наявність факторів затримки вимог на ПК вантажних фронтів, які не залежать від функціонування системи обслуговування (час простою під вантажними операціями, відсутність місця на складах, затримка документального оформлення рухомого складу, несправність або недостача навантажувально-розвантажувального обладнання, тощо), визначаються як неконтрольовані і некеровані впливи (w_k). Розміщений граф станів системи вантажних фронтів ПАТ «ЗАЗ» наведено на рисунку 2.23.

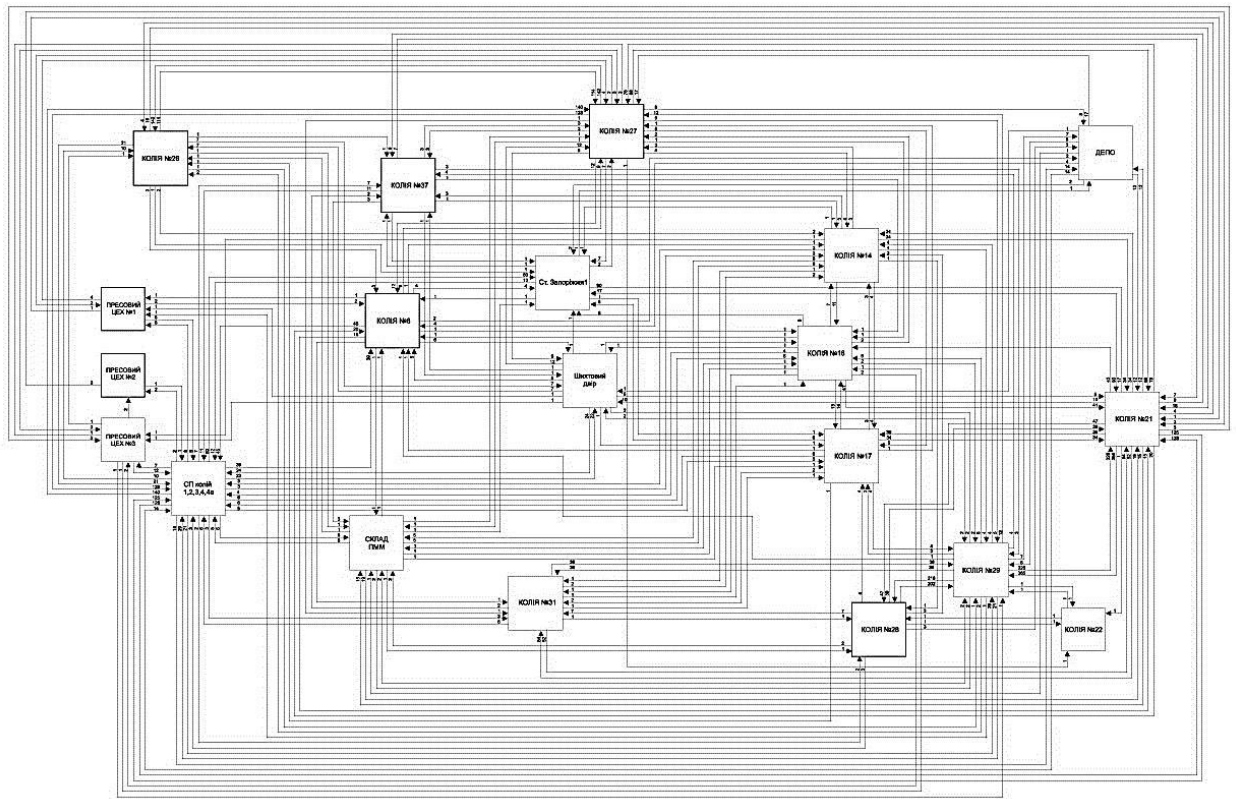


Рисунок 2.23 – Розміщений граф станів системи

Процес моделювання складається з кількох етапів:

- на першому моделюється надходження потоку вимог на кожній вантажному фронті;
- на другому процес обслуговування вимог на кожному вантажному фронті локомотивами заводського парку, після цього вони покидають систему.

Найбільш прийнятним математичним апаратом для опису такої системи є теорія масового обслуговування.

Схема моделі системи приведена на рисунку 2.24

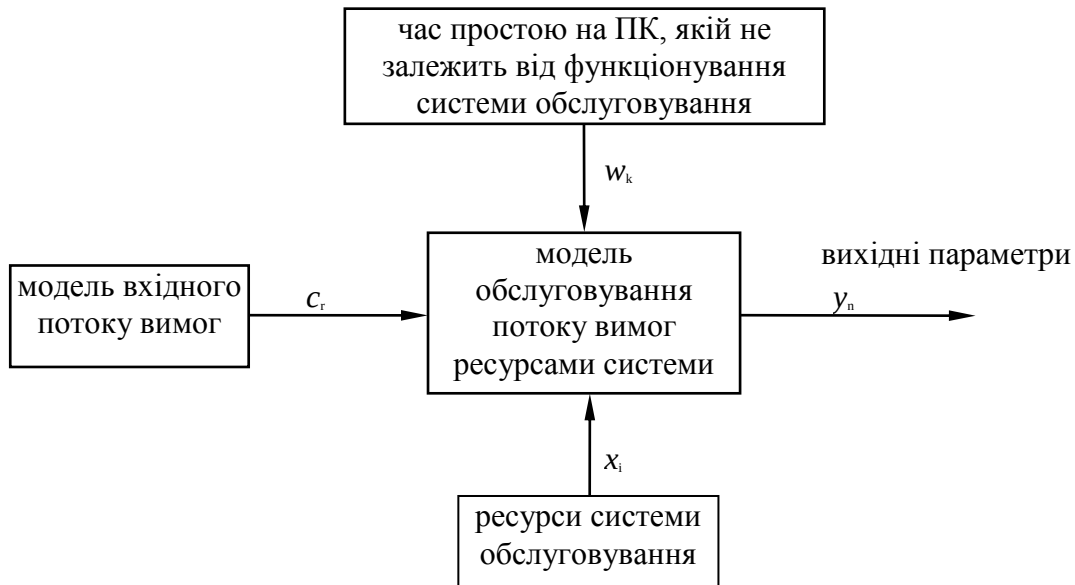


Рисунок 2.24 - Функціональна модель системи

Модель системи масового обслуговування дозволяє якість функціонування обслуговування системи в умовах нерівномірності надходження вимог, наявності черги на обслуговування та нерівномірності самого обслуговування. Вона забезпечує отримання математичних залежностей, які дозволяють оцінити технічне оснащення, раціоналізувати технологічні процеси і якість керування роботи системи[28]:.

При дослідженні структури вхідного потоку вимог даними для аналізу служать випадкові інтервали часу між послідовними надходженнями составів на колії заводу і інтервали часу обслуговування цих вимог на вантажних фронтах локомотивами заводу.

Для аналізу технологічного процесу обслуговування вагонів на ПК в якості найбільш адекватної моделі пропонується логічно узгоджувану мережу систем масового обслуговування з очікуванням.

Вихідними даними для аналізу є інтенсивність вхідного потоку вимог λ (таблиці 2.1 та 2.2) на вантажні фронти і закони розподілу випадкових величин.

Оптимізацію технічних та технологічних параметрів при виборі варіанта функціонування системи пропонується здійснити шляхом

мінімізації сумарних економічних затрат на використання ресурсів (експлуатаційні затрати на локомотиви) та час обслуговування вимог (час простою вагонів).

2.3 Імітаційне моделювання процесів обслуговування виробничих підрозділів локомотивами заводського парку

Ідея методу імітаційного моделювання полягає в тому, що замість аналітичного опису взаємозв'язків між входами, станами й виходами будують алгоритм, що відображає послідовність розвитку процесів усередині досліджуваного об'єкта, а потім “програють” поведінку об'єкта на ЕОМ.

Імітаційна система - сукупність моделей, що імітує досліджуване явище, і систем зовнішнього й внутрішнього забезпечення[27]:.

Імітаційна модель - обчислювальна процедура, що формалізовано описує досліджуваний об'єкт й імітує його поведінку. При її складанні немає необхідності спрощувати опис явища, відкидаючи часом навіть істотні деталі, щоб втиснути його в рамки моделі, зручної для застосування тих або інших відомих математичних методів аналізу. Для імітаційного моделювання характерна імітація елементарних явищ, які складають досліджуваний процес, зі збереженням їхньої логічної структури, послідовності здійснення в часі, характеру й складу інформації про стани процесу. Модель за своєю формою є логіко-математичною (алгоритмічною).

Імітаційні моделі як підклас математичних моделей можна класифікувати на статичні й динамічні; детерміновані й стохастичні; дискретні й безперервні.

В роботі [30] приводяться наступні етапи побудови імітаційної моделі і її досліджень:

1. Визначення системи - установлення границь, обмежень і вимірників ефективності системи, що підлягає вивченню.
2. Формулювання моделі - перехід від реальної системи до деякої логічної схеми (абстрагування).
3. Підготовка даних - відбір даних, необхідних для побудови моделі, і подання їх у відповідній формі.
4. Трансляція моделі - опис моделі мовою, яка є прийнятною для використовуваної ЕОМ.
5. Оцінка адекватності - підвищення до прийнятного рівня ступеня впевненості, з якої можна судити відносно коректності висновків про реальну систему, отриманих на підставі звертання до моделі.
6. Стратегічне планування - планування експерименту, котрий повинен дати необхідну інформацію.
7. Тактичне планування - визначення способу проведення кожної серії випробувань, передбачених планом експерименту.
8. Експериментування - процес здійснення імітації з метою одержання бажаних даних й аналізу чутливості.
9. Інтерпретація - побудова висновків по даним, отриманим шляхом імітації.
10. Реалізація - практичне використання моделі й (або) результатів моделювання.
11. Документування - реєстрація ходу здійснення проекту і його результатів, а також документування процесу створення й використання моделі.

Для імітаційного моделювання процесу на ЕОМ необхідно перетворити його математичну модель у спеціальний моделюючий алгоритм, відповідно до якого на ЕОМ буде вироблятися інформація, що описує елементарні явища досліджуваного процесу з урахуванням їх зв'язків і взаємних впливів.

Центральною ланкою моделюючого алгоритму є сама імітаційна модель – формалізована схема процесу. Формалізована схема процесу являє

собою формальний опис процедури функціонування складного об'єкта в досліджуваній операції й дозволяє для будь-яких заданих значеннях вхідних факторів моделі (змінних - $\bar{x}$, детермінованих - $\bar{a}$, випадкових - $\bar{y}$) прорахувати відповідні їм числові значення вихідних характеристик $\bar{w}$.

Процедура розробки формалізованої схеми складається зі структуризації об'єкта на модулі; вибору математичної схеми для формалізованого опису роботи кожного модуля; формування вхідної й вихідної інформації для кожного модуля; розробки керуючої блок-схеми моделі для відображення в ній взаємодії окремих модулів.

Отримана формалізована схема містить керуючу блок-схему процесу, опис кожного модуля (найменування розв'язуваного елементарного завдання, математичний метод опису, склад вхідної й вихідної інформації, числові дані), опис правил передач керування від одного модуля до іншого й остаточний перелік шуканих величин і досліджуваних залежностей. Формалізована схема процесу є основою для подальшої формалізації імітаційної моделі й складання програми розрахунку на ЕОМ, що дозволяє обчислити значення вихідних характеристик об'єкта при будь-яких заданих значеннях керованих параметрів, початкових умов і характеристик оточення.

Блок схема наведена на рисунку 2.25.

Імітаційна модель, як правило, є динамічною моделлю, що відображає послідовність протікання елементарних процесів і взаємодію окремих елементів по осі “модельного” часу t^M .

Процес функціонування об'єкта протягом деякого інтервалу часу T можна представити як випадкову послідовність дискретних моментів часу t_i^M . У кожний із цих моментів відбуваються зміни стану елементів об'єкта, а в проміжку між ними ніяких змін стану не відбувається.

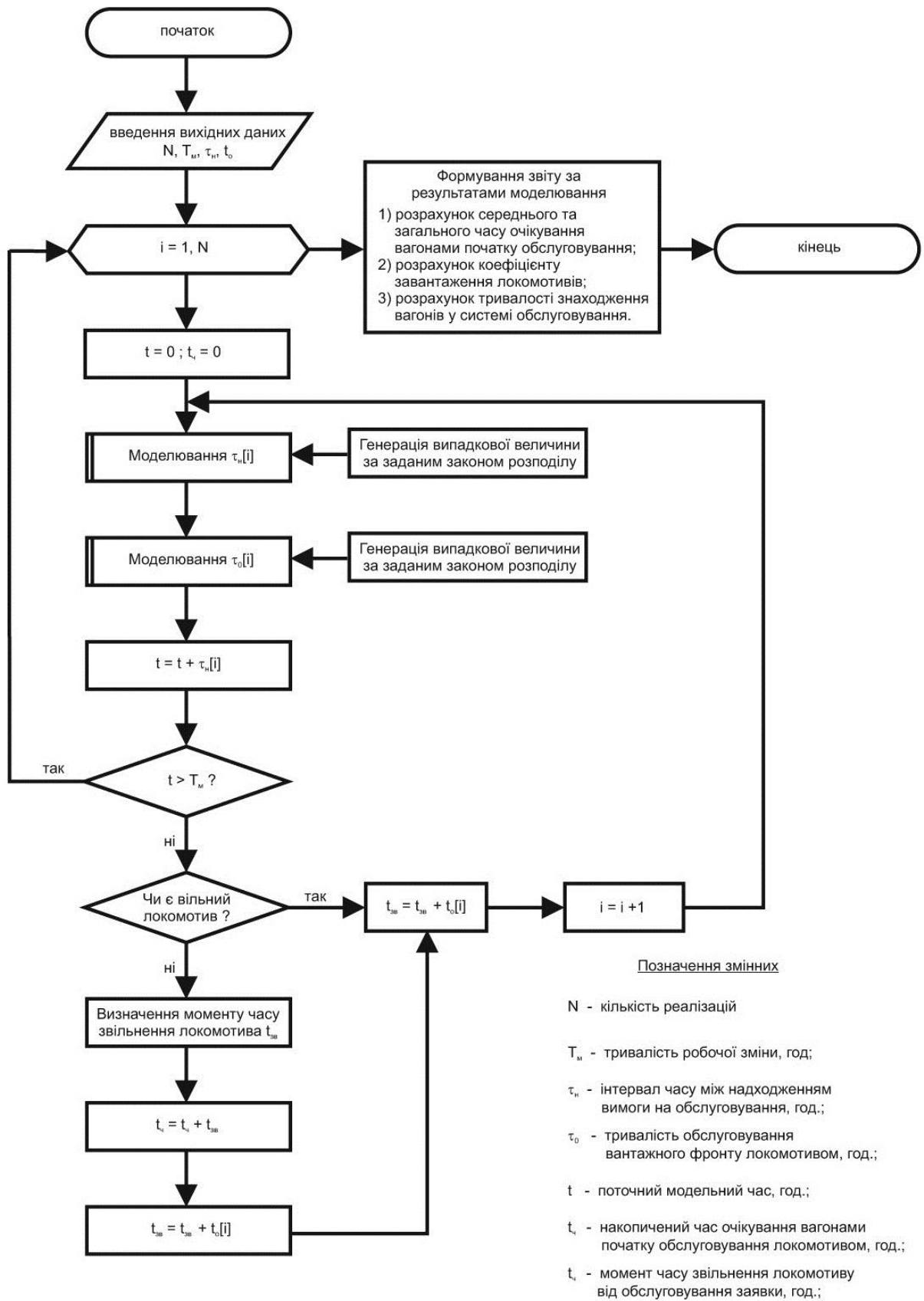


Рисунок 2.25 – Блок-схема процесу моделювання

При побудові формалізованої схеми процесу повинне виконуватися наступні рекурентне правило: подія, що відбуваються в момент часу t_i^M , може моделюватися тільки після того, як промодельовані всі події в момент часу t_{i-1}^M . У протилежному випадку результат моделювання може бути невірним. Реалізація цього правила може проводитися різними способами.

1. Погодинне моделювання з детермінованим кроком (“принцип Δt ”). При погодинному моделюванні з погодинним кроком алгоритм одночасно переглядає всі елементи системи через досить малі проміжки часу (крок моделювання) і аналізує всі можливі взаємодії між елементами. Для цього визначається мінімальний інтервал часу, протягом якого не може змінитися стан жодного з елементів системи. Деталізована величина Δt приймається за крок моделювання.

2. Погодинне моделювання з випадковим кроком (моделювання по “особливим” станам) полягає в тому, що моделюючий алгоритм оглядає моделі елементів системи тільки в такі моменти часу, коли стан досліджуваної системи міняється. У ті моменти часу, коли модель якого-небудь елемента системи повинна міняти стан, відбувається огляд моделі саме цього елемента й з урахуванням взаємозв'язків елементів коректується стан моделі всієї системи. Тривалість кроку Δt - величина випадкова. Цей спосіб відрізняється від

“принципу Δt ” тим, що включає процедуру визначення моменту часу, що відповідає найближчому особливому стану по відомих характеристиках попередніх станів.

3. Позаявочний спосіб. При моделюванні процесів обробки заявок, що надходять послідовно, іноді зручно будувати моделюючі алгоритми позаявочним способом, при якому простежується проходження кожної заявки (деталі, носія інформації) від її входу в систему й до виходу із системи. Після цього алгоритм передбачає перехід до розгляду наступної

заявки. Однак цей спосіб може використатися тільки в простих моделях у випадках послідовних заявок, що не випереджають один одного, тому що в протилежному випадку стає досить важким облік взаємодії заявок, що надійшли в систему.

Моделюючі алгоритми можуть будуватися на декількох принципах одночасно. Наприклад, загальна структура моделюючого алгоритму базується на принципі “особливих” станів, а між ними особливими станами для всіх заявок реалізується позаявочний спосіб.

Імітаційну модель процесу обслуговування виробничих підрозділів локомотивами заводського парку пропонується розробити за допомогою програмного пакету **SERVICE MODEL**.

SERVICE MODEL – пакет програмного забезпечення, який використовується на кафедрі «Транспортних технологій», для моделювання процесів обслуговування.

Для створення нашої моделі необхідно виконати наступні дії: визначити елементи обслуговування, встановити контрольні точки, задати операційну логіку, визначити потоки прибуття.

На підставі [32] створимо модель, у якій час зайнятості локомотивів обслуговуванням вантажних фронтів буде показуватися зміною їхнього кольору. Вантажні фронти, як елементи обслуговування, представимо у вигляді вагонів, що потребують обслуговування на певному вантажному фронті (подавання чи прибирання). Час їхнього обслуговування буде відзначатися появою цих вагонів у вікні моделювання.

В результаті моделювання одержані порівняльні характеристики використання локомотивів і часу очікування вагонами початку обслуговування.

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика результатів моделювання за локомотивами

Кількість використаних локомотивів	Коефіцієнт використання локомотивів	Час очікування вагонами початку обслуговування, години
два	0,9497	2,1533
три	0,7636	0,3072
чотири	0,5953	0,0625

Діаграми порівняльних результатів наведені на рисунку 2.25 й 2.26.

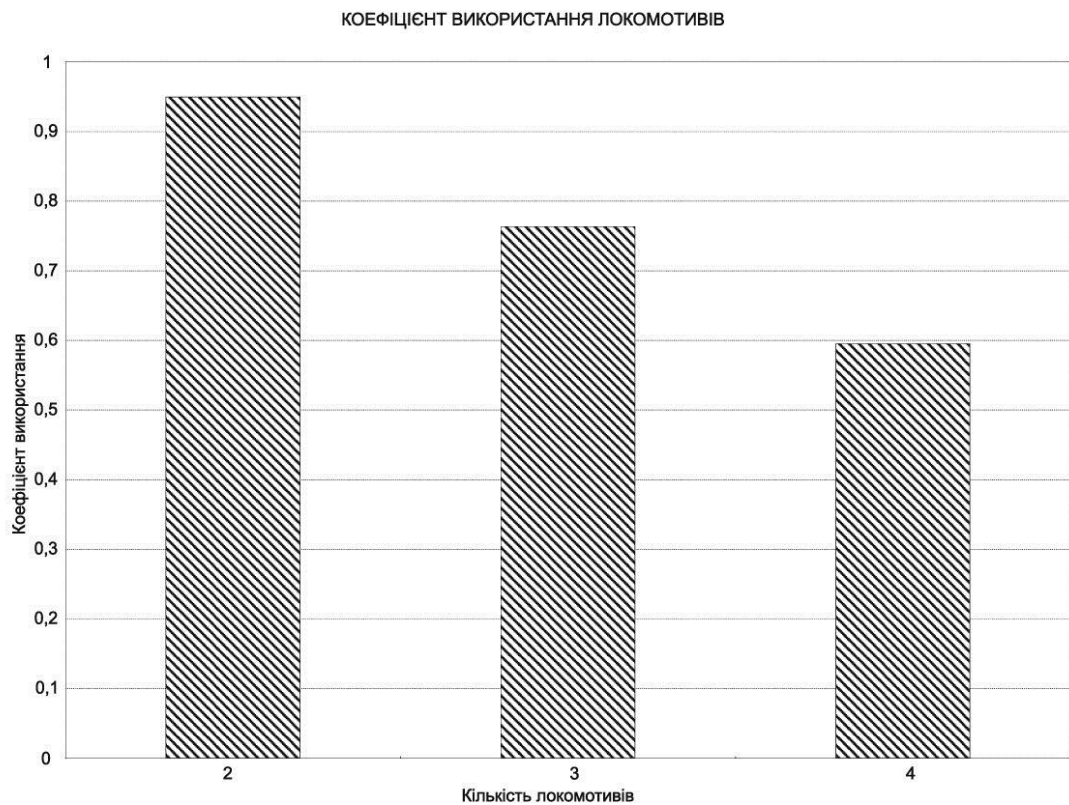


Рисунок 2.26 – Коефіцієнт використання часу роботи локомотива

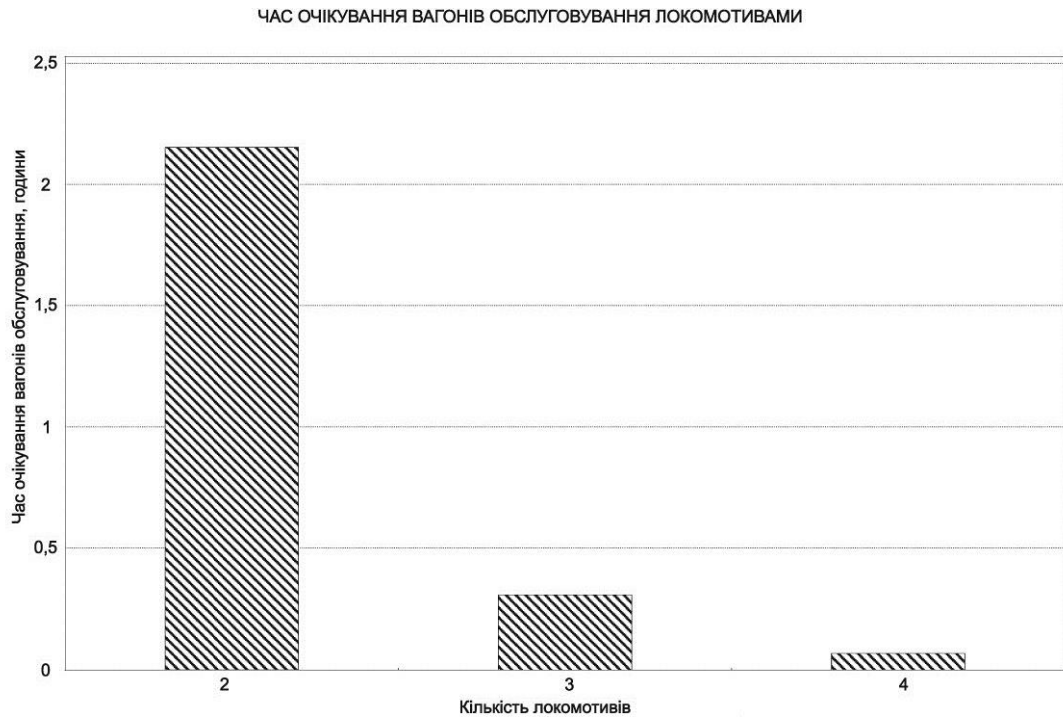


Рисунок 2.26 – Час очікування вагонами обслуговування локомотивами

Для знаходження загального часу перебування вагонів на ПК підприємства нам необхідно також врахувати час на простой вагонів під іншими технологічними операціями, які були визначені як контрольовані і некеровані впливи на систему обслуговування (простой під вантажними операціями, із - за відсутності місця на складах та інших технічних і технологічних затримках).

$T_{ВАГ}^n$ - загальний час перебування вагонів на коліях ПАТ «ЗАЗ» при використанні n кількості локомотивів, дорівнює середньому сумарному значенню часу знаходження вагонів на коліях підприємства під вантажними операціями та часу обслуговування локомотивами заводського парку:

$$T_{ВАГ}^n = \frac{\sum (\bar{t}_{ВО}^{\kappa} + \bar{t}_{Л}^{\kappa})}{\sum m_{П}^{\kappa}}, \quad (2.19)$$

де $\bar{t}_{BO}^{\kappa}$ - середній час перебування вагонів на κ -ому вантажному фронті під вантажними операціями, розраховувався за допомогою програми STATISTICA (таблиця 2.4);

$\bar{t}_L^{\kappa}$ - середній час обслуговування вагонів локомотивами заводського парку на κ -ому вантажному фронті при використанні n кількості локомотивів (таблиця 2.5);

m_{II}^{κ} - розмір фронту максимальної подачі вагонів на κ -ому вантажному фронті.

Розрахуємо загальний час простою вагонів на ПК підприємства ПАТ «ЗАЗ».

- при використанні двох локомотивів:

$$T_{BAГ}^2 = \frac{4358,31}{155} \approx 28,12 \text{ годин.}$$

- при використанні трьох локомотивів:

$$T_{BAГ}^2 = \frac{4121,479}{155} \approx 26,59 \text{ годин.}$$

- при використанні чотирьох локомотивів:

$$T_{BAГ}^2 = \frac{4089,16}{155} \approx 26,38 \text{ годин.}$$

Використавши імітаційне моделювання процесів обслуговування виробничих підрозділів локомотивами заводського парку, в роботі отримали данні, за допомогою яких виберемо оптимальний варіант роботи ПК ПАТ «ЗАЗ».

Таблиця 2.4 – Порівняльна характеристика результатів моделювання по вантажним фронтам

Вантажний фронт	Час знаходження вагонів у системі обслуговування локомотивами при використанні, години			Коефіцієнт використання колій ЗАТ “ЗАЗ”, години		
	2-х локомотивів	3-х локомотивів	4-х локомотивів	2-х локомотивів	3-х локомотивів	4-х локомотивів
Колія №8	2,172	0,497	0,309	0,2527	0,0698	0,0412
ст. Запоріжжя -1	3,621	1,824	1,702	0,4860	0,2689	0,2650
Пресовий Цех - 1	1,091	0,647	0,569	0,0613	0,0325	0,0344
Пресовий Цех - 2	0,047	0,044	0,0004	0,0020	0,0018	0,00
Пресовий Цех - 3	1,121	0,278	0,121	0,0631	0,0152	0,0079
Шихтовий двір	2,234	0,439	0,194	0,2042	0,0429	0,0197
Колія №26	2,351	0,493	0,256	0,3851	0,1051	0,0557
Колія №27	2,491	0,607	0,389	0,6853	0,3243	0,2386
Депо	2,276	0,911	0,708	0,2002	0,0923	0,0672
СП колій №1,2,3,4,4а	2,498	0,687	0,471	0,6918	0,3543	0,2768
Колія №37	1,597	0,369	0,201	0,0906	0,0216	0,0119
Колія №14	2,207	0,476	0,254	0,2098	0,0474	0,0283
Колія №16	2,371	0,780	0,496	0,2282	0,0970	0,063
Колія №17	2,373	0,493	0,250	0,2266	0,0583	0,0303
Колія №29	2,514	0,679	0,425	0,7659	0,4433	0,3517
Колія №28	2,337	0,544	0,311	0,4967	0,1683	0,1035
Колія №31	2,441	0,498	0,261	0,3041	0,0670	0,0399
Колія №21	2,702	0,904	0,676	0,8686	0,6536	0,5653
Склад ПММ	1,856	0,443	0,183	0,1146	0,0299	0,0125
Колія №22	0,547	0,151	0,037	0,0297	0,0070	0,0015
ВСЬОГО	40,847	11,764	7,8134	-	-	-

Таблиця 2.5 – Середній час перебування вагонів на під'їзних коліях ЗАТ “ЗАЗ”

Вантажний фронт	Середній час перебування вагонів під вантажними операціями $\bar{t}_{BO}^K$, години	Розмір фронту максимальної подачі, m_{Π}^K , вагони	Час знаходження вагонів у системі обслуговування при використанні (години):					
			2-х локомотивів		3-х локомотивів		4-х локомотивів	
			Середній час обслуговування вагонів локомотивом $\bar{t}_{\Pi}^K$	$(\bar{t}_{BO}^K + \bar{t}_{\Pi}^K) \times m_{\Pi}^K$	Середній час обслуговування вагонів локомотивом $\bar{t}_{\Pi}^K$	$(\bar{t}_{BO}^K + \bar{t}_{\Pi}^K) \times m_{\Pi}^K$	Середній час обслуговування вагонів локомотивом $\bar{t}_{\Pi}^K$	$(\bar{t}_{BO}^K + \bar{t}_{\Pi}^K) \times m_{\Pi}^K$
Колія №8	7,35	1	2,172	9,522	0,497	7,847	0,309	7,659
ст. Запоріжжя -1	5,85	1	3,621	9,471	1,824	7,674	1,702	7,552
Пресовий Цех - 1	26,34	4	1,091	109,724	0,647	107,948	0,569	107,636
Пресовий Цех - 2	148,11	7	0,047	1037,099	0,044	1037,078	0,0004	1036,7728
Пресовий Цех - 3	34,22	7	1,121	247,387	0,278	241,486	0,121	240,387
Шихтовий двір	10,875	8	2,234	104,872	0,439	90,512	0,194	88,552
Колія №26	4	4	2,351	25,404	0,493	17,972	0,256	17,024
Колія №27	1,43	8	2,491	31,368	0,607	16,296	0,389	14,552
Депо	9,96	10	2,276	122,36	0,911	108,71	0,708	106,68
СП колій №1,2,3,4,4а	1,4	39	2,498	152,022	0,687	81,393	0,471	72,969
Колія №37	23,2	1	1,597	24,797	0,369	23,569	0,201	23,401
Колія №14	10,286	13	2,207	162,409	0,476	139,906	0,254	137,02
Колія №16	8,37	8	2,371	85,928	0,780	73,2	0,496	70,928
Колія №17	9,42	8	2,373	94,344	0,493	79,304	0,250	77,36
Колія №29	0,98	4	2,514	13,976	0,679	6,636	0,425	5,62
Колія №28	2,87	5	2,337	26,035	0,544	17,07	0,311	15,905
Колія №31	6,64	10	2,441	90,81	0,498	71,38	0,261	69,01
Колія №21	0,77	1	2,702	3,472	0,904	1,674	0,676	1,446
Склад ПММ	206,59	9	1,856	1876,014	0,443	1863,297	0,183	1860,957
Колія №22	18,21	7	0,547	131,299	0,151	128,527	0,037	127,729
ВСЬОГО	-	155	-	4358,313	-	4121,479	-	4089,1598
Середній час перебування вагонів на ПК $T_{BAГ}^K$	-	-	28,12		26,59		26,38	

Час знаходження вагонів у системі обслуговування на кожному вантажному фронті при різній кількості роботи локомотивів наведено на рисунку 2.27 , а коефіцієнт використання колій ПАТ «ЗАЗ» на рисунку 2.28.

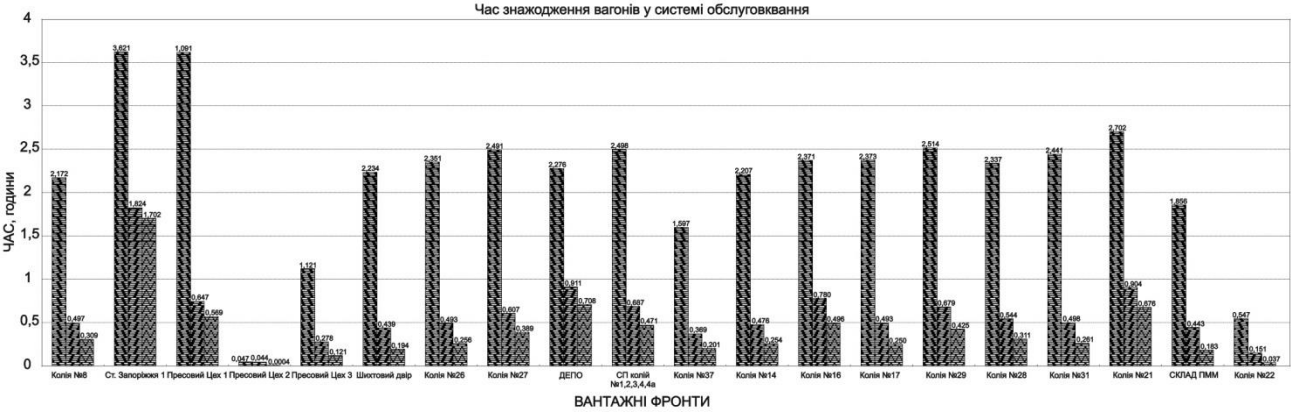


Рисунок 2.27 – Час знаходження вагонів на вантажних фронтах ПАТ «ЗАЗ» при обслуговуванні двома, трьома та чотирма локомотивами

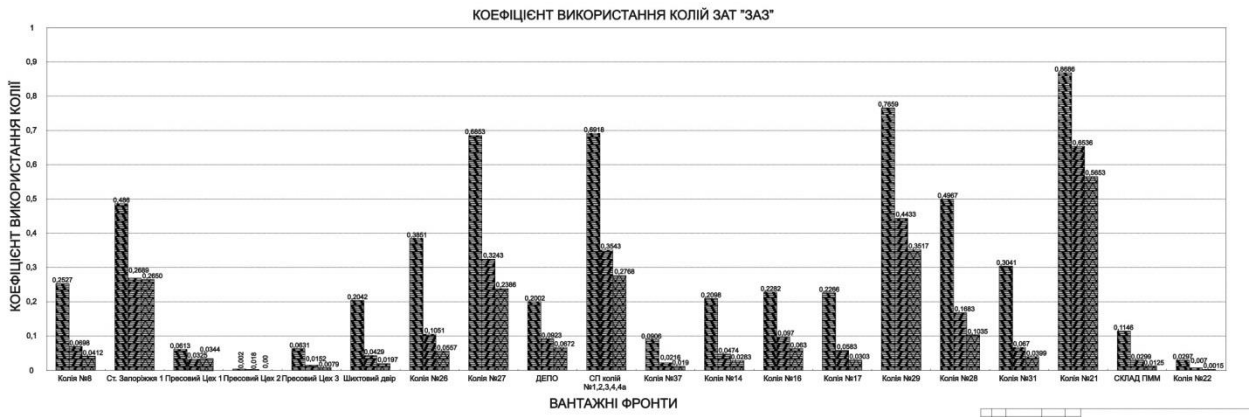


Рисунок 2.28 – Коефіцієнт використання колій ПАТ «ЗАЗ» при обслуговуванні двома, трьома та чотирма локомотивами

З ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок витрат на простій вагонів на вантажних фронтах

Для оцінки економічної ефективності виконаних досліджень використання, при обслуговуванні вантажних фронтів, різної кількості ресурсів системи, тобто локомотивів інвентарного парку ПАТ «ЗАЗ» необхідно визначити різницю у витратах, які складаються з витрат за простій вагонів АТ «Укрзалізниця» на коліях підприємства та експлуатаційних витрат використання локомотивів.

Розрахунок витрат за простій вагонів приводимо наступним чином:

$$C_{ПП}^K = \bar{N} \cdot T_K \cdot p_{T_{ВАГ}}^n, \quad (3.1)$$

де $\bar{N}$ - середня кількість вагонів, які надходять за добу на ПАТ «ЗАЗ», знаходимо розділивши обсяг прибуття вагонів за розрахунковий період на кількість робочих днів у цей період.

$$\bar{N} = \frac{Q_{ВАГ}}{T_K}, \quad (3.2)$$

де $Q_{ВАГ}$ - обсяг прибуття вагонів за розрахунковий період, вагони; $Q_{ВАГ} = 2543$ вагони;

T_K - число календарних робочих діб за розрахунковий період, діб. Розрахунковим період моделювання був обраний один місяць, тому $T_K = 31$ доби.

$$\bar{N} = \frac{2543}{31} = 82 \text{ ваг./доба.}$$

$p_{T_{BAГ}^n}$ - ставка сплати за користування вагонами АТ «Укрзалізниця», береться залежно від загального часу перебування вагонів на коліях ПАТ «ЗАЗ» ($T_{BAГ}^n$);

$T_{BAГ}^n$ - загальний час перебування вагонів на коліях ПАТ «ЗАЗ» (таблиця 2.5): $T_{BAГ}^2 = 28,12$ годин, $T_{BAГ}^3 = 26,59$ годин, $T_{BAГ}^4 = 26,38$ годин.

В розрахунках будемо використовувати загальний час простою вагонів на коліях підприємства з врахуванням коефіцієнта переходу.

k_{Π} - коефіцієнт переходу (k_{Π}), який враховує невраховані технологічні операції подачу, прибирання, переміщення вагонів по території підприємства.

$$T_{BAГ}^{4'} = k_{\Pi} \times T_{BAГ}^n, \quad (3.3)$$

де $T_{BAГ}^{4'}$ - середній час перебування вагонів на коліях підприємства при використанні для обслуговування вантажних фронтів чотирьох локомотивів, який отримано при обробці статистичних даних Відомості обліку обороту вагонів по залізничному цеху ПАТ «ЗАЗ», $T_{BAГ}^{4'} = 43,525$ години

$$k_{\Pi} = \frac{43,525}{26,38} = 1,65.$$

Звідси можемо знайти середній час перебування вагонів на коліях підприємства ПАТ «ЗАЗ» і відповідно визначити ставку сплати за користування вагонами.

- при використанні двох локомотивів:

$$\sum T_{BAГ}^2 = 28,12 \times 1,65 = 46,40 \text{ годин};$$

$$p_{T_{BAГ}^2} = 238,2 \text{ грн.}$$

- при використанні трьох локомотивів:

$$\sum T_{BAГ}^3 = 26,59 \times 1,65 = 43,87 \text{ години;}$$

$$p_{T_{BAГ}^3} = 190,2 \text{ грн.}$$

- при використанні чотирьох локомотивів:

$$\sum T_{BAГ}^4 = 43,525$$

$$p_{T_{BAГ}^4} = 190,2 \text{ грн.}$$

p_t - ставка сплати за користування вагонами АТ «Укрзалізниця», береться залежно від загального часу перебування вагонів на коліях ПАТ «ЗАЗ» ($\bar{t}$);

n – кількість локомотивів, які використовують при обслуговуванні вантажних фронтів.

Визначимо витрати за простій вагонів на коліях ПАТ «ЗАЗ»:

- при використанні двох локомотивів:

$$C_{IP}^2 = 82 \cdot 238,2 \cdot 31 = 605504,4 \text{ грн.}$$

- витрати, зв'язані з простоєм вагонів на ПК підприємства, при використанні трьох і чотирьох локомотивів будуть однаковими, так як всі складові в обох випадках однакові:

$$C_{PP}^{3,4} = 82 \cdot 190,2 \cdot 31 = 483488,4 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок витрат на експлуатацію локомотивного парку

Витрати на експлуатацію локомотивного парку розраховуємо наступним чином:

$$C_{EKC}^n = C_{\text{ЛГ}} \cdot \alpha^n \cdot 24 \cdot \kappa \cdot T_K, \quad (3.4)$$

де $C_{\text{ЛГ}}$ - вартість локомотиво-години $C_{\text{ЛГ}} = 797,65$ грн./час;

α^n - коефіцієнт використання локомотива, беремо за результатами моделювання (таблиця 2.3);

24 – тривалість зміни роботи локомотива.

$$C_{EKC}^2 = 797,65 \cdot 0,9497 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 31 = 1127202 \text{ грн.}$$

$$C_{EKC}^3 = 797,65 \cdot 0,7636 \cdot 24 \cdot 3 \cdot 31 = 1359479 \text{ грн.}$$

$$C_{EKC}^4 = 797,65 \cdot 0,5953 \cdot 24 \cdot 4 \cdot 31 = 1413127 \text{ грн.}$$

3.3 Вибір економічно вигідного варіанту транспортного обслуговування

Розраховуємо загальні витрати на експлуатацію локомотивного парку та простій вагонів:

$$C_{3AG}^2 = 605504,4 + 1127202 = 1732706,4 \text{ грн.}$$

$$C_{3AG}^3 = 483488,4 + 1359479 = 1842967 \text{ грн.}$$

$$C_{3AG}^4 = 483488,4 + 1413127 = 1896615 \text{ грн.}$$

Як видно з розрахунків, варіант з використанням двох локомотивів є найбільш економічно вигідним, так як витрати з його використання є найменшими.

Економія експлуатаційних витрат при впровадженні першого варіанту порівняно з другим складе:

$$E_2 = 1842967 - 1732706 = 110261 \text{ грн.}$$

Ця економія в відсотках до запропонованого варіанту складе:

$$\%E_2 = \frac{110261}{1732706} \times 100\% = 6,3\%$$

Економія експлуатаційних витрат при впровадженні першого варіанту порівняно з третім складе:

$$E_3 = 1896615 - 1732706 = 163909 \text{ грн.}$$

У відсотках:

$$\%E_3 = \frac{163903}{1732706} \times 100\% = 9,48\%.$$

В таблиці 3.1 вказані техніко-економічні показники результатів магістерської роботи.

Таблиця 3.1 – Техніко-економічні показники магістерської роботи

Найменування показників	Величина		
1 Кількість локомотивів, одиниць	2	3	4
2 Експлуатаційні витрати за використання вагонів, грн./місяць	605504	483488	483488
3 Експлуатаційні витрати за використання локомотивів, грн./місяць	11127202	1359479	1413127
4 Загальні експлуатаційні витрати, грн./місяць	1732706	1842967	1896615
5 Економія експлуатаційних витрат за рахунок впровадження оптимального варіанту, грн./місяць		110261	163909

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В магістерській роботі на тему «Дослідження роботи внутрішньозаводського залізничного транспорту на прикладі машинобудівного підприємства» розглянуто аналіз потенційних небезпек, що можуть вплинути на дослідника та робітників під час вантажної переробки металопродукції та її перевезення. Розроблені заходи по їх усуненню. Розглянуті небезпеки при перевезенні вантажу залізничним транспортом.

4.1. Аналіз потенційних небезпек

1. При завантаженні вагонів металопродукцією можливо падіння вантажу з-за несправності стропів, траверс, гаків кранів, що призводить до травмуванню робітників;

2. При навантажувальних роботах можливо падіння вантажу з-за різних причин:

- а) не надійності кріплення останнього стропальниками;
- б) не виконання стропальниками встановленої системи сигналізації;
- в) переміщення вантажу понад норми по номіналу ваги;
- г) перенесення вантажу над людьми;

3. Ураження електричним струмом козлових та стрілових кранів при роботі їх біля мережі і повітряних ліній, що перебувають під напругою що призводить до загибелі людей;

4. При роботах в темну пору при вантажних роботах при недостатньому освітленні можливо не дотримування технології складування вантажу, що призведе до обвалу складованого вантажу і травмування робітників;

5. При не відповідних діях при зчепленні вагонів, не застосуванні башмаків, можливе відділення вагонів від головного поїзду, що призведе до аварій;
6. Під час навантажувальних робіт в холодну пору року можливе переохолодження робітників, що призводить до захворювання;
7. Можливе падіння стрілових та козлових кранів з-за сильного вітру на навантажувальному майданчику;
8. Багато травм відбуваються при виконанні робіт на полотні під час переходу через колії, під час перетинання колії перед наближенням рухомого складу, під час перетинання колії на якій стоять вагони;
9. При обробці даних на ПК на дослідника діє ряд шкідливих факторів таких як не відповідність мікроклімату приміщення, де знаходиться ПК, недостатня освітленість, підвищений рівень шуму та інші.

Заходи по попередженню потенціальних небезпек та забезпеченню безпеки при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт на залізничному транспорті, заходи з виробничої санітарії та гігієни праці, з пожежної безпеки та з цивільного захисту наведені в презентації.

ВИСНОВКИ

Запропонована у даній магістерській роботі імітаційна модель функціонування системи обслуговування транспортних вимог виробничих підрозділів локомотивами заводського парку дає змогу на основі вхідних даних, у ролі яких виступають інтервали часу між надходженням вимог та тривалість їхнього обслуговування локомотивами (таблиці 2.1 та 2.2), отримати розрахункові технічні показники роботи системи (таблиці 2.4 та 2.5) для подальших розрахунків техніко-економічних показників.

Розрахунки для представленої моделі показали, що скорочення кількості використовуваних локомотивів для обслуговування потоку транспортних вимог з 4 до 2, при збільшенні часу простою рухомого складу ($\Delta T_{BAГ}^3 = 2,53$ години, $\Delta T_{BAГ}^4 = 2,875$ години) принесе економічний ефект у розмірі 6,3% від використання 2 локомотивів в порівнянні з 3 локомотивами та 9,48% від використання 2 локомотивів в порівнянні з 4 локомотивами .

Місячна економія загальних експлуатаційних витратах на використання вагонів та локомотивів за розрахунковий період при використанні двох локомотивів в порівнянні з трьома складе 110261 грн., а при порівнянні з чотирма - 163909 грн.

Отримуючи вихідні результати моделювання про час знаходження вагонів у системи під обслуговуванням локомотивами, коефіцієнту використання локомотивів та колій заводу, і виконуючи необхідні розрахунки техніко-економічних показників можемо зробити висновок про прийняття найбільш раціонального варіанту організації процесу роботи системи обслуговування, який дозволить скороти сумарний час простою рухомого складу на під'їзних коліях, оптимізувати роботу локомотивів, завантаженість колій підприємства, що дає змогу скороти експлуатаційні витрати на користування рухомого складу і локомотивів.

В даний час, коли на ринку транспортних послуг діють вільні ціни, застосування методу статистичного аналізу та імітаційного моделювання для визначення показників використання локомотивного та вагонного парку дозволить виявити найбільш важливі фактори в конкретних умовах діяльності підприємства, які суттєво впливають на результати експлуатаційної діяльності підрозділів залізничного транспорту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Запорозький автомобілебудівний завод – Вікіпедія : веб-сайт. – URL : <https://uk.wikipedia.org>.
2. Правила перевезення вантажів. Нормативна база. Офіційний сайт. – URL : <https://www.uz.gov.ua>.
3. Ставки плати за використання власних вагонів перевізника АТ «Укрзалізниця», які діють з 31.01.2021р.Офіційний сайт. – URL : <https://www.uz.gov.ua>.
4. Яновський П. О. Концептуальні основи підвищення якості транспортного обслуговування вантажів залізницями України / П.О. Яновський. – К.: «Кондор», 2018. - 252с.
5. Плоткин Б. К. Экономические методы и модели в управлении материальными ресурсами: Учеб. пособие. – Л.: ЛФЭИ, 1992. – 220 с.
6. Ковальчук К. Ф. Интеллектуальная поддержка принятия экономических решений /Отв. ред. О. П. Суслов. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1996. – 224 с.
7. Залманова М. Е. Управление системами переработки, хранения и доставки продукции. Логистическая концепция: Учеб. пособие. – Саратов: СПИ, 1990. – 64 с.
8. Економіко-математичне моделювання технологічних процесів роботи залізничної проміжної станції /Мишко С. Ф. // Залізничний транспорт України. – 2006. – №5. – С. 30 – 36.
9. Бакаев А. А., Костина Н. И., Яровицкий Н. В. Автоматные модели экономических систем. – Киев: Наук. думка, 1970. – 192 с.
10. Оцінка стійкості функціонування складних систем /Яновський П. О., Шаповал Г. В. // Залізничний транспорт України. – 2006. – №2. – С. 67 – 69.

11. Шаповал Г. В. Математичні моделі технологічних ліній на сортувальних станціях // Зб. наук. пр. КУЕТТ. – 2004. – Вип.6 – С. 167 – 173.
12. Нагорный Е. В., Шиш В. А., Титов Н. Ф. Проблемы технологии работы погранично-передаточных станций Украины // Информац. - керуючі системи на залізничному транспорті. – 1997. - №4 – С. 38 – 40.
13. Луханин Н. И., Титов Н. Ф., Шиш В. А. Повышение эффективности функционирования передаточных станций Украины // Залізничний транспорт України. – 2006. – №1 – С. 34 – 38.
14. Нагорный Е. В., Брутько Т. В., Титов Н. Ф. Моделирование технологического процесса обработки вагонов, информации и перевозочных документов экспортно–импортного вагонопотока по прибытию на передаточных станциях // Мівуз. зб. наук. прац. ХарДАЗТ, 1999. – Вип. 33 – С. 125 – 129.
15. Принцип побудови інтегрованої інформаційно-керуючої системи технолого-економічного управління залізницями України (ТЕМП – УЗ) / В. С. Алейник, О. П. Бочаров, Б. О. Кривоший, В. О. Шиш // інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. - №4, 5. – С. 54 – 58.
16. Алейник В. С., Бочаров А. П., Шиш В. А. Совершенствование технологии перевозочного процесса и пути оптимизации эксплуатационной работы // Информац. – керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. - №5. – С. 54 – 58.
17. Звіт головного комерційного управління, - Київ: Укрзалізниця, 2005. – С. 50 – 70.
18. Брутько Т. В., Лаврухін О. В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин // Східно - Європейський

- журнал передових технологій. – 2004. – Спецвипуск №7 [1]. – С. 16 – 19.
19. Брутько Т. В., Лаврухін О. В. Модель поїздоутворення на основі ситуаційної моделі прийняття рішення // Східно - Європейський журнал передових технологій. – 2004. – Випуск №3 [9]. – С. 30 – 33.
 20. Математична модель функціонування пункту комерційного огляду вагонів // Ломотько Д. В., Кузнєцов М. М., Тартушка К. В. // Залізничний транспорт України. – 2006. - №5. – С. 37 – 37.
 21. Веникав В. В. Формирование морского транспортного потенциала в системе интеграционных процессов. – Одесса: Феникс, 2004. – 224 с.
 22. Винников В. В. Логистические мультимодальные транспортные технологии в системе транспортных коридоров // Зб. доповідей 7 Міжнар. нак. – прак. конференції “Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики”. – К.: Мін-во тран-ту та зв’язку України, 2005. – С. 20 – 24.
 23. Боровиков В. П., Боровиков И. П. STATISTICA® – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows® – М.: Информационно–издательский дом «Филинь», 1998. – 608 с.
 24. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи теорії систем і управління» (основи роботи у системі Statistica for Windows), для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології(за видами)» денної та заочної форм навчання / Укл.: В.П. Юдін, С.В.Грицай, С.І.Калкасов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 34с.
 25. Дональд Дж. Бауєрокс, Дейвид Дж. Клосс. Логістика. Интегрированная цепь поставок. – М.: Транспорт, 2001. – 639 с.

26. Слободян І. А. Економіко-математична модель перевалювання зерна через морський термінал // Залізничний транспорт України. – 2006. - №4. – С. 27 – 31.
27. Бакаев А. А., Костина Н. И., Яровицкий Н. В. Имитационные модели в экономике. – К.: Наук. думка, 1978. – 300 с.
28. Бабушкин Г.Ф. Технология и организация транспортно-складских работ на промышленном транспорте : учебное пособие / Г.Ф. Бабушкин. – К.: ИСДО, 1993. – 192 с.
29. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни «Вантажні перевезення» для студентів спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» / Укл. Г. Ф. Бабушкін, Г. О. Лебідь. Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 46 с.
30. 24. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука. – М., 1978. – 198 с.
31. Иозайтис В. С., Львов Ю. А. Экономико-математическое моделирование производственных систем. – М.: Высш. школа, 1991 – 192 с.
32. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання транспортних процесів» для студентів спеціальностей 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)», 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» денної форми навчання / Укл.: О.Ф. Кузькін, С.М. Турпак. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 58 с.