

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТАВКИ ЦЕГЛИ В УМОВАХ АТ «МОТОР СІЧ»

Виконав: студент II курсу, групи T-311м

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

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

		<u>Євген ІВАНОВ</u> (прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Геннадій БАБУШКІН</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент		<u>Андрій ЩЕРБИНА</u> (прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет _____ транспортний
 Кафедра _____ «Транспортні технології»
 Ступінь вищої освіти _____ магістр
 Спеціальність _____ 275 Транспортні технології
 (на автомобільному транспорті)
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____ Транспортні технології
 (на автомобільному транспорті)
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«24» _____ 10 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Іванова Євгена Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Організація доставки цегли в умовах АТ «МОТОР СІЧ»

керівник проєкту (роботи) Геннадій Федорович Бабушкін,
проф. д-р.техн.наук

затверджені наказом закладу вищої освіти від «24» жовтня 2022 р. №352

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі обсяги вантажоперевезень цегли,, існуюча технологія доставки цегли одержувачам, існуючий рухомий склад

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Аналіз вантажопотоків силікатної цегли. 2.2 Аналіз напрямків перевезення цегли. 2.3 Розрахунок річного пробігу автотранспортних засобів за базовим на проєктним варіантами. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та 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	Бабушкін Г.Ф., професор		
Основна частина	Бабушкін Г.Ф., професор		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «24» жовтня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

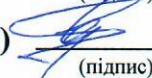
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	24.10-07.11.2022	
2	Основна частина	07.11-27.11.2022	
3	Економічна частина	28.12-05.12.2022	
4	Охорона праці	05.12-10.12.2022	
5	Оформлення МР	10.12.-13.12.2022	
6	Перевірка МР на плагіат	12.12.-18.12.2022	
7	Отримання зовнішніх рецензій	12.12.-16.12.2022	
8	Захист магістерських робіт	19.12.-23.12.2022	

Студент(ка)


(підпис)

Євген ІВАНОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Геннадій БАБУШКІН
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 86 с., 11 табл., 15 рис., 11 джерел.

АВТОМІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, ВАНТАЖНІ ОПЕРАЦІЇ,
ВИРОБНИЦТВО ФЕРОСПЛАВІВ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ,
ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ТРІСКА ДЕРЕВИНИ.

Об'єкт дослідження – транспортна система перевезення цегли в умовах
АТ «Мотор Січ»

Мета роботи – аналіз та удосконалення технологічного процесу
доставки цегли до споживачів північно-східної частини запорізької області за
рахунок використання автомобільного транспорту.

Методи дослідження – аналітичний аналіз тривалості транспортних та
технологічних операцій при перевезенні цегли, статистичний аналіз
вантажопотоків, графо-аналітичний аналіз, метод північно-західного кута
складання опорного плану.

Досліджено забезпечення цеглою населені пункти південно-східної
частини Запорізької області, проаналізоване розташування цих населених
пунктів та автомобільних шляхів сполучення, досліджений процес
перевезення, вибраний та реалізований метод оптимізації планування
доставки силікатної цегли та обґрунтовані проєктні рішення техніко-
економічними розрахунками.

ЗМІСТ

	с.
Завдання	2
Реферат	4
ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Загальна характеристика АТ «Мотор-Січ»	8
1.2 Технологія виробництва та транспортування цегли	14
1.3 Постановка завдань досліджень	25
2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	26
2.1 Аналіз вантажопотоків силікатної цегли	26
2.2 Аналіз напрямків перевезень цегли	32
2.3 Розрахунок річного пробігу автотранспортних засобів за базовим та проєктним варіантами	49
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	56
3.1 Визначення експлуатаційних витрат за рік по базовому варіанту	56
3.2 Визначення експлуатаційних витрат за рік за проєктним варіантом	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
4.1 Аналіз потенційних небезпек	68
4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	69
4.2.1 Заходи безпеки з пожежної безпеки	69

4.2.2 Заходи з цивільного захисту	69
Висновки	71
Перелік посилань	72
Додаток А	74
Додаток Б	75
Додаток В	77

ВСТУП

Автомобільний транспорт відіграє велику та дуже значущу роль в транспортній системі України та має розвинуті та вдосконалені системи автосервісних послуг.

Система управління автомобільним транспортом та транспортна система взагалі виступає світовим стандартом. Це означає, що є дуже розвинуті передові методи та технології доставки та вантажопереробки вантажів; багато нових науково-технічних та технологічних розробок; висококваліфікований персонал, якій приймає участь в транспортному процесі; різноманітність науково-технічних проєктів, які є конкурентноздатними та можуть бути з успіхом реалізовані.

До переваг використання автомобільного транспорту можна віднести: на вантажопотоках, які потребують довідправлення додаткової кількості вантажу, можна забезпечити цей процес без додаткових перевантажень на інших вантажних операцій; висока маневреність та швидкість доставки; висока надійність доставки; менші економічні витрати при перевезеннях на невеликі відстані.

Тому багато підприємств, які можуть використовувати як автомобільний, так і залізничний транспорт, надають перевагу автомобільному, особливо на невеликих і (або) нестабільних вантажопотоках. Саме тому в магістерській роботі для здійснення перевізного процесу був обраний автомобільний транспорт.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика АТ «Мотор-Січ»

Історія Мотор-Січі складається з етапів створення та освоєння серійного виробництва нових авіадвигунів, кожен з яких був дуже важливим вкладом до розвитку вітчизняного авіадвигунобудування [1].

Датою заснування підприємства є 10.12.1907 року, в той час брати Мознаї відвели в нинішньому місті Запоріжжя земельну ділянку для створення металургійного та машинобудівного заводу з виготовлення різних машин і знарядь праці, завод був побудований та почав працювати через два роки і мав виражений сільськогосподарський профіль.

У 1915 році на заводі з'явився новий власник, його територіально розширили.

У 1916 році на підприємстві був виготовлений перший авіаційний двигун «ДЕКА» М-100 — однорядний 6-циліндровий двигун з водяним охолодженням. З цього моменту історія підприємства вже була пов'язана, головним чином, з розвитком авіаційної галузі країни.

У 1923 році налагоджено серійне виробництво авіадвигуна на основі прототипу французького аналога, але за використанням тільки вітчизняних матеріалів.

У 1925 році перша партія двигунів М-6 пройшла державні випробування. Потужність 8-циліндрового двигуна становила 300 к.с. Двигун М-6 випускався з 1-ї по 9-у серії.

Двигун М-11 (1927 р.) ознаменував нову епоху історії авіації України. Було створено багато його модифікацій, понад 50 років поспіль з ним випускалось понад 80 типів літальних апаратів.

У 1930 році зроблено нову модель двигуна М-22. Він був одним з кращих у світі за того часу: 9-циліндровий радіальний з повітряним

охолодженням на 480 к.с. потужності. Встановлений на 12 типах літаків, він був основою винищувальної авіації в передвоєнне десятиліття. Випускався до 1936 року.

Двигун нового покоління М-85 з 14 циліндрами і мав потужність 850 к.с. З нього вийшло потім багато різних модифікацій, в тому числі М-86 і М-88. На літаках з ними встановлено десятки світових рекордів [1].

У жовтні 1943 року, після визволення Запоріжжя, почалося відновлення заводу. У 1944 році до Запоріжжя з неокупованих територій прибули перші токарні та свердлильні верстати, електродвигуни, преси та зварювальне обладнання. До травня цього ж року розпочато ремонтні роботи двигуна М-88Б.

З 1945 до 1947 року завод випускав мотоциклетні двигуни.

У 1945 році також було відновлено науково-конструкторське бюро, на чолі з Олександром Івченко, яке почало розробку першого в світі вертолітного поршневого двигуна АІ-26ГР (АІ-26Б).

Потреба країни в цих двигунах зростала з кожним днем. Вже восени 1948 року в повітрі використовувався перший найбільш універсальний вертоліт Мі-1.

У 1953 році на підприємстві розпочато новий етап – створення реактивної техніки – у виробництво запущено турбореактивний двигун РД-45Ф, а в 1956 році – турбореактивний двигун РД-500.

На початку 1950-х років на підприємстві почали створювати новий турбогвинтовий двигун АІ-20 потужністю 4000 к.с., який міг забезпечити літаку льотні характеристики, що відповідають новим вимогам. У 1956 році було проведено стендові та льотні випробування. Вже у 1957 році, менш ніж через рік після початку випробувань цього двигуна, літак Іл-18 з 4-ма такими двигунами піднявся у політ.

АІ-20 став настільки затребуваним та вдалим за конструкцією, що його виробництво продовжується і в сьогоднішній час завдяки високій надійності та тривалому ресурсу використання.

У 1957-1958 роках на базі Запорізького моторобудівного заводу створено два відокремлених підприємства – безпосередньо Запорізький моторобудівний завод та ЗМКБ «Прогрес».

На початку 60-х у нашому місті був розроблений і виготовлений двигун АІ-24 для літака Ан-24, який використовувався з 1966 року на літаках Аерофлоту.

У 1972 році двигун ТВ3-117 пройшов необхідні випробування і надійшов у серійне виробництво.

У 80-х роках авіабудування в країні інтенсивно рухалось до виходу на міжнародний рівень. Але вітчизняне обладнання потребувало відповідності міжнародним стандартам. При розробці двигунів було враховано не лише технічні параметри та вимоги до них щодо потужності, ресурсу роботи та витрати авіапалива, та екологічні критерії, зокрема, димність та шум. Забезпечено також було зручність технічного обслуговування та ремонтних робіт під час використання далеко за межами країни.

Д-36 став першим двигуном, який задовільнив усі вимоги та у 1975 році Як-42, оснащений саме ним, здійснив політ і пройшов успішні випробування в умовах холодного клімату півдня, спекотної Середньої Азії, зокрема, на великій висоті.

Літак пройшов кілька успішних модифікацій, одну для міжнародних рейсів і одну для наукових досліджень. З 1977 року двигун Д-36 оснащував транспортний літак Ан-72, а в 1983 році – багатоцільовий Ан-74.

У 1977 році пройшли стендові опрацювання двигуна Д-136 Прогресу. До складу двигуну входило 9 модулів, 5 з яких були повністю аутентичними модулям Д-36.

З 82-го року цей агрегат вже було запущено в серійне виробництво, на той час він призначався для гелікоптера Мі-26 з найбільшою в світі можливістю транспортування вантажів за масою.

Двигун Д-36 надалі став прототипом ще більш потужної силової установки для Ан-124 «Руслан». Так само, як і Д-36, новий двигун Д-18Т вийшов модульним, але їх кількість вже налічувала 18 одиниць. Задля повноцінного освоєння виробництва цього великогабаритного агрегату, на правобережній частині нашого розпочато будівництво нового підрозділу підприємства - цеху та випробувальної станції.

Ан-124 «Руслан» у 1982 року був відправлений у політ завдяки 4 двигунам Д-18Т.



Рисунок 1.1 – Ан-124 «Руслан»

У 88му році минулого сторіччя створено Ан-225 «Мрія», який здіймали у повітря 6 двигунів Д-18Т. Корисне навантаження літака склало 250 тонн, що становить межу для авіаційної промисловості світу й донині. На жаль, в цьому році він був пошкоджений внаслідок військового вторгнення до України.



Рисунок 1.2 – Ан-225 «Мрія»

У 90-ті роки підприємство випускало понад 5 тисяч двигунів. Праця на зовнішній ринок здійснювалась вже в умовах незалежної України.

Створення нових двигунів здійснювалось на основі існуючих моделей. Було запусчено у виробництво потужні агрегати Д-436Т1/ТП, ТВ3-117ВМА-СБМ1 та ін.

Наступним кроком для військово-транспортного літака Ан-70 створений двигун Д-27.

На підприємстві оснащують силовими агрегатами багатоцільові літаки та гелікоптери:

- AI-25ТЛК – китайський літак К-8J;
- AI-25ТЛШ для літака Чехії Л-39У;
- МС 14 – Ан-2-100;
- AI-222-25 для Як-130;
- AI-322Ф і AI-322 для літаків Китаю Л-15,
- ТВ3-117ВМА-СБМ1В для гелікоптерів Мі-8Т.



Рисунок 1.3 – Китайський літак К-8J з двигуном «Мотор-Січ»

Гелікоптерне виробництво підприємства включає такі сучасно обладнанні підрозділи:

- машинно-складальний цех;
- ділянка зняття та нанесення лакофарбових покриттів;
- льотно-випробувальна база.

Освоєно виробництво легких вертольотів:

- Мi-2МСБ з двигунами АІ-450М-Б;
- МСБ-2 з двигунами АІ-450М-П.

1.2 Технологія виробництва та транспортування цегли

Силікатна цегла є штучним негорючим стіновим будівельним матеріалом, який виготовлений шляхом ущільнення зволоженої суміші кремнеземистого матеріалу під дією насиченої пари в автоклавах та процедурою подальшого витримування [2].

Силікатна цегла відноситься, з позицій екології, до чистих будівельних матеріалів. Тобто негашене вапно CaO , яке гаситься в силосному реакторі та перетворюється на гашене вапно Ca(OH)_2 , використовується як в'язка речовина.

Після придання форми виробам, вони відправляються до автоклаву, де під тиском (12-16 бар) та в умовах високої температури (до 200 градусів Цельсія) і за високої вологості проходить реакція з утворенням силікату гідриду кальцію і вуглекислого газу, далі відбувається карбонізація.

Використовується традиційний процес створення силікатної цегли, який є наступним [3].

Технологічний ланцюжок включає видобуток і постачання піску і вапняку або крейди, виробництво вапна, приготування вапняно-кременистого в'язучого (ВКВ), виробництво силікатної маси, пресування цегли та обробку парою в автоклавах.

Процес навантаження сировини для виробництва цегли показаний на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Навантаження сировини для виробництва цегли

До корпоративної структури, як правило, входять такі основні виробничі підприємства:

- піскомийні, вапнякові або крейдянні кар'єри, механізовані майданчики для зберігання піску і вапняку або крейди.
- вапняна піч;
- цегельний цех із силосним, змішувальним, пресовим та автоклавним підрозділами.

Початковою ланкою є видобуток і постачання піску для виробництва. Природний промитий пісок, а іноді – зола з високим вмістом SiO_2 , використовується для виробництва силікатної продукції.

Після зневоднення піску на спеціальних майданчиках та усереднення його доставляють до місця виробництва. Просіяний пісок зберігається в бункерах.

Наразі виробництво вапна не обов'язково планується на цегельному заводі, оскільки цей процес є не досить екологічно чистим.

Для комплексу з виробництва силікатної цегли наявність вапняної ділянки не є обов'язковою. Більшість нових проєктів не пропонують цей підрозділ, оскільки сьогодні все частіше відмовляються від повного циклу виробництва. Тому випадку вапно дрібного помелу краще придбати у стороннього виробника.

Хоча, завдяки високій ціні в'язучих матеріалів самостійне виробництво вапна забезпечує більшу рентабельність. Крім того, за допомогою власних обпалювальних ділянок можна отримати оптимальне для силікатного виробництва вапно, що вимагає короткого гасіння.

Сировиною для виробництва вапна є карбонатні породи – вапняк з вапнякових кар'єрів або крейда, видобута з крейдяних кар'єрів – виробництво забезпечується одним й тим самим технологічним процесом. Таке ж технічне оснащення, як і процес виробництва вапна з крейди, тільки режим дещо інший. Сировина з кар'єру автомобілем транспортується до вапнякової печі та за допомогою бульдозера завантажується в приймальний устрій.

Вапно обпалюється, як в обертових печах, так і в шахтних печах, свіже вапно просіюється та вапно зберігається в бункері.

З 1 кг вапна (CaCO_3) утворюється близько 0,6 кг вапна і 0,4 кг CO_2 . Отже, щоб отримати 1 кг вапна, потрібно використати приблизно 1,8 кг вапняку або крейди.

Розкладання CaCO_3 починається при 600 градусах Цельсія і закінчується при 900 градусах Цельсія.

Приготування вапняно-кремнеземного в'язкого матеріалу потребує подрібнення матеріалів.

Вапняно-кремнеземне в'язуче, або просто в'язуче, являє собою суміш негашеного вапна і піску в пропорції 1:1. В'язучий отримують в результаті подрібнення піску і негашеного вапна.

Стрічковим конвеєром сировина подається до бункерів, що показано на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Подача сировини стрічковим конвеєром до приймального бункера

На наступному технологічному етапі виконується змішування, тобто сполучна речовина з'єднується з піском. Кульковий млин забезпечує товщину помелу. Контроль та періодичність перевірок технічних параметрів здійснюються відповідно до затвердженого технічного регламенту підприємства. При цьому процесі використовується газоочисний і пилоочисний блоки, які використовують безвідходну технологію для повернення зібраного матеріалу назад у виробництво. Газоочисники та пилоочисники представлені є циклонами та фільтрами.

Спільний помел вапна і піску має багато переваг:

- пісок у суміші видаляє вапняні відкладення на стінках млина та мелючих тілах;
- активні добавки утворюються у вигляді пилу;
- кількість в'язучої речовини більша, ніж у вапна, що полегшує його розподіл під час процесу змішування;
- споживання енергії зменшується в міру нагрівання суміші.

Гартування вапняно-кременистих в'язучих може здійснюватися циклічно і безперервно в спеціальних силореакторних ємностях. Процес гасіння негашеного вапна (CaO) — це така хімічна реакція:



Цей хімічний процес протікає з виділенням тепла. В результаті гартування температура суміші підвищується до 50-70 градусів, а вологість знижується до 3-5% за рахунок гартування і втрат на випаровування.

У циркуляційному режимі силосний реактор завантажується в'язучим приблизно на 0,5-1,5 години, а потім повністю виймається з силосу, щоб звільнити місце для наступного циклу. Найпростішим є циркуляційне гасіння.

Існують силосні реактори безперервної дії – в них завантаження і вивантаження в'язучого відбувається безперервно і час реакції регулюється швидкістю вивантаження.

Силоси реакторів безперервної дії вимагають більшого догляду, але мають багато переваг, зокрема, через їх мобільність.

У реакторних силосах камінь повинен бути повністю погашений. Насправді помилки на цьому етапі можуть призвести до того, що негашене вапно вже зникло в автоклаві після формування. Процес гарту супроводжується значним збільшенням об'єму, що призводить до розтріскування цегли.

У ділянці змішування відбувається додаткове зволоження і перемішування силікатної суміші, після чого готова суміш транспортується через бункер преса.

Надалі продукт потрапляє до зони формування продукту. У відділенні пресування сира цегла пресується в пресі з відносно високим питомим тиском, порожня вагонетка подається на прес, а цегла-сирець автоматично укладається на візок і завантажується. Візок котиться назад у секцію автоклава.

Звичайне пресування цегли виконується на пресах спеціальної продуктивності.

Наступною ланкою процесу є робота автоклавного відділення.

В автоклавному відділенні з метою прискорення фізико-хімічного процесу твердіння силікатної цегли здійснюється процес парової обробки цегли за заданим технічним режимом, а готова продукція відправляється з цегли на склад.

На рисунку 1.6 показаний загальний вигляд автоклавів:

- ліворуч – завантажений сировою цеглою;
- праворуч – пустий.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд автоклавів

Слід відмітити, що готова продукція з певних цегельних пресів може доставлятися на ділянку декоративного оздоблення цегли.

Наприклад, фарбування поверхні цегли та обробка її реагентами дозволяє підвищити морозостійкість силікатної цегли та змінити кольорову гаму виробів, що випускаються силікатними заводами.

На складі готової продукції цегла зберігається, виконується контроль якості та сортування за марками. На заводі організовано післяопераційний контроль якості готової продукції на всіх етапах виробництва. На складах готової цегли використовуються крани із захватними пристроями для масового завантаження цегли на транспортні засоби. Транспортування цегли здійснюється автомобільним і залізничним транспортом.

Процес автоклавної обробки силікатної цегли. Силікатна цегла обробляється насиченою парою для забезпечення необхідної міцності. У той же час температурний вплив у поєднанні з наявністю необхідного водного середовища в зеленій цеглі сприяє перебігу реакції для утворення цементних матеріалів максимальної міцності. Насичена пара з температурою близько 200 градусів Цельсія має тиск у 8 атмосфер.

Автоклав являє собою трубу довжиною 20-30 м, діаметром 2-2,5 м, режим роботи автоклава: 1,5 год. – підйом пари, 5-6 годин – час витримки, 1-1,5 години – падіння пари.

Процес завантаження цегли до автоклаву показаний на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Процес завантаження цегли до автоклаву

При автоклавуванні, в процесі пропарювання цегли-сирцю, розрізняють три стадії.

Перший етап починається з моменту введення пари в автоклав і закінчується при вирівнюванні температури теплоносія (пари) і продукту, що обробляється.

Другий етап характеризується постійною температурою і тиском всередині автоклава. У цей час максимально розвинуті всі фізико-хімічні процеси, що сприяють утворенню гідросилікатів кальцію і тим самим твердненню виробів, що переробляються.

Третя стадія включає час охолодження виробу в автоклаві, починаючи з моменту припинення доступу пари в автоклав до моменту вилучення готової цегли з автоклава.

На першому етапі відбувається пропарювання насиченою парою під тиском 8 атмосфер і температурою 175°C. У той же час пара починає охолоджуватися і конденсуватися на сирих цеглинах і стінках автоклава. З підвищенням тиску пара починає проникати в дрібні пори цегли і перетворюється на воду, додаючи воду від конденсації пари до води, що вводиться під час виробництва силікатної маси. Конденсат, що утворюється в порах, розчиняє гідратований оксид кальцію, який міститься в сирній масі, та інші розчинні речовини, що містяться в сирній масі.

Відомо, що пружність парів розчинів нижча, ніж у чистих розчинників. Тому водяна пара, що надходить в автоклав, конденсується на розчині вапна і намагається знизити концентрацію розчину вапна. Це зберігає інгредієнти ще більш вологими під час процесу приготування на пару. І третя причина, по якій пари конденсуються в порах сирії цегли, – це капілярні властивості матеріалу. Роль пари під час пропарювання полягає лише в утриманні вологи в сирній масі в умовах високої температури. Без пари відбувається миттєве випаровування води, що сушить матеріал і повністю припиняє реакцію утворення гідросилікату цементуючої речовини.

У той момент, коли максимальна температура всередині автоклава досягає 170-200 градусів, починається другий етап пропарювання. У цей час максимально розвинені хімічні та фізичні реакції, що призводять до утворення моноліту.

До цього моменту пори сировини заповнені водним розчином гідрату оксиду кальцію Ca(OH)_2 , який безпосередньо контактує з кремнеземом SiO_2 піску. Пропарювання водного розчину гідратованого оксиду кальцію призводить до нової речовини – гідросилікату кальцію: спочатку гідросилікат знаходиться в колоїдному (залізоподібному) стані, але поступово кристалізується в тверді кристали піску, який змінюється і зв'язує частинки. Крім того, з насичених водних розчинів гідрат оксиду кальцію також випадає в осад у кристалічній формі та бере участь у зв'язуванні піску через процес його кристалізації. Тому на другій стадії парової обробки зелена цегла поступово твердне шляхом утворення силікату кальцію та його перекристалізації та гідратованого оксиду кальцію.

Третій етап пропарювання починається з припинення доступу пари в автоклав. Залежно від ізоляції стінок автоклава і проходження пари, зниження температури всередині автоклава починається швидше або повільніше. Температура продукту знижується і вода стає дефіцитною, тобто вода випаровується і концентрація розчину в порах збільшується. Силікат кальцію стає більш основним і це триває до тих пір, поки цегла не буде витягнута з автоклава. В результаті підвищується твердість гідросилікату кальцію, а отже, і міцність силікатної цегли. При цьому плівка цементуючого матеріалу збагачується гідратами оксиду кальцію, що випадають з розчину.

Механічна міцність силікатної цегли, вилученої з автоклавів, нижче, ніж при подальшій витримці на повітрі. Це пояснюється карбонізацією гідрату оксиду кальцію, спричиненою атмосферним вуглекислим газом за формулою $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CaCO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Отже, повний технологічний цикл пропарювання цегли в автоклаві складається з таких операцій: очищення та завантаження автоклава, закриття та кріплення кришки, пропускання пари. Потім відбувається відкривання кришки та вивантаження автоклаву.

Сума всіх перерахованих операцій становить цикл автоклавування, еквівалентна 10-13 годинам. Пропарювання цегли в автоклаві вимагає суворого дотримання температурного режиму: рівномірний нагрів, витримка під тиском і рівномірне охолодження.

Процес вивозу готової цегли з автоклавного відділення показаний на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Процес вивозу готової цегли з автоклавного відділення

1.3 Постановка завдань досліджень

В дійсний час багато прилеглих до міста Запоріжжя населених пунктів мають значні ушкодження інфраструктурних об'єктів.

Підприємства міста зберігають достатньо потужний потенціал для виробництва будівельних матеріалів, зокрема – силікатної цегли. Ставлячи за основну мету – забезпечення цим матеріалом населені пункти південно-східної частини Запорізької області, необхідним є:

- виконання аналізу розташування цих населених пунктів та автомобільних шляхів сполучення;
- дослідження процесу перевезення;
- вибір та реалізація методу оптимізації планування доставки силікатної цегли;
- виконання економічних розрахунків для обґрунтування отриманих рішень.

2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз вантажопотоків силікатної цегли

Відвантаження виробленої силікатної цегли здійснюється на дерев'яних європіддонах розмірами 1200x800 мм.

В залежності від умов постачань до підприємств вага цегли на піддоні коливається від 840 кілограмів до 1400 кілограмів.

Виконаємо статистичний аналіз та встановимо середній розмір одиничного вантажного місця для подальших розрахунків.

На рисунку 2.1 показаний поширений варіант розміщення цегли на європіддоні.



Рисунок 2.1 – Розміщення цегли на європіддоні

За даним варіантом на піддоні знаходиться 352 од. цегли, загальна вага становить $352 \cdot 3,7 = 1,3$ т.

Для зменшення бою цегли її можуть складати на піддони в спосіб, який називають «ялинкою», тобто під кутом 45° . Такий метод укладання зменшує тиск верхніх шарів силікатних виробів на нижні (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Метод укладання цегли на піддони під кутом 45°

Можливі інші варіанти розміщення – рисунок 2.3, рисунок 2.4.

В залежності від варіантів розміщення цегли, коливається кількість цеглин та, відповідно маса вантажу на піддоні.



Рисунок 2.3 – Розміщення цегли на піддоні з виходом вантажу за його межі



Рисунок 2.4 – Розміщення цегли на піддоні з послідовним зменшенням кількості цеглин у верхніх шарах вантажу

Надалі представлено ряд спостережень щодо можливої маси вантажу на піддоні:

0,9; 1,3; 1,2; 0,9; 1; 1,2; 1; 0,9; 0,9; 1,2; 1,3; 1,3; 0,9; 0,9; 1; 0,9; 1; 0,9; 0,9; 0,9; 1; 1,3; 0,9; 1,2; 1,3; 1,3; 1,2; 0,9; 1,3; 1,3; 1,4; 1; 1,2; 1,2; 0,9; 1,2; 1; 0,9; 0,9; 1,4; 1,2; 1; 0,9; 1; 1,4; 1,2; 1; 1,2; 0,9; 1.

Варіаційний ряд – за порядком зростання:

0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 0,9; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1,2; 1,2; 1,2; 1,2; 1,2; 1,2; 1,2; 1,2; 1,2; 1,2; 1,3; 1,3; 1,3; 1,3; 1,3; 1,3; 1,3; 1,4; 1,4; 1,4.

Середнє значення становить близько 1 тони на піддоні.

Доставки здійснюється до підприємств, які відібрані за такими параметрами:

- здатність опанувати достатньо високі обсяги вантажопереробки;
- мають відповідне технічне оснащення: склади достатньої місткості, навантажувачі;
- розташовані у східній частині міста Запоріжжя;
- мають зручні автомобільні під'їзди до магістральних доріг.

Тижневі обсяги відвантаження цегли до складів, розташованих в східній частині міста наведені у вигляді ряду спостережень, т/тиждень:

101; 113; 115,5; 97,5; 97,5; 119,5; 123,5; 105,5; 111,5; 111; 104; 102,5; 105; 100,5; 98,5; 88; 108,5; 122; 117; 103; 104; 108; 100,5; 100; 109,5; 112,5; 107; 109; 119; 115,5; 102,5; 113,5; 102; 120,5; 119; 100; 103,5; 105; 118,5; 100; 102,5; 100,5; 106,5; 114,5; 104,5; 105,5; 110,5; 118,5; 108; 97; 111; 106; 103,5; 121,5; 117; 115,5; 108; 96; 118; 112; 120,5; 109,5; 122; 100,5; 112; 99,5; 113,5; 114; 107; 108,5; 115,5; 110; 113; 105,5; 105,5; 103,5; 119; 104; 108; 116,5; 125,5;

108,5; 108,5; 100; 105,5; 106,5; 109,5; 108; 101; 105; 100; 122; 99,5; 111; 109,5; 109; 127; 117; 107,5; 112,5.

Варіаційний ряд:

88; 96; 97; 97,5; 97,5; 98,5; 99,5; 99,5; 100; 100; 100; 100; 100; 100,5; 100,5; 100,5; 100,5; 101; 101; 102; 102,5; 102,5; 102,5; 103; 103,5; 103,5; 103,5; 104; 104; 104; 104,5; 105; 105; 105; 105,5; 105,5; 105,5; 105,5; 105,5; 106; 106,5; 106,5; 107; 107; 107,5; 108; 108; 108; 108; 108; 108,5; 108,5; 108,5; 108,5; 109; 109; 109,5; 109,5; 109,5; 109,5; 110; 110,5; 111; 111; 111; 111,5; 112; 112; 112,5; 112,5; 113; 113; 113,5; 113,5; 114; 114,5; 115,5; 115,5; 115,5; 115,5; 116,5; 117; 117; 117; 118; 118,5; 118,5; 119; 119; 119; 119,5; 120,5; 120,5; 121,5; 122; 122; 122; 123,5; 125,5; 127.

За формулою Стерджеса [5] кількість інтервалів групування значень для 100 чисел становить:

$$1 + 3,2 \text{ Lg}(100) = 7.$$

Діаграма щільності ймовірності розподілу тижневих обсягів доставки цегли на склади відвантаження споживачам показана на рисунку 2.5.

Визначимо також головні статистичні характеристики вибірки тижневих обсягів доставки цегли:

- мінімальне значення 88 т/тиждень;
- максимальне значення 127 т/тиждень;
- математичне очікування 109 т/тиждень;
- стандартне відхилення 7,6 т/тиждень;
- коефіцієнт варіації – 0,1;
- коефіцієнт нерівномірності – 1,1.

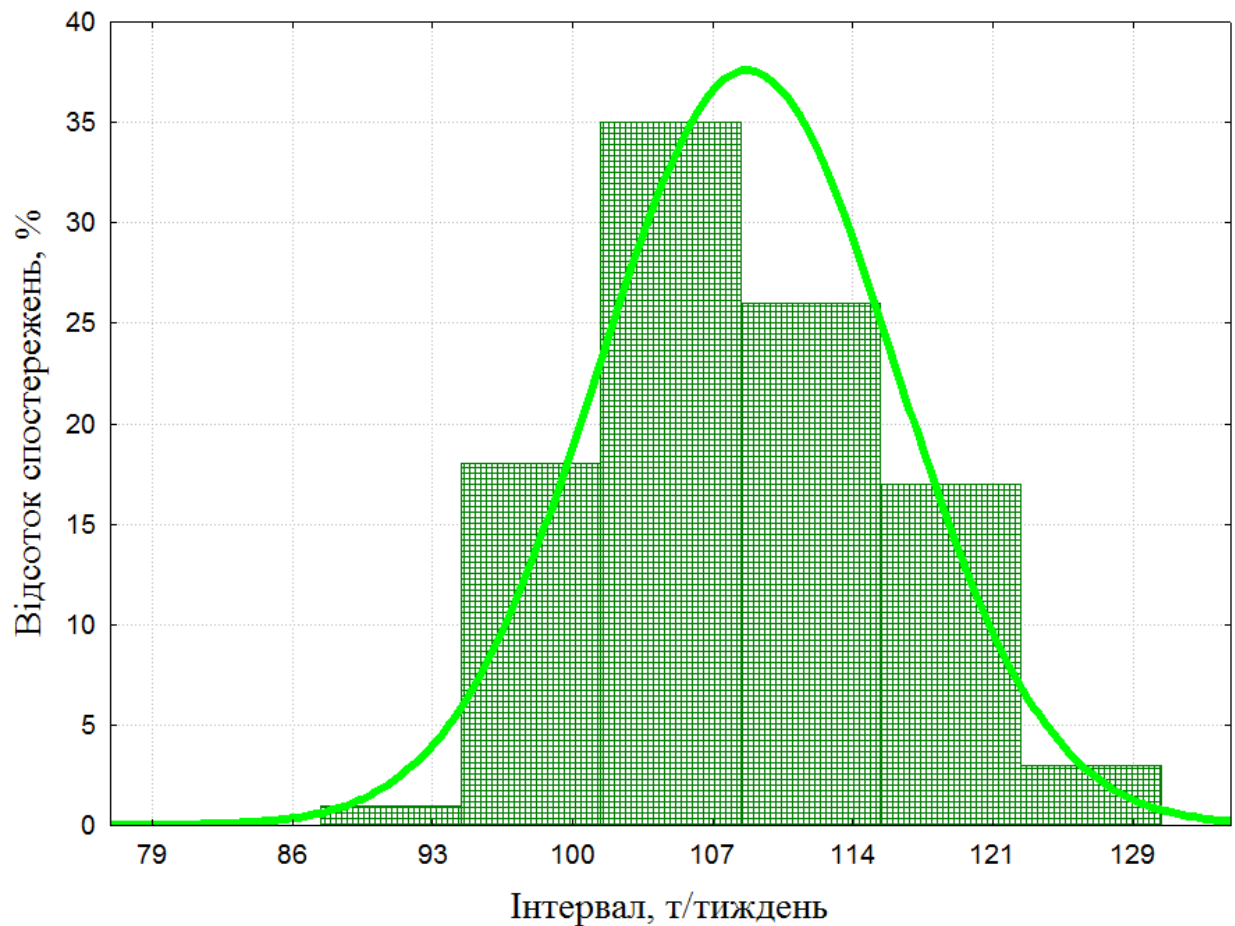


Рисунок 2.5 – Діаграма щільності ймовірності розподілу тижневих обсягів доставки цегли на склади відвантаження споживачам

З урахування нерівномірності, розрахункове значення обсягів перевезень цегли для подальшого аналізу та розробки проєктного рішення становить:

$$109 \cdot 1,1 = 120 \text{ т/тиждень.}$$

Перейдемо до аналізу напрямків перевезень цегли до кінцевих місць споживання.

Виділені наступні місця концентрації, які розташовані:

- у Шевченківському районі – пункт відправлення Ц-1;
- у Космічному мікрорайоні – пункт відправлення Ц-2;
- район дослідної станції – пункт відправлення Ц-3.

Всі пункти відправлення мають виходи на автомобільні дороги з достатньо високою пропускнуою здатністю, мають зручно розташовані складські майданчики.

На рисунку 2.7 показані пункти відправлення та пункти споживання цегли.

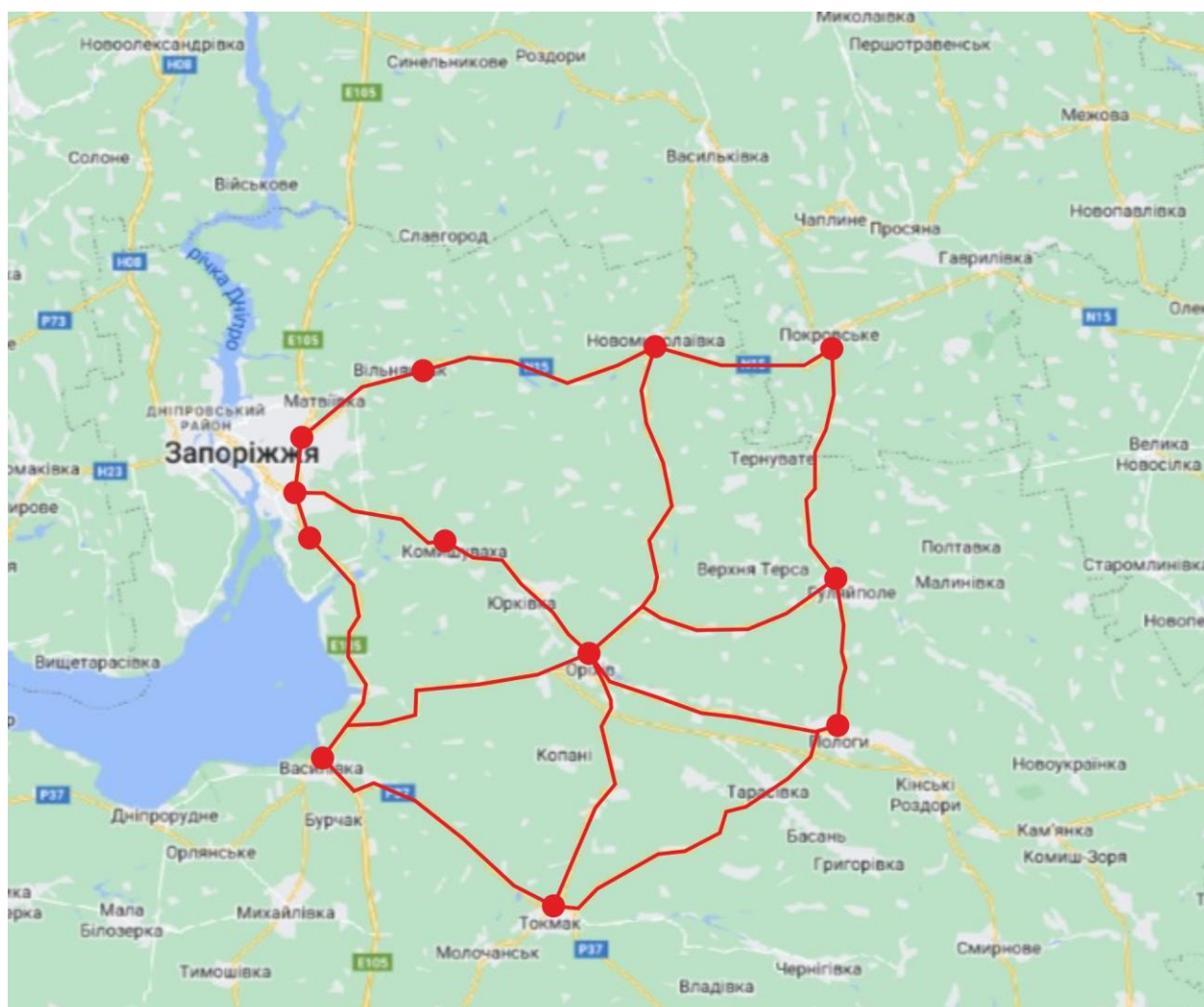


Рисунок 2.7 – Пункти відправлення та пункти споживання цегли

Місця розташування основних пунктів споживання та їх умовне позначення для подальшого аналізу:

- Вільнянськ – П-1;
- Новомиколаївка – П-2;
- Покровське – П-3;
- Комишуваха – П-4;
- Оріхів – П-5;
- Гуляйполе – П-6;
- Василівка – П-7;
- Токмак – П-8;
- Пологи – П-9.

За допомогою Google-карт встановимо відстані між усіма пунктами відправлення та споживання.

Від пункту Ц-1 до:

- П-1 – відстань 25 км;
- П-2 – відстань 63 км;
- П-3 – відстань 90 км;
- П-4 – відстань 32 км;
- П-5 – відстань 60 км;
- П-6 – відстань 100 км;
- П-7 – відстань 53 км;
- П-8 – відстань 97 км;
- П-9 – відстань 100 км.

Від пункту Ц-2 до:

- П-1 – відстань 28 км;
- П-2 – відстань 66 км;
- П-3 – відстань 93 км;
- П-4 – відстань 25 км;
- П-5 – відстань 53 км;

- П-6 – відстань 93 км;
- П-7 – відстань 46 км;
- П-8 – відстань 90 км;
- П-9 – відстань 93 км.

Від пункту Ц-3 до:

- П-1 – відстань 32 км;
- П-2 – відстань 62 км;
- П-3 – відстань 97 км;
- П-4 – відстань 30 км;
- П-5 – відстань 58 км;
- П-6 – відстань 97 км;
- П-7 – відстань 44 км;
- П-8 – відстань 88 км;
- П-9 – відстань 98 км.

Усі результати роботи представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Відстань перевезення між пунктами відправлення Ц-1, Ц-2, Ц-3 та пунктами споживання П-1... П-9, км

Пункти відправл.	Пункти споживання								
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9
Ц-1	25	63	90	32	60	100	53	97	100
Ц-2	28	66	93	25	53	93	46	90	93
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44	88	98

Додаємо до таблиці знизу рядок, де зазначимо обсяги споживання цегли по кожному пункту у тонах на тиждень.

Крім того, додамо стовпець з правого краю таблиці, де зазначимо можливі обсяги відправлення цегли по пунктах Ц-1...Ц-3 у тонах на тиждень.

Результат представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для визначення оптимального закріплення споживачів за пунктами відправлення цегли

Пункти відправл.	Пункти споживання									Спроможність по відправленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	
Ц-1	25	63	90	32	60	100	53	97	100	50
Ц-2	28	66	93	25	53	93	46	90	93	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44	88	98	50
Потреба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	

В нашому випадку маємо транспортну задачу відкритого типу, оскільки загальний обсяг відправлення на 10 тонн на тиждень більше потреби, для її розв'язку вводимо наступні позначення:

- індекс рядку – i ;
- індекс стовпця – j ;
- кількість пунктів відправлення – m ;
- кількість пунктів споживання – n ;
- обсяг перевезень цегли – Q_{ij} .

Для рішення додамо фіктивний пункт споживання П-10.

Отримуємо результат у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Введення фіктивного пункту споживання цегли

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спро- можність по відправ- ленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25	63	90	32	60	100	53	97	100	0	50
Ц-2	28	66	93	25	53	93	46	90	93	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44	88	98	0	50
Пот- реба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Складемо опорний план за правилом північно-західного кута, попередньо додавши такі позначення:

- $Ц_i^*$ – надлишок цегли у відправника $Ц_i$;
- $П_j^*$ – нестача вантажу у споживача $П_j$.

До осередку (1,1) вносимо найменше з $Ц_1^* = 50$ та $П_1^* = 20$.

Потреба П-1 задоволена.

До осередку (1,2) вносимо найменше з $Ц_1^* = 30$ та $П_2^* = 10$.

Потреба П-2 задоволена.

До осередку (1,3) вносимо найменше з $Ц_1^* = 20$ та $П_3^* = 5$.

Потреба П-3 задоволена.

До осередку (1,4) вносимо найменше з $Ц_1^* = 15$ та $П_4^* = 5$.

Потреба П-4 задоволена.

До осередку (1,5) вносимо найменше з $Ц_1^* = 10$ та $П_5^* = 10$.

Потреба П-5 задоволена.

$\Pi_1^* = 0$. Переходимо на другий рядок.

До осередку (2,6) вносимо найменше з $\Pi_2^* = 30$ та $\Pi_6^* = 20$.

Потреба П-6 задоволена.

До осередку (2,7) вносимо найменше з $\Pi_2^* = 10$ та $\Pi_7^* = 15$.

Потреба П-7 не повністю задоволена.

$\Pi_2^* = 0$. Переходимо на третій рядок.

До осередку (3,7) вносимо найменше з $\Pi_3^* = 50$ та $\Pi_7^* = 5$.

Потреба П-7 задоволена.

До осередку (3,8) вносимо найменше з $\Pi_3^* = 45$ та $\Pi_8^* = 15$.

Потреба П-8 задоволена.

До осередку (3,9) вносимо найменше з $\Pi_3^* = 30$ та $\Pi_9^* = 20$.

Потреба П-9 задоволена.

До осередку (3,10) вносимо найменше з $\Pi_3^* = 10$ та $\Pi_{10}^* = 10$ – потреба фіктивного пункту задоволена.

Отримаємо таблицю 2.4 – опорний план.

Його цільова функція складає 8160 тонно-кілометрів на тиждень.

Застосовуємо метод потенціалів для оптимізації отриманого плану та зменшення обсягу транспортної роботи.

План є виродженим, оскільки кількість заповнених осередків 11 є меншою за $m + n - 1 = 12$.

Отримуємо невироджений план – таблиця 2.5.

Таблиця 2.4 – Опорний план

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спромож- ність по відправ- ленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32 5	60 10	100	53	97	100	0	50
Ц-2	28	66	93	25	53	93 20	46 10	90	93	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44 5	88 15	98 20	0 10	50
Потре- ба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Таблиця 2.5 – Невироджений план

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спромож- ність по відправ- ленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32 5	60 10	100	53	97	100	0 0	50
Ц-2	28	66	93	25	53	93 20	46 10	90	93	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44 5	88 15	98 20	0 10	50
Потре- ба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Приймаючи потенціал $U_1 = 0$, визначаємо інші потенціали з співвідношення:

$$U_i + V_j = C_{i,j} (i = 1..m, j = 1..n),$$

по усіх зайнятих осередках.

Потенціали U_i, V_j :

$$U_1=0;$$

$$V_1=C_{1,1}-U_1= 25;$$

$$V_2=C_{1,2}-U_1= 63;$$

$$V_3=C_{1,3}-U_1= 90;$$

$$V_4=C_{1,4}-U_1= 32;$$

$$V_5=C_{1,5}-U_1= 60;$$

$$V_{10}=C_{1,10}-U_1= 0;$$

$$U_3=C_{10,3}-V_{10}= 0;$$

$$V_7=C_{3,7}-U_3= 44;$$

$$V_8=C_{3,8}-U_3= 88;$$

$$V_9=C_{3,9}-U_3= 98;$$

$$U_2=C_{7,2}-V_7= 2;$$

$$V_6=C_{2,6}-U_2= 91.$$

Знаходимо неоптимальні оцінки для вільних осередків – від’ємні значення – за виразом $S_{i,j} = C_{i,j} - (U_i + V_j)$:

$$S_{1,6} = c_{1,6} - (u_1 + v_6) = 9;$$

$$S_{1,7} = c_{1,7} - (u_1 + v_7) = 9;$$

$$S_{1,8} = c_{1,8} - (u_1 + v_8) = 9;$$

$$S_{1,9} = c_{1,9} - (u_1 + v_9) = 2;$$

$$S_{2,1} = c_{2,1} - (u_2 + v_1) = 1;$$

$$S_{2,2} = c_{2,2} - (u_2 + v_2) = 1;$$

$$S_{2,3} = c_{2,3} - (u_2 + v_3) = 1;$$

$$S_{2,4} = c_{2,4} - (u_2 + v_4) = -9;$$

$$S_{2,5} = c_{2,5} - (u_2 + v_5) = -9;$$

$$S_{2,8} = c_{2,8} - (u_2 + v_8) = 0;$$

$$S_{2,9} = c_{2,9} - (u_2 + v_9) = -7;$$

$$S_{2,10} = c_{2,10} - (u_2 + v_{10}) = -2;$$

$$S_{3,1} = c_{3,1} - (u_3 + v_1) = 7;$$

$$S_{3,2} = c_{3,2} - (u_3 + v_2) = -1;$$

$$S_{3,3} = c_{3,3} - (u_3 + v_3) = 7;$$

$$S_{3,4} = c_{3,4} - (u_3 + v_4) = -2;$$

$$S_{3,5} = c_{3,5} - (u_3 + v_5) = -2;$$

$$S_{3,6} = c_{3,6} - (u_3 + v_6) = 6.$$

Маємо осередок (2,4) – найбільш потенціальна з оцінкою -9 та найменшим тарифом.

Для даного осередку будуємо цикл, таблиця 2.6.

Переміщуємо по даному циклу 5 тонн цегли, додаючи у осередках зі знаком «+», віднімаючи у осередках зі знаком «-».

Отримуємо новий план, таблиця 2.7.

Таблиця 2.6 – Побудова циклу для осередку (2,4)

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спроможність по відправленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32 5 ⁻	60 10	100	53	97	100	0 0 ⁺	50
Ц-2	28	66	93	25 +	53	93 20	46 10 ⁻	90	93	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44 5 ⁺	88 15	98 20	0 10 ⁻	50
Потреба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Таблиця 2.7 – Новий план першого етапу оптимізації

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спроможність по відправленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32	60 10	100	53	97	100	0 5	50
Ц-2	28	66	93	25 5	53	93 20	46 5	90	93	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44 10	88 15	98 20	0 5	50
Потреба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Значення цільової функції 8155 тонно-кілометрів, що на 45 менше, ніж на початковому етапі.

Аналогічно проводимо етап 2, перераховуючи потенціали. Для заповнених осередків:

$$U_1=0;$$

$$V_1=C_{1,1}-U_1= 25;$$

$$V_2=C_{1,2}-U_1= 63;$$

$$V_3=C_{1,3}-U_1= 90;$$

$$V_5=C_{1,5}-U_1= 60;$$

$$V_{10}=C_{1,10}-U_1= 0;$$

$$U_3=C_{10,3}-V_{10}= 0;$$

$$V_7=C_{3,7}-U_3= 44;$$

$$V_8=C_{3,8}-U_3= 88;$$

$$V_9=C_{3,9}-U_3= 98;$$

$$U_2=C_{7,2}-V_7= 2;$$

$$V_4=C_{2,4}-U_2= 23;$$

$$V_6=C_{2,6}-U_2= 91.$$

Для вільних осередків:

$$S_{1,4} = c_{1,4} - (u_1 + v_4) = 9;$$

$$S_{1,6} = c_{1,6} - (u_1 + v_6) = 9;$$

$$S_{1,7} = c_{1,7} - (u_1 + v_7) = 9;$$

$$S_{1,8} = c_{1,8} - (u_1 + v_8) = 9;$$

$$S_{1,9} = c_{1,9} - (u_1 + v_9) = 2;$$

$$S_{2,1} = c_{2,1} - (u_2 + v_1) = 1;$$

$$S_{2,2} = c_{2,2} - (u_2 + v_2) = 1;$$

$$S_{2,3} = c_{2,3} - (u_2 + v_3) = 1;$$

$$S_{2,5} = c_{2,5} - (u_2 + v_5) = -9;$$

$$S_{2,8} = c_{2,8} - (u_2 + v_8) = 0;$$

$$S_{2,9} = c_{2,9} - (u_2 + v_9) = -7;$$

$$S_{2,10} = c_{2,10} - (u_2 + v_{10}) = -2;$$

$$S_{3,1} = c_{3,1} - (u_3 + v_1) = 7;$$

$$S_{3,2} = c_{3,2} - (u_3 + v_2) = -1;$$

$$S_{3,3} = c_{3,3} - (u_3 + v_3) = 7;$$

$$S_{3,4} = c_{3,4} - (u_3 + v_4) = 7;$$

$$S_{3,5} = c_{3,5} - (u_3 + v_5) = -2;$$

$$S_{3,6} = c_{3,6} - (u_3 + v_6) = 6.$$

Будуємо цикл для осередку (2,5) – таблиця 2.8.

Таблиця 2.8 – Побудова циклу для осередку (2,5)

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спромож- ність по відправ- ленню
	П- 1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32	60 10 ⁻	100	53	97	100	0 5 +	50
Ц-2	28	66	93	25 5	53 +	93 20	46 5 ⁻	90	93	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44 10+	88 15	98 20	0 5 ⁻	50
Потре- ба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Після переміщення 5 тонн цегли по циклу отримуємо новий план другого етапу оптимізації – таблиця 2.9.

Таблиця 2.9 – Новий план другого етапу оптимізації

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спромож- ність по відправ- ленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32	60 5	100	53	97	100	0 10	50
Ц-2	28	66	93	25 5	53 5	93 20	46	90	93	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97	44 15	88 15	98 20	0	50
Потре- ба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Значення цільової функції ще зменшилось на 45 тонно-кілометрів – та дорівнює 8070 тонно-кілометрів.

Виконуємо третій етап оптимізації:

Потенціали U_i , V_j для зайнятих осередків:

$$U_1=0;$$

$$V_1=C_{1,1}-U_1= 25;$$

$$V_2=C_{1,2}-U_1= 63;$$

$$V_3=C_{1,3}-U_1= 90;$$

$$V_5=C_{1,5}-U_1= 60;$$

$$V_{10}=C_{1,10}-U_1= 0;$$

$$U_2=C_{5,2}-V_5= -7;$$

$$V_4=C_{2,4}-U_2= 32;$$

$$V_6=C_{2,6}-U_2= 100;$$

$$U_3=C_{6,3}-V_6= -3;$$

$$V_7 = C_{3,7} - U_3 = 47;$$

$$V_8 = C_{3,8} - U_3 = 91;$$

$$V_9 = C_{3,9} - U_3 = 101.$$

Для вільних осередків:

$$S_{1,4} = c_{1,4} - (u_1 + v_4) = 0;$$

$$S_{1,6} = c_{1,6} - (u_1 + v_6) = 0;$$

$$S_{1,7} = c_{1,7} - (u_1 + v_7) = 6;$$

$$S_{1,8} = c_{1,8} - (u_1 + v_8) = 6;$$

$$S_{1,9} = c_{1,9} - (u_1 + v_9) = -1;$$

$$S_{2,1} = c_{2,1} - (u_2 + v_1) = 10;$$

$$S_{2,2} = c_{2,2} - (u_2 + v_2) = 10;$$

$$S_{2,3} = c_{2,3} - (u_2 + v_3) = 10;$$

$$S_{2,7} = c_{2,7} - (u_2 + v_7) = 6;$$

$$S_{2,8} = c_{2,8} - (u_2 + v_8) = 6;$$

$$S_{2,9} = c_{2,9} - (u_2 + v_9) = -1;$$

$$S_{2,10} = c_{2,10} - (u_2 + v_{10}) = 7;$$

$$S_{3,1} = c_{3,1} - (u_3 + v_1) = 10;$$

$$S_{3,2} = c_{3,2} - (u_3 + v_2) = 2;$$

$$S_{3,3} = c_{3,3} - (u_3 + v_3) = 10;$$

$$S_{3,4} = c_{3,4} - (u_3 + v_4) = 1;$$

$$S_{3,5} = c_{3,5} - (u_3 + v_5) = 1;$$

$$S_{3,10} = c_{3,10} - (u_3 + v_{10}) = 3.$$

Будуємо цикл для осередку (2,9) – таблиця 2.10.

Таблиця 2.10 – Побудова циклу для осередку (2,9)

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спромож- ність по відправ- ленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32	60 5	100	53	97	100	0 10+	50
Ц-2	28	66	93	25 5	53 5	93 20 ⁻	46	90	93 +	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97 +	44 15	88 15	98 20 ⁻	0	50
Потре- ба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Переміщуємо по циклу 20 тонн цегли та отримуємо новий план – таблиця 2.11.

Таблиця 2.11 – Новий план третього етапу оптимізації

Пункти відправл.	Пункти споживання										Спромож- ність по відправ- ленню
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	П-6	П-7	П-8	П-9	П-10	
Ц-1	25 20	63 10	90 5	32	60 5	100	53	97	100	0 10	50
Ц-2	28	66	93	25 5	53 5	93	46	90	93 20	0	30
Ц-3	32	62	97	30	58	97 20	44 15	88 15	98	0	50
Потре- ба, т	20	10	5	5	10	20	15	15	20	10	130

Значення цільової функції зменшено на 20 тонно-кілометрів та становить 8050.

Знову розраховуємо потенціали U_i , V_j зайнятих осередків:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 0, \\
 V_1 &= C_{1,1} - U_1 = 25, \\
 V_2 &= C_{1,2} - U_1 = 63, \\
 V_3 &= C_{1,3} - U_1 = 90, \\
 V_5 &= C_{1,5} - U_1 = 60, \\
 V_{10} &= C_{1,10} - U_1 = 0, \\
 U_2 &= C_{5,2} - V_5 = -7, \\
 V_4 &= C_{2,4} - U_2 = 32, \\
 V_9 &= C_{2,9} - U_2 = 100, \\
 U_3 &= C_{4,3} - V_4 = -2, \\
 V_6 &= C_{3,6} - U_3 = 99, \\
 V_7 &= C_{3,7} - U_3 = 46, \\
 V_8 &= C_{3,8} - U_3 = 90.
 \end{aligned}$$

Значення оцінок $S_{i,j} = C_{i,j} - (U_i + V_j)$ для вільних осередків:

$$\begin{aligned}
 S_{1,4} &= c_{1,4} - (u_1 + v_4) = 0, \\
 S_{1,6} &= c_{1,6} - (u_1 + v_6) = 1, \\
 S_{1,7} &= c_{1,7} - (u_1 + v_7) = 7, \\
 S_{1,8} &= c_{1,8} - (u_1 + v_8) = 7, \\
 S_{1,9} &= c_{1,9} - (u_1 + v_9) = 0, \\
 S_{2,1} &= c_{2,1} - (u_2 + v_1) = 10, \\
 S_{2,2} &= c_{2,2} - (u_2 + v_2) = 10, \\
 S_{2,3} &= c_{2,3} - (u_2 + v_3) = 10, \\
 S_{2,6} &= c_{2,6} - (u_2 + v_6) = 1,
 \end{aligned}$$

$$S_{2,7} = c_{2,7} - (u_2 + v_7) = 7,$$

$$S_{2,8} = c_{2,8} - (u_2 + v_8) = 7,$$

$$S_{2,10} = c_{2,10} - (u_2 + v_{10}) = 7,$$

$$S_{3,1} = c_{3,1} - (u_3 + v_1) = 9,$$

$$S_{3,2} = c_{3,2} - (u_3 + v_2) = 1,$$

$$S_{3,3} = c_{3,3} - (u_3 + v_3) = 9,$$

$$S_{3,5} = c_{3,5} - (u_3 + v_5) = 0,$$

$$S_{3,9} = c_{3,9} - (u_3 + v_9) = 0,$$

$$S_{3,10} = c_{3,10} - (u_3 + v_{10}) = 2.$$

Оскільки всі оцінки мають позитивне значення, план є оптимальним.
Цільова функція становить 8050 тонно-кілометрів.

2.3 Розрахунок річного пробігу автотранспортних засобів за базовим та проєктним варіантами

За базовим варіантом для освоєння перевезень заданого тижневого вантажопотоку використовуються три бортові автомобіля вантажопідйомністю 5 тонн.

Визначаємо річний пробіг автомобіля 1 [6].:

$$\text{Ц1 (35т)} - \text{П1 (20т)} - \text{П2 (10т)} - \text{П3 (5)} - \text{Ц1}.$$

Автомобіль виконує 5 їздок по маршруту Ц1 – П2 – П3 – Ц1:

$$(90+90) \cdot 5 = 900 \text{ км.}$$

Після цього це 2 їздки за маршрутом Ц1 – П1 – Ц1.

$$(25+25) \cdot 2 = 100 \text{ км.}$$

Загальний тижневий пробіг складає $L_{\text{тиж.1}} = 1000 \text{ км.}$

Для цей же автомобіль здійснює перевезення за іншим напрямком:

Ц1 (15т) – П4 (5) – П5 (10т) – Ц1.

Автомобіль виконує дві їздки. Потім, ще додатково з пункту П5 забирає 5 тонн. Таким чином, отримуємо 3 їздки.

$$(60+60) \cdot 3 = 360 \text{ км.}$$

Таким чином, за тиждень в цьому напрямку пробіг буде складати $L_{\text{тиж.2}} = 360 \text{ км.}$

Загальний річний пробіг автомобіля №1 складає:

$$L_{\text{річ. авто1}} = (1000 + 360) \cdot 52 = 70760 \text{ км}$$

Визначаємо річний пробіг для автомобіля 2:

Ц2 (20т) – П6 (20т) – Ц2.

Для перевезення 20т автомобілем місткістю 5 тонн необхідно виконати 4 їздки.

$$(93 + 93) \cdot 4 = 744 \text{ км.}$$

$$\text{Ц2 (15т)} - \text{П7 (15т)} - \text{Ц2}.$$

Автомобіль виконує 3 їздки:

$$(46 + 46) \cdot 3 = 276 \text{ км.}$$

За тиждень автомобіль №2 виконує:

$$L_{\text{тиж.}} = 744 + 276 = 1020 \text{ км.}$$

Таким чином, річний пробіг автомобіля №2 складає:

$$L_{\text{річ. авто2}} = 1020 \cdot 52 = 53040 \text{ км.}$$

Визначаємо річний пробіг для автомобіля 3:

$$\text{Ц3 (5т)} - \text{П7 (5т)} - \text{Ц3} ; (44 + 44) = 88 - \text{одна їздка};$$

$$\text{Ц3 (20т)} - \text{П8 (20т)} - \text{Ц3};$$

автомобіль виконує 4 їздки:

$$(88 + 88) \cdot 4 = 704 \text{ км.}$$

$$\text{Ц3 (10т)} - \text{П9 (10т)} - \text{Ц3};$$

автомобіль виконує 2 їздки :

$$(98 + 98) \cdot 2 = 392 \text{ км.}$$

За тиждень автомобіль №3 виконує :

$$L_{\text{тиж}} = 88 + 704 + 392 = 1184 \text{ км.}$$

Річний пробіг автомобіля №3 складає:

$$L_{\text{річ. авто3}} = 1184 \cdot 52 = 61568 \text{ км.}$$

Загальний річний пробіг транспортних засобів за базовим варіантом складає:

$$L_{\text{річ (база)}} = 185368 \text{ км.}$$

В якості проектного варіанту пропонується для перевезення вантажів задіяти автомобілі вантажопідйомністю 10 т. Це дає змогу в два рази перевезти більше вантажів та зменшити річний пробіг автомобілів.

Визначаємо річний пробіг автомобіля 1:

$$\text{Ц1 (35т)} - \text{П1 (20т)} - \text{П2 (10т)} - \text{П3 (5)} - \text{Ц1.}$$

Автомобіль виконує одну їздку за маршрутом Ц1 – П2 – П3 – Ц1:

$$(90+90) \cdot 1 = 180 \text{ км.}$$

Потім здійснює одну їздку Ц1 – П1 – П2 – Ц1:

$$(63 + 63) = 126 \text{ км.}$$

Після цього дві їздки Ц1 – П1 – Ц1:

$$(25 + 25) \cdot 2 = 100 \text{ км.}$$

$$L_{\text{тиж.1}} = 406 \text{ км.}$$

Далі цей же автомобіль здійснює перевезення за іншим напрямком:

$$\text{Ц1 (15т)} - \text{П4 (5)} - \text{П5 (10т)} - \text{Ц1.}$$

Автомобіль виконує одну їзду Ц1 – П4 – П5 – Ц1:

$$(60 + 60) = 120 \text{ км}$$

та одну їздку Ц1 – П4 – Ц1:

$$(32 + 32) = 64 \text{ км}$$

$$L_{\text{тиж.2}} = 184 \text{ км.}$$

Загальний річний пробіг автомобіля №1 складає:

$$L_{\text{річ. авто1}} = (406 + 184) \cdot 52 = 30680 \text{ км}$$

Визначаємо річний пробіг для автомобіля 2:

$$\text{Ц2 (20т)} - \text{П6 (20т)} - \text{Ц2.}$$

Для перевезення 20т автомобілем місткістю 10 тонн за даним напрямком необхідно виконати 2 їздки.

$$(93 + 93) \cdot 2 = 372 \text{ км.}$$

Ц2 (15т) – П7 (15т) – Ц2.

Для перевезення 15 тонн.

Для того, щоб зменшити пробіг автомобіля та використовувати вантажопідйомність автомобіля якомога ефективніше, пропонується автомобілем №3 перевести вантаж з Ц2 та Ц3 на адресу П7 одночасно , а автомобілем 2 за цим напрямком перевести всього 10 тонн.

Тоді автомобіль №2 за даним напрямком виконує тільки одну їздку:

$$(46 + 46) \cdot 1 = 92 \text{ км.}$$

За тиждень автомобіль №2 виконує:

$$L_{\text{тиж.}} = 372 + 92 = 465 \text{ км.}$$

Таким чином, річний пробіг автомобіля №2 складає:

$$L_{\text{річ. авто2}} = 465 \cdot 52 = 24128 \text{ км.}$$

Визначаємо річний пробіг для автомобіля 3:

За напрямком з попереднього маршруту (для автомобіля №2), необхідно перевести ще 5 тонн вантажу. Тоді маршрут буде мати вигляд:

$$\text{Ц2 (5т) – Ц3 (5 т) – П7 (5т) – Ц3 : } (44 + 44) = 88 \text{ – одна їздка.}$$

Напрямок ЦЗ (20т) – П8 (20т) – ЦЗ автомобіль виконує дві їздки, тоді тижневий пробіг буде складати:

$$(88 + 88) \cdot 2 = 352 \text{ км.}$$

Напрямок ЦЗ (10т) – П9 (10т) – ЦЗ; автомобіль виконує одну їздку:

$$(98 + 98) \cdot 1 = 196 \text{ км.}$$

За тиждень автомобіль №3 виконує:

$$L_{\text{тиж}} = 88 + 352 + 196 = 636 \text{ км.}$$

Річний пробіг автомобіля №3 складає:

$$L_{\text{річ. авто3}} = 636 \cdot 52 = 33072 \text{ км.}$$

Загальний річний пробіг транспортних засобів за проєктним варіантом складає:

$$L_{\text{річ (проєкт)}} = 30680 + 24128 + 33072 = 87880 \text{ км.}$$

За даними розрахунків можемо прийняти, що на маршрутах працює 3 автомобілі, на кожному автомобілі працює один водій; режим роботи – 8 годин та 5 днів на тиждень.

Результати розрахунків будуть враховані в при розрахунках економічних показників магістерської роботи.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В магістерській роботі були розроблені маршрути доставки цегли з міста Запоріжжя по запорізькій області одержувачам, відстань від яких не більша за 100 км. В роботі розглядається використання автомобілів вантажопідйомність 5 т (базовий варіант) та 10 т (проектний варіант).

3.1 Визначення експлуатаційних витрат за рік по базовому варіанту

Експлуатаційні витрати при використанні автомобільного транспорту визначимо за формулою [8]:

$$Z_{\text{екс}}^{\text{np}} = Z_3^{\text{np}} + Z_c^{\text{np}} + Z_n^{\text{np}} + Z_{\text{авт}}^{\text{np}} + A_1 - Z_k^{\text{np}}, \quad (3.1)$$

де Z_3^{np} - основна і додаткова зарплата за проектним (базовим) варіантом, грн;

Z_c^{np} – відрахування на соціальне страхування, грн;

Z_n^{np} – загальні накладні витрати, грн;

$Z_{\text{авт}}^{\text{np}}$ - витрати на перевезення вантажу автомобільним транспортом, грн;

A_1 – амортизаційні відрахування, грн;

Витрати на зарплату робітникам при використанні автомобільного транспорту складаються з витрат на оплату праці водіїв автомобілів:

$$Z_3^{\text{np}} = Z_6^{\text{np}}.$$

Заробітна плата за погодинно-преміальною системою нараховується водіям автомобілів за формулою [8]:

$$Z_{\epsilon}^{np} = n_{\epsilon} \cdot k_{\text{прем}} \cdot C_{\text{год.в}} [\Phi_{\text{р.час}} (7/6 + k_{\text{кл}} + k_{\text{шк}}) + C_{\text{в}}], \quad (3.2)$$

де n_{ϵ} – кількість водіїв, які працюють на автомобілях, приймаємо 3 водія ;

$k_{\text{прем}}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на премію, $k_{\text{пр}} = 1,3$;

$C_{\text{год.в}}$ – годинна тарифна ставка водія (розраховується, виходячи з розміру середнього рейду працівника), грн/год.;

$\Phi_{\text{р.час}}$ – фонд робочого часу протягом року, за розрахунками $\Phi_{\text{р.час}} = 1994$ год.;

$7/6$ – коефіцієнт, який враховує доплату за працювання у вечірній (20% – з 18:00 до 22:00) та нічний час (40% – з 22:00 до 6:00);

$k_{\text{кл}}$ – коефіцієнт, який враховує доплату водіям та машиністам тепловозів за класність, приймається середній показник $k_{\text{кл}} = 0,1$;

$k_{\text{шк}}$ – коефіцієнт, який враховує доплату за роботу у шкідливих умовах. Виходячи з системи нарахувань по балах, приймається для машиністів $k_{\text{шк}} = 0,14$; для вантажників $k_{\text{шк}} = 0,11$; для помічників машиніста-складачів поїздів та інших робочих професій $k_{\text{шк}} = 0,1$; для інженерно-технічних працівників та службовців $k_{\text{шк}} = 0,04$.

$C_{\text{в}}$ – час роботи протягом року у святкові дні, а також день робітника металургійної та гірничо-видобувної галузі, $\Phi_{\text{св}} = 0$ год., оскільки робота в святкові дні не відбувається.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.6):

$$Z_{\epsilon}^{np} = 3 \cdot 1,3 \cdot 56,24 [1994(7/6 + 0,1 + 0,1) + 0] = 597720 \text{ грн.}$$

Єдиний внесок на соціальне страхування складає 22 %:

$$Z_c^{np} = 0,22 \cdot 597720 = 131498 \text{ грн.}$$

Накладні витрати складають 34% від фонду оплати праці і визначаються за формулою [8]:

$$Z_n^{np} = Z_z^{np} \cdot 0,34 \quad (3.3)$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.3):

$$Z_n^{np} = 0,34 \cdot 597720 = 203225 \text{ грн.}$$

Витрати на перевезення автомобільним транспортом визначаються за формулою [8]:

$$Z_{авт}^{np} = Z_{зп} + Z_{рем} + Z_{ш}, \quad (3.4)$$

де $Z_{зп}$ – загальні річні витрати на паливо, грн;

$Z_{рем}$ – загальні річні витрати на ремонт транспортних засобів, грн;

$Z_{ш}$ – загальні річні витрати на заміну шин, грн.

Розрахунок витрат на паливо проводиться за нормативними даними витрат палива на 100 км [8].

Необхідність в паливі за рік буде складати [8]:

$$P_{п} = L^1(\text{база}) \cdot n / 100, \text{ л} \quad (3.5)$$

де N_{PM} – кількість транспортних засобів, які задіяні в перевізному процесі,
 $N_{PM} = 3$.

n – витрата палива, л. на 100 км. Приймаємо згідно «Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті», затверджених Міністерством транспорту України №43 від 10.02.98р. із змінами, затвердженими наказами №893 від 17.12.2002р. та №99 від 16.02.2004р., $n = 30$ л/100 км.

L^1 (база) – середній пробіг автомобіля за рік для існуючого базового варіанту, $L^1(\text{база}) = 185365$ км.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.5):

$$P_{\Pi} = 185365 \cdot 30 / 100 = 55610 \text{ л.}$$

Вартість витрат на паливо розрахуємо за формулою [8]:

$$З_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot Ц_{\Pi}, \text{ грн.} \quad (3.6)$$

де $Ц_n$ – вартість 1 літра дизельного палива, приймаємо $Ц_n = 30,0$ грн/л.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.6):

$$З_{\Pi} = 55610 \cdot 30,0 = 1668300 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на паливо необхідно рахувати з врахуванням [8]:

- на гаражні потреби звичайно приймають 7% від загальної вартості палива:

$$З_{en} = 1668300 \cdot 0,07 = 116781 \text{ грн;}$$

- витрати на мастильні матеріали приймають 30% від загальної вартості палива:

$$З_{\text{маст.м}} = 1668300 \cdot 0,3 = 500490 \text{ грн};$$

- витрати на експлуатаційні матеріали – 1% від загальної вартості палива:

$$З_{\text{ем}} = 1668300 \cdot 0,01 = 16683 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на паливо та мастильні матеріали складають:

$$З_{\text{зп}} = 1668300 + 116781 + 500490 + 16683 = 2302254 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт рухомого складу розраховуються з урахуванням потреби в паливі транспортних засобів та розраховується за наступною формулою [8]:

$$З_{\text{рем}} = P_{\text{п}} \cdot 1,8, \quad (3.7)$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.7):

$$З_{\text{рем}} = 55610 \cdot 1,8 = 100098 \text{ грн.}$$

Витрати на заміну шин проводиться з врахуванням норм пробігу автотранспортних засобів за формулою [8]:

$$K_{\text{ш}} = \frac{L_{\text{річ}}}{L_{\text{норм}}}, \quad (3.8)$$

де $K_{ш}$ – число замін комплектів шин;

$L_{річ}$ – річний пробіг автомобілів, км; $L_{річ}(база) = 185368$ км;

$L_{норм}$ – нормативний пробіг транспортного засобу до заміни шин,
 $L_{норм} = 60\,000$ км.

За формулою (3.8) необхідно:

$$K_{ш} = 185368/60000 = 3,1 \text{ комплектів на рік.}$$

Річні витрати на шини розрахуємо за формулою [8]:

$$З_{ш} = K_{ш} \cdot Ц_{к}, \quad (3.9)$$

де $Ц_{к}$ – вартість одного комплекту шин, $Ц_{к} = 70000$ грн.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.9):

$$З_{шин} = 70000 \cdot 3,1 = 217000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунки витрат за формулою (3.4):

$$З_{авт}^{np} = 2302254 + 100098 + 217000 = 2169352 \text{ грн.}$$

Норма амортизаційних відрахувань на остаточну вартість автомобілів становить 40% на рік. Амортизаційні відрахування за рік складатимуть:

$$A_1 = 300000 \cdot 3 \cdot 0,4 = 360000 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальні витрати при використанні автомобільного транспорту, розраховані за формулою (3.1), складають:

$$З_{екс}^{np} (\text{база}) = 597720 + 131498 + 203225 + 2619352 + 360000 = 3911795 \text{ грн.}$$

3.2 Визначення експлуатаційних витрат за рік за проєктним варіантом

Експлуатаційні витрати при використанні автомобільного транспорту визначимо за формулою [8]:

$$З_{екс}^{np} = З_з^{np} + З_с^{np} + З_н^{np} + З_{авт}^{np} + A_1 - З_к^{np}, \quad (3.10)$$

де $З_з^{np}$ – основна і додаткова зарплата за проєктним варіантом, грн;

$З_с^{np}$ – відрахування на соціальне страхування, грн;

$З_н^{np}$ – накладні річні витрати, грн;

$З_{авт}^{np}$ – витрати на перевезення вантажу автомобільним транспортом, грн;

A_1 – амортизаційні відрахування, грн;

$З_к^{np}$ – витрати, які сплачуються за перевезення у зворотному напрямку грн. В проєктному варіанті в зворотному напрямку автомобілі їдуть порожніми у зв'язку зі специфікою перевезень.

Витрати на зарплату робітникам при використанні автомобільного транспорту складаються з витрат на оплату праці водіїв автомобілів:

$$З_з^{np} = З_г^{np}.$$

Зарплата водіям автомобілів нараховується за погодинно-преміальною системою за формулою [8]:

$$Z_{\epsilon}^{np} = 3 \cdot 1,3 \cdot 56,24 [1994(7/6 + 0,1 + 0,1) + 0] = 597720 \text{ грн.}$$

Єдиний внесок на соціальне страхування складає 22 %:

$$Z_c^{np} = 0,22 \cdot 597720 = 131498 \text{ грн.}$$

Накладні витрати складають 34% від фонду оплати праці і визначаються за формулою [8]:

$$Z_n^{np} = Z_z^{np} \cdot 0,34 \quad (3.11)$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.11):

$$Z_n^{np} = 0,34 \cdot 597720 = 203225 \text{ грн.}$$

Витрати на перевезення автомобільним транспортом визначаються за формулою [8]:

$$Z_{авт}^{np} = Z_{зп} + Z_{рем} + Z_{ш}, \quad (3.12)$$

де $Z_{зп}$ – загальні витрати на паливо, грн;

$Z_{рем}$ – витрати на ремонт, грн;

$Z_{шин}$ – витрати на заміну шин, грн.

Розрахунок витрат на паливо проводиться за нормативними даними витрат палива на 100 км [8].

Потреба в паливі за рік буде складати [8]:

$$P_{\Pi} = L2 (np) \cdot n / 100, \text{ л} \quad (3.13)$$

де N_{PM} – кількість транспортних засобів, згідно розрахунків $N_{PM} = 1$

n – витрата палива, л. на 100 км. Приймаємо згідно «Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті», затверджених Міністерством транспорту України №43 від 10.02.98р. із змінами, затвердженими наказами №893 від 17.12.2002р. та №99 від 16.02.2004р., $n = 35$ л/100 км.

$L2$ (пр) – річний пробіг транспортного засобу за рік за проектним варіантом, $L2$ (пр) = 87880 км.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.13):

$$P_{\Pi} = 87880 \cdot 35 / 100 = 30758 \text{ л}$$

Вартість витрат на паливо розрахуємо за формулою [8]:

$$З_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot Ц_{\Pi}, \text{ грн.} \quad (3.14)$$

де $Ц_{нал.}$ – вартість 1 літра дизельного палива, $Ц_{нал.} = 30,0$ грн/л.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.14):

$$З_{\Pi} = 30758 \cdot 30,0 = 922740 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на паливо необхідно рахувати з урахуванням [8]:

- на гаражні потреби звичайно приймають 7% від загальної вартості палива:

$$З_{гн} = 922740 \cdot 0,07 = 64592 \text{ грн};$$

- витрати на мастильні матеріали приймають 30% від загальної вартості палива:

$$З_{маст.м} = 922740 \cdot 0,3 = 276822 \text{ грн};$$

- витрати на експлуатаційні матеріали – 1% від загальної вартості палива:

$$З_{експл.м} = 922740 \cdot 0,01 = 9227 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на паливо та мастильні матеріали складають:

$$З_{зП(пр)} = 922740 + 64592 + 276822 + 9227 = 1273381 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт рухомого складу розраховуються з урахуванням потреби в паливі транспортних засобів та розраховується за наступною формулою [8]:

$$З_{рем} = P_{П} \cdot 1,8, \quad (3.15)$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.15):

$$З_{рем} = 30758 \cdot 1,8 = 55364 \text{ грн.}$$

Витрати на заміну шин проводиться з врахуванням норм пробігу автотранспортних засобів за формулою [8]:

$$K_{ш} = \frac{L_{річ}}{L_{норм}}, \quad (3.16)$$

де $K_{ш}$ – кількість замін комплектів шин протягом року;

$L_{річ}$ – річний пробіг автомобіля, км; $L_{річ}(пр) = 87880$ км;

$L_{норм}$ – нормативний пробіг транспортного засобу до заміни шин.

$L_{норм} = 60\,000$ км.

За формулою (3.16) необхідно:

$$K_{шин} = 87880 / 60000 = 1,5 \text{ комплектів на рік.}$$

Річні витрати на шини розрахуємо за формулою [8]:

$$З_{ш} = K_{ш} \cdot Ц_{к}, \quad (3.17)$$

де $Ц_{компл.}$ – вартість одного комплекту шин, $Ц_{компл} = 70000$ грн.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.17):

$$З_{шин(1)} = 70000 \cdot 1,5 = 105000 \text{ грн.}$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.5):

$$З_{авт}^{np} = 1273381 + 55364 + 105000 = 1433746 \text{ грн.}$$

Норма амортизаційних відрахувань на остаточну вартість автомобілів становить 40% на рік. Амортизаційні відрахування за рік складатимуть:

$$A (1) = 480000 \cdot 3 \cdot 0,4 = 576000 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальні витрати при використанні автомобільного транспорту, будуть складати:

$$Z_{\text{екс}}^{\text{пр}} (\text{пр}) = 597720 + 131498 + 203225 + 1433746 + 576000 = 2942189 \text{ грн}$$

Різниця використання базового та проектного варіантів складають річний економічний ефект.

$$E_{\text{річ.еф.}} = Z_{\text{екс}}^{\text{пр}} (\text{база}) - Z_{\text{екс}}^{\text{пр}} (\text{пр}) \quad (2.18)$$

$$E_{\text{річ.еф.}} = 3911795 - 2942189 = 969585 \text{ грн.}$$

Таким чином, завдяки розробці раціональних маршрутів перевезень, вибору методів розрахунку маршрутів та вибору автомобіля більшої вантажопідйомності (10 т) був зменшений загальний річний пробіг автомобілів, а відповідно річні експлуатаційні витрати стали нижче порівняно з базовим варіантом.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі з охорони праці дипломного проекту «Організація доставки цегли в умовах АТ «Мотор Січ» розглянутий аналіз потенційних небезпек, які можуть подіяти на дослідника та робітників, розроблені заходи по їх усуненню [9].

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Аналіз потенційних небезпек:

- під час навантаження транспортного засобу цеглою, можливо травмування водія через обрив вантажу;
- при перевезенні цегли можливе обрушення стопок цегли та випадання ззовні;
- при навантаженні цегли відбуваються відколи, які можуть утворювати пил. При вдиханні це призводить до професійних захворювань;
- наїзди на робітників при подачі автомобіля під навантаження заднім ходом;
- при обробці даних на ПК на дослідника діють шкідливі фактори, які не відповідають мікроклімату приміщення, де знаходиться ПК, недостатня освітленість, підвищений рівень шуму та інші небезпеки, які наведені в Додатку А.

Далі розроблені загальні заходи та заходи з виробничої санітарії та гігієни праці з усунення небезпек [10], вони внесені до Додатку Б.

В Додатку В наведений розрахунок досліджень небезпечних факторів, таких як напруженість праці й інших небезпек при роботі за ПК.

В розділі з охорони праці розглянуті питання з пожежної безпеки та цивільного захисту[11]. .

4.2 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Заходи безпеки з пожежної безпеки

Відповідно нормативам з пожежної безпеки згідно НАПБ 03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» в приміщенні, де розташовані ПК, на кожні 20 м² повинен бути один вогнегасник. Для гасіння електрообладнання, до яких відноситься і ПК, застосовується вогнегасник порошковий. Тому у кімнаті, де розташований ПК, з площею 44 м² треба розмістити вогнегасник ВВП-5 в кількості 3 шт.

4.2.2 Заходи з цивільного захисту

Ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ДТП

Стабілізація аварійного транспортного засобу здійснюється шляхом його фіксації з метою недопущення розкачування, зсуву, перевертання, щоб запобігти отриманню додаткових травм постраждалими та убезпечити рятувальників під час проведення аварійних робіт.

З метою попередження загоряння аварійного транспортного засобу та запобігання додатковому травмуванню постраждалих унаслідок раптового спрацьовування систем пасивної безпеки (повітряні подушки і піротехнічні системи ременів безпеки) до початку робіт здійснюється відключення акумуляторної батареї.

До ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних із ДТП (зіткнення і перекидання автомобілів, ДТП на залізничних переїздах, ДТП під час транспортування небезпечних вантажів, пожежі на автотранспорті, падіння автомобілів з крутих схилів, попадання автомобілів під лавини, селі, падіння автомобілів у воду), залучаються аварійно-рятувальні підрозділи оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, інші аварійні формування.

При ліквідації надзвичайної ситуації, пов'язаної з ДТП, на аварійно-рятувальні підрозділи накладаються завдання з рятування постраждалих та усунення загрози вторинних факторів ураження (ліквідація пожеж, локалізація дії небезпечних речовин, ліквідація загрози обрушення пошкоджених конструкцій тощо).

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі була розроблена технологія доставки цегли з трьох районів міста Запоріжжя до обласних центрів (було розглянуто 9 обласних центрів), розташованих на відстані від пункту підправлення не більш 100 км. Таким чином, час обороту одного автомобіля складає не більш 8 годин, працюючи 5 днів на тиждень.

На основі обробки статистичних показників вантажопотоку, було розраховано середнє значення кількості вантажу, яку слід перевезти протягом тижня.

В роботі споживачі були закріплені за відправниками. В результаті було сформовано три групи, які об'єднані територіальним розміщенням. Це стало основою для формування вантажних пунктів в маршрути. В проєктному варіанті при розробці та групуванні маршрутів була врахована місткість автомобіля та зменшення пробігу транспортних засобів.

Для перевезення були задіяні бортові автомобілі вантажопідйомністю 5 тонн (базовий варіант) та 10 тонн (проєктний варіант). Було визначено, що для перевезення цегли необхідно три автомобіля, кожен з яких закріплений за своєю групою маршрутів.

Розрахунки показали, що за базовим варіантом річний пробіг автомобілів складає 185 368 км, а за проєктним – 87 880 км.

Річні експлуатаційні витрати при використанні автомобілів вантажопідйомністю 5 тонн (базовий варіант) складають 3 911 795 грн, а при використанні автомобілів вантажопідйомністю 10 тонн (проєктний варіант) – 2 942 189 грн.

Таким чином, річний економічний ефект проєктного варіанту складає 969 585 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мотор-Січ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Запоріжжя, 2022. – Режим доступу: <https://motorsich.com/o-nas/> (дата звернення 14.10.2021р.) «Мотор Січ» - одне з провідних підприємств у світі з випуску авіаційних двигунів, вертольотів, а також промислових газотурбінних установок».

2. Силікатна цегла. Сировина, властивості, виробництво, застосування [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – НМЦ вищої та фахової передвищої освіти, 2022. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=QbYuoMUn8Xc&t=79s> (дата звернення 14.10.2021р.) - «Будівництво».

3. ХСМ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – ХСМ, 2022. – Режим доступу: <https://khsm.com.ua/articles/301-kak-delayut-silikatnyj-kirpich> (дата звернення 14.10.2021р.) - «Як виготовляють силікатну цеглу».

4. ТОВ «Модуль-Україна» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Кам'янець-Подільський, 2022. – Режим доступу: <http://www.module-ukraine.com/about/record/1> (дата звернення 14.10.2021р.) - «Про підприємство».

5. Кузькін О.Ф. Імовірнісні і статистико-експериментальні методи аналізу транспортних систем [Текст] : навчальний посібник / О.Ф. Кузькін, О.А. Лащених, С.М. Турпак. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 371с.

6. Комплекс з навчально-методичного забезпечення дисципліни "Вантажні автомобільні перевезення" для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)// Укл.: проф. Бабушкін Г.Ф., ст. викл. Лебідь Г.О. – Запоріжжя: ЗНТУ, - 2019.- 100 с.

7. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення/Навчальний посібник/ М.Г. Босняк, К.: Видавничий Дім «Слово», 2010, 408с.

8. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи економіки транспорту» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 «Транспортні технології» / Укл.: ст. викл. Харченко Т.В. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 36 с.

9. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС. 2018. – 44 с.

10. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила).

11. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми)

Аналіз потенційних небезпек:

- при навантаженні цегли до транспортного засобу можливо травмування вантажників через обрушення стопки цегли;
- при навантаженні цегли відбуваються відколи, при очищенні кузова автомобілів утворюється пил. Цей пил при вдиханні призводить до подразнення слизистої легенів та призводить до професійних захворювань;
- при навантаженні цегли в холодний період, робітники можуть отримати переохолодження та захворіти;
- на складах можливо виникнення пожежі. Причиною виникнення може бути незадовільний нагляд за електроустаткуванням і проводами, опалювальними пристроями, що призводить до перевантажень, утворення іскор та загорання;
- наїзди на робітників при подачі автомобіля під навантаження заднім ходом;
- при перевезенні цегли може відбутися обрушення стопок цегли та випадання ззовні. Це призведе до травмування робітників;
- при незадовільному освітленні в цеху чи на майданчику можливе порушення технологічного процесу навантаження, що призведе до травмування робітників;
- при обробці даних на ПК на дослідника діє ряд шкідливих факторів, таких як невідповідність мікроклімату приміщення, де знаходиться ПК, недостатня освітленість, підвищений рівень шуму та інше.

Заходи з забезпечення безпеки

Перед вантажно-розвантажувальними роботами необхідно візуально перевіряти такелажні пристрої та періодично відправляти їх на перевірку.

Для запобігання травмування водія при вантажних роботах, необхідно щоб водій покинув кабінку й відійшов від неї на безпечну відстань. Водій повинен знаходитися поза зоною дії вантажного механізму НПАОП 0.00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

Перевозка цегли повинна виконуватися пакетним засобом на піддонах чи без піддонів з захисними пристроями. Забороняється вантаж пакетів, у яких з нижнього ряду торцевих сторін чи кутів, випали цегли.

Для запобігання наїздів при подачі автомобіля під навантаження заднім ходом, необхідно, щоб робітник, який зайнятий на операціях вантаження, контролював під'їзд автомобіля. Водій автомобіля повинен подавати сигнал.

Для запобігання падіння цегли з кузова автомобіля необхідно при перевезенні цегли на піддонах, вкладати «ялинкою», коли вантажопід'ємність не перевищує 7 т, пакети слід встановлювати вздовж осі кузова, при вантажопід'ємності більше 7 т – у шаховому порядку перпендикулярно осі кузова щільно до бокового борту автомобіля.

Заходи з забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Для запобігання дії шкідливого пилу необхідно для вантажників застосовувати респіратори відповідно ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту». При очищенні кузова автомобілю, щоб пил не вплинув на робітників, треба змочувати поверхню кузова або застосовувати пилозбірники. В закритому складі необхідно застосовувати загально-обмінну вентиляцію.

При завантаженні цегли в холодний час можливе переохолодження людини. Для запобігання цього робітникам необхідно видати спеціальний одяг та взуття відповідно до ДСТУ 7339:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту». Повинні видаватися теплі куртки та штани. Необхідно облаштувати так звані «битовки», де робітники можуть обігрітися, та просушити одяг.

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на складах та площадках, при навантаженні цегли, передбачається, відповідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення», застосування лампи типу ДРЛ-400, які мають високу світлову віддачу, тривалий термін служби та стійкість до коливань мережевої напруги міцністю 80 кВт. Висота підвісу буде більше 6 м. Робоча освітленість становить 50 лк.

Оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою розглянемо на прикладі оцінки факторів виробничого середовища для дослідника лабораторії, обладнаної ПК.

На робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК, були проведені дослідження та виміри показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, результати яких занесені до таблиці 1В. «Результати оцінювання за бальною шкалою».

З додатків [9], відповідно до категорії робіт 2а, розряду зорових робіт А-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця 1В – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн},$ бали	Клас умов праці	$X_i,$ бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	26,5	10	22,0-25,1	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	430	10	500	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	А-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	108	6	65	—	3.4	3
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	350	8	290	,21	4	4
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61500	8	40000	1,54		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	78	8	75	1,04		
Тривалість робочого дня, $год.$	10	¹ 0	8	,23		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5 таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [9]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінюванні мікроклімату визначаємо в балах за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 10}{10} = 3$$

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2:

а.) Загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{350 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 1,21;$$

б.) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{61000 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,54;$$

в.) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{78 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,04;$$

г.) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{знач} = 0,15$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,23;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [9] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 430$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [9] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 108$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [9] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [9]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 1,21 + 1,54 + 1,04 + 0,23 = 4,02$$

З таблиці 7.3 [9] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 4,02$ – 4 клас, 4 ступінь (4.4);

Загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень,

відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 4 класу, 4 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 10 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [9]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 6}{8} = 3$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 4$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [9].

На робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК, були проведені дослідження та виміри показників шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, результати яких занесені до таблиці 2В. «Результати оцінювання за

бальною шкалою».

З додатків [9], відповідно до категорії робіт 2а, розряду зорових робіт А-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця 2В – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн},$ бали	Клас умов праці	$X_i,$ бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	26,5	10	22,0-25,1	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	430	10	500	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	А-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	108	6	65	—	3.4	3
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	350	8	290	,21	4	4
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61500	8	40000	1,54		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	78	8	75	1,04		
Тривалість робочого дня, $год.$	10	¹ 0	8	,23		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [9]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінюванні мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 10}{10} = 3$$

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2:

а.) Загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{350 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 1,21;$$

б.) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{61000 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,54;$$

в.) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{78 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,04;$$

г.) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{знач} = 0,15$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,23;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [9] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 430$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [9] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 108$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [9] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [9]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 1,21 + 1,54 + 1,04 + 0,23 = 4,02$$

З таблиці 7.3 [9] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 4,02$ – 4 клас, 4 ступінь (4.4);

Загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 4 класу, 4 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 10 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [9]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 6}{8} = 3$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 4$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [9]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 3 + 4 = 11$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 11$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [9]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 24 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції:

1) умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

2) відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника належать до категорії 2а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 2а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом – 19,2-21,9°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відповідає розряду зорових робіт А-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 500$ лк;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 65 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 232 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 100%;

- тривалість робочого дня 8 год.

3) для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів, які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;

- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня 8 год

- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

4) якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [9], у розмірі 24%.

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 11$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [9]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 24 %.