

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

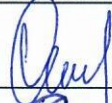
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЩЕБЕНЮ ДО СЕЛИЩ
ПОЛОГІВСЬКОГО РАЙОНУ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО
ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Виконала: студентка ІІ курсу, групи T-312м

Спеціальності 275 «Транспортні технології
(за видами)»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
275.03 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

		Олег ЛЕБІДЬ (прізвище та ініціали)
Керівник		Олена ПАДЧЕНКО (прізвище та ініціали)
Рецензент		Андрій ЩЕРБИНА (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний _____
Кафедра _____ «Транспортні технології» _____
Ступінь вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)» _____

(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.03 «Транспортні технології (на _____
автомобільному транспорті)» _____

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЛЕБІДЯ Олега Сергійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Організація перевезень щебеню до селищ
Пологівського району в умовах післявоєнного відновлення України

керівник проєкту (роботи) ПАДЧЕНКО Олена Олександрівна

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.

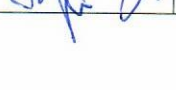
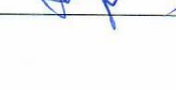
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі схеми розміщення вантажних
пунктів-отримувачів та відправників щебеню; вантажооборот; відстань
перевезень; час вантажних операцій.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Аналіз системи
доставки щебеню з Токмацького, Новополтавського та Трудівського кар'єрів.
2.2 Транспортна задача закріплення постачальників щебеню за пунктами-
отримувачами. 2.3 Розрахунок тривалості вантажних операцій за складеними
маршрутами. 2.4 Розробка розкладів роботи за варіантами. 2.5 Розрахунок
загального пробігу автомобілів за варіантами. 3 Економічна частина, 4
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
2	ПАДЧЕНКО О.О., старш. викл.		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	01.12.2023-25.01.2024	

Студент(ка)


(підпис)

Олег ЛЕБІДЬ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Олена ПАДЧЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 91 с., 41 табл., 12 рис., 14 джерел.

АВТОМІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, ВАНТАЖНІ ЩУБІНЬ, СКЛАД, КАР'ЄР, ПЕРЕВЕЗЕННЯ, МАРШРУТ, САМОСКІД, ГРАФІК, РОЗКЛАД, РОЗВАНТАЖЕННЯ, ЗАПАС, ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА, ВІДПРАВНИК

Об'єкт дослідження – транспортна система доставки щебня з Токмацького, Новополтавського та Трудівського кар'єрів одержувачам Пологівського району Запорізької області.

Мета роботи – аналіз та удосконалення технологічного процесу доставки щебня з кар'єрів, раціональне складання маршрутів завдяки закріпленню вантажовідправників за вантажоодержувачів.

Методи дослідження – аналітичний аналіз тривалості транспортних та технологічних операцій при перевезенні щебня, метод потенціалів, графоаналітичний метод.

Досліджено та проаналізовано процеси доставки щебня до селищ Пологівського району. Доставка щебня здійснюється з Токмацького, Новополтавського та Трудівського кар'єрів в вісім вантажних пунктів. Завдяки розрахунків транспортної задачі методом потенціалів, розроблені технологічні графіки роботи автомобілів та складені розклади руху; в магістерській роботі досліджується доцільність використання автомобільного рухомого складу вантажопідйомністю 12т та 24т по двох варіантах постачання щебня.

ЗМІСТ

	с.
Завдання.....	2
Реферат.....	4
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Основні характеристики Токмацького, Новоуполтавського та Трудівського щебневих кар'єрів.....	8
1.2 Основні характеристики щебню.....	12
1.3 Класифікація щебню за фракційністю.....	14
1.4 Аналіз методів розробки маршрутів доставки щебню.....	18
1.5 Вибір кар'єрного автомобільного транспорту для доставки щебня...	19
1.6 Недоліки існуючої системи доставки щебню.....	22
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Аналіз системи доставки щебню з Токмацького, Новоуполтавського та Трудівського кар'єрів.....	23
2.2 Транспортная задача закріплення постачальників щебню за пунктами-отримувачами.....	25
2.2.1 Рішення транспортної задачі доставки щебня з Токмацького та Новоуполтавського кар'єрів.....	26
2.2.2 Рішення транспортної задачі доставки щебня з Новоуполтавського та Трудівського кар'єрів.....	40
2.3 Розрахунок тривалості вантажних операцій за складеними маршрутами.....	52
2.4 Розробка розкладів роботи автомобілів за варіантами.....	55
2.4.1 Розробка розкладів роботи автомобілів при доставці щебня з Токмацького та Новоуполтавського кар'єрів.....	55
2.4.2 Розробка розкладів роботи автомобілів при доставці щебня з	

Нопополтавського та Трудівського кар'єрів.....	58
2.5 Розрахунок загального пробігу автомобілів за варіантами.....	61
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	64
3.1 Економічні розрахунки доставки щебня з Токмацького, Новополтавського та Трудівського кар'єрів.....	64
3.2 Визначення найбільш економічного варіанту рішення доставки щебня	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	74
Висновки.....	76
Перелік джерел посилання.....	78
Додаток А.....	80
Додаток Б.....	81
Додаток В.....	89

ВСТУП

Сучасні реалії створюють необхідність у післявоєнні роки в найкоротший час відбудовувати нашу країну. Багато сіл та доріг були знищені ворогом і потребуватимуть відбудови та будівництво заново. В магістерській роботі розглядається Пологівський район Запорізької області, який зазнав під час війни руйнувань та потребує відновлення та відбудову.

Для цього в роботі пропонується розробити доставку щебня з кар'єрів, які розміщені неподалік. Це Токмацький, Новополтавський та Трудівський щебневі кар'єри. Ще до війни, ці кар'єри виробляли якісний щебінь різного виду. Тому він підійде як для будівництва доріг, так і для будівництва будівель та споруд.

Замовниками щебня виступатимуть наступні села та населені пункти: с. Тарасівка, с. Вербова, с. Басань, с. Шевченко, с. Семенівка, с. Григорівка, с. Кінські Роздори, с. Вознесенка (Чапаєвка).

Доставка буде здійснюватися автомобілями самоскидами номінальною вантажопідйомністю 12 та 24 тонни [1;2].

Доставку планується здійснювати два рази на тиждень. Це дасть змогу протягом року покрити потребу даних населених пунктів у щебні – відбудувати будівлі та побудувати шляхи сполучення з іншими містами та населеними пунктами.

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Основні характеристики Токмацького, Новополтавського та Трудівського щебневих кар'єрів

Історія виникнення перших кар'єрів уходить своїми коріннями у Стародавній Єгипет, коли почали з'являтися перші піраміди. Згодом в кар'єрах почали добичу мармуру у досить великих масштабах.

Відкритий спосіб розробки кар'єрів почався тільки на початку двадцятого століття. До цього періоду не було технічної можливості для такого роду робіт.

На сьогоднішній день кар'єри представляють собою так звані уступи, які в процесі просування видобовують гірничу масу в межах даної території (кар'єру).

Кар'єрні автомобільні дороги бувають постійними або пересувними, які змінюються по мірі просування кар'єру. Транспортні шляхи в середині кар'єру забезпечуються постійними або розсувними рампами, а на поверхню – траншеями.

Під час роботи уступи переміщуються для збільшення простору до доступного для видобутку. Під час вскришних робіт розкривні породи переміщуються у відвали, а відвали можуть розміщуватися у виїмкових просторах [1;2].

У кар'єрах глибиною до ста метрів з міцними вміщуючими породами до 20% до 30% вартості одного метра кубічного розкривних порід припадає на виїмку і вибухові роботи, 12%-16% - на виїмку, 35%-40% на безпосередньо транспортування, 10%-15% - на відвалоутворення.

Зі збільшенням глибини кар'єру частка транспортних витрат зростає на 60-70%.

Для буріння вибухових свердловин у кар'єрах використовуються важкі та легкі бурові установки вагою від 100 до 130 тонн. Основними видами

вибухових речовин є гранули аміачної селітри, грамоніт (поєднання селітри і тротилу) та вибухові речовини, що герметизуються водою (обводнені свердловини).

Основною гірничо-навантажувальною технікою, що використовується для видобутку вугілля та руди є моторизовані екскаватори, канатним приводом, з ковшами місткістю від 15 до 30 метрів кубічних і довжиною стріли до 26 метрів. Також поширені гідравлічні прямі механічні екскаватори з ковшами об'ємом 10-38 м³.

Використовуються також однокішшеві навантажувачі з ковшами місткістю від 4 до 20 м³. Для розкривних робіт використовуються потужні механічні екскаватори та канатні дороги (наприклад, механічні екскаватори вантажопідйомності 12000 тонн з ковшами місткістю 135 м³ та потужністю приводу 22000кВт та канатні дороги вантажопідйомністю 12000тонн з ковшами місткістю 168 м³ і довжиною стріли 92 м) [1;2].

Технологія кар'єрного потоку досягається завдяки використанню роторних екскаваторів (діаметр ротора 22 м об'ємом ковша 6,6 м³, щоденна продуктивність до 240000 м³).

Компактні роторні екскаватори зі зниженими робочими параметрами забезпечують високу ефективність у малих і середніх кар'єрах. 8 У кар'єрах, де обробляється товста порода, великі самоскиди перевозять найбільше. 9 Самоскиди вантажопідйомністю від 100 до 155 т є поширеним видом транспорту завдяки своїй маневреності та здатності долати круті схили. Також працюють самоскиди 200-300 тонн.

Для транспортування видобутих блоків з кар'єру використовуються залізничний локомотив із причепним навантаженням 360 т, самоскид максимальною вантажопідйомністю 180 т, самохідна кар'єрна дробарка на гусеничному ходу, колісне та великовагове шасі. буде використано. Будуть задіяні машини вантажопідйомністю до 600 тонн і 5000 одиниць. Застосування систем дроблення в кар'єрах т/год дозволяє перейти до більш широкого використання конвеєрних систем [3].

Глибокий кар'єр – це кар'єр глибиною понад 100м. Швидкість розробки глибоких кар'єрів залежить від внутрішнього кар'єрного транспорту і становить від 3,5 до 7 м/рік для залізничного транспорту, від 10 до 45 м/рік для автомобільного транспорту. Глибина таких кар'єрів може досягати 300-1000 м.

Зі збільшенням глибини відкритих гірничих робіт, зменшуються параметри робочої зони і довжина фронту робіт у кар'єрі, відстань, на яку гірнича маса транспортується на поверхню, збільшується кількість робочих горизонтів і транспортних платформ, складність розкриття глибоких горизонтів тощо.

Зі збільшенням глибини зростає міцність і насичена вологість породи, знижується природна вентиляція виробленого простору, стає складним процес підривання породи і збільшуються витрати та здійснення доставки гірничої маси з робочих горизонтів на поверхню.

На глибині 200-250м транспортні витрати становлять близько 40%-45% від загальної собівартості корисних копалин, тоді як на глибині 300-400м відсоток зростає приблизно до 60%-70%.

Глибокі кар'єри використовують залізницю, шосейні дороги, конвеєри та комбіновані методи транспортування. Кар'єр розробляється на глибину 180-250 м внутрішніми похилими траншеями, призначеними для роботи колісного транспорту. Круті траншеї відкривають більш глибокі горизонти для конвеєрів, бункерів, конвеєрних складів. Застосовують також підземні способи буріння, що поєднують похилі стволи або стволи, шахтні стволи і тунелі [1;4].

Глибока система розробки кар'єрів: автодорожньо-конвеєрна, залізнично-конвеєрна комбінована транспортна система, транспортна справа з повним транспортуванням. Найбільш перспективним є розвиток оборотних потоків і потокових технологій глибоких кар'єрів.

Глибокі кар'єри часто використовують природну вентиляцію. При необхідності їх штучна вентиляція здійснюється вентиляторними

пристроями, основою їх конструкції є шахтний вентилятор, гвинт літака з електроприводом або двигуном внутрішнього згоряння, турбогвинтовий двигун і турбореактивний двигун.

Однією з проблем глибоких кар'єрів є запобігання порушенню стійкості бортів кар'єру, що призводить до утворення та розвитку обвалів, осідань, зсувів тощо.

Для укріплення слабких місць на бортах глибоких котлованів використовують палі, стовпи, підпірні стінки, укріплюють породи цементом та іншими в'язучими розчинами, утеплюють покриттями з металевої сітки, асфальтують тощо [1;2].



Рисунок 1.1 – Робота автомобільного транспорту в щебневому кар'єрі



Рисунок 1.2 – Приклад завантаження автомобільного транспорту
щебнем

1.2 Основні характеристики щебню

В магістерській роботі розглядається доставка щебня, який представляє собою твердий каменеподібний матеріал, який за своїм призначенням може використовуватися в будівництві різних типів будівельних споруд, доріг, а також будівель.

Щебінь використовується як заповнювач для бетону.

Існує три основні види природного щебню, які використовуються в будівництві та приготуванні бетону [4].

1 Гранітний щебінь. Він використовується для приготування твердого бетону, а також для закладання фундаментів під високонавантажені будівлі та споруди.

2 Гравійний щебінь. Він використовується для будівництва залізобетонних конструкцій для цивільного виробництва та громадської інфраструктури (наприклад, бордюри, пішохідні доріжки та автомобільні дороги). Міцність гравійного щебню на тиск поступається міцності гравійного щебню.

3 Вапняковий щебінь. Його міцнісні властивості нижчі, ніж у аналогічних продуктів (гранітний та гравійний щебінь). Зазвичай він використовується у будівництві дрібноштучних бетонних виробів і при будівництві доріг з невисоким рівнем навантаження.

Основними характеристиками щебню є [4]:

- міцність на тиск – міцність матеріалу відповідає його марці і залежить від класу бетону;
- щільність – в середньому щільність щебню коливається від $1,5 \text{ г/см}^3$ до $1,5 \text{ г/см}^3$;
- площинність – цей показник визначає форму зерен щебню;
- температурна стійкість – в залежності від кількості циклів заморожування і відтавання, щебінь має спеціальне маркування F;
- радіоактивність – за показником радіоактивності щебінь ділиться на два класи (1 клас: для всіх будівельних робіт; 2 клас: для дорожнього будівництва);
- фракція – показник сортування щебню, що визначається розміром зерен.

Варто зазначити, що оскільки на щебінь припадає приблизно 80 – 90 відсотків об'єму бетонного розчину, якість цього матеріалу суттєво впливає на експлуатаційні характеристики виробу. Щебінь впливає на міцність виробу, його стійкість до морозних пошкоджень і захист від розтріскування від колів. Одночасно використовується кілька видів щебню, оскільки для

отримання високоміцного бетону важливо зменшити розмір границь зерен заповнювача.

Для виробництва залізобетонних виробів важливо не тільки підібрати якісні та відповідні заповнювачі, а й мати обладнання, здатне виробляти продукцію, що відповідає ДСТУ.

Як виробник мобільних установок NEMR для виробництва залізобетонних виробів, особлива увага звертається на те, що тільки комплексний підхід до виробництва будівельних матеріалів гарантує якість продукції, постійний попит.

Мобільні установки для виробництва газобетонних блоків NEMR дозволяє розширити асортимент продукції та збільшити обсяги виробництва.

1.3 Класифікація щебню за фракційністю

Одним з суттєвих показників, який допомагає обрати щебінь для тих чи інших видів будівельних робіт є його фракційність.

Фракційність вимірюється в міліметрах та показує крупність окремо взятого шматка вантажу. Розглянемо деякі з них, які найчастіше використовуються.

Щебінь фракцією від 0 до 5 мм. Його ще називають відсівом. Це найменша величина фракції, яка утворюється завдяки дробленню. Відсів є відхідним матеріалом, який утворюється в процесі дробління на необхідну фракцію.

Відсів дуже широко застосовується та має високий попит. Його використовуються для відстілу ґрунтових доріг, дитячих та спортивних майданчиків, а також при будівництві бетонних конструкцій (якщо не треба висока ступінь гладкості). Він також може використовуватися у якості декору або замінити пісок (в деяких випадках) [3;4].



Рисунок 1.3 – Щебінь фракцією 0-5 мм (відсів)

Щебінь фракцією від 5 до 20 мм має назву дрібна фракція. Він виготовляється з спеціального граніту, який має міцність $800-2200 \text{ кг/см}^3$. Дрібна фракція щебня найчастіше використовується для виготовлення асфальтобетонних сумішей, додаючи міцності. Такий щебінь широко використовують на всіх видах будівельних робіт.

Якщо аналізувати його вартість, то він досить дорогий відносно інших марок щебню.



Рисунок 1.4 – Дрібна фракція щебню (5-20мм)

Щебінь фракцією від 20 до 40 мм вважається найрозповсюдженішою. Цей щебінь використовують як для власного (приватного) будівництва, так і для будівництва виробництв загальнодержавного масштабу.

Щебінь даної фракції використовують при будівництві залізниць на різноманітних бетонних споруд, будівництві фундаментів та залізобетонних споруджень. Його міцність 2000 кг/см^2 дозволяє використовувати для будівництва нижнього шару асфальту при будівництві автомобільних доріг.

Ціна даної фракції вважається відносно недорогою.



Рисунок 1.5 –Фракція щебню (20-40мм)

Щебінь фракцією від 40 до 70 мм вважається великою фракцією. Його головне застосування – будівництво каркасів та фундаментів, основи для доріг, при будівництві залізничних колій [3;4].

Для його виготовлення використовують граніт з міцністю 2200 кг/см^2 . Виробництво цього щебню ускладнено тим, що не всі заводи по переробці можуть його виготовляти, тому в нашій країні є певний дефіцит даної фракції.

За своєю ціною він скоріше належить до недорогих.



Рисунок 1.6 –Фракція щебню (40-70мм)

Щебінь фракцією від 40 до 200 мм. Дана фракція щебню має назву бутовий камінь. Він використовується для будівельних робіт: заповнювач для бетонів (якщо його подрібнюють), огорожі та стіни, а також в якості декору для фонтанів, парків, скверів, водоймів.



Рисунок 1.7 –Фракція щебню (40-200мм)

1.4 Аналіз методів розробки маршрутів доставки щебню

При здійсненні автомобільних маршрутів доставки вантажів існують наступні методи розробки маршрутів: наближений метод, метод потенціалів (транспортна задача), метод найкоротшої зв'язуючої мережі тощо [5;6].

Наближений метод доцільно використовувати у випадку, коли постачальники закріплені за споживачами та транспортна робота визначається кількістю їздок або кількість перевезених тонн (одиниць) вантажу. Критерієм оптимальності є мінімальна відстань перевезень (мінімальний час руху між вантажними пунктами). В магістерській роботі використання наближеного методу є недоцільним, тому що постачальники щебню (кар'єри) не закріплені за споживачами і попередньо необхідно визначити та зробити розподілення.

Метод потенціалів є найбільш доцільним при рішенні поставленої в роботі задачі. Він дозволяє скласти маршрути доставки щебню таким чином, щоб найбільш раціонально обрати кар'єр з якого краще доставляти вантаж. Критерієм оптимальності є мінімальний пробіг та задоволення потреб споживачів та використання ресурсів (щоб не було дефіциту) відправників.

Метод найкоротшої зв'язуючої мережі застосовуються на кільцевих маршрутах. При заданих умовах перевезень його використання неефективне, тому що всі маршрути є маятникові зі зворотним порожнім пробігом [5;6].

Таким чином, метод потенціалів є найбільш доцільним для розробки маршрутів доставки щебню з кар'єрів (Токмацького, Новополтавського та Трудівського) одержувачам, які знаходяться в Пологівському районі Запорізької області.

1.5 Вибір кар'єрного автомобільного транспорту для доставки щебня

Для перевезення щебня в магістерській роботі необхідно вибрати найбільш ефективну модель самоскида. Автомобілі, які працюють безпосередньо в кар'єрах суттєво відрізняється від тих автомобілів, які здійснюють доставку по маршрутах від відправника до одержувача.

Більшість машин, які працюють в кар'єрах, не зустрічаються в міських умовах. Послуги кар'єрних самоскидів потрібні там, де не має спеціальних облаштованих доріг, які мають асфальтне або асфальто-бетонне покриття. Зазвичай вони працюють там, де є звивисті кар'єри з нерівною, непрохідною місцевістю і різкими поворотами. Двигуни, шасі та колеса цих автомобілі розраховані на довгі спуски та підйоми зі значними навантаженнями на кузов.

Ці транспортні засоби надпотужні та мають високий рівень маневреності, здатні переміщуватися по ґрунту з поганою прохідністю, а також працювати разом з навантажувально-розвантажувальними машинами та механізмами.

Через те, що самоскиди мають велику вагу (40т і вище) вони не допускаються до транспортування дорогами загального користування. Перевезення кар'єрних самоскидів – не просте завдання. Важку техніку перевозять до місця їх роботи (майданчики) по частинах і збирають їх на місці. Кар'єрні автомобілі-самоскиди в основному використовуються в глибоких кар'єрах з крутими ухілами доріг [1;5;6].



Рисунок 1.8 - Кар'єрний автомобіль самоскид Komatsu HD785-8.

Для перевезення щебня з кар'єрів в роботі пропонується задіяти автомобілі марки KAMAZ-45143 вантажопідйомністю 12,1 т та IVECO TRAKKER AD380T38H вантажопідйомністю 24 т (рис. 1.9, 1.10).



Рисунок 1.9 – Самоскид КАМАЗ-45143



Рисунок 1.10 – Самоскид IVECO TRAKKER AD380T38N

Представлені автомобілі широко використовуються для транспортування сипких матеріалів, різноманітних будівельних потреб.

Вони можуть бути надбудовані різноманітним додатковим обладнанням та використовуватися як спеціалізований транспорт. Наприклад, для прибирання снігу або розсипання піску (дорожні роботи), або обладнані бетононасосами або бетонозмішувачами.

1.6 Недоліки існуючої системи доставки щебню

Під час дослідження питання організації доставки щебня в Пологівський район Запорізької області у післявоєнний час був врахований той факт, що будівлі, споруди та автомобільні дороги були або частково або повністю зруйновані, тому потребують дуже багато будівельних матеріалів.

В роботі не був прийнятий базовий варіант, тому всі варіанти будуть розраховуватися як проєктні.

В роботі пропонується виконати наступні проєктні розрахунки:

- Обрати найбільш раціональний автомобільний транспортний засіб за своєю вантажопідйомності та технічними характеристиками;
- Розробити маршрути доставки та закріпити щебневі кар'єри, які територіально знаходяться на невеликій відстані за пунктами-одержувачами;
- Розробити графіки та розклади роботи автомобільного транспорту;
- Розрахувати пробіг автомобілів протягом року з метою визначення ефективного варіанту закріплення постачальника (кар'єра) за споживачами (вісім селищ Пологівського району);
- Економічно обґрунтувати доцільність впровадження проєктного рішення.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз системи доставки щебню з Токмацького, Новоуполтавського та Трудівського кар'єрів

Для того, щоб відновити населені пункти Пологівського району (с. Тарасівка, с. Вербове, с. Басань, с. Шевченко, с. Семенівка, с. Григорівка, с. Кінські Роздори, с. Вознесенка (Чапаївка) у післявоєнні роки, відбудувати будівлі та дороги виникає попит на замовлення щебню.

Термін доставки в середньому складає два рази на тиждень. В якості постачальників пропонується обрати кар'єри, які знаходяться у найближчому розміщені – Токмацький, Ноуполтавський та Трудівський.

В магістерській роботі пропонується розробити два варіанти доставки: з Токмацького та Новоуполтавського або з Новоуполтавського та Трудівського.

Схема розміщення пунктів-одержувачів щебня відносно кар'єрів (Токмацький та Новоуполтавський) представлені на рисунку 2.1.

Схема розміщення вантажних пунктів-одержувачів відносно Новоуполтавського та Трудівського щебневих кар'єрів наведені на рисунку 2.2.

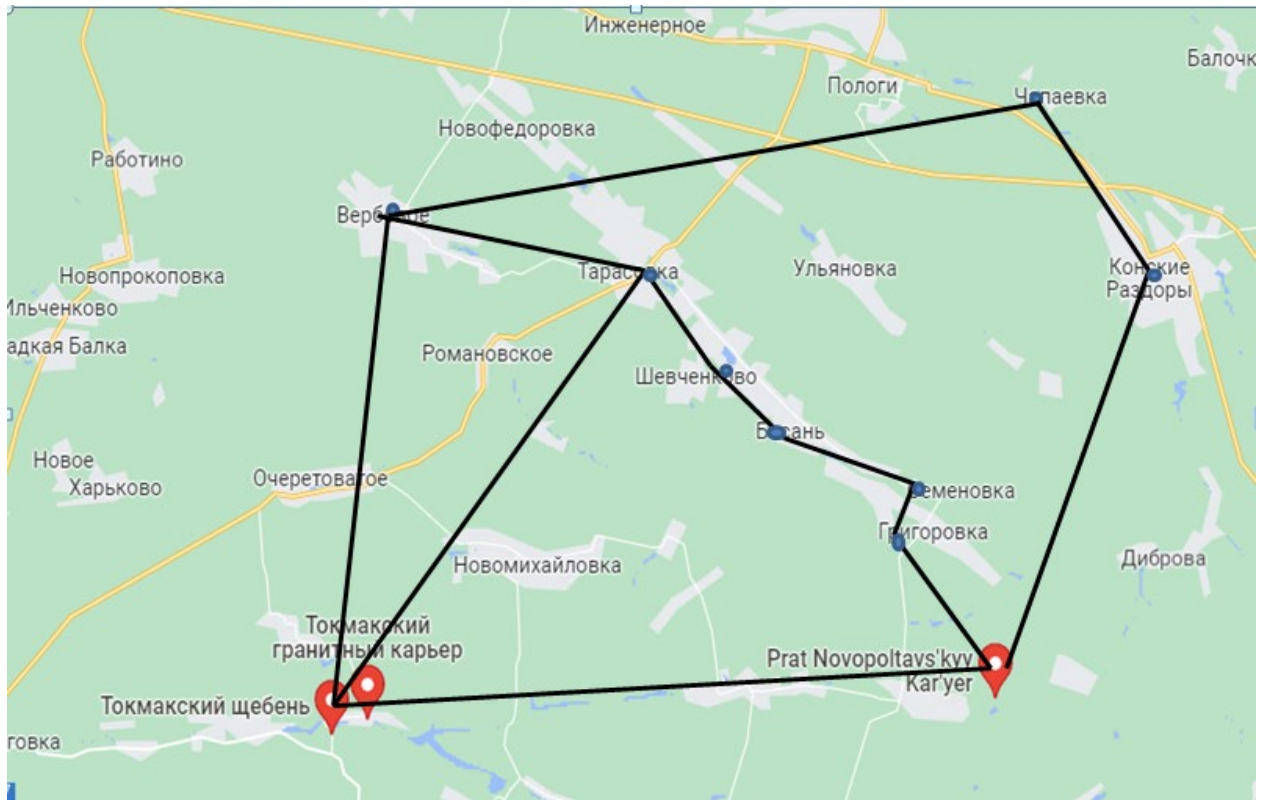


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення пунктів доставки щебня з
Токмацького та Новополтавського кар'єрів

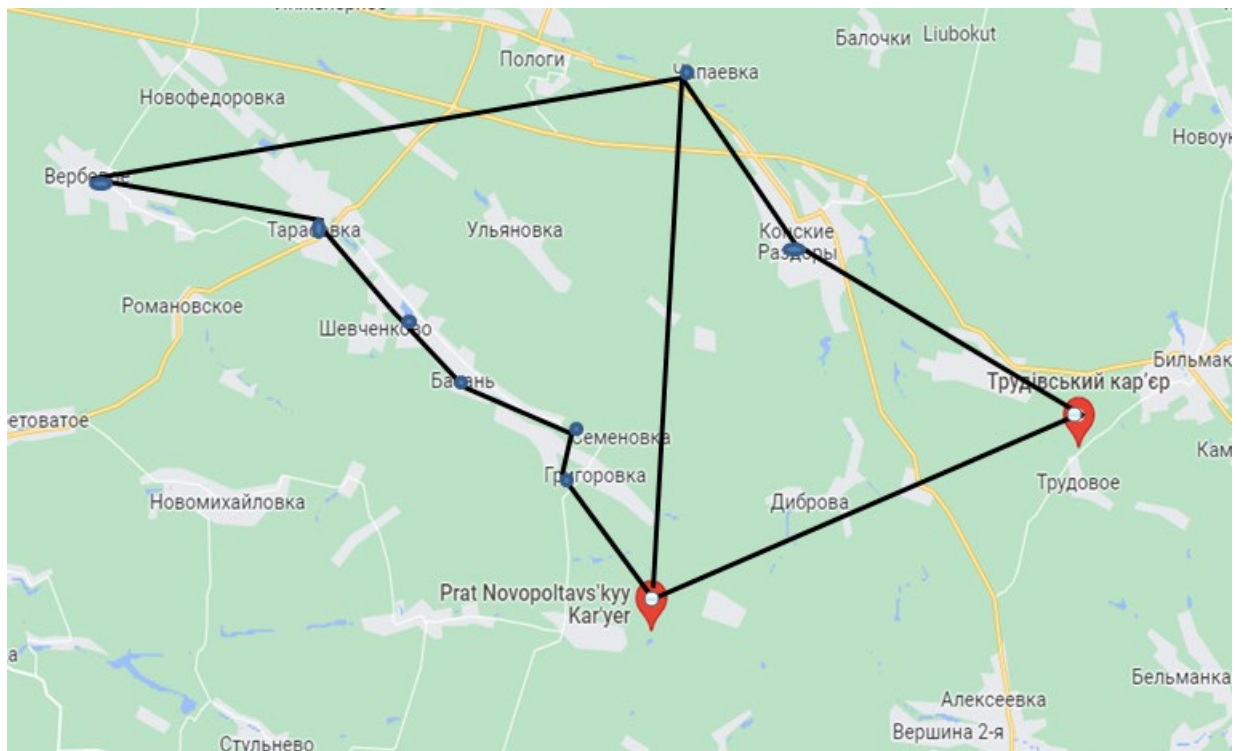


Рисунок 2.2 – Схематичне зображення пунктів доставки щебня з та
Новополтавського та Трудівського кар'єрів

2.2 Транспортная задача закріплення постачальників щебню за пунктами-отримувачами

Транспортна задача має розв'язання методом потенціалів, який дозволяє найкращим чином закріпити вантажовідправні кар'єри (Токмацький, Новополтавський та Трудівський) за восьми одержувачами.

В магістерській роботі пропонується розробити два варіанти: перший варіант – з Токмацького та Новополтавського кар'єрів; другий – Новополтавський та Трудівський щебневі кар'єри.

Вихідними даними для рішення задачі методом потенціалів є відстань перевезення від кар'єрів (вантажовідправників) по селищ Пологівського району (Тарасівка, Вербове, Басань, Шевченко, Семенівка, Григорівка, Кінські Роздори та Воскресенка) та кількість вантажу який необхідно доставити (періодичність поставок два рази на тиждень).

Для цього умовно позначимо:

- Токмацький кар'єр – А1;
- Новополтавський кар'єр (для другого варіанту Трудівський кар'єр) – А2;
- Тарасівка - В1;
- Вербове – В2;
- Басань – В3;
- Шевченко – В4;
- Семенівка – В5;
- Григорівка – В6;
- Кінські Роздори – В7;
- Воскресенка (Чапаївка) – В8.

2.2.1 Рішення транспортної задачі доставки щебня з Токмацького та Новополтавського кар'єрів

Відстань доставки щебня від двох пунктів-відправників та кількість щебня, який необхідно поставити в населені пункти задана в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Матриця вихідних даних доставки щебня

Вантажні пункти	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запаси
A1	32	42	41	74	46	44	58	60	36
A2	30	42	20	64	14	12	39	40	180
Кількість вантажу, т	24	12	36	12	24	12	48	48	216

Проверим необходимое и достаточное условие разрешимости задачи.

Виконуємо перевірку необхідну та достатню умову розв'язання задачі.

$$\sum a = 36 + 180 = 216$$

$$\sum b = 24 + 12 + 36 + 12 + 24 + 12 + 48 + 48 = 216$$

Умови балансу дотримуються, а кількість запасів дорівнюють кількості замовлень.

Тому модель транспортної задачі є закритою.

Вихідні дані залишаються незмінними, тобто таблиця 2.1 – розподільча таблиця.

Задачу вирішуємо в декілька етапів.

Етап I. Знаходження першого опорного плану [7;8].

1. Використовуючи критерій найменшого часу руху при доставці щебня, будуємо перший опорний план. З таблиці 2.1 необхідно вибрати клітинку, якій відповідає найменше значення часу руху між відправником та одержувачем щебню. Це значення буде найменше зі значень a_i , або b_j .

Далі необхідно виключити з розглядання строку, або стовпчик, який відповідає кар'єру, на якому запас щебня повністю вичерпаний, або споживач, заказ якого виконаний. Або випадок, коли запас вичерпаний та замовлення виконане [8].

Таким чином продовжуємо розподіляти вантаж (за критерієм найменшої відстані перевезень) до тих пік, поки всі замовлення не будуть виконані та всі запаси не будуть вичерпані.

Шуканий елемент дорівнює $c_{26}=12$.

Значення запасів для цього елемента дорівнюють 180, тоді як потреба складає 12т. Оскільки мінімальним значенням є 12, то його треба відняти. Отримаємо:

$$x_{26} = \min(180, 12) = 12.$$

Таблиця 2.2 – Опорний план для елемента $c_{26}=12$

32	42	41	74	46	x	58	60	36
30	42	20	64	14	12	39	40	180 - 12 = 168
24	12	36	12	24	12 - 12 = 0	48	48	

Наступний елемент дорівнює $c_{25}=14$. Для нього запаси будуть складати 168т, а потреба – 24 т. Оскільки мінімальним є 24, то його треба відняти: $x_{25} = \min(168, 24) = 24$. Дані записуємо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Опорний план для елементу $c_{25}=14$

32	42	41	74	x	x	58	60	36
30	42	20	64	14	12	39	40	168 - 24 = 144
24	12	36	12	24 - 24 = 0	0	48	48	

Наступний елемент дорівнює $c_{23}=20$. Для даного випадку кількість запасів складає, а потреба - 36. Мінімальне значення у таблиці дорівнює 14. Оскільки 14 < 36, тому його віднімаємо від суми, яка залишилась. $x_{23} = \min(144, 36) = 36$.

Таблиця 2.4 – Опорний план для елементу $c_{23}=20$.

32	42	x	74	x	x	58	60	36
30	42	20	64	14	12	39	40	144 - 36 = 108
24	12	36 - 36 = 0	12	0	0	48	48	

Якщо елемент дорівнює $c_{21}=30$. Для даного елемента запаси складають 108, а потреба 24. Оскільки мінімальним значенням є 12, його треба відняти від загального сумарного значення: $x_{21} = \min(108, 24) = 24$.

Таблиця 2.5 – Опорний план для елемента $c_{21}=30$

x	42	x	74	x	x	58	60	36
30	42	20	64	14	12	39	40	108 - 24 = 84
24 - 24 = 0	12	0	12	0	0	48	48	

Якщо елемент дорівнює $c_{27}=39$. Для цього значення елемента запас складає 84, а потреба 48. Тоді це значення треба віднімати від загального значення, оскільки наступне мінімальне значення дорівнює 48: $x_{27} = \min(84, 48) = 48$.

Таблиця 2.6 – Опорний план для елемента $c_{27}=39$

x	42	x	74	x	x	x	60	36
30	42	20	64	14	12	39	40	84 - 48 = 36
0	12	0	12	0	0	48 - 48 = 0	48	

Якщо елемент дорівнює $c_{28}=40$. Для цього елемента запаси складають 36, а потреба - 48. Оскільки мінімальним є 36, то віднімаємо його: $x_{28} = \min(36, 48) = 36$.

Таблиця 2.7 – Опорний план для елементу $c_{28}=40$.

x	42	x	74	x	x	x	60	36
30	x	20	x	14	12	39	40	36 - 36 = 0
0	12	0	12	0	0	0	48 - 36 = 12	

Якщо елемент дорівнює $c_{12}=42$. Для цього елемента запаси складають 36, а потреба - 12. Оскільки мінімальним є являється 12, то віднімаємо його:
 $x_{12} = \min(36, 12) = 12$.

Таблиця 2.8 – Опорний план для елементу $c_{12}=42$.

x	42	x	74	x	x	x	60	36 - 12 = 24
30	x	20	x	14	12	39	40	0
0	12 - 12 = 0	0	12	0	0	0	12	

Якщо елемент дорівнює $c_{18}=60$. Для цього елемента запаси складають 24, а потреба складає 12. Оскільки мінімальним є являється 12, то віднімаємо його: $x_{18} = \min(24, 12) = 12$.

Таблиця 2.9 – Опорний план для елементу $c_{18}=60$

x	42	x	74	x	x	x	60	24 - 12 = 12
30	x	20	x	14	12	39	40	0
0	0	0	12	0	0	0	12 - 12 = 0	

Якщо елемент дорівнює $c_{14}=74$. Для цього елемента запаси складають 12, а потреба - 12. Оскільки мінімальним є являється 12, то віднімаємо його:
 $x_{14} = \min(12, 12) = 12$.

Таблиця 2.10 – Опорний план для елементу $c_{14}=74$.

x	42	x	74	x	x	x	60	12 - 12 = 0
30	x	20	x	14	12	39	40	0
0	0	0	12 - 12 = 0	0	0	0	0	

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку етапу 1

Відправники/ одержувачі	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запаси
A1	32	42 [12]	41	74 [12]	46	44	58	60 [12]	36
A2	30 [24]	42	20 [36]	64	14 [24]	12 [12]	39 [48]	40 [36]	180
Потреба щебню	24	12	36	12	24	12	48	48	

В результаті розрахунків отриманий перший опорний план, який є допустимим. Щебін з кар'єрів-відправників доставляється у необхідному обсязі та повністю задовільняє попит (згідно замовлень). План задовільняє системі транспортної задачі [7;8].

Підраховуємо число зайнятих клітинок у таблиці 2.11. Їх кількість складає 9 (потрібно $m + n - 1 = 9$). Це свідчить про те, що опорний план є невиродженим.

Тому для цього опорного плану значення цільової функції буде дорівнювати:

$$F(x) = 42 \cdot 12 + 74 \cdot 12 + 60 \cdot 12 + 30 \cdot 24 + 20 \cdot 36 + 14 \cdot 24 + 12 \cdot 12 + 39 \cdot 48 + 40 \cdot 36 = 7344 \text{ т} \cdot \text{км}.$$

Етап II. Покращення опорного плану.

На цьому етапі перевіряємо на оптимальність опорний план. Для цього треба знайти попередні потенціали u_i, v_j . Використовуємо зайняті клітинки таблиці 2.11, в яких $u_i + v_j = c_{ij}$. Приймаємо, що $u_1 = 0$.

$$u_1 + v_2 = 42; 0 + v_2 = 42; v_2 = 42$$

$$u_1 + v_4 = 74; 0 + v_4 = 74; v_4 = 74$$

$$u_1 + v_8 = 60; 0 + v_8 = 60; v_8 = 60$$

$$u_2 + v_8 = 40; 60 + u_2 = 40; u_2 = -20$$

$$u_2 + v_1 = 30; -20 + v_1 = 30; v_1 = 50$$

$$u_2 + v_3 = 20; -20 + v_3 = 20; v_3 = 40$$

$$u_2 + v_5 = 14; -20 + v_5 = 14; v_5 = 34$$

$$u_2 + v_6 = 12; -20 + v_6 = 12; v_6 = 32$$

$$u_2 + v_7 = 39; -20 + v_7 = 39; v_7 = 59$$

Результати зводимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Результат оптимізації опорного плану

	$v_1=50$	$v_2=42$	$v_3=40$	$v_4=74$	$v_5=34$	$v_6=32$	$v_7=59$	$v_8=60$
$u_1=0$	32	42[12]	41	74[12]	46	44	58	60[12]
$u_2=-20$	30[24]	42	20[36]	64	14[24]	12[12]	39[48]	40[36]

Даний опорний план не є оптимальним, оскільки існують оцінки вільних клітинок, для яких:

$$u_i + v_j > c_{ij}$$

$$(1;1): 0 + 50 > 32; \Delta_{11} = 0 + 50 - 32 = 18 > 0$$

$$(1;7): 0 + 59 > 58; \Delta_{17} = 0 + 59 - 58 = 1 > 0$$

$$\max(18,1) = 18$$

Вибираємо максимальну оцінку вільної клітинки (1;1): 32

Для цього в перспективну клітинку (1;1) поставимо знак «+», в у решта вершинах багатокутника чергуються знаки «-», «+», «-».

Таким чином, скорегована таблиця 2.12 буде мати наступний вигляд (табл.2.13)

Таблиця 2.13 – Скореговані результат оптимізації опорного плану (1)

Відправн ик/ одержува ч	1	2	3	4	5	6	7	8	Запаси
1	32 [+]	42 [12]	41	74 [12]	46	44	58	60[12] [-]	36
2	30 [24] [-]	42	20 [36]	64	14 [24]	12 [12]	39 [48]	40[36] [+]	180
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

З таблиці 2.13 цикл має наступний вигляд: (1,1 → 1,8 → 2,8 → 2,1).

З вантажів (щебню) x_{ij} , які знаходяться в клітинках зі знаком «-», вибираємо найменше значення, а саме $y = \min(1, 8) = 12$. Додаємо 12 до

кількості тонн вантажу, які знаходяться в клітинках зі знаком «+» та віднімаємо 12 з X_{ij} , які знаходяться в клітинках зі знаком «-». В результаті чого, отримаємо новий опорний план.

Таблиця 2.14 – Опорний план №2

Відправники / одержувачі	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запаси
A1	32 [12]	42 [12]	41	74 [12]	46	44	58	60	36
A2	30 [12]	42	20 [36]	64	14 [24]	12 [12]	39 [48]	40 [48]	180
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

Перевіряємо оптимальність опорного плану. Знаходимо попередні потенціали u_i, v_j . Згідно клітинок, які задіяні в таблиці опорного плану, в яких $u_i + v_j = c_{ij}$, при умові $u_1 = 0$.

$$u_1 + v_1 = 32; 0 + v_1 = 32; v_1 = 32$$

$$u_2 + v_1 = 30; 32 + u_2 = 30; u_2 = -2$$

$$u_2 + v_3 = 20; -2 + v_3 = 20; v_3 = 22$$

$$u_2 + v_5 = 14; -2 + v_5 = 14; v_5 = 16$$

$$u_2 + v_6 = 12; -2 + v_6 = 12; v_6 = 14$$

$$u_2 + v_7 = 39; -2 + v_7 = 39; v_7 = 41$$

$$u_2 + v_8 = 40; -2 + v_8 = 40; v_8 = 42$$

$$u_1 + v_2 = 42; 0 + v_2 = 42; v_2 = 42$$

$$u_1 + v_4 = 74; 0 + v_4 = 74; v_4 = 74.$$

Таблиця 2.15 – Опорний план №3

	$v_1=32$	$v_2=42$	$v_3=22$	$v_4=74$	$v_5=16$	$v_6=14$	$v_7=41$	$v_8=42$
$u_1=0$	32[12]	42[12]	41	74[12]	46	44	58	60
$u_2=-2$	30[12]	42	20[36]	64	14[24]	12[12]	39[48]	40[48]

З таблиці 2.15 видно, що опорний план не є оптимальним, тому що існують оцінки вільних клітинок, для яких $u_i + v_j > c_{ij}$

$$(2;4): -2 + 74 > 64; \Delta_{24} = -2 + 74 - 64 = 8 > 0$$

Вибираємо максимальну оцінку вільної клітинки (2;4): 64
Для цього в перспективну клітинку (2;4) поставимо знак «+», а в решта вершинах багатокутника знаки «-», «+», «-», які чергуються.

Таблиця 2.16 – Скореговані результати опорного плану (2)

Відправники / одержувачі	1	2	3	4	5	6	7	8	Запаси
1	32 [12] [+]	42 [12]	41	74[12] [-]	46	44	58	60	36
2	30 [12] [-]	42	20 [36]	64 [+]	14 [24]	12 [12]	39 [48]	40 [48]	180
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

В таблиці 2.16 представлений наступний цикл:

$(2,4 \rightarrow 2,1 \rightarrow 1,1 \rightarrow 1,4)$.

З вантажів x_{ij} , які стоять в клітинках зі знаком «-» обираємо найменше число, тоді $y = \min(2, 1) = 12$. Додаємо 12 до кількості вантажів, які розташовані в клітинках зі знаком «+» та віднімаємо 12 з x_{ij} , які розміщені в клітинках «-». На підставі цього отримаємо нових опорний план.

Таблиця 2.17 – Опорний план № 4

Відправники /одержувачі	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запаси
A1	32 [24]	42 [12]	41	74 [0]	46	44	58	60	36
A2	30	42	20 [36]	64 [12]	14 [24]	12 [12]	39 [48]	40 [48]	180
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

Визначаємо чи є опорний план оптимальним. Для цього визначаємо попередні потенціали u_i, v_j по клітинках, які зайняті в таблиці, в яких $u_i + v_j = c_{ij}$, за умови, що $u_1 = 0$

$$u_1 + v_1 = 32; 0 + v_1 = 32; v_1 = 32$$

$$u_1 + v_2 = 42; 0 + v_2 = 42; v_2 = 42$$

$$u_1 + v_4 = 74; 0 + v_4 = 74; v_4 = 74$$

$$u_2 + v_4 = 64; 74 + u_2 = 64; u_2 = -10$$

$$u_2 + v_3 = 20; -10 + v_3 = 20; v_3 = 30$$

$$u_2 + v_5 = 14; -10 + v_5 = 14; v_5 = 24$$

$$u_2 + v_6 = 12; -10 + v_6 = 12; v_6 = 22$$

$$u_2 + v_7 = 39; -10 + v_7 = 39; v_7 = 49$$

$$u_2 + v_8 = 40; -10 + v_8 = 40; v_8 = 50$$

Таблиця 2.18 – Опорний план №5

	$v_1=32$	$v_2=42$	$v_3=30$	$v_4=74$	$v_5=24$	$v_6=22$	$v_7=49$	$v_8=50$
$u_1=0$	32[24]	42[12]	41	74[0]	46	44	58	60
$u_2=-10$	30	42	20[36]	64[12]	14[24]	12[12]	39[48]	40[48]

З таблиці 2.18 видно, що опорний план є оптимальним, виходячи з того, що всі оцінки вільних клітинок задовольняють умові $u_i + v_j \leq c_{ij}$. мінімальні витрати складають:

$$F(x) = 32 \cdot 24 + 42 \cdot 12 + 20 \cdot 36 + 64 \cdot 12 + 14 \cdot 24 + 12 \cdot 12 + 39 \cdot 48 + 40 \cdot 48 = 7032$$

Аналізуючи результати розрахунку оптимального плану, були отримані наступні результати:

З Томаківського кар'єру щебінь транспортується наступним одержувачам:

с. Тарасівка (24т);

с. Вербове (12т)

З Новополтавського кар'єру щебінь транспортується наступним одержувачам:

с. Басань (36т);

с. Шевченко (12т);

с. Семенівка (24т);

с. Григорівка (12т);

с. Кінські Роздори (48т);

с. Воскресенка (Чапаївка) (48т)

Задача має безліч оптимальних планів, бо оцінка для (1;4) дорівнює 0.

2.2.2 Рішення транспортної задачі доставки щебня з Новополтавського та Трудівського кар'єрів

Аналогічно до пункту 2.2.1 розраховуємо транспортну задачу методом потенціалів для закріплення вантажовідправників за вантажоодержувачами.

При розв'язанні задачі для зручності розрахунків були вибрані наступні умовні позначення:

Таблиця 2.19 – матриця вихідних даних доставки щебня

Вантажні пункти	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запаси
A1	30	42	20	64	14	12	39	40	108
A2	46	58	54	40	45	47	22	27	108
Кількість вантажу, т	24	12	36	12	24	12	48	48	

Перевіряємо необхідну та достатню умову для рішення даної задачі.

$$\sum a = 108 + 108 = 216$$

$$\sum b = 24 + 12 + 36 + 12 + 24 + 12 + 48 + 48 = 216$$

Таким чином, умови балансу дотримується. Потреба в щебні дорівнює кількості запасів в пунктах (кар'єрах) відправниках. Отже, модель транспортної задачі вважається закритою. Отримані данні вносимо в розподільчу таблицю 2.20.

Таблиця 2.20 – Розподільча матриця вихідних даних

Відправник/ одержувач	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запаси
A1	30	42	20	64	14	12	39	40	108
A2	46	58	54	40	45	47	22	27	108
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

Етап I. Пошук першого опорного плану.

1. Для цього використовується критерій найменшої відстані між пунктами відправниками (Новополтавський та Трудівський кар'єри) та будуємо перший опорний план транспортної задачі.

Мета цього метода полягає в тому, що з таблиці обирається клітинка з найменшим значенням (найкоротший шлях руху); в ту клітинку, яка їй відповідає, розміщують найменше зі значень a_i , або b_j .

Наступним кроком з огляду виключають або строку (якщо запаси кар'єру вичерпані) або стовбчик (якщо потреба у щебні в пункті призначення повністю задоволена) або строку та стовбець (якщо в кар'єрі вичерпані запаси та постачальнику [7;8].

Потім з огляду необхідно виключити або строку, яка відповідає певному кар'єру, в якому рівень запасів повністю вичерпаний, або стовбчик, в якому пункт-отримувач повністю отримав щебін, або стовбчик та строку,

що свідчить про те, що повністю задоволена потреба в перевезенні та вичерпані запаси кар'єру.

З той частини таблиці, яка залишилась після коригування обирається найменший час руху від постачальника до пункту призначення щебню. Запаси необхідно розподіляти, до вони всі не будуть вичерпані та не будуть задоволені потреби отримувачів.

Елемент, який був знайдений дорівнює $c_{16}=12$. Для цього елемента рівень запасів щебню дорівнює 108, в той час, коли потреба складає 12. Оскільки мінімальним значенням є 12, то віднімаємо його: $x_{16} = \min(108,12) = 12$.

Таблиця 2.21 – Опорний план для елемента $c_{16}=12$.

30	42	20	64	14	12	39	40	108 - 12 = 96
46	58	54	40	45	x	22	27	108
24	12	36	12	24	12 - 12 = 0	48	48	

Якщо елемент ,який треба знайти дорівнює $c_{15}=14$. Для цього елемента запаси дорівнюють 96,а потреба складає 24. Оскільки мінімальним значенням є 24, то віднімаємо його $x_{15} = \min(96,24) = 24$.

Таблиця 2.22 – Опорний план для елементу $c_{15}=14$

30	42	20	64	14	12	39	40	$96 - 24 = 72$
46	58	54	40	x	x	22	27	108
24	12	36	12	$24 - 24 = 0$	0	48	48	

Якщо елемент ,який треба знайти дорівнює $c_{13}=20$. Для цього елемента запаси дорівнюють 72, а потреба складає 36. Оскільки мінімальним значенням є 36, то віднімаємо його : $x_{13} = \min(72,36) = 36$.

Таблиця 2.23 – Опорний план для елементу $c_{13}=20$

30	42	20	64	14	12	39	40	$72 - 36 = 36$
46	58	x	40	x	x	22	27	108
24	12	$36 - 36 = 0$	12	0	0	48	48	

Якщо елемент ,який треба знайти дорівнює $c_{27}=22$. Для цього елемента запаси дорівнюють 108, а потреба складає 48. Оскільки мінімальним значенням є 48, то віднімаємо його: $x_{27} = \min(108,48) = 48$.

Таблиця 2.24 – Опорний план для елемента $c_{27}=22$

30	42	20	64	14	12	x	40	36
46	58	x	40	x	x	22	27	108 - 48 = 60
24	12	0	12	0	0	48 - 48 = 0	48	

Якщо елемент ,який треба знайти дорівнює $c_{28}=27$. Для цього елемента запаси дорівнюють 60, а потреба складає 48. Оскільки мінімальним значенням є 48, то віднімаємо його $x_{28} = \min(60,48) = 48$.

Таблиця 2.25 – Опорний план для елемента $c_{28}=27$

30	42	20	64	14	12	x	x	36
46	58	x	40	x	x	22	27	60 - 48 = 12
24	12	0	12	0	0	0	48 - 48 = 0	

Якщо елемент ,який треба знайти дорівнює $c_{11}=30$. Для цього елемента запаси дорівнюють 36, а потреба складає 24. Оскільки мінімальним значенням є 24, то віднімаємо його: $x_{11} = \min(36,24) = 24$.

Таблиця 2.26 – Опорний план для елемента $c_{11}=30$

30	42	20	64	14	12	x	x	36 - 24 = 12
x	58	x	40	x	x	22	27	12
24 - 24 = 0	12	0	12	0	0	0	0	

Якщо елемент ,який треба знайти дорівнює $c_{24}=40$. Для цього елемента запаси дорівнюють 12, а потреба складає 12. Оскільки мінімальним значенням є 12, то віднімаємо його: $x_{24} = \min(12,12) = 12$.

Таблиця 2.27 – Опорний план для елемента $c_{24}=40$

30	42	20	64	14	12	x	x	12
x	x	x	40	x	x	22	27	12 - 12 = 0
0	12	0	12 - 12 = 0	0	0	0	0	

Якщо елемент ,який треба знайти дорівнює $c_{12}=42$. Для цього елемента запаси дорівнюють 12, а потреба складає 12. Оскільки мінімальним значенням є 12, то віднімаємо його: $x_{12} = \min(12,12) = 12$.

Таблиця 2.28 – Опорний план для елементу $c_{12}=42$

30	42	20	64	14	12	x	x	$12 - 12 = 0$
x	x	x	40	x	x	22	27	0
0	$12 - 12 = 0$	0	0	0	0	0	0	

Наступним кроком, згідно алгоритму, необхідно знайти елементи серед тих, які не були викреслені.

Таблиця 2.29 – Скорегована матриця (1)

30	42	20	64	14	12	39	40	108
46	58	54	40	45	47	22	27	108
24	12	36	12	24	12	48	48	

Елемент, який треба знайти дорівнює $c_{17}=39$, але якщо обмеження виконані, то $x_{17}=0$. Отримані результати зводимо в таблицю 2.30.

Таблиця 2.30 – Скореговані результати опорного плану

Відправники / одержувачі	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запаси
A1	30 [24]	42 [12]	20 [36]	64	14 [24]	12 [12]	39[0]	40	108
A2	46	58	54	40 [12]	45	47	22 [48]	27 [48]	108
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

В результаті проведення розрахунків отримали перший опорний план, який є допустимим. Про це свідчить те, що весь щєбінь з кар'єрів був вивезений, а потреба у споживачів задовільнена. План відповідає системі обмежень транспортної задачі.

Підраховуючи кількість зайнятих клітинок видно, що їх кількість складає 9, при тому, що потрібно $m + n - 1 = 9$. Це свідчить про те, що опорний план є не виродженим.

Значення цільової функції для даного опорного плану дорівнює:

$$F(x) = 30 \cdot 24 + 42 \cdot 12 + 20 \cdot 36 + 14 \cdot 24 + 12 \cdot 12 + 40 \cdot 12 + 22 \cdot 48 + 27 \cdot 48 = 5256$$

Етап II. Покращення опорного плану

Перевіряємо даний опорний план на оптимальність. Для цього необхідно визначити попередні потенціали u_i, v_j , в яких, $u_i + v_j = c_{ij}$, приймаємо, що

$$u_1 = 0.$$

$$u_1 + v_1 = 30; 0 + v_1 = 30; v_1 = 30$$

$$u_1 + v_2 = 42; 0 + v_2 = 42; v_2 = 42$$

$$u_1 + v_3 = 20; 0 + v_3 = 20; v_3 = 20$$

$$u_1 + v_5 = 14; 0 + v_5 = 14; v_5 = 14$$

$$u_1 + v_6 = 12; 0 + v_6 = 12; v_6 = 12$$

$$u_1 + v_7 = 39; 0 + v_7 = 39; v_7 = 39$$

$$u_2 + v_7 = 22; 39 + u_2 = 22; u_2 = -17$$

$$u_2 + v_4 = 40; -17 + v_4 = 40; v_4 = 57$$

$$u_2 + v_8 = 27; -17 + v_8 = 27; v_8 = 44$$

Таблиця 2.31 – Скорегований опорний план (2)

	$v_1=30$	$v_2=42$	$v_3=20$	$v_4=57$	$v_5=14$	$v_6=12$	$v_7=39$	$v_8=44$
$u_1=0$	30[24]	42[12]	20[36]	64	14[24]	12[12]	39[0]	40
$u_2=-17$	46	58	54	40[12]	45	47	22[48]	27[48]

Даний опорний план не є оптимальним, тому що існують оцінки вільних клітинок, для котрих

$$u_i + v_j > c_{ij}$$

$$(1;8): 0 + 44 > 40; \Delta_{18} = 0 + 44 - 40 = 4 > 0$$

Обираємо максимальну оцінку вільної клітинки (1;8): 40

Для цього в перспективну клітинку (1;8) поставимо позначку «+», а у решта вершинах багатокутника позначки, які будуть чергуватися: «-», «+», «-».

Таблиця 2.32 – Скореговані результати опорного плану

Відправники / одержувачі	1	2	3	4	5	6	7	8	Запас и
1	30 [24]	42 [12]	20 [36]	64	14 [24]	12 [12]	39[0] [-]	40 [+]	108
2	46	58	54	40 [12]	45	47	22[48] [+]	27[48] [-]	108
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

Згідно з таблиці 2.32 записуємо цикл: $(1,8 \rightarrow 1,7 \rightarrow 2,7 \rightarrow 2,8)$.

З тих вантажів, які стоять в клітинках зі знаком «-» треба обирати найменше. В нашому випадку $y = \min(1, 7) = 0$.

Додаємо) 0 тієї кількості вантажів, які стоять в клітинках зі знаком «+» та віднімаємо з X_{ij} в тих клітинках, які мають значення «-». В результаті отримаємо новий опорний план (табл.2.33)

Таблиця 2.33 – Новий опорний план

Відправник/оде ржувач	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Запа си
A1	30 [24]	42 [12]	20 [36]	64	14 [24]	12 [12]	39	40 [0]	108
A2	46	58	54	40 [12]	45	47	22 [48]	27 [48]	108
Потреба	24	12	36	12	24	12	48	48	

Робимо перевірку даного опорного плану на оптимальність. Для цього визначаємо попередні потенціали u_i, v_j по тих клітинках в таблиці, які зайняті та в яких $u_i + v_j = c_{ij}$, приймаючи, що $u_1 = 0$

$$u_1 + v_1 = 30; 0 + v_1 = 30; v_1 = 30$$

$$u_1 + v_2 = 42; 0 + v_2 = 42; v_2 = 42$$

$$u_1 + v_3 = 20; 0 + v_3 = 20; v_3 = 20$$

$$u_1 + v_5 = 14; 0 + v_5 = 14; v_5 = 14$$

$$u_1 + v_6 = 12; 0 + v_6 = 12; v_6 = 12$$

$$u_1 + v_8 = 40; 0 + v_8 = 40; v_8 = 40$$

$$u_2 + v_8 = 27; 40 + u_2 = 27; u_2 = -13$$

$$u_2 + v_4 = 40; -13 + v_4 = 40; v_4 = 53$$

$$u_2 + v_7 = 22; -13 + v_7 = 22; v_7 = 35$$

Отримані результати заносимо в таблицю 2.34

Таблиця 2.34 – Відкорегований опорний план

	$v_1=30$	$v_2=42$	$v_3=20$	$v_4=53$	$v_5=14$	$v_6=12$	$v_7=35$	$v_8=40$
$u_1=0$	30[24]	42[12]	20[36]	64	14[24]	12[12]	39	40[0]
$u_2=-13$	46	58	54	40[12]	45	47	22[48]	27[48]

Опорний план є оптимальним, тому що оцінка вільних клітинок задовольняє умові: $u_i + v_j \leq c_{ij}$

Мінімальну відстань доставки щебню можна записати у вигляді цільової функції:

$$F(x) = 30 \cdot 24 + 42 \cdot 12 + 20 \cdot 36 + 14 \cdot 24 + 12 \cdot 12 + 40 \cdot 12 + 22 \cdot 48 + 27 \cdot 48 = 5256$$

Аналізуючи оптимальний план доставки щебня за другим варіантом (Новополтавський та Трудівський кар'єри) у вісім селищ Пологівського району видно, що розподілення відбулося таким чином:

З Новополтавського кар'єру щебінь транспортується наступним одержувачам:

- с. Тарасівка (24т);
- с. Вербове (12т);
- с. Басань (36т);
- с. Семенівка (24т);
- с. Григорівка (12т);

З Трудівського кар'єру щебінь транспортується наступним одержувачам:

- с. Шевченко (12т);
- с. Кінські Роздори (48т);

с. Воскресенка (Чапаївка) (48т)

Задача має багато оптимальних планів, бо оцінка для (1;8) дорівнює 0.

2.3 Розрахунок тривалості вантажних операцій за складеними маршрутами

Для визначення потрібної кількості автомобілів при доставки щебню за розрахованими напрямками доставки попередньо необхідно визначити час, який автомобіль витрачає на одну їзду.

Час на простої автомобілів на вантажних майданчиках під навантаженням та розвантаженням приймаємо рівним одну годину. Цей час включає час на оформлення документів та очікування вантажних операцій.

Також час роботи кожного автомобіля на маршруті буде служити вихідними даними для розробки графіків роботи автомобілів та складання розкладів руху [9;10;11].

$$T = t_{н.п} + t_{нав.} + t_{рух.вант} + t_{розв} + t_{пор.п}, \quad (2.1)$$

де $t_{н.п}$ – час на нульовий пробіг до місця (кар'єра) навантаження автомобіля, год.;

$t_{нав.}$ та $t_{розв}$ – час на здійснення вантажних операцій (навантаження та розвантаження відповідно), очікування та оформлення документів, приймається одна година на кожну, год.;

$t_{рух.вант}$ – час руху автомобіля з вантажем по маршруту, год.;

$t_{пор.п}$ – час руху порожнього автомобіля до місця (кар'єра) наступного завантаження, год.

Виконуємо розрахунки для першого варіанту.

Токмак – Тарасівка – Токмак:

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1 + 1 + 1 = 4,5 \text{ год.}$$

Токмак – Вербове – Токмак :

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1 + 1 + 1 = 4,5 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Басань – Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,7 + 1 + 0,7 = 3,9 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Шевченко - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1,7 + 1 + 1,7 = 5,9 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Семенівка - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,5 + 1 + 0,5 = 3,5 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Григорівка - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,5 + 1 + 0,5 = 3,5 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Кінські Роздори - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1,2 + 1 + 1,2 = 4,9 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Воскресенка (Чапаївка) - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1,2 + 1 + 1,2 = 4,9 \text{ год.}$$

Виконуємо розрахунки для другого варіанту.

Новополтавськ. – Тарасівка - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1 + 1 + 1 = 4,5 \text{ год}$$

Новополтавськ. – Вербове - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1,1 + 1 + 1,1 = 4,7 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Басань - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,7 + 1 + 0,7 = 3,9 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Семенівка - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,5 + 1 + 0,5 = 3,5 \text{ год.}$$

Новополтавськ. – Григорівка - Новополтавськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,5 + 1 + 0,5 = 3,5 \text{ год.}$$

Трудівськ. – Шевченко - Трудівськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 1 + 1 + 1 = 4,5 \text{ год}$$

Трудівськ. – Кінські Роздори - Трудівськ.

$$\text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,5 + 1 + 0,5 = 3,5 \text{ год.}$$

Трудівськ. – Воскресенка (Чапаївка) - Трудівськ.

$$\text{Ч} = \text{Ч} = 0,5 + 1 + 0,5 + 1 + 0,5 = 3,5 \text{ год.}$$

2.4 Розробка розкладів роботи автомобілів за варіантами

2.4.1 Розробка розкладів роботи автомобілів при доставці щебня з Токмацького та Новоуплатавського кар'єрів

Для доставки щебня у селища Пологівського району Запорізької області за першим варіантом в магістерській роботі пропонується розглянути самоскиди вантажопідйомністю 12 та 24т.

Кількість автомобілів залежить від вантажопідйомності самоскида та часу знаходження в наряді. Тому розклад роботи автомобілів дозволить отримати оптимальну кількість транспортних засобів. При цьому враховуємо, що об'єм перевезень, який зазначений в роботі, потрібен два рази на тиждень [11].

Таблиця 2.35 – Розклад роботи автомобілів при доставці щебню (за першим варіантом) при роботі автомобілів вантажопідйомністю 12 т.

Пункти відправники	Час прибуття	Час відправлення	Пункти одержувачі	Час прибуття	Час відправлення
A1					
Токмак	7:30	8:30	Тарасівка	9:30	10:30
Токмак	12:30	13:30	Тарасівка	14:30	15:30
A2					
Токмак	7:30	8:30	Вербове	9:30	10:30
A3					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Басань	9:12	10:12
Новополтавськ.	10:54	11:54	Басань	12:36	13:36
Новополтавськ.	15:00	16:00	Басань	16:42	17:42
A4					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Шевченко	10:12	11:12
Новополтавськ.	13:00	14:00	Семенівка	14:30	15:30
Новополтавськ.	16:00	17:00	Семенівка	17:30	18:30
A5					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Григорівка	9:00	10:00
Новополтавськ.	10:30	11:30	К.Роздори	12:42	13:42
Новополтавськ.	15:30	16:30	К.Роздори	17:42	18:42
A6					
Новополтавськ.	7:30	8:30	К.Роздори	9:42	10:42
Новополтавськ.	13:00	14:00	К.Роздори	15:42	16:42

Кінець таблиці 2.35

Пункти відправники	Час прибуття	Час відправлення	Пункти одержувачі	Час прибуття	Час відправлення
А 7					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Воскресенка	9:42	10:42
Новополтавськ	13:00	14:00	Воскресенка	15:42	16:42
А8					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Воскресенка	9:42	10:42
Новополтавськ	13:00	14:00	Воскресенка	15:42	16:42

Враховуючи табл.2.35 та необхідну кількість щебня в кожний пункт (кількість їздок) видно, що при використанні автомобілів вантажопідйомністю 12 т необхідно 7 автомобілів (їздки А2 виконає А1).

Розглянемо варіант використання автосамоскидів 24 т.

Таблиця 2.36 – Розклад роботи автомобілів при доставці щебню (за першим варіантом) при роботі автомобілів вантажопідйомністю 24 т.

Пункти відправники	Час прибуття	Час відправлення	Пункти одержувачі	Час прибуття	Час відправлення
А1					
Токмак	7:30	8:30	Тарасівка	9:30	10:30
Токмак	12:30	13:30	Вербове	14:30	15:30
А2					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Басань	9:12	10:12
Новополтавськ.	10:54	11:54	Басань	12:36	13:36

Кінець таблиці 2.36

Пункти відправники	Час прибуття	Час відправлення	Пункти одержувачі	Час прибуття	Час відправлення
Новополтавськ.	15:00	16:00	Шевченко	17:42	18:42
A3					
Новополтавськ.	13:00	14:00	Семенівка	14:30	15:30
Новополтавськ.	16:00	17:00	Григорівка	17:30	18:30
A4					
Новополтавськ.	7:30	8:30	К.Роздори	9:42	10:42
Новополтавськ	13:00	14:00	К.Роздори	15:42	16:42
A5					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Воскресенка	9:42	10:42
Новополтавськ	13:00	14:00	Воскресенка	15:42	16:42

При використанні автомобілів 24 тони вантажопідйомності необхідно мати 5 автомобілів.

2.4.2 Розробка розкладів роботи автомобілів при доставці щебня з Новополтавського та Трудівського кар'єрів

Аналогічним чином проводимо розрахунки розкладів доставки щебня з Новополтавського за та Трудівського кар'єрів за другим варіантом.

Таблиця 2.37 – Розклад роботи автомобілів при доставці щебню (за другим варіантом) при роботі автомобілів вантажопідйомністю 12 т.

Пункти відправники	Час прибуття	Час відправлення	Пункти одержувачі	Час прибуття	Час відправлення
A1					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Тарасівка	9:30	10:30
Новополтавськ.	12:30	13:30	Тарасівка	14:30	15:30
Новополтавськ	16:00	17:00	Григорівка	17:30	18:30
A2					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Басань	9:12	10:12
Новополтавськ.	10:54	11:54	Басань	12:36	13:36
Новополтавськ.	15:00	16:00	Басань	16:42	17:42
A3					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Семенівка	9:00	10:00
Новополтавськ.	10:30	11:30	Семенівка	12:00	12:30
Новополтавськ.	14:00	15:00	Вербове	16:00	17:00
A4					
Трудівськ.	7:30	8:30	Шевченко	9:30	10:30
Трудівськ.	12:30	13:30	К.Роздори	14:00	15:00
Трудівськ.	15:30	16:30	К.Роздори	17:00	18:00
A5					
Трудівськ.	7:30	8:30	К.Роздори	9:00	10:00
Трудівськ.	11:30	12:30	К.Роздори	13:00	14:00
Трудівськ.	14:30	15:30	Воскресенка	16:00	17:00
A6					
Трудівськ.	7:30	8:30	Воскресенка	9:00	10:00
Трудівськ.	10:30	11:30	Воскресенка	12:00	13:00
Трудівськ.	14:30	15:30	Воскресенка	16:00	17:00

За другим варіантом для доставки щебня автосамоскидами 12т потрібно мати 6 автомобілів.

Таблиця 2.38 – Розклад роботи автомобілів при доставці щебню (за другим варіантом) при роботі автомобілів вантажопідйомністю 24 т.

Пункти відправники	Час прибуття	Час відправлення	Пункти одержувачі	Час прибуття	Час відправлення
A1					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Тарасівка	9:30	10:30
Новополтавськ.	12:30	13:30	Григорівка	14:00	15:00
Новополтавськ.	15:30	16:30	Вербове	17:30	18:30
A2					
Новополтавськ.	7:30	8:30	Басань	9:12	10:12
Новополтавськ.	10:54	11:54	Басань	12:36	13:36
Новополтавськ.	15:00	16:00	Семенівка	16:30	17:30
A3					
Трудівськ.	7:30	8:30	Шевченко	9:30	10:30
Трудівськ.	12:30	13:30	К.Роздори	14:00	15:00
Трудівськ.	15:30	16:30	К.Роздори	17:00	18:00
A4					
Трудівськ.	7:30	8:30	Воскресенка	9:00	10:00
Трудівськ.	11:30	12:30	Воскресенка	13:00	14:00

Для даного варіанту достатньо мати 4 автосамоскида вантажопідйомністю 24т.

2.5 Розрахунок загального пробігу автомобілів за варіантами

Для того, щоб економічно обґрунтувати доцільність застосування запропонованих варіантів необхідно визначити загальний пробіг автомобілів.

Вихідними даними для розрахунку є: відстань перевезень щебня від кар'єрів до селищ Пологівського району, вантажопідйомність автомобіля (12 та 24 тонни), кількість виконаних їздок (наведені в розкладі роботи транспортних засобів) [10;11].

Доставка щебня з Токмацького та Новоуполтавського кар'єрів:

1 Для автомобілів вантажопідйомність 12т

Токмацький к-р – с.Тарасівка : $32 \cdot 2 \cdot 2 = 128$ км;

Токмацький к-р – с.Вербове: $42 \cdot 2 = 84$ км;

Новополтавський к-р – с.Басань: $20 \cdot 2 \cdot 3 = 120$ км;

Новополтавський к-р – с.Шевченко: $64 \cdot 2 \cdot 1 = 128$ км;

Новополтавський к-р – с.Семенівка: $14 \cdot 2 \cdot 2 = 56$ км;

Новополтавський к-р – с.Григорівка: $12 \cdot 2 \cdot 1 = 24$ км;

Новополтавський к-р – с.Кінські Роздори: $39 \cdot 2 \cdot 4 = 312$ км;

Новополтавський к-р – с.Воскресенка: $40 \cdot 2 \cdot 4 = 320$ км.

Таким чином, автомобіль здійснює доставку щебня 2 рази на тиждень. Тому, загальна сума пробігу без врахування нульових пробігів складає:
 $1172 \cdot 2 = 2344$ км.

Тоді річний пробіг буде складати: $2344 \cdot 52 = 121888$ км.

Враховуючи відстань нульових пробігів:

$$L_{1(12)} = 134077 \text{ км.}$$

2 Для автомобілів вантажопідйомність 24т

Токмацький к-р – с.Тарасівка : $32 \cdot 2 \cdot 1 = 64$ км;

Токмацький к-р – с.Вербове: $42 \cdot 2 = 84$ км;

Новополтавський к-р – с.Басань: $20 \cdot 2 \cdot 2 = 80$ км;

Новополтавський к-р – с.Шевченко: $64 \cdot 2 \cdot 1 = 128$ км;

Новополтавський к-р – с.Семенівка: $14 \cdot 2 \cdot 1 = 28$ км;

Новополтавський к-р – с.Григорівка: $12 \cdot 2 \cdot 1 = 24$ км;

Новополтавський к-р – с.Кінські Роздори: $39 \cdot 2 \cdot 2 = 156$ км;

Новополтавський к-р – с.Воскресенка: $40 \cdot 2 \cdot 2 = 160$ км.

Загальний пробіг за рік без врахування нульових пробігів складає:
 $724 \cdot 2 \cdot 52 = 75296$ км.

Враховуючи відстань нульових пробігів для даного варіанту 1 та автомобіля вантажопідйомністю 24 т:

$$L_{1(24)} = 82826 \text{ км.}$$

Доставка щебня з Новополтавського та Трудівського кар'єрів:

1 Для автомобілів вантажопідйомність 12т

Новополтавський к-р – с.Тарасівка : $30 \cdot 2 \cdot 2 = 120$ км;

Новополтавський к-р – с.Вербове : $42 \cdot 2 \cdot 1 = 84$ км;

Новополтавський к-р – с.Басань : $20 \cdot 2 \cdot 3 = 120$ км;

Новополтавський к-р – с.Семенівка : $14 \cdot 2 \cdot 2 = 56$ км;

Новополтавський к-р – с.Григорівка: $12 \cdot 2 \cdot 1 = 24$ км;

Трудівський к-р – с.Шевченко : $40 \cdot 2 \cdot 1 = 80$ км;

Трудівський к-р – с.Кінські Роздори: $22 \cdot 2 \cdot 4 = 176$ км;

Трудівський к-р – с.Воскресенка : $27 \cdot 2 \cdot 4 = 216$ км.

Річний пробіг автомобілів складає: $876 \cdot 2 \cdot 52 = 91104$ км

Враховуючи відстань нульових пробігів для даного варіанту 2 та автомобіля вантажопідйомністю 12 т:

$$L_{2(12)} = 100215 \text{ км.}$$

2 Для автомобілів вантажопідйомність 24т:

Новополтавський к-р – с.Тарасівка : $30 \cdot 2 \cdot 1 = 60$ км;

Новополтавський к-р – с.Вербове : $42 \cdot 2 \cdot 1 = 84$ км;

Новополтавський к-р – с.Басань : $20 \cdot 2 \cdot 2 = 80$ км;

Новополтавський к-р – с.Семенівка : $14 \cdot 2 \cdot 1 = 28$ км;

Новополтавський к-р – с.Григорівка: $12 \cdot 2 \cdot 1 = 24$ км;

Трудівський к-р – с.Шевченко : $40 \cdot 2 \cdot 1 = 80$ км;

Трудівський к-р – с.Кінські Роздори: $22 \cdot 2 \cdot 2 = 88$ км;

Трудівський к-р – с.Воскресенка : $27 \cdot 2 \cdot 2 = 108$ км.

Загальний річний пробіг автомобілів без врахування нульових пробігів складає: $552 \cdot 2 \cdot 52 = 57408$ км.

Враховуючи відстань нульових пробігів для даного варіанту 2 та автомобіля вантажопідйомністю 24 т:

$$L_{2(24)} = 63149 \text{ км.}$$

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Економічні розрахунки доставки щебня з Токмацького, Новоуполтавського та Трудівського кар'єрів

В магістерській роботі був розглянутий процес доставки щебня до населених пунктів Пологівського району Запорізької області, які внаслідок війни були зруйновані та у післявоєнний час потребують відновлення.

Вантажовідправниками щебню є три кар'єри – Токмацький, Новоуполтавський та Трудівський.

Згідно умов, які склалися, доставка щебня відбувається два рази на тиждень. В роботі розглядається використання два варіанти розробки маршрутів доставки (1 варіант – Токмацький та Новоуполтавський щебневий кар'єр, 2 варіант – Новоуполтавський та Трудівський щебневий кар'єр) та застосування автомобілів вантажопідйомністю 12т та 24 т .

Визначаємо собівартість перевезень щебню за наступною методикою.

Експлуатаційні витрати при використанні автомобільного транспорту визначимо за формулою [12]:

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

де Z_z^{np} - основна і додаткова зарплата за проектним варіантом, грн;

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

Z_n^{np} - накладні витрати, грн;

$Z_{авт}^{np}$ - 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:

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

Вихідні дані для визначення заробітної плати представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Значення, які необхідні для визначення заробітної плати водіїв

Показник □	Значення (розшифровка) показника □
M □	Кількість водіїв, задіяних в перевезеннях, приймаємо 4 водія, що передбачено режимом роботи водіїв в заданих умовах перевезень □
k_{np} □	Коефіцієнт, який враховує витрати на премію водіїв автомобілів, $k_{np} = 1,3$ □
$C_{год}$ □	Годинна тарифна ставка (розраховується виходячи з розміру середнього грейдів працівника), грн/год., приймаємо 56,24 грн./год. □
Φ_p □	Фонд робочого часу протягом року, за даними розрахунку складає $\Phi_p^o = 2080$ годин □
$7/6$ □	Коефіцієнт, який враховує доплату за роботу у вечірній (20% — з 18:00 до 22:00) та нічний час (40% — з 22:00 до 6:00) □
$k_{кл}$ □	Коефіцієнт, який враховує доплату водіям за класність, приймається $k_{кл} = 0,1$ □
$k_{шк}$ □	коефіцієнт, який враховує доплату за працю у шкідливих умовах. $k_{шк}^o = 0,1$; □

Зарплата водіям автомобілів нараховується по погодинно-преміальній системі за формулою [12]:

$$Z_{\epsilon}^{np} = N \cdot k_{\text{пр}} \cdot C_{\text{год}} [\Phi_p (7/6 + k_{\text{кл}} + k_{\text{шк}})], \quad (3.2)$$

Для варіанту №1 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 12т:

$$Z_{\epsilon}^{np} = 7 \cdot 1,3 \cdot 56,24 [2080(7/6 + 0,1 + 0,1)] = 1454831 \text{ грн.}$$

Для варіанту №1 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 24т:

$$Z_{\epsilon}^{np} = 5 \cdot 1,3 \cdot 56,24 [2080(7/6 + 0,1 + 0,1)] = 1039165 \text{ грн.}$$

Для варіанту №2 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 12т:

$$Z_{\epsilon}^{np} = 6 \cdot 1,3 \cdot 56,24 [2080(7/6 + 0,1 + 0,1)] = 1247004 \text{ грн.}$$

Для варіанту №2 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 24т:

$$Z_{\epsilon}^{np} = 4 \cdot 1,3 \cdot 56,24 [2080(7/6 + 0,1 + 0,1)] = 831336 \text{ грн.}$$

Єдиний внесок на соціальне страхування складає 22 %:

$$Z_c^{np} (1\text{в.12т}) = 0,22 \cdot 1454831 = 320063 \text{ грн.}$$

$$Z_c^{np} (1в.24т) = 0,22 \cdot 1039165 = 228616 \text{ грн.}$$

$$Z_c^{np} (2в.12т) = 0,22 \cdot 1247004 = 274341 \text{ грн.}$$

$$Z_c^{np} (2в.24т) = 0,22 \cdot 831336 = 182894 \text{ грн.}$$

Накладні витрати становлять 34% від всього фонду оплати праці та визначаються за формулою [12]:

$$Z_n^{np} = Z_3^{np} \cdot 0,34 \quad (3.3)$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.11):

$$Z_n^{np} (1в.12т) = 0,34 \cdot 1454831 = 494643 \text{ грн.}$$

$$Z_n^{np} (1в.24т) = 0,34 \cdot 1039165 = 353316 \text{ грн.}$$

$$Z_n^{np} (2в.12т) = 0,34 \cdot 1247004 = 423981 \text{ грн.}$$

$$Z_n^{np} (2в.24т) = 0,34 \cdot 831336 = 282654 \text{ грн.}$$

Витрати на перевезення автомобільним транспортом визначаються за формулою [12]:

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

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

$Z_{рем}$ – витрати на ремонт, грн;

$Z_{ш}$ – витрати на заміну шин, грн.

Розрахунок витрат на паливо проводиться за нормативними даними витрат палива на 100 км [12].

Потреба в паливі за рік буде складати [12]:

$$P_{\Pi} = n \cdot L_{\text{річ}} / 100, \text{ л} \quad (3.5)$$

де N_{PM} – кількість транспортних засобів згідно розрахунків, За варіантом №1 при роботі самоскидів вантажопідйомністю 12 т $N_{PM} = 7$ одиниці; за варіантом №1 при роботі самоскидів вантажопідйомністю 24 т $N_{PM} = 5$ одиниць; за варіантом №2 при роботі самоскидів вантажопідйомністю 12 т $N_{PM} = 6$ одиниць; за варіантом №2 при роботі самоскидів вантажопідйомністю 24 т $N_{PM} = 4$ одиниці;

n - витрата палива, л. на 100 км. Приймаємо для автомобілів вантажопідйомністю 12 т $n = 35$ л/100 км, для 24-х тонних автомобілів - $n = 40$ л/100 км.

L - середній пробіг всіх автомобілів за рік (за кожним варіантом) з врахуванням відстаней нульових пробігів складає:

$$L_{\text{річ}}(1\text{в.}12\text{т}) = 134077 \text{ км};$$

$$L_{\text{річ}}(1\text{в.}24\text{т}) = 82826 \text{ км};$$

$$L_{\text{річ}}(2\text{в.}12\text{т}) = 100215 \text{ км};$$

$$L_{\text{річ}}(2\text{в.}24\text{т}) = 63149 \text{ км};$$

Виконаємо розрахунки за формулою (3.9):

$$P_{\Pi}(1\text{в.}12\text{т}) = 35 \cdot 134077 / 100 = 46927 \text{ літрів}$$

$$P_{\Pi}(1\text{в.}24\text{т}) = 40 \cdot 82826 / 100 = 33130 \text{ літрів}$$

$$P_{\Pi}(2\text{в.}12\text{т}) = 35 \cdot 100215 / 100 = 35075 \text{ літрів}$$

$$P_{\Pi}(2\text{в.}24\text{т}) = 40 \cdot 63149 / 100 = 25260 \text{ літрів}$$

Вартість витрат на паливо розрахуємо за формулою [12]:

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

де $Ц_n$ – вартість одного літра дизельного палива, на другу половину 2023 року приймається $Ц_n = 57,5$ грн/літр.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.14):

$$З_{\Pi}(1в.12м) = 46927 \cdot 57,5 = 2698303 \text{ грн.}$$

$$З_{\Pi}(1в.24м) = 33130 \cdot 57,5 = 1904975 \text{ грн.}$$

$$З_{\Pi}(2в.12м) = 35075 \cdot 57,5 = 2016813 \text{ грн.}$$

$$З_{\Pi}(2в.24м) = 25260 \cdot 57,5 = 1452450 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на паливо необхідно рахувати з врахуванням [12]:

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

$$З_{ен}(1в.12м) = 2698303 \cdot 0,07 = 188881 \text{ грн;}$$

$$З_{ен}(1в.24м) = 1904975 \cdot 0,07 = 133348 \text{ грн;}$$

$$З_{ен}(2в.12м) = 2016813 \cdot 0,07 = 141177 \text{ грн;}$$

$$З_{ен}(2в.24м) = 1452450 \cdot 0,07 = 101672 \text{ грн;}$$

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

$$З_{мм}(1в.12м) = 2698303 \cdot 0,3 = 809491 \text{ грн;}$$

$$З_{мм}(1в.24м) = 1904975 \cdot 0,3 = 571493 \text{ грн.};$$

$$З_{мм}(2в.12м) = 2016813 \cdot 0,3 = 605044 \text{ грн;}$$

$$З_{мм}(2в.24м) = 1452450 \cdot 0,3 = 435735 \text{ грн;}$$

- витрати на експлуатаційні матеріали - 1% від загальної вартості

палива:

$$З_{ем}(1в.12м) = 2698303 \cdot 0,01 = 26983 \text{ грн.}$$

$$З_{ем}(1в.24м) = 1904975 \cdot 0,01 = 19050 \text{ грн.}$$

$$З_{ем}(2в.12м) = 2016813 \cdot 0,01 = 20168 \text{ грн.}$$

$$З_{ем}(2в.24м) = 1452450 \cdot 0,01 = 14525 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на паливо та мастильні матеріали складають:

$$З_{зп}(1в.12м) = 2698303 + 188881 + 809491 + 26983 = 3723658 \text{ грн.};$$

$$З_{зп}(1в.24м) = 1904975 + 133348 + 571493 + 19050 = 2628866 \text{ грн.};$$

$$З_{зп}(2в.12м) = 2016813 + 141177 + 605044 + 20168 = 2783202 \text{ грн.};$$

$$З_{зп}(2в.24м) = 1452450 + 101672 + 435735 + 14525 = 2004382 \text{ грн.}$$

Витрати, передбачені для ремонту рухомого складу розраховуються з урахуванням потреби в паливі автомобілів та розраховується за наступною формулою [12]:

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

Виконаємо розрахунки за формулою (3.11):

$$З_{рем}(1в.12м) = 46927 \cdot 1,8 = 84469 \text{ грн.}$$

$$З_{рем}(1в.24м) = 33130 \cdot 1,8 = 59634 \text{ грн.}$$

$$З_{рем}(2в.12м) = 35075 \cdot 1,8 = 63135 \text{ грн.}$$

$$З_{рем}(2в.24м) = 25260 \cdot 1,8 = 45468 \text{ грн.}$$

Витрати на заміну шин проводиться з врахуванням норм пробігу автотранспортних засобів за формулою [12]:

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

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

$L_{річ}$ - річний пробіг автомобілів, км; $L_{річ}(1в.12м) = 134077$ км;

$L_{річ}(1в.24м) = 82826$ км; $L_{річ}(2в.12м) = 100215$ км; $L_{річ}(2в.24м) = 63149$ км.

$L_{норм}$ - пробіг транспортного засобу згідно нормативів до заміни шин.

$L_{норм} = 60\,000$ км.

За формулою (3.16) необхідно:

$$K_{ш}(1в.12м) = 134077 / 60000 = 2,2 \text{ комплектів на рік.}$$

$$K_{ш}(1в.24м) = 82826 / 60000 = 1,4 \text{ комплектів на рік.}$$

$$K_{ш}(2в.12м) = 100215 / 60000 = 1,7 \text{ комплектів на рік.}$$

$$K_{ш}(2в.24м) = 63149 / 60000 = 1,1 \text{ комплектів на рік.}$$

Річні витрати на шини розрахуємо за формулою [12]:

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

де $Ц_{к}$ - вартість одного комплекту шин. $Ц_{к} = 85000$ грн.

Виконаємо розрахунки за формулою (3.17):

$$З_{ш}(1в.12м) = 85000 \cdot 2,2 = 187000 \text{ грн.}$$

$$З_{ш}(1в.24м) = 85000 \cdot 1,4 = 119000 \text{ грн.}$$

$$З_{ш}(2в.12м) = 85000 \cdot 1,7 = 144500 \text{ грн.}$$

$$З_{ш}(2в.24м) = 85000 \cdot 1,1 = 93500 \text{ грн.}$$

Підсумовуємо отримані в результаті розрахунків значення:

$$Z_{авт}^{np}(1в.12м) = 3723658 + 84469 + 187000 = 3995127 \text{ грн.}$$

$$Z_{авт}^{np}(1в.24м) = 2628866 + 59634 + 119000 = 2807500 \text{ грн.}$$

$$Z_{авт}^{np}(2в.24м) = 2783202 + 63135 + 144500 = 2990837 \text{ грн.}$$

$$Z_{авт}^{np}(2в.12м) = 2004382 + 45468 + 93500 = 2143350 \text{ грн.}$$

Норма амортизаційних відрахувань на залишкову вартість автомобілів становить 40% на рік. Амортизаційні відрахування за рік з урахуванням кількості автомобілів за кожним розрахунковим варіантом складає:

$$A(1в.12м) = 800000 \cdot 7 \cdot 0,4 = 2240000 \text{ грн.}$$

$$A(1в.24м) = 950000 \cdot 5 \cdot 0,4 = 1900000 \text{ грн.}$$

$$A(2в.12м) = 800000 \cdot 6 \cdot 0,4 = 1920000 \text{ грн.}$$

$$A(2в.24м) = 950000 \cdot 4 \cdot 0,4 = 1520000 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальні витрати при використанні автомобільного транспорту, розраховані за формулою (3.9), складають:

$$\begin{aligned} Z_{екс}^{np}(1в.12м) &= 1454831 + 320063 + 494643 + 3995127 + 2240000 = \\ &= 8504664 \text{ грн.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{екс}^{np}(1в.24м) &= 1039165 + 228616 + 353316 + 2807500 + 1900000 = \\ &= 6328597 \text{ грн.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{екс}^{np}(2в.12м) &= 1247004 + 274341 + 423981 + 2990837 + 1920000 = \\ &= 6856163 \text{ грн.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{екс}^{np}(2в.24м) &= 831336 + 182894 + 282654 + 2143350 + 1520000 = \\ &= 4960234 \text{ грн.} \end{aligned}$$

3.2 Визначення найбільш економічного варіанту рішення магістерської роботи

Результати, отримані при розрахунках економічних показників, зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати визначення експлуатаційних витрат

Варіант проєктного рішення	Значення експлуатаційних показників, грн.
Варіант №1 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 12т	8504664
Варіант №1 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 24т	6328597
Варіант №2 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 12т	6856163
Варіант №2 при використанні автомобілів вантажопідйомністю 24т	4960234

Таким чином, найбільш ефективний варіант доставки щебня є варіант №2 (доставка з Новополтавського та Трудівського кар'єрів) при використанні самоскидів вантажопідйомністю 24т.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Даний розділ магістерської роботи на тему: «Організація перевезень щебеню до селищ Пологівського району в умовах післявоєнного відновлення України» розглядає аналіз потенційних небезпек, які можуть діяти на дослідника й робітників та розробляє заходи по їх усуненню.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

При виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт, а також доставці щебня можуть виникнути наступні небезпеки:

- при виконанні навантажувально-розвантажувальних операцій з щебнем (він транспортується навалом) пил, який виникає, може мати шкідливі наслідки для водія та дослідника. Пил сприяє виникненню запалень в дихальних шляхах та подразненню слизової оболонки, а також має шкідливий вплив на легені людини;

- при використанні автомобілів в технічно несправному стані (наприклад, несправність електрообладнання або негерметичності системи живлення) може виникнути пожежа;

- до травмування людей, які задіяні в процесі розвантаження щебня може призвести зсипання вантажу;

- щебінь є сипким вантажем, який при розвантаженні з самоскида може потрапляти до водія в кабіну кузова; травмування водія під час навантаження вугілля, що може просипатися на кабіну;

- в холодні періоди року під час здійснення вантажних операцій може виникнути переохолодження, яке призводить до підвищення температури тіла та простудних захворювань;

- якщо щебінь прибуває в пункти розвантаження у біг-бегах внаслідок несправності такелажних тросів або якщо траверси ненадійно закріплені до гаку крана, може стати причиною травмування робітників під час виконання вантажних робіт;

- погане освітлення може стати причиною травмування робітників, наїзду транспортного засобу або неправильного розвантаження або завантаження автомобіля щебнем;

- на складах з щебнем є можливість виникнення пожежонебезпечної ситуації з причини неналежного нагляду за електроустаткуванням і проводами, а також неправильне користування опалювальними пристроями, що може стати причиною перевантаження, виникнення іскор, а також загорання;

- при роботі за комп'ютером (наприклад, обробка статистичних показників) на працівників можуть впливати санітарно-гігієнічні фактори – неякісне освітлення приміщення, шум, вплив електричного випромінювання від комп'ютера, а також впливати втома при напруженій праці;

- решта небезпек, які можуть виникнути, а також заходи з охорони праці та усунення потенційних небезпек представлені в Додатках А. Б та В.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі була визначена та розроблена система доставки щебню з Токмацького, Новоуполтавського та Трудівського кар'єрів до наступних одержувачів: с. Тарасівка, с. Вербове, с. Басань, с. Шевченко, с. Семенівка, с. Григорівка, с. Кінські Роздори та с. Воскресенка (Чапаївка) для відновлення після війни.

За допомогою транспортної задачі (методом потенціалів) був визначений раціональний варіант закріплення одержувачів щебня за кар'єрами-відправниками.

Критерієм оптимальності виступає мінімальна відстань та кількість вантажу, яка потрібна одержувачу та яка є в наявності (запаси) у відправника.

Так, найвигіднішими постачальниками щебню стали Новоуполтавський та Трудівський кар'єри: Новоуполтавський кар'єр: с.Тарасівка, с.Вербове, с.Басань, с.Семенівка, с.Григорівка; Трудівський кар'єр: с.Шевченко, с.Кінські Роздори та с.Воскресенка.

Одним з етапів роботи було вибір та розрахунок кількості самосвалів, які обслуговують перевізний процес щебню до Пологівського району Запорізької області. Для цього були розглянуті варіанти використання автомобілів вантажопідйомності 12т та 24 т по двох варіантах доставки Токмацького, Новоуполтавського та Новоуполтавського та Трудівського кар'єрів.

За всіма варіантами були розроблені розклади роботи автотранспорту та складений графік роботи. Це дало можливість визначити потрібну кількість автомобілів-самоскидів для доставки щебню. Так за першим варіантом при доставці щебня з Токмацького та Новоуполтавського кар'єрів потрібно 7 автомобілів вантажопідйомністю 12т, та 5 автомобілів 24т; за

другим варіантом при доставці з Новополтавського та Трудівського кар'єрів – 6 автомобілів 12т та 4 автомобіля 24 т.

Доцільність та ефективність впровадження запропонованої системи була підтверджена техніко-економічними розрахунками, шляхом порівняння річних експлуатаційних витрат двох варіантів та двох марок автомобілів різної вантажопідйомності.

Найменші експлуатаційні витрати має варіант доставки з Новополтавського та Трудівського кар'єрів автомобілями вантажопідйомністю 24 тонни – 4960234грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Київ. спец. техніка: <https://kievspecteh.com/ru/iveco/samosval-iveco-trakker-ad380t38h-6x4> (дата звернення 06.12.2023)
- 2 Інформаційний портал – спец.техніка. Кар’єрні самоскиди: <https://mcet.com.ua/kar-yerni-samoskidi-kiti-avtomobilnogo-svitu/> (дата звернення 07.12.2023)
- 3 Будівельні матеріали. Буд.доставка: <https://ibud.ua/ua/post/chto-takoe-shcheben-vidy-shchebnya-274> (дата звернення 08.12.2023)
- 4 Фракції щебню: http://www.zbmk.com.ua/schebin/frakcii_schebinu.htm (дата звернення 07.12.2023).
- 5 Коваленко В.М., Щуріхін В.К., Машика Н. Б./ В.М. Коваленко, В.К. Щуріхін, В.М. Машина Вантажні автомобільні перевезення: Підручник. - К.: Літера ЛТД, 2006. - 304 с.
- 6 Ізтелеуова М.С. Організація та логістика перевезень: підручник / М.С. Ізтелеуова, І.В. Грицук, П.М. Арімбекова, Л.А. Тарандушка. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021 - 264 с.
- 7 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.
- 8 Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни „Основи теорії систем і системного аналізу”, для студентів спеціальності 7.100403 / Укл. О. А. Лащених, О. Ф. Кузькін – З.: ЗНТУ, 2001, -83с.
- 9 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.

- 10 Методичні вказівки до курсового проєктування з дисципліни «Вантажні автомобільні перевезення» для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» денної та заочної форм навчання / Укл. Г.Ф. Бабушкін, Г.О. Лебідь, Т.В. Кальченко. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021 - 47 с.
- 11 Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення/Навчальний посібник/ М.Г. Босняк, К.: Видавничий Дім «Слово», 2010, 408с.
- 12 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.
- 13 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.
- 14 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).

Заходи по забезпеченню безпеки

Під час розвантаження щєбню при відкритті люків, робітнику відійти на безпечну відстань щоб запобігти травмування.

Для виключення травмування під час навантажувальних робіт, запропоновано застосування спеціального траверсного захвату, який дозволяє швидко й надійно кріпити біг-беги при навантажуванні та розвантаженні. Перед початком роботи стропальник перевіряє стан стропів траверси та стропів, якими траверса кріпиться до гаку крана. НПАОП 0.00-5. «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно перед початком робіт ретельно перевіряти підводячі електричні кабелі кранів на стан пошкодження. В випадку пошкодження, негайно викликати службу по їх ремонту.

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».

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці та пожежної безпеки

Для забезпечення не попадання пилу від щєбню в легені робітників необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту. До таких відноситься застосування респіраторів. ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для попередження переохолодження робітників необхідно забезпечити їх теплим одягом відповідно ДСТУ 7339:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на майданчику навантаження передбачено обладнання освітленості в розмірі 30 лк відповідно ДБН В.2-5-28-2018 «Природне та штучне освітлення». Робоче освітлення розміщено на щоглах поза зоною майданчика. Для освітлення застосовуються прожектори типу ПЗС-35 з газоразрядними лампами ДРЛ-700.

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

У відповідності до вихідних даних, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії вносимо до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [14], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1а.

З додатків [13], відповідно до категорії робіт 1а, розряду зорових робіт А-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці Б.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця Б.1 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $t_{год.}(хв.)$	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, $t, ^\circ C$	29,1	6	23,5-26,4	4	3.4	4
Освітленість приміщення E , лк	370	6	500		3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, Z_{op}	А-1	—	—			
Рівень шуму L , дБА	98	4	60		3.3	1,5
Загальні енергозатрати організму, Bm	260	6	290	0,67	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	40000	6	40000	0,75		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	79	6	75	0,79		
Тривалість робочого дня, год.	6	6	8	0,08		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці Б.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [14]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{4 \cdot 6}{6} = 4$$

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

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{260 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,67;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{40000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 0,75;$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{79 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,79;$$

г) тривалість робочого дня (зміни), $K_{\text{знач}} = 0,15$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{6 \cdot 6 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,08;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{\text{визн}} = 4 - 3$ клас, 4 ступінь ;

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{\text{вим}} = 370$ лк – 3 клас, 1 ступінь ;

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{\text{вим}} = 98$ дБА – 3 клас, 3 ступінь;

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{\text{визн}}$ за формулою :

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,67 + 0,75 + 0,79 + 0,08 = 2,3$$

За значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 2,3$ – 3 клас, 2 ступінь ;

Оскільки 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 3 класу, 2 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 стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 4$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 9 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

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

$$X_i = X_{ст} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{3 \cdot 4}{8} = 1,15 ;$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 2 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 2$;

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

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 1,5 + 2 = 8,5$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 8,5$, 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», Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

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 1а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 21,0-24,4°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами відповідає розряду зорових робіт А-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 500 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 60 дБА ;
- загальні енергозатрати організму, до 140 Вт ;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 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 робочий 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 до 6 або 7 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 [14].

Заходи з пожежної безпеки

Для приміщення дослідницької лабораторії обладнаної ПК відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення. Згідно цього враховуючи, що приміщення лабораторії не перевищує 20 м², для її обладнання використовуємо вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 1 одиниця.

Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Інформування, оповіщення і дії робітників та службовців промислового об'єкта, при загрозі виникнення надзвичайної ситуації

Організація заходів цивільного захисту об'єктів господарської діяльності здійснюється підрозділами або посадовими особами, відповідальними за їх громадянській захист. Вони створюються або призначаються керівниками цих об'єктів, з урахуванням таких вимог: на об'єктах, із загальною чисельністю працюючих, від 200 до 3 тисяч осіб, призначаються посадові особи з питань цивільного захисту.

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій полягає у своєчасному доведенні інформації органам управління цивільного захисту, силам цивільного захисту, суб'єктам господарської діяльності і населенню [13].

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій забезпечується шляхом:

- функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, спеціальних, локальних і об'єктових систем оповіщення;

- централізованого використання телекомунікаційних мереж загального користування, в тому числі мобільного зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж і телекомунікаційних мереж об'єктів господарської діяльності, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення, телебачення та інших технічних засобів передачі або відображення інформації;

- автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій;
- функціонування на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;
- організаційно-технічної інтеграції різних систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;
- функціонування в населених пунктах та місцях масового перебування людей сигнально-гучномовних пристроїв, а також електронних інформаційних табло для передачі інформації цивільного захисту.

Інформацію щодо цивільного захисту становлять відомості про прогнозовані або сталися надзвичайні ситуації. Ці відомості повинні включати: класифікацію, межі розповсюдження і можливі наслідки НС, а також про способи і методи захисту від них.

Органи управління цивільного захисту зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативні та достовірні дані про ситуацію обстановці, а також інформувати про свою діяльність з питань цивільного захисту.

Керівники потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів підвищеної небезпеки, зобов'язані систематично і оперативно публікувати інформацію про ці об'єкти в офіційних друкованих виданнях, на офіційних веб-сайтах, інформаційних стендах, а також доводити будь-яким прийнятним способом.

Інформація повинна містити дані про об'єкт, сферу його діяльності, про природу можливих ризиків при аварії, включаючи вплив на людей і навколишнє середовище, а також про способи інформування населення у разі загрози або виникнення аварії та порядку дій при її виникненні.

Поширення інформації про наслідки надзвичайної ситуації здійснюється відповідно до законодавства про інформацію.

Таким чином, в розділі розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника та робітників, які приймають участь в процесі доставки та вантажопереробки щебню. Розроблені заходи по їх усуненню. Розглянуті заходи при роботі на ПК. Зроблено висновок по доплатам за шкідливі умови праці. Розроблені заходи по пожежній безпеці та цивільному заходу.