

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

Машинобудівний факультет  
(повне найменування інституту, факультету)  
Деталей машин, підйомно-транспортних механізмів  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

(ступінь вищої освіти)  
 на тему Двохротоварний конвеєр для складання автомобіля

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-311

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) підйомно-транспортні, будівельні, меліоративні машини та обладнання  
(прізвище та ініціал)

Керівник Фролов Р.О.  
(прізвище та ініціал)

Рецензент Сигоренко М.В.  
(прізвище та ініціал)

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

Інститут, факультет НУЗІП, Машинобудівний  
 Кафедра Деталей машин, підйомно-транспортних механізмів  
 Ступінь вищої освіти бакалавр  
 Спеціальність мідіоомно-транспортні будівельні, меліоративні машини та обладнання  
 Освітня програма (спеціалізація) 133 Кузове машинобудування  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Махінов Рілія Костянтинівич  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Двохротоварний конвеєр для складання автомобіля

керівник проєкту (роботи) Фролов Р.О.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 25 » квітня 2025 року № 202

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 26 травня 2025р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) 1. Двохротоварний грузоне-сучий підйомний конвеєр.

2. Довжина конвеєра - 56,25 м.

3. Швидкість транспортування - 0,41; 0,63; 1,25 м/хв.

4. Вага кузова автомобіля - 1050 кг.

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

1. Теоретичні відомості

2. Розрахунок лінії складання

3. Монтаж конвеєрів

4. Охорона праці

5. Економічна частинка

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











Лист 1 - формат А1 - "Каркас"

Лист 2 - формат А0 - "Металоконструкція"

Лист 3 - формат А2 - "Прибор конвеєра"

Лист 4 - формат А2 - "Рілле привода"

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Фролов Р.О ст. виклад.	 02.03	 15.03
2	Фролов Р.О ст. виклад.	 15.03	 01.05
3	Фролов Р.О ст. виклад.	 01.05	 05.05
4	Сидоренко МВ доцент	 15.03	 05.05
5	Сидоренко МВ доцент	 15.03	 20.05

7. Дата видачі завдання « 05 » березня 2025 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Теоретичні відомості	14.03	
2	Розрахунок ліній складання	29.04	
3	Монтаж конвеєрів	04.05	
4	Охорона праці	04.05	
5	Економічна звітність	18.05	

Студент

  
(підпис)

Махінов Ф.К.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

Фролов Р.О.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 64 с., 6 рис., 4 табл., 9 джерел.

Об'єкт проектування – Двохтротуарний конвеєр для складання автомобілів ВАЗ-2107.

Мета роботи – заміна старої лінії складання “Таврії” новою лінією складання автомобілів ВАЗ-2107 найбільш економічним шляхом.

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків машин безперервної дії та розрахунки економічної ефективності.

Отримані результати та їх новизна – модернізація технології складання автомобілів ВАЗ-2107 здійснена шляхом встановлення аналогічної лінії з резервних модулів, які використовуються на інших складальних лініях заводу.

Рекомендації до впровадження – результати дипломного проекту передбачається використати на ЗАО “ЗАЗ”.

Ефективність – за рахунок впровадження розробленого технологічного процесу економічний ефект буде становити 16792857 грн., що значно перевищує загальну різницю капітальних вкладень та затрат на розроблення нової лінії.

СКЛАДАННЯ, КОНВЕЄР, ВІЗОК, МІКРОПІДЙОМ, ПІДЙОМНИК, МЕХАНІЗАЦІЯ, МІЦНІСТЬ, ПІДЙОМНИЙ ПРИСТРІЙ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, МІКРОКЛІМАТ, ДЕЗАКТИВАЦІЯ.

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ЗМІСТ.....	5
ВСТУП.....	7
1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	9
1.1 Структура технологічного процесу автоматичного складання.....	9
1.2 Режим праці і відпочинку при роботі на конвеєрних лініях .....	12
1.2.1 Стан і перспективи розвитку нормування часу на відпочинок при роботі на конвеєрі.....	12
1.2.2 Фізіологічні основи розробки режиму праці і відпочинку при роботі на конвеєрі.....	14
2. РОЗРАХУНОК ЛІНІЇ СКЛАДАННЯ.....	18
2.1. Тяговий розрахунок.....	19
2.2. Визначення потужності електродвигуна та передаточного числа привода.....	24
2.3. Розрахунок зрізного штифта.....	26
2.4 Розрахунок пасової передачі.....	27
2.5 Розрахунок ланцюгової передачі.....	30
2.6 Організація виробничого процесу.....	33
2.6.1 Структура виробничого циклу.....	33
2.6.2 Розрахунок та аналіз виробничого циклу.....	36
2.6.3 Організація транспортного господарства.....	39
2.6.4 Побудова циклограми технологічного процесу.....	41
2.6.5 Побудова циклограми технологічного процесу.....	42
3. МОНТАЖ КОНВЕЄРІВ.....	44
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
4.1 Аналіз потенціальної небезпек.....	49

4.2 Заходи по забезпечення безпеки.....	50
4.3 Заходи щодо цивільної оборони.....	56
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	59
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	64

## ВСТУП

Автомобілебудування виступає основою інженерної промисловості, яка спеціалізується на виробництві техніки та устаткування. Інтенсивне зростання кількості випущених автомобілів можливе лише за умови узгодженого функціонування ключових компонентів сучасного виробничого процесу, його високої технічної укомплектованості, раціонально підбраної до умов технології та ефективної організації всього процесу виготовлення.

Транспортери — це технічні засоби періодичної або безперервної дії, призначені для переміщення виробів між етапами складання. Механізми з безперервним циклом роботи функціонують без зупинок, завдяки чому їх коефіцієнт використання є вищим порівняно з періодичними пристроями, які мають паузи після кожного циклу.

У виробництві з малими та середніми серіями значний економічний ефект часто досягається за рахунок використання потоково-механізованих складальних ліній, обладнаних транспортерами, автоматичними пристроями, маніпуляторами, верстатами, швидкодіючими фіксаторами, ручними інструментами та іншими засобами технологічної підтримки. Такі лінії доцільно використовувати у випадках, коли повна автоматизація складання є нерентабельною через складність або недостатню надійність спеціалізованого обладнання, а також низку інших чинників. Їх також впроваджують тоді, коли потрібно в стислі строки підготувати виробництво та запустити продукт без значних інвестицій чи повного переобладнання ділянки. Прикладом такої лінії може слугувати автомобільна складальна лінія. Вона базується на вертикально-замкнутому ланцюговому транспортері, який оснащений комплексом механізмів та підйомно-транспортного обладнання. На окремих ділянках конвеєра встановлені пневматичні й гідравлічні пристрої та спеціалізований інструмент.

Складальні лінії обладнуються ручним електроінструментом, який кріпиться на балансирних підвісах. Особливо масивне обладнання розміщується на мобільних візках з пружинними балансирними системами. Після основного збирання різьбових елементів гайковертом, з'єднання остаточно фіксуються динамометричним інструментом. При встановленні ущільнювальних елементів застосовують клеї.

Після завершення всіх етапів збирання і виправлення виявлених недоліків, спеціаліст оформлює технічний паспорт транспортного засобу, після чого автомобіль переміщують на майданчик передпродажної підготовки.

У ході проєктування цієї лінії фахівці зіткнулися з питанням вибору оптимального конструктивного рішення. Завдяки грамотним техніко-економічним розрахункам вдалося знайти ефективне рішення. Загальна продуктивність лінії розрахована на високому рівні, з урахуванням можливості подальшого вдосконалення та розширення ринку збуту.

У процесі реалізації проєкту було прийнято рішення про використання наявних на складах елементів конвеєрної системи, що дало змогу максимально скоротити терміни запуску лінії, зберегти персонал і уникнути простою складального підрозділу.

## 1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 1.1 Структура технологічного процесу автоматичного складання.

Під час розроблення технологічних схем складання використовують вихідну (основну, регламентуючу й довідкову) інформацію. Основна інформація охоплює відомості з конструкторської документації на об'єкт складання та план виготовлення виробу. Регламентуюча інформація включає стандарти різного рівня щодо технологій і методів керування ними, обладнання та оснастки; виробничі інструкції, документи, що стосуються чинних або перспективних індивідуальних, типових і групових технологічних рішень; систематизовані техніко-економічні дані; матеріали для визначення технологічних норм (режимів складання, трудомісткості, витрат часу тощо); вимоги щодо безпеки праці та санітарії.

Довідкова інформація представлена технологічною документацією дослідного виробництва; каталогами, технічними паспортами, довідниками, альбомами зразків сучасного технологічного оснащення; описами передових методів складання; схемами організації складальних ділянок; методичними рекомендаціями щодо проектування та керування складальними процесами; прогнозами науково-технічного розвитку та планами модернізації складального виробництва.

Послідовність дій при складанні, час на операції та налаштування обладнання великою мірою залежать від конструкції виробу, характеристик використовуваного автоматизованого обладнання та загальної ефективності автоматизованих процесів. При цьому тривалість автоматизованих операцій повинна відповідати або бути кратною складаному такту, а зміна налаштувань для різних виробів має забезпечувати мінімальні простої.

### **Порядок розробки технології складання.**

Побудова технологічного процесу складання виробу має ґрунтуватися на сучасних науково-технічних досягненнях, з урахуванням наявних типових або групових рішень. Якщо таких не існує, основу становлять передові технології, реалізовані у складанні подібних виробів. Усі етапи розробки мають відповідати вимогам охорони праці та санітарно-гігієнічним нормам.

До основних стадій проектування технологічного процесу складання входять:

1. аналіз вихідної інформації для складання технології;
2. розрахунок такту й ритму, визначення виду та організаційної структури виробництва;
3. оцінка конструкції на предмет зручності складання;
4. підбір типового, групового або аналогічного одиничного технологічного процесу;
5. розробка операцій складання;
6. визначення вимог безпеки;
7. аналіз економічної доцільності запропонованих варіантів.

Необхідність кожного з етапів, як і перелік завдань та порядок їх вирішення, встановлюється з урахуванням типу та специфіки виробництва, а також закріплюється внутрішніми стандартами підприємства.

### **Аналіз вихідних даних.**

До вихідної інформації належать: виробнича програма, технічна документація, обсяг кооперації та інші дані. Для модернізованих виробництв додається інформація про наявне обладнання, оснащення та площі. Під час аналізу вивчається конструкція виробу, вимоги до складання, формується список необхідних додаткових даних, виявляються потенційні конструктивні зміни, що можуть полегшити складання, і оцінюється перспективність випуску.

### **Класифікація типів виробництва.**

Розрізняють одиничне (мала кількість і відсутність повторного випуску), серійне (періодичне виготовлення партіями) та масове виробництво. Залежно від типу, програми, габаритів і конструкції визначається найбільш доцільна організаційна форма складання.

### **Оцінка конструкції на технологічність.**

Проводиться з урахуванням специфіки виробництва, рівня автоматизації, застосовуваного обладнання та згідно з чинними методичними вказівками.

### **Вибір процесів або аналогів.**

Виконується за допомогою технологічного класифікатора, де кожному виробу присвоюється код. Виріб відносять до відповідного типового, групового або одиничного процесу. Якщо відповідна документація існує — вона використовується як основа; якщо ні — процес створюється на основі передових рішень з аналогічного досвіду.

### **Розробка технологічного маршруту.**

На цьому етапі встановлюється порядок виконання всіх операцій, формується схема процесу, визначається зміст кожної операції, норми часу, перелік обладнання та оснастки.

### **Розробка операцій.**

Передбачає побудову структури кожної операції, визначення порядку переходів, вимог до пристроїв для фіксації та орієнтації, вибір складаних головок, розрахунок оптимальних режимів. Відбирається обладнання, що гарантує потрібну якість і продуктивність, проводиться розрахунок його навантаження, визначається допоміжне оснащення.

### **Нормування процесу.**

Розраховуються трудові витрати згідно з нормативами часу, встановлюється кваліфікація виконавців залежно від складності робіт.

### **Охорона праці.**

Розробляються або впроваджуються чинні вимоги до безпеки та гігієни праці: рівні шуму, вібрації, концентрація шкідливих речовин, створення безпечних умов.

### **Оцінка економічної ефективності.**

Аналізуються кілька варіантів технологічного процесу з подальшим вибором найефективнішого.

### **Оформлення документації.**

Готується пакет технологічної документації, проходить перевірку, узгоджується з усіма службами, що беруть участь у реалізації, після чого затверджується.

## 1.2 Режим праці і відпочинку при роботі на конвеєрних лініях.

1.2.1 Стан і перспективи розвитку нормування часу на відпочинок при роботі на конвеєрі.

Відомо, що діяльність працівника на складальному конвеєрі є надзвичайно виснажливою. Під час виконання складальних операцій працівник змушений прикладати значні зусилля для зосередженості, щоб дотримуватись встановленого ритму та уникати помилок. Крім того, монотонність рухів на конвеєрі спричиняє швидку фізичну втому.

Покращення виробничих умов та підвищення загальної культури праці є невід'ємною частиною раціонального підходу до організації трудового процесу. Такі дії, у свою чергу, позитивно впливають на зростання ефективності праці. Сучасна організація праці базується на принципі, що трудова діяльність повинна бути не лише засобом забезпечення матеріальних благ, а й важливою складовою гармонійного розвитку особистості.

Кожен раз, коли людина створює продукцію, корисну для суспільства, вона витрачає певний запас енергії. Ця енергія потребує відновлення для можливості продовження трудової діяльності. Тому організація роботи повинна враховувати фізіологічні особливості людини. Це забезпечується системою заходів, спрямованих як на підтримку здоров'я працівників, так і на підвищення їх працездатності й продуктивності.

Особливе значення мають науково обгрунтовані графіки роботи та відпочинку. Протягом робочого дня ефективність праці змінюється: періоди активності чергуються зі спадом результативності, викликаним втомою. Найкращим способом протидії втомі є правильне чергування робочих фаз і відпочинку.

Поточна система організації праці на основі конвеєрного принципу отримала широке впровадження через свою економічну доцільність, яка проявляється в зниженні витрат на виготовлення одиниці продукції.

Під час виконання завдань на конвеєрі загальні енерговитрати працівника зменшуються як у перерахунку на один виріб, так і за повний робочий день. Водночас, через повторюваність дій, у деяких випадках втома може посилюватися.

З точки зору фізіології, виробничий процес впливає на людину через систему подразників, а її дії є відповіддю на ці подразники у формі умовних рефлексів. Ці реакції не виникають ізольовано, вони є частиною єдиної узгодженої системи, яка багаторазово повторюється під час роботи – так званого динамічного стереотипу. Якщо умови праці несприятливі, цей стереотип може порушуватись, однак при поліпшенні факторів навколишнього середовища (раціональне освітлення, ефективна вентиляція, зменшення шуму, виробнича гімнастика тощо), він удосконалюється і закріплюється.

Раціональне поєднання часу праці й відпочинку є невід'ємною складовою загального підходу до вдосконалення організації виробничого

процесу. Тому впровадження ефективних режимів праці та відпочинку має супроводжуватись покращенням умов на робочому місці, переглядом системи оплати праці та впровадженням обґрунтованих норм виробітку.

1.2.2 Фізіологічні основи розробки режиму праці і відпочинку при роботі на конвеєрі.

Під час створення науково обґрунтованої системи організації праці необхідно враховувати, що фізіологічні процеси, які відбуваються в тілі людини під час тривалого виконання роботи, можуть призводити до зниження ефективності та викликають потребу в перепочинку. Особливості цих процесів залежать від характеру трудової діяльності та її організаційної побудови. У випадку застосування потоково-стрічкової системи організації праці встановлений ритм виробництва забезпечує кращі умови для протікання фізіологічних процесів. Однак це можливо лише за умови чітко визначеного, фізіологічно виправданого чергування праці та відпочинку.

Для того щоб обґрунтувати режими роботи та перерв, фахівці з фізіології праці всебічно аналізують зміни функціонального стану організму під час трудового процесу. Їхні дослідження спрямовані на виявлення як чинників, що сприяють підвищенню працездатності, так і негативних факторів, які шкодять здоров'ю працівників, знижують продуктивність і тому мають бути усунені або мінімізовані.

Однією з ключових переваг роботи на стрічковій лінії є економія часу й зусиль при виконанні окремих дій, а також підвищення точності рухів і сприйняття. Основою цих переваг є формування чіткого ритму виконання завдань. Під фізіологічним ритмом мається на увазі не лише повторюваність дій, але й закономірне чергування процесів різного ступеня складності в межах часу.

Для підтримки високого рівня працездатності важливо, щоб короткі паузи рівномірно розподілялися впродовж зміни та не зливалися в одну довгу перерву за відсутності збоїв. Рівномірно розташовані малі перепочинки більш дієві, ніж одна довша, хоч і дорівнює за загальною тривалістю.

При надмірно довгому безперервному виконанні роботи, нестачі або відсутності мікропауз, занадто швидкому темпі та порушеннях робочого ритму, що не відповідає фізіологічним потребам організму, не тільки падає ефективність праці, але й можуть з'явитися симптоми перенапруження.

Одним із яскравих прикладів зниження функціональної гнучкості нервової системи під час конвеєрної праці є поява монотонності. Цей стан проявляється через одноманітність, яка спричиняє втрату зацікавленості, апатію й, врешті-решт, сонливість. У разі недосконалого організаційного підходу монотонність стає причиною зниження продуктивності праці.

Також шкідливо впливають часті перебої в темпі та ритмі роботи, що спричиняють підвищену втому. Причини таких збоїв можуть бути пов'язані з нерегулярним постачанням деталей, несправністю обладнання, нерівномірним розподілом завдань між робітниками або невідповідністю деталей стандартам.

З позиції гігієни й фізіології праці важливе значення мають належні умови на робочому місці та правильне положення тіла під час виконання операцій. Щоб уникнути профзахворювань, пов'язаних із перенавантаженням окремих м'язових груп, варто, щоб працівники освоювали кілька трудових дій і чергували їх.

Для збереження працездатності та високої ефективності роботи необхідно забезпечити оптимальний мікроклімат у приміщенні — належну температуру, вологість, чисте повітря. Важливими також є якісне освітлення, відсутність зайвого шуму, вібрацій тощо.

На практиці доведено, що протягом зміни працівника на конвеєрі умовно можна виокремити три етапи.

Перший — адаптаційний: тут фіксується зростання швидкості роботи, покращення функцій рухового аналізатора, зменшення затримки зорово-моторної реакції та зниження порогу збудження. Відхилення на цьому етапі можуть пояснюватися пристосуванням зорового аналізатора до яскравішого світла вранці (з 7 до 9 години), що підтверджується лабораторними спостереженнями.

Другий етап — стабілізація: коливання часу на виконання операції зменшуються, свідчаючи про зосередження нервових процесів, завдяки чому рухи стають не лише швидшими, а й більш точними. У третьому — з'являються ознаки втоми: параметри, які покращувались раніше, починають погіршуватись. Між другим і третім етапами спостерігається період стабільності показників.

У машинобудуванні, під час складання автомобілів на конвеєрі, пропорція часу перерв до часу роботи має бути значною. Одним із найефективніших способів покращення умов є широке впровадження механізації. Це зменшить навантаження на працівників та забезпечить більше мікропауз завдяки роботі техніки. Раціональні зміни мають включати запровадження додаткових коротких перерв — по 5–10 хвилин у першій та другій половині зміни. Також необхідно проводити медогляди тих, хто планує працювати на таких ділянках.

Щоб запобігти швидкому розвитку втоми, час для відпочинку у вигляді мікропауз не повинен бути розподілений рівномірно. На початку зміни така потреба незначна, але поступово вона зростає. Тому стало фіксований ритм роботи конвеєра протягом всієї зміни — недоцільний і не відповідає фізіологічним вимогам, оскільки однакова тривалість відпочинку є надлишковою на початку і недостатньою наприкінці зміни.

Отже, фізіологічно обґрунтований режим передбачає, по-перше, відповідність тривалості мікропауз складності виконуваних дій, а по-друге —

зміну тривалості перерв залежно від рівня працездатності протягом дня.

Збільшити час мікропауз можна за рахунок:

1. подовження такту конвеєра;
2. застосування механізованих засобів;
3. зміни технологічного процесу;
4. перегляду структури операцій.

## 2. РОЗРАХУНОК ЛІНІЙ СКЛАДАННЯ.

Двоколійний конвеєр для монтажу автомобіля ВАЗ 2107 складається з основної рами, привідного вузла, натяжних секцій, ланцюгового механізму та настилу.

Конструкція рами являє собою зварену систему, яка встановлюється у спеціально підготовлену траншею та закріплюється до її основи за допомогою анкерних болтів. На рамі кріпляться приводний і натяжний механізми. Привідна система включає в себе електродвигун, клинопасову передачу, редуктор, ланцюгову передачу та вали з зірочками. Натяжна секція укомплектована натяжним механізмом і валами із зірочками. Настил виконує функцію перекриття прямику і виготовлений з листового металу з чечевичним рифленням.

Автомобіль подається з підвісного конвеєра на підлоговий двоколійний транспортер. Запуск механізму відбувається натисканням кнопки на пульті керування. Автомобіль пересувається по транспортеру. Наприкінці маршруту передні колеса машини наїжджають на кінцевий вимикач, який знаходиться в зоні привідної частини. Далі машина рухається самостійно на ділянку для стабілізації підвіски.

Якщо автомобіль затримується в зоні фотоелемента довше ніж на 80–100 секунд, активується дублююча зупинка конвеєра. Повторне включення механізму з іншого пульта в такому випадку неможливе. Транспортер може також бути зупинений вручну в трьох визначених місцях за допомогою аварійної кнопки «Стоп». У разі аварійної зупинки на відповідному посту спрацьовують світлові й звукові сигнали. Повторний запуск може бути здійснений лише з того самого поста, де було ініційовано зупинку.

Підприємство ЗАТ «ЗАЗ» випускає модель ВАЗ 2107 у кількості 22 950 одиниць на рік.

Початкові дані:

1. Тип конвеєра - грузонесучий підлоговий двохтротуарний.
2. Транспортна довжина конвеєра (довжина вантажної ділянки), м -56,25.
3. Довжина ланцюга одного тротуару, м - 118,08.
4. Швидкість транспортування, м/хв 0,41; 0,63; 1,25.
5. Вага кузова автомобіля, кг - 1030.
6. Вага 1м ланцюга з каретками та катками, кг - 81,25.
7. Крок тягового ланцюга, мм - 160.
8. Крок позицій, мм - 5600.
10. Діаметр приводної і натяжної зірочок, мм - 320.
11. Умови роботи конвеєра - середні.

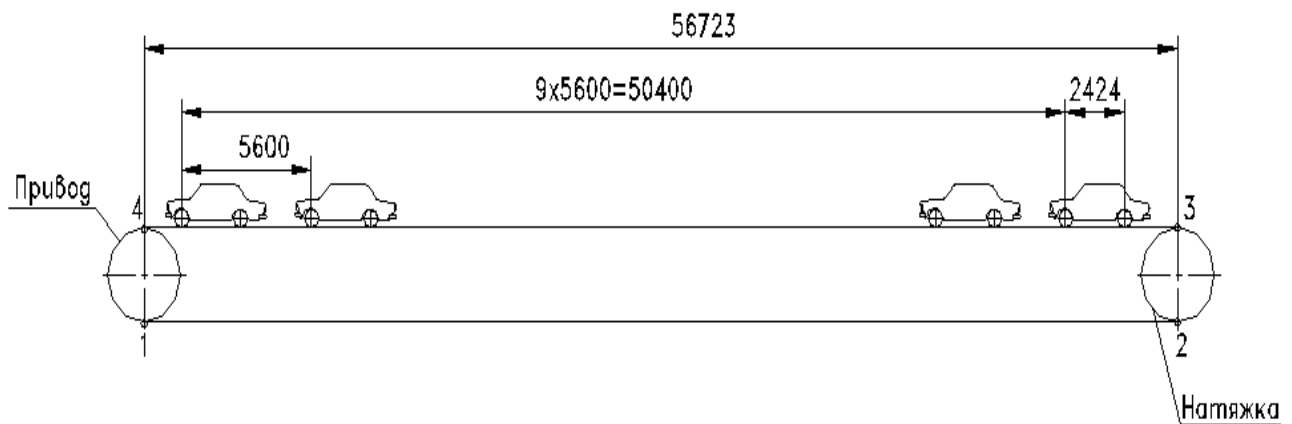


Рисунок 2.1 – Схема конвеєра.

### 2.1. Тяговий розрахунок.

Визначення лінійних навантажень.

Невантажена гілка конвеєра.

На ненавантаженій гілці є навантаження від ваги ланцюга з каретками і пластинами:

- для однієї гілки конвеєра:

$$g_{1X} = 81,25 \text{ кг/м}; \quad (2.1)$$

- для двох гілок конвеєра

$$g_{1X} = 81,25 * 2 = 162,5 \text{ кг/м}. \quad (2.2)$$

Лінійне навантаження на навантаженій гілці:

$$g_{\Gamma} = (G_{\Gamma} + G_{K})/t_{\Gamma} \quad (2.3)$$

Навантажена гілка конвеєра.

На вантажній гілці конвеєра навантаженням є:

- вага автомобіля:

$$G_a = 1030 \text{ кг}, \quad (2.4)$$

- вага двох гілок ланцюга конвеєра:

$$g_{\Pi} = 81,25 * 2 = 162,5 \text{ кг/м}, \quad (2.5)$$

- вага працюючого персоналу (4 людини на кожній позиції):

$$G_p = 4 * 70 = 280 \text{ кг}. \quad (2.6)$$

Тоді сумарне розподілене навантаження дорівнюватиме:

$$g_{\Gamma} = (1030 + 280)/4,15 + 162,5 = 478,2 \text{ кг/м}. \quad (2.7)$$

Розрахунок натягу тягового ланцюга.

Знаходимо приблизне значення максимального натягу тягового ланцюга:

$$S_{\max} = 1,1 (S_0 + W (g_{\Gamma} L_{\Gamma} + g_X L_X)) \quad (2.8)$$

де  $S_0$  – первинний натяг ланцюга.

$$S_0 > 100 \dots 200 \text{ кг}.$$

Приймаємо: для двох гілок  $S_0 = 2 * 100 = 200 \text{ кг}$ .

$W$  – коефіцієнт опору руху ходової частини,

$$W = 0,025 - 0,04,$$

Приймаємо:  $W = 0,04$ .

$L_{\Gamma}$  – довжина навантаженої ділянки ланцюга,

$$L_{\Gamma} = 56,05 \text{ м};$$

$L_{\chi}$  – довжина ненавантаженої ділянки ланцюга,

$$L_{\chi} = 62,03 \text{ м}.$$

Підставляємо всі прийняті значення у формулу 2.7, отримуємо:

$$S_{\max} = 1,1 (200 + 0,04(478,2*56,05 + 162,5*62,03)) = 1843 \text{ Н}.$$

Уточнений розрахунок натягу ланцюгів.

Мінімальний натяг ланцюга приймаємо в т.1 (див. Рисунок 2.1 ),  
після зірочки привода:

$$S_1 = 200 \text{ Н}.$$

Натяг ланцюгів в т.2:

$$S_2 = S_1 + g_{\chi} L_{1-2} * W, \quad (2.9)$$

де:  $L=56,723\text{м}$ ,

$$W = K_p (f*d + 2*k) / D, \quad (2.10)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя в підшипниках катків,

$$f = 0,02;$$

$k$  - коефіцієнт тертя кочення катка,

$$k = 0,004 \text{ мм};$$

$D$  – діаметр катка,

$$D = 80\text{мм};$$

$d$  – діаметр цапфи,

$$d = 17\text{мм};$$

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує тертя в ребордах, маточині та інш.

$$K_p = 1,5.$$

$$W = 1,5 (0,02 * 1,7 + 2 * 0,04) / 8 = 0,021.$$

Приймаємо  $W = 0,025$ .

$$S_2 = 200 + 162,5 * 56,723 * 0,025 = 430,4 \text{ Н.}$$

Натяг ланцюгів в т.3:

$$S_3 = S_2 + S_2 (W_3 - 1), \quad (2.11)$$

де  $W_3$  – коефіцієнт опору на зірочках

$$W_3 = 1,04.$$

$$S_3 = 430,4 + 430,4 (1,04 - 1) = 447,6 \text{ Н.}$$

Натяг ланцюгів в т.4:

$$S_4 = S_3 + g_{\Gamma} L_{\Gamma} W \quad (2.12)$$

$$S_4 = 447,6 + 478,2 * 56,723 * 0,025 = 1125,7 \text{ Н.}$$

Максимальний натяг тягових ланцюгів:

$$S_{\max} = S_{\text{ст}} + S_{\text{дин}}, \quad (2.13)$$

де  $S_{\text{ст}}$  – статичний натяг ланцюгів,

$$S_{\text{ст}} = 1,05 * S_4; \quad (2.14)$$

$$S_{\text{ст}} = 1,05 * 1125,7 = 1182 \text{ Н.}$$

Величиною динамічного натягу  $S_{\text{дин}}$  можна нехтувати, зважаючи на малу швидкість переміщення конвеєра  $V < 0,16 \text{ м/с}$ .

$$S_{\max} = 1182 \text{ Н.}$$

Розрахункове зусилля одного ланцюга:

$$S_{\text{расч}} = 1,5 * S_{\max} / 2, \quad (2.15)$$

$$S_{\text{расч}} = 1,5 * 1182 / 2 = 887 \text{ Н.}$$

Окружне зусилля на зірочках:

$$P = S_{\text{ст}} - S_0; \quad (2.16)$$

$$P = 1182 - 200 = 982 \text{ Н.}$$

2.2. Визначення потужності електродвигуна і передавального числа приводу.

Потужність на приводному валу:

$$N_0 = PV / 102 \text{ кВт}; \quad (2.17)$$

$$V_1 = 0.41 \text{ м/хв}; \quad N_0 = (982 * 0.41) / (102 * 60) = 0,066 \text{ кВт.}$$

$$V_1' = 0.63 \text{ м/хв}; \quad N_0 = (982 * 0.63) / (102 * 60) = 0,1 \text{ кВт.}$$

$$V_1'' = 1.25 \text{ м/хв}; \quad N_0 = (982 * 1.25) / (102 * 60) = 0,2 \text{ кВт.}$$

Настановна потужність приводного електродвигуна:

$$N = K_3 * N_0 / \eta \quad (2.18)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу,

$$K_3 = 1,1 \dots 1,35$$

Приймаємо  $K_3 = 1,3$ .

$$\eta = \eta_{рп} * \eta_{ред} * \eta_{щп}, \quad (2.18)$$

де  $\eta_{рп}$  - коефіцієнт корисної дії ремінної передачі,

$$\eta_{рп} = 0,96;$$

$\eta_{ред}$  - коефіцієнт корисної дії циліндричного редуктора,

$$\eta_{ред} = 0,57;$$

$\eta_{щп}$  - коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі,

$$\eta_{щп} = 0,92;$$

$$\eta = 0,96 * 0,57 * 0,92 = 0,5.$$

$$N = 1,3 * 0,2 / 0,5 = 0,52 \text{ кВт.}$$

Приймаємо трьохшвидкісний електродвигун АИР100L6/4/2ПУ3

$$N = 1,4 / 1,5 / 2,1 \text{ кВт,}$$

$$n = 930 / 1460 / 2880 \text{ об/хв.}$$

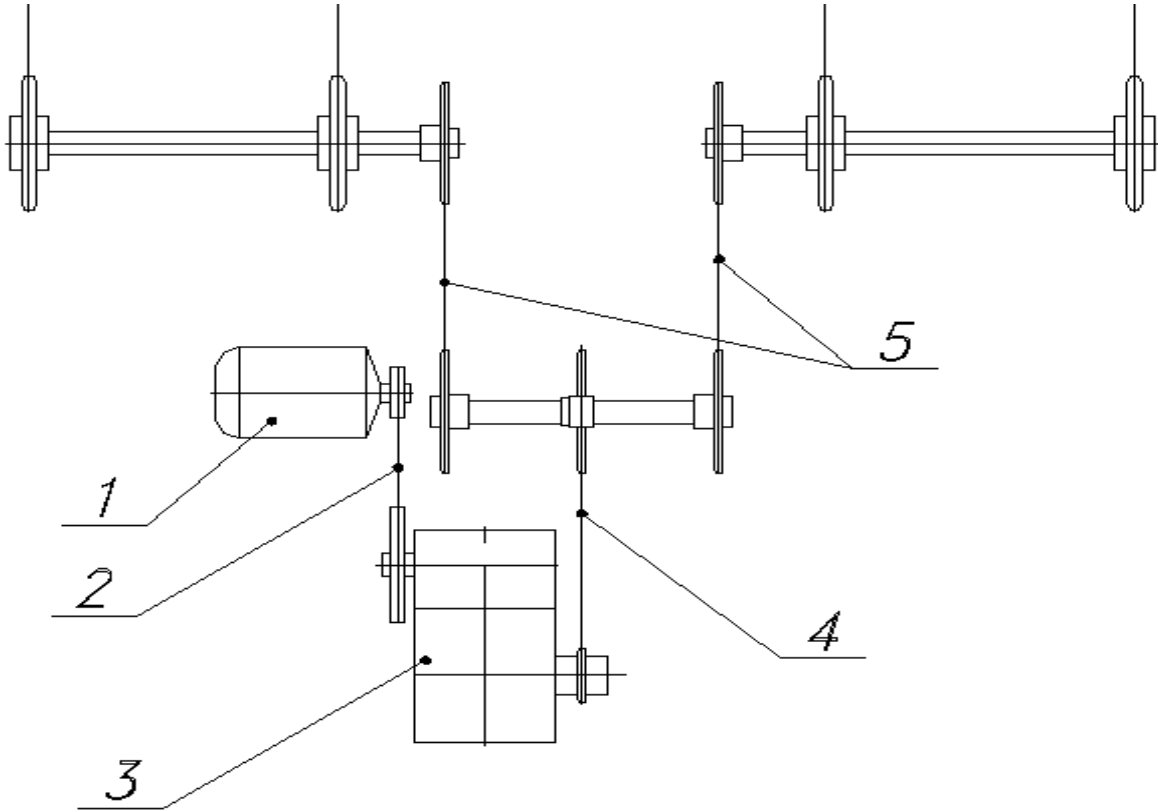
Число обертів приводного валу:

$$n_b = V / (\Pi * D_3) \quad (2.20)$$

де  $D_3$  - діаметр зірочки тягового ланцюга,

$$D_3 = 320\text{мм.}$$

$$n_b = 1,25 / (3,14 * 0,32) = 1,244 \text{ об/хв.}$$



1 – електродвигун; 2 – клинопасова передача; 3 – циліндричний редуктор;  
4 та 5 – ланцюгові передачі приводного валу з зірочками.

Рисунок 2.2– Кінематична схема привода.

Приймаємо трьохшвидкісний електродвигун АИР100L6/4/2ПУЗ

$$N = 1,4 / 1,5 / 2,1 \text{ кВт,}$$

$$n = 930 / 1460 / 2880 \text{ об/хв.}$$

Число обертів приводного валу:

$$n_b = 60 * V / (\Pi * D_3) \quad (2.20)$$

де  $D_3$  - діаметр зірочки тягового ланцюга,

$$D_3 = 320\text{мм.}$$

$$n_b = 60 * 1,25 / (3,14 * 0,32) = 74,64 \text{ об/хв.}$$

Передаточне число приводу:

$$i = n_{дв} / n_b, \quad (2.21)$$

$$i = 2880 / 74,64 = 38,58.$$

$i_{рп}$  - передаточне число ремінної передачі,

$$i_{рп} = D_2 / D_1, \quad (2.22)$$

$$i_{рп} = 288 / 125 = 2,3;$$

$i_p$  - передаточне число циліндричного редуктора,

$$i_p = 41,34;$$

Обираємо редуктор типу Ц2-200 виконання з передаточним числом 41,34 та ККД  $\eta_{ред.} = 0,34$  з власною вагою без мастила 153 кг, потужністю 2,1кВ

$i_{цп}$  - передаточне число ланцюгової передачі,

$$i_{цп} = D_2 / D_1, \quad (2.23)$$

$$i_{цп} = 320 / 130,61 = 2,45.$$

Загальне фактичне передаточне число:

$$i_o = i_{рп} * i_p * i_{цп}, \quad (2.24)$$

$$i_o = 2,3 * 400 * 2,45 = 2254.$$

Фактична швидкість конвеєра при 2880 об/хв:

$$V_{\phi 1} = \Pi * D * n, \quad (2.25)$$

$$V_{\phi 1} = 3,14 * 0,32 * (2880/2254) = 1,28 \text{ м/хв.}$$

Відповідно при 1460 об/хв:

$$V_{\phi 2} = \Pi * D * n, \quad (2.26)$$

$$V_{\phi 2} = 3,14 * 0,32 * (1460/2254) = 0,65 \text{ м/хв.}$$

Відповідно при 930 об/хв:

$$V_{\phi 3} = \Pi * D * n, \quad (2.27)$$

$$V_{\phi 3} = 3,14 * 0,32 * (930/2254) = 0,41 \text{ м/хв.}$$

Отримані швидкості, відповідні заданим швидкостям в технічних документах.

### 2.3. Розрахунок зрізного штифта.

У зв'язку з тим, що потужність електродвигуна перевищує необхідну потужність, в зірочці ланцюгової передачі встановлюють зрізаючий штифт.

Номінальний крутний момент на приводном валу:

$$M_{кр} = P * R_{зв}, \quad (2.28)$$

де  $R_{зв}$  - радіус зірочки,

$$R_{зв} = 160 \text{ мм.}$$

$$M_{кр} = 982 * 0,16 = 1571,2 \text{ Н*м.}$$

Розрахунковий крутний момент для зрізного штифта:

$$M_{кр,шт} = 1,25 * M_{кр}; \quad (2.29)$$

$$M_{кр,шт} = 1,25 * 157,12 = 196,40 \text{ кг*м} = 19640 \text{ Н*м.}$$

Розрахункова межа міцності штифта на зріз:

$$\Gamma_{ср} = K * G_{в}, \quad (2.30)$$

де  $K$  - коефіцієнт пропорційності між межею міцності матеріалу на зріз і розрив.

Матеріал: Сталь 20,  $G_{в} = 42 \text{ кг/мм}^2$ ,  $K = 0,7$ .

У зв'язку з наявністю на зрізному штифті переходу під прямим кутом, від одного діаметру до іншого, необхідно врахувати коефіцієнт концентрації напруг, який дорівнює 2.

$$\Gamma_{ср} = K * G_{в}/2, \quad (2.31)$$

$$\Gamma_{ср} = 0,7 * 42/2 = 14,7 \text{ кг/ мм}^2 = 1470 \text{ кг/ см}^2$$

Діаметр зрізного штифта:

$$d = \sqrt{[4 * M / (\Pi * R * \Gamma_{ср})]}, \quad (2.32)$$

$$d = \sqrt{[4 * 19640 / (3,14 * 8,5 * 1470)]} = 14,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр зрізного штифта  $d = 15 \text{ мм.}$

## 2.4 Розрахунок пасової передачі.

Для даної передачі беремо плоский гумотканиний пас із бельтінга 820 за ГОСТ 23831-79 з числом прокладок  $i = 3$ , завдошки  $\delta = 4.5$  мм

Передаточне число передачі  $u = \omega_1 / \omega_2$

$$U = 50,4 / 21.3 = 2,3$$

Діаметр меншого ведучого шківа:

$$d_1 = (520 \dots 610)^3 \sqrt{P_1 / \omega_1} \quad (2.33)$$

$$d_1 = (520 \dots 610)^3 \sqrt{2,1 / 50,4} = 180 \dots 211$$

Приймаємо  $d_1 = 190$  мм

Швидкість паса

$$v = \omega_1 * d_1 / 2 \quad (2.34)$$

$$v = 50,4 * 190 / 2 = 5 \text{ хв/с,}$$

- що допускається для гумотканинних плоских пасів.

Діаметр веденого шківа

$$d_2 = u * d_1 \quad (2.35)$$

$$d_2 = 2,3 * 190 = 437 \text{ мм.}$$

За стандартом  $d_2 = 440$  мм

Фактичне передаточне число передачі

$$u = d_2 / d_1 \quad (2.36)$$

$$u = 440 / 190 = 2,32$$

Назначаємо орієнтовно міжосьову відстань передачі

$$a = 2 * (d_1 + d_2) \quad (2.37)$$

$$a = 2 * (440 + 190) = 1260 \text{ мм}$$

Кут обхвату меншого шківа

$$\alpha_1 = 180 - 57(d_2 - d_1) / a \quad (2.38)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57(440 - 190) / 1260 = 168^\circ$$

Розрахунок довжини паса

$$l = 2 * a + \pi (d_1 + d_2) / 2 + (d_2 - d_1)^2 / (4 * a) \quad (2.39)$$

$$l = 2 * 1260 + 3.14 (440 + 190) / 2 + (440 - 190)^2 / 4 * 1260 = 3520 \text{ мм}$$

Оцінка довговічності паса за частотою його пробігів

$$i = v / l \quad (2.40)$$

$$i = 5 * 10^3 / 3520 = 1.4 \text{ 1/с} < [i] = 5 \text{ 1/с},$$

Розрахункове корисне навантаження яке передає передача,

$$F_t = P_1 / v \quad (2.41)$$

$$F_t = 2.1 * 10^3 / 5 = 420 \text{ Н.}$$

Для розрахунку вибраного паса на тягову здатність беремо оптимальне питоме корисне навантаження, що може передаватись одиницею ширини паса,  $i_n * f_{t0} = 8,7 \text{ Н/мм}$  при питомій силі попереднього натягу віток паса, яка припадає на одиницю товщини однієї прокладки,  $f_0 = 2,25 \text{ Н/мм}$ .

Допустиме питоме корисне навантаження

$$[i_n * f_{t0}] = i_n * f_{t0} * C_\gamma * C_\alpha * C_v * C_p \quad (2.42)$$

$$[i_n * f_{t0}] = 8.7 * 1 * 0,75 * 0,964 * 1,03 = 6,67 \text{ Н/мм}$$

Тут вибрані такі значення розрахункових коефіцієнтів:

$$C_\gamma = 1$$

$$C_p = 0,75$$

$$C_\alpha = 1 - 0.003 * (180 - \alpha_1)$$

$$C_\alpha = 1 - 0.003 * (180 - 168) = 0,964$$

$$C_v = 1.04 - 0,0004 * v^2$$

$$C_v = 1.04 - 0,0004 * 5^2 = 1,03$$

Потрібна ширина паса

$$b = F_t / [i_n * f_{t0}] \quad (2.43)$$

$$b = 420 / 6,67 = 62,9 \text{ мм}$$

Вибираємо стандартну ширину паса  $b = 65 \text{ мм}$

Площа поперечного перерізу паса

$$A = b * \delta \quad (2.44)$$

$$A = 65 * 4.5$$

Потрібна сила поперечного натягу віток паса

$$F_0 = f_0 * i_{\text{п}} * b \quad (2.45)$$

$$F_0 = 2.25 * 65 * 2 = 292,5 \text{ мм}^2$$

Навантаження на вали пасової передачі

$$R = 2 * F_0 * \sin(\alpha_1 / 2) \quad (2.46)$$

$$R = 2 * 292.5 * \sin(168 / 2) = 582 \text{ Н}$$

Для визначення строку служби паса визначимо складові максимального напруження попереднього натягу

Напруження попереднього натягу

$$\sigma_0 = F_0 / A \quad (2.47)$$

$$\sigma_0 = 292,5 / 292,5 = 1 \text{ МПа}$$

Напруження від дії корисного навантаження

$$\sigma_t = F_t / A \quad (2.48)$$

$$\sigma_t = 420 / 292,5 = 1,44 \text{ МПа}$$

Напруження від дії відцентрової сили

$$\sigma_v = 10^3 * p * v^2 \quad (2.49)$$

$$\sigma_v = 10^3 * 1.15 * 10^3 * 5^2 = 0,028 \text{ МПа}$$

Напруження згину у пасы

$$\sigma_{\text{зг}} = E * \delta / d_1 \quad (2.50)$$

$$\sigma_{\text{зг}} = 300 * 4,5 / 190 = 7,1 \text{ Мпа}$$

Значення  $\rho = 1.15 * 10^3 \text{ кг/м}^3$  та  $E = 300 \text{ Мпа}$

Максимальне напруження у пасі

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_0 + 0.5 * \sigma_t + \sigma_v + \sigma_{\text{зг}} \quad (2.51)$$

$$\sigma_{\text{max}} = 1 + 0,5 * 1,44 + 0.028 + 7,1 = 8,848 \text{ Мпа}$$

При обмеженій границі витривалість  $\sigma_N = 7 \text{ МПа}$ , показнику степеня кривої втоми  $m = 6$ , число шківів  $n = 2$  та  $v = 0,5$  строк служби паса

$$h = 10 (\sigma_N / \sigma_{\max}) / (3600 * i * n * v) \quad (2.52)$$

$$h = 10 (7 / 8,848) / (3600 * 1,4 * 2 * 0,5) = 4865 \text{ год.}$$

## 2.5 Розрахунок ланцюгової передачі

Проектний розрахунок передачі.

На валу ведучої зрочки обертовий момент

$$T_1 = P_1 / \omega_1 \quad (2.53)$$

$$T_1 = 2.1 * 10^3 / 60 = 35 \text{ Н*м}$$

Якщо припустити, що крок ланцюга не буде більше ніж 50.8мм, то для  $\omega_1 = 60 \text{ рад/с}$ . Можна вибрати число зубців ведучої зірочки  $z_1 = 15$ . Тоді число зубців веденої зірочки  $z_2' = u * z_1 = 2,45 * 15 = 36,75$ . Вибираємо  $z_2 = 37$ .

Орієнтовне значення кроку ланцюга

$$P' = 13 * \sqrt[3]{T_1 / z_1} \quad (2.54)$$

$$P' = 13 * \sqrt[3]{35 / 15} = 17.2 \text{ мм.}$$

До розрахунку вибираємо роликівий ланцюг ПР-19.05-3180, для якого маємо: крок  $P = 19,05$ ; площа опорної поверхні шарніра  $A_{\text{оп}} = 106 \text{ мм}^2$ ; руйнівне навантаження  $F_{\text{рн}} = 31,8 \text{ кН}$ ; маса 1м ланцюга  $q = 1,9 \text{ кг/м}$ .

Швидкість ланцюга

$$v = P * \omega_1 * z_1 / (2 * \pi) \quad (2.55)$$

$$v = 19.05 * 10^{-3} * 60 * 15 / (2 * 3,14) = 2,7 \text{ м/с}$$

Орієнтовно назначаємо міжосьову відстань передачі

$$a' = 40 * P \quad (2.56)$$

$$a' = 40 * 19,05 = 762 \text{ мм.}$$

Число ланок ланцюга

$$W' = 2 * a' / P + 0,5 (z_1 + z_2) + (P / a') (z_2 - z_1)^2 / (2 * \pi) \quad (2.57)$$

$$W' = 2 * 762 / 19,05 + 0,5 (15 + 37) + (19,05 / 762) (37 - 15)^2 / (2 * 3,14) = 107,9$$

Вибираємо  $W = 108$ .

Розрахункова міжосьова відстань

$$a_0 = (P/4) \{W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2) + \sqrt{[W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2)]^2 - 8 \cdot (z_2 - z_1)^2 / (2 \cdot \pi)^2}\} \quad (2.58)$$

$$a_0 = (19,05/4) \{108 - (15 + 37) + \sqrt{[108 - 0,5 \cdot (15 + 37)]^2 - 8 \cdot (37 - 15)^2 / (2 \cdot 3,14)^2}\} = 654 \text{ мм.}$$

Міжосьова відстань передачі із забезпеченням провисання веденої  
вітки

$$a = a_0 - 0,003 \cdot a_0 \quad (2.59)$$

$$a = 654 - 0,003 \cdot 654 = 652 \text{ мм.}$$

Ділильний діаметри зірочок

$$d_1 = P / \sin(\pi / z_1) \quad (2.60)$$

$$d_1 = 19.05 / \sin(180 / 15) = 92 \text{ мм;}$$

$$d_2 = P / \sin(\pi / z_2) \quad (2.61)$$

$$d_2 = 19.05 / \sin(180/37) = 225 \text{ мм.}$$

Номинальне корисне навантаження ланцюга

$$F_t = 2 \cdot T_1 / d_1 \quad (2.62)$$

$$F_t = 2 \cdot 35 \cdot 10^3 / 92 = 761 \text{ Н}$$

Максимальне корисне навантаження ланцюга пери пуску передачі

$$F_{t\max} = K_n \cdot F_t \quad (2.63)$$

$$F_{t\max} = 2.2 \cdot 761 = 1674 \text{ Н}$$

де  $K_n = 2.2$ -коефіцієнт короткочасних перевантажень при пуску.

Максимальна сила, що діє на вали передачі,

$$R_{\max} = 1.15 \cdot F_{t\max} \quad (2.64)$$

$$R_{\max} = 1.15 \cdot 1674 = 1925 \text{ Н}$$

Розрахунок шарнірів ланцюга на стійкість проти спрацювання.

Якщо коефіцієнт інтенсивності  $K_{\text{есп}} = 0.40$  для режиму навантаження СН, то еквівалентне корисне навантаження ланцюга

$$F_{t\text{есп}} = K_{\text{есп}} \cdot F_t \quad (2.65)$$

$$F_{t\text{есп}} = 0,40 \cdot 761 = 304 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт динамічності навантаження (при помірних змінах навантаження)  $K_d = 1.3$ ; для однорядного ланцюга  $K_m = 1$ .

З умови стійкості проти спрацювання допустимий тиск у шарнірах

$$[p]_{\text{сп}} = C / (h * K_v * K_r * K_e) \quad (2.66)$$

$$[p]_{\text{сп}} = 3,59 * 10 / (8000 * 15,3 * 1,437 * 3) = 6,80 \text{ МПа}$$

Тут вибрані такі значення розрахункових коефіцієнтів:

$$C = 1,33 * 10 * \Delta P / P \quad (2.67)$$

де  $\Delta P/P=27\%$ -допустиме збільшення середнього кроку ланцюга  
 $h=8000$  год.- строк служби ланцюга.

$$C = 1,33 * 10 * 2,7 = 3,59 * 10$$

$$K_v = \sqrt[3]{\omega_1^2} \quad (2.68)$$

$$K_v = \sqrt[3]{60^2} = 15,3;$$

$$K_r = (25 / z_1) * (\sqrt{40} / a_p) * (1 / \sqrt{u}) \quad (2.69)$$

$$K_r = (25 / 15) * (\sqrt{40} / 40) * (1 / \sqrt{2,45}) = 1,435$$

$$K_e = K_h * K_p * K_{зм} \quad (2.70)$$

$$K_e = 1 * 1 * 3 = 3$$

Розрахунок тиск у шарнірах ланцюга

$$p = F_{\text{тЕсп}} * K_{\text{Д}} / A_{\text{оп}} * K_{\text{м}} \quad (2.71)$$

$$p = 304 * 1,3 / (58 * 1) = 6,81 \text{ МПа}$$

Стійкість шарнірів ланцюга проти спрацювання забезпечується,  
 оскільки  $p = 6.81 \text{ МПа} < [p]_{\text{сп}} = 6.80 \text{ МПа}$

Розрахунок пластин ланок ланцюга на втому.

При розрахунку пластин на втому еквівалентне коресне навантаження ланцюга ( $K_{\text{Евт}} = 0.65$  для режиму навантаження середній)

$$F_{\text{тЕвт}} = K_{\text{Евт}} * F_{\text{т}} \quad (2.72)$$

$$F_{\text{тЕвт}} = 0.65 * 761 = 495 \text{ Н.}$$

Допустимий тиск у шарнірах ланцюга, що гарантує втомну  
 м'язність пластин його ланок,

$$[p]_{\text{вт}} = 270 * K_z' * K_h / (K_b * K_p) \quad (2.73)$$

$$[p]_{\text{вт}} = 270 * 1.12 * 1.17 / (15,7 * 0,988) = 22,8$$

Тут вибрані такі значення розрахункових коефіцієнтів:

$$K_z' = \sqrt{z_1} \quad (2.74)$$

$$K_z' = \sqrt{15} = 1,12;$$

$$K_h = \sqrt{(15 * 10^3 / h)} \quad (2.75)$$

$$K_h = \sqrt{(15 * 10^3 / 8000)} = 1,17;$$

$$K_b = 10 * \sqrt{\omega_1} \quad (2.76)$$

$$K_b = 10 * \sqrt{60} = 15,7;$$

$$K_p = \sqrt{P / 25,4} \quad (2.77)$$

$$K_p = \sqrt{19.05 / 25.4} = 0,988.$$

Розрахунковий тиск у шарнірах за умови втомної міцності пластин

$$p_{BT} = F_{tEbt} * K_d / (A_{оп} * K_m) \quad (2.78)$$

$$p_{BT} = 495 * 1,3 / (58 * 1) = 11,09$$

Втомна міцність пластин ланцюга достатня, бо

$$p_{BT} = 11,09 \text{ МПа} < [p]_{BT} = 22,8 \text{ МПа}$$

## 2.6. Організація виробничого процесу.

### 2.6.1 Структура виробничого циклу

Однією з важливих вимог, які стосуються раціональної організації виробництва являється забезпечення найменшої тривалості виробничого циклу виготовлення продукції.

Виробничий цикл – це календарний час з моменту запуску сировини, матеріалів у виробництво до повного виготовлення продукції.

Тривалість виробничого циклу використовується при розробці виробничих програм, визначенні величини незавершеного виробництва, розробка графіків матеріального забезпечення виробництва і оперативна підготовка виробництва.

Тривалість виробничого циклу залежить від:

- трудомісткості об'єму тобто робочого часу необхідного для отримання готового виробу, визначеного технічно обґрунтованими нормами часу;
- кількості одночасно запущених у виробництво предметів праці ( розмір партії );
- тривалості нетехнологічних операцій;
- тривалості переривів у виробничому процесі;
- прийнятого виду руху оброблюваного предмету в процесі виробництва.

Операції – час технологічного процесу на одному робочому місці одним робочим при незмінному знарядді праці.

Виробничий цикл складного процесу – сукупність простих процесів. Часто він починається із запуску у виробництво першої заготовки і закінчується випуском готової складальної одиниці – автомобілю ВАЗ-2107.

Виробничий цикл включає час виконання технологічних, контрольних, транспортних та складських операцій, звичайних процесів та час перерв. Структура виробничого циклу показана на рисунку 2.4.

Під час організації виробничого процесу враховуються регламентовані перерви, що з'являються всередині робочих змін та між ними. Перерви всередині зміни з'являються при роботі з партіями кузовів автомобілів ВАЗ-2107 через їх пролежування в очікуванні перед транспортуванням на наступну операцію (перерви партійності); при несумісності часу закінчення однієї та початку іншої операції, що виконуються на одному робочому місці, виріб пролежує в очікуванні звільнення робочого місця (перерви очікування).

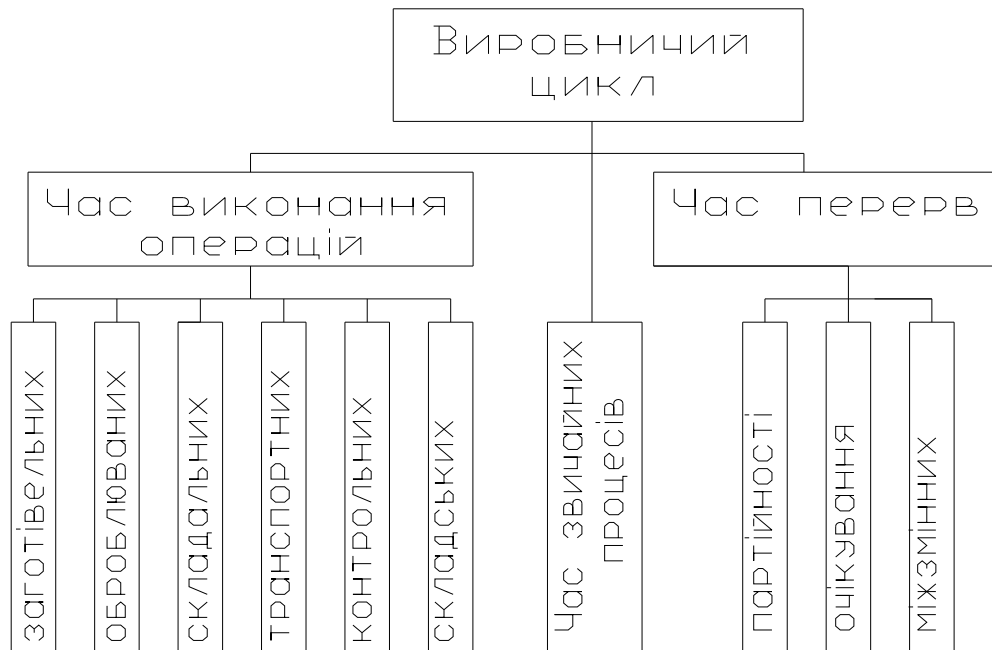


Рисунок 2.3 – Структура виробничого циклу

Поміжзмінні перерви викликаються прийнятим на підприємстві режимом роботи, що визначає кількість робочих днів у році, число робочих змін за добу, тривалість зміни. Якщо витрати часу на транспортування кузовів та їх складальних одиниць між робочими місцями, на складські операції, а іноді і на контрольні операції не нормуються в технологічних картах чи іншій технологічній документації, то вони входять до складу часу між операційних перерв. Це часто робиться в умовах неавтоматизованого виробництва.

Виробничий цикл є найважливішим показником ефективності підприємства. Він широко використовується для розробки календарних планів цехів, ділянок, ліній складання, робочих місць.

По нормативній одиниці виробничого циклу встановлюється норматив незавершеного виробництва, тобто кількість продукції, що знаходиться на всіх стадіях процесу виробництва.

### 2.6.2 Розрахунок та аналіз виробничого циклу

Якщо технологічний процес побудований за принципом диференціації операцій, то кожна операція виконується на відповідному їй робочому місці, між якими здійснюється транспортування предметів праці. Технологічний цикл обробки одного предмету праці

$$T_T = \sum t_i, \quad (2.79)$$

де  $t_i$  - норма часу на  $i$ -ю операцію.

У технологічному процесі, побудованому переважно за принципами концентрації операцій, передбачається одночасно виконувати декілька операцій, і в технологічний цикл включається операція з максимальним операційним циклом із всіх, виконуваних паралельно. Тоді

$$T_T = T_{T1} + T_{T2}, \quad (2.80)$$

де  $T_{T1}$  - максимальний технологічний цикл операцій,  $T_{T2}$  - цикл операцій, що виконуються диференційовано.

При складанні партії автомобілів ВАЗ-2107 може використовуватися один з видів руху кузовів по операціях: послідовний, паралельно-послідовний і паралельний.

Суть послідовного виду руху полягає в тому, що кожна подальша операція починається тільки після закінчення складання всієї партії на попередній операції. При цьому технологічний цикл складання партії автомобілів  $n$

$$T_T = n \cdot \sum t_i. \quad (2.81)$$

Якщо на одній або декількох операціях робота проводиться одночасно на декількох робочих місцях  $w_i$ , то

$$T_T = n \cdot \sum t_i / w_i. \quad (2.82)$$

Технологічний цикл при послідовному виді руху предметів праці по операціях представлений на рисунку 2.4.

Щоб максимально скоротити технологічний цикл, застосовують паралельний вид руху партій по операціях.

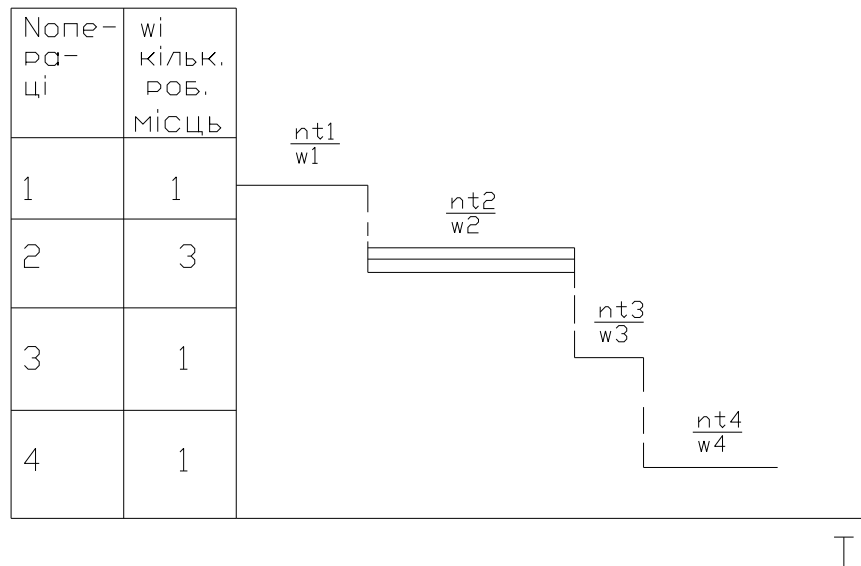


Рисунок 2.4 - Технологічний цикл при послідовному виді руху предметів праці по операціях.

Суть паралельного виду руху полягає в тому, що з операції на операцію предмети праці передаються транспортними партіями, при цьому по кожній партії ведеться робота на всіх операціях технологічного процесу без перерв, тобто без пролежування.

Технологічний цикл при паралельному виді руху предметів праці по операціях представлений на рисунку 2.5

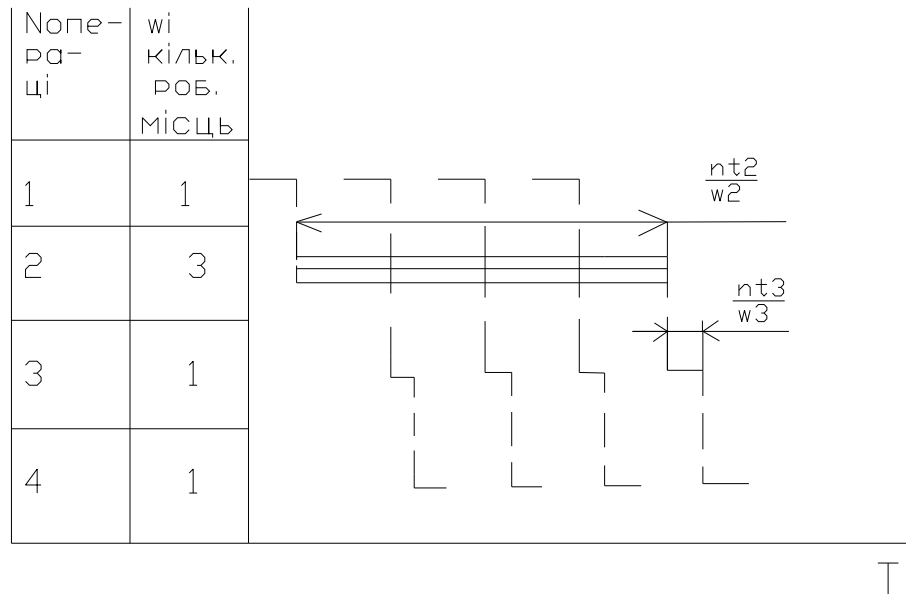


Рисунок 2.5 - Технологічний цикл при паралельному виді руху предметів праці по операціях.

Аналітично виглядає так:

$$T_{\text{т(пар)}} = (n - n_{\text{т}}) \cdot (t / w)_{\text{max}} + n \cdot \sum t_i / w_i. \quad (2.83)$$

Із графіка виходить, що в загальному випадку на всіх операціях, окрім операції, максимальної за тривалістю, робота здійснюється з перервами. Тільки для синхронного процесу, в якому тривалість операцій рівна або кратна, тобто

$$t_1 / w_1 = t_2 / w_2 = \dots = t_n / w_n = \text{Const}, \quad (2.84)$$

робота на всіх операціях вестиметься без перерв. Такий рух предметів праці по операціях називається поточним, а відношення  $t_i / w_i = r$  – тактом потоку.

На лінії складання автомобілів ВАЗ-2107 застосовується паралельно-послідовний вид руху кузовів.

Суть його полягає в тому, що вся складальна партія ділиться на транспортні партії по  $n_{\text{т}}$  штук в кожній. Транспортна партія складається на кожній операції без перерв. Її можна передавати на наступну операцію, не чекаючи закінчення роботи по інших транспортних партіях. При цьому

повинна дотримуватися умова безперервної роботи на кожній операції при складанні всієї партії  $n$ .

На рисунку 2.6 зображений приклад побудови технологічного циклу при паралельно-послідовному виді руху кузовів автомобілів ВАЗ-2107 по операціях.

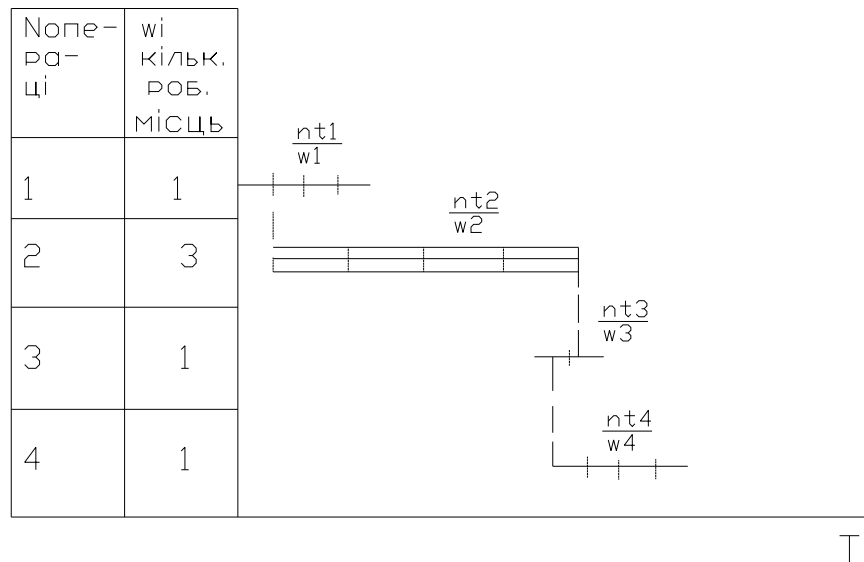


Рисунок 2.6 - Технологічний цикл при паралельно-послідовному виді руху кузовів автомобілів ВАЗ-2107 по операціях.

При паралельно-послідовному русі кузовів досягається скорочення технологічного циклу за рахунок часткового паралельного виконання робіт на суміжних операціях.

### 2.6.3 Організація потокового виробництва

Потоковий метод виробництва є вигідною з економічної точки зору формою організації складального процесу, яка базується на принципах вузької спеціалізації, лінійного розміщення, паралельного виконання, безперервного потоку, узгодженості та ритмічного виконання операцій. У такому типі виробництва досягається висока ефективність праці завдяки постійності складального процесу, забезпечується відмінна якість продукції при одночасному зниженні витрат на працю, матеріали та енергію.

Основною ознакою потокового виробництва є послідовне розміщення робочих зон згідно з технологічною послідовністю, що дозволяє уникнути зворотних переміщень кузовів автомобілів і забезпечує безперервну передачу виробів від однієї операції до іншої або виконання кількох процесів одночасно завдяки використанню універсального обладнання.

Критерієм безперервності процесу прийнято вважати відсутність простоїв деталей і вузлів, викликаних невідповідністю термінів виконання окремих операцій.

На кожному етапі складання виконується одна постійно повторювана операція або кілька однотипних, що чергуються з певною періодичністю.

Під поняттям структури потокової лінії мається на увазі сукупність усіх її елементів: робочих зон, засобів транспортування, систем управління та допоміжного обладнання, а також виробничі зв'язки між ними. Найбільш комплексною є структура потокової організації на рівні підприємства, наприклад, на заводі ЗАТ "ЗАЗ". Тут мається на увазі поєднання ліній з різним функціональним призначенням, систем безперервного транспорту, автоматизованих комплексів, роботизованих систем, накопичувальних і транспортних модулів, керуючих елементів та форм взаємодії між усіма ними.

Вибір обладнання для потокової лінії при збиранні автомобіля ВАЗ-2107 визначається особливостями технологічного процесу, складом та призначенням виконуваних операцій, розмірами та масою транспортного засобу, а також вимогами до якості виробу. При проектуванні ліній бажано досягти максимально прямолінійного розміщення обладнання.

Розумне визначення структури та правильне компонування є ключовими факторами при розробці оптимального планування потокової лінії.

Оцінювання доцільності обраного планування здійснюється за такими техніко-економічними критеріями, як коефіцієнт зайнятої технологічним

обладнанням площі, обсяг випуску на одиницю виробничої площі, відстань, яку проходить працівник протягом зміни між різними етапами складання тощо.

Процес планування потокової лінії починається зі створення схем розміщення робочих зон для кожної операції та вибору найефективніших транспортних засобів. У ході загального компонування визначаються конфігурація лінії, способи встановлення обладнання, розміщення транспортних засобів, контрольних пунктів та зон проміжного накопичення. Планування повинно забезпечити прямий маршрут руху кузова автомобіля, раціональне використання площі цеху, зручність доставки деталей і вузлів до робочих зон, а також доступ до місць обслуговування та ремонту.

#### 2.6.4 Організація транспортного господарства.

У машинобудівній галузі значну роль відіграє переміщення великих обсягів сировини, напівготової продукції, інструментів, відходів виробництва та різних вантажів. Необхідно чітко узгоджувати транспортні операції з технологічними етапами, забезпечувати логістику як усередині підприємства, так і у взаємодії з зовнішніми партнерами. Особливу увагу приділяють постачанню складальних цехів компонентами та матеріалами, а також відвантаженню готових автомобілів.

Транспорт є ключовим елементом в організації безперервного виробничого процесу. Вибір і проектування транспортного обладнання для потоково-механізованої лінії відбувається з урахуванням форми, габаритів, ваги деталей, специфіки складальних робіт, обсягів виробництва моделі ВАЗ-2107, а також функцій, які виконує транспортна система, її технічних параметрів і експлуатаційних характеристик.

Транспортні засоби поділяються на зовнішні, міжцехові та внутрішньоцехові. Останні, у свою чергу, розрізняються як загальноцехові та

міжопераційні. Залежно від режиму роботи, транспортні системи бувають періодичної (циклічної) або безперервної дії. За напрямом переміщення вантажів їх класифікують на горизонтальні (наприклад, транспортери, рольганги), вертикальні (ліфти, підйомники), комбіновані (кран-балки, мостові крани, автонавантажувачі) та похилі (монорейкові і канатні системи).

Оптимальне планування транспортних перевезень базується на аналізі вантажообігу і вантажних потоків на рівні всього підприємства, окремих цехів і складських приміщень. Під вантажообігом мається на увазі сумарна кількість автомобільних кузовів, переміщених за певний часовий проміжок — зміну, добу, місяць чи рік. Вантажним потоком називають обсяг вантажу, що переміщується за одиницю часу між конкретними пунктами. Загальний вантажообіг — це сукупність усіх вантажопотоків.

Стабільна діяльність ЗАТ “ЗАЗ” сприяла впровадженню перевезень з використанням колісного транспорту по встановлених маршрутах із фіксованим графіком — для доставки оснащення та заготівель.

#### 2.6.5 Побудова циклограми технологічного процесу.

Використовуючи дані з Додатку, виконуємо побудову циклограми виробничого процесу, див. рисунок 2.7.

На основі створеної схеми можна зробити такі висновки:

1. Збірка на нашій лінії виконується у наскрізному форматі з ознаками комбінованого підходу, де поєднуються паралельні та послідовні етапи.

2. Побудова точної аналітичної формули для визначення тривалості повного циклу збирання одного автомобіля у даному випадку є складною, тому тривалість робочого циклу встановлюється за графічно зображеною циклограмою.

Загальний час циклу:  $T_{заг} = 48,7$  хв.

Також на основі циклограми визначаємо ритм виробничого потоку:  
 $r = 7,5$  хв.

3. З аналізу циклограми видно, що є ділянки, де час виконання окремих завдань, наприклад 48,2 хв., є меншим за встановлений ритм потоку — ці відрізки є потенційними зонами для оптимізації процесу збирання.

4. Побудована циклограма також дозволяє ідентифікувати ділянки з надмірним навантаженням або недостатнім залученням робочої сили, оцінюючи кількість операцій, виконуваних працівниками. Це дає змогу в майбутньому вжити заходів для досягнення балансу та рівномірного розподілу навантаження на всіх етапах.

5. Максимальна допустима швидкість руху кузовів по підлогових та підвісних транспортерах на лінії складання автомобілів ВАЗ 2107 становить 1,25 м/хв. Проте з урахуванням того, що на лінії працюють люди, необхідно враховувати людський чинник. Тому швидкість доцільно знизити до 0,85 м/хв. та встановити пристрої для плавного або поступового регулювання темпу руху."

### 3. МОНТАЖ КОНВЕЄРА.

Монтаж — це сукупність операцій, що проводяться безпосередньо на місці використання конвеєра, включаючи його складання, приведення в робочий стан, налаштування та введення в дію. Оскільки комплектуючі елементи були доставлені зі складу запасних частин, найбільший обсяг робіт припав на складання та регулювання вузлів.

Встановлення обладнання, як завершальний етап модернізації промислових об'єктів, має суттєвий вплив на строки запуску та витрати. Велике значення монтаж має під час технічної реконструкції діючих виробництв. У таких умовах він часто ускладнюється додатковими факторами.

Якісно виконані монтажні роботи сприяють зменшенню зносу елементів конвеєра, підвищують надійність і термін служби, знижують трудові витрати під час експлуатації, а також зменшують рівень шуму, вібрацій, втрат і витрат на обслуговування, подовжують міжремонтний інтервал.

Ключовим фактором покращення економічних показників при використанні запасного обладнання для нової виробничої лінії (наприклад, для складання автомобілів ВАЗ-2107) є активне застосування швидкісних методик монтажу, підвищення рівня якості та зниження витрат:

- забезпечення найбільш раціонального, якісного та безпечного виконання монтажних етапів;
- повна механізація процесу з моменту доставки обладнання до цеху і до передачі його в експлуатацію;
- галузева спеціалізація монтажних процесів, що сприяє розвитку організації, технічного забезпечення і технологій складання.

Для досягнення максимальної вигоди від впровадження нової лінії з резервних блоків, необхідно уважно оцінювати реальні терміни можливого монтажу.

До початку складання металоконструкцій необхідно провести їх повну перевірку (тобто підготувати до монтажу), щоб виявити наявність корозії, що виникла внаслідок тривалого зберігання. Усі елементи очищуються від забруднень, стружки, іржі, льоду та антикорозійного покриття в місцях стику. Захисну фарбу видаляють за допомогою розчинів з подальшою механічною обробкою.

Вигнуті стрижневі елементи вирівнюються. Невеликі деформації усувають зворотним вигином без нагрівання, тоді як серйозні викривлення виправляють із застосуванням теплової обробки.

Якість клепаних з'єднань перевіряється за допомогою візуального огляду та простукування. Вона повинна відповідати встановленим технічним нормам.

З'єднання на болтах із точною посадкою досить трудомісткі. Частіше застосовують фланцеві стики із високоякісними болтами зі сталі 40Х, що пройшли термообробку. Їх встановлюють з проміжком до 3 мм, що дозволяє уникнути додаткового розсвердлювання або обробки отворів. Для затягування гайок використовуються динамометричні ключі, які контролюють ступінь натягу.

Стикування елементів металоконструкцій часто виконується зварюванням. Оскільки до зварених швів пред'являються високі вимоги, застосовують електроди відповідного класу.

Перевірку якості зварювання на монтажному майданчику здійснюють оглядом швів (для виявлення тріщин, недоплавів, пор, підрізів тощо), бурінням із наступним хімічним травленням, а також шляхом тестування контрольних зразків.

Металоконструкції як основні елементи обладнання повинні відповідати високим вимогам до точності виготовлення та зборки. Допустимі відхилення під час складання регламентуються нормами СНиП III-Г.10.1-69. Розміри довгих елементів контролюють металевими рулетками.

На монтажних ділянках критично важливо забезпечити правильне взаємне розташування складових механізмів, оскільки від цього залежить їх подальша стабільна робота.

Встановлення підшипників кочення виконується шляхом їх напресування на вал за допомогою оправки та молотка при невеликих розмірах. Між тілом кочення та кільцями має бути передбачений зазор. Якщо підшипники встановлено неправильно, їх знімають спеціальними знімачами. Передача зусилля безпосередньо на тіла кочення неприпустима.

Складання зубчастих з'єднань потребує дотримання таких вимог: уважна перевірка шліців, усунення задирок, пошкоджень, заусенців; при щільному з'єднанні використовується напресовування за допомогою пристрою, а рухомі з'єднання збираються вручну. Шліцеве з'єднання не повинно мати люфтів.

Тягові ланцюги та зірочки є важливими елементами, від якості монтажу яких напряму залежить ефективність роботи конвеєра. Ланцюги перед встановленням перевіряють: оцінюють рухомість у шарнірах, стан з'єднаних деталей, якість фіксації, цілісність валиків, втулок і пластин. Обертання має бути вільним. Порушення рухливості усувають.

Заборонено встановлення плит із пошкодженими або викривленими елементами. Відірвані або зігнуті планки можуть призвести до серйозних несправностей — як самого конвеєра, так і суміжного обладнання. Їх треба вирівнювати, а в разі потреби — додатково підварювати.

З'єднувальні ланки зі шплінтами повинні містити підкладні шайби. Проте навіть за дотримання цих умов більшість шплінтів із часом зрізаються, і ланцюги роз'єднуються.

Після складання тягові ланцюги змащують. Їх встановлення можливе лише після точної перевірки положення зірочок. Перекіс зірочок перевіряють шляхом вимірювання відстаней від їх профілю до контрольної струни — кут не повинен перевищувати  $10^\circ$ . Радіальне биття зубців визначається індикатором.

Перед початком робіт з електромонтажу необхідно переконатись у завершенні всіх механічних етапів, а також перевірити стан електроустаткування та його відповідність умовам середовища. Перевірку здійснюють кваліфіковані електромонтажники.

Обладнання зі складу запасу, попри свою наявність, часто має низький ступінь заводської готовності, що значно збільшує обсяг монтажних робіт і може вплинути на якість складання.

Монтаж напільного двоколового конвеєра розпочинається з перевірки готовності будівельної частини, розмітки осей і встановлення металевих елементів середньої частини. Особливу увагу приділяють правильному монтажу напрямних рейок для котків ланцюга відповідно до повздовжньої осі системи. Рейки встановлюють по спеціальних робочих осях, паралельних головній, а також орієнтуються за підвісами з основної осі.

Після перевірки несучих елементів, приводу та натяжної станції приступають до збирання механізмів. Привідний вал із зірочками встановлюють так, щоб його вісь була горизонтальною і перпендикулярною до головної лінії, а самі зірочки — симетрично до неї та встановлених раніше напрямних.

Інші елементи приводу орієнтуються по привідному валу, з дотриманням співвісності, яку перевіряють за муфтами. Після перевірки елементи закріплюють: до бокових частин підшипників приварюють обмежувачі, які фіксують їх на рамі приводу.

Серйозно перевіряється ходова частина. Перед установкою ланцюги переглядають, виявляють порушення в шарнірах і усувають їх, катки з надмірним опором обертання — розбирають і усувають причину.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Аналіз потенціальних небезпек.

Двострічковий транспортер для збирання автомобіля ВАЗ–2107 повинен відповідати загальним вимогам до виробничого устаткування, вимогам пожежної безпеки, а також нормам охорони праці при його експлуатації, обслуговуванні та огляді. До роботи з транспортером допускаються лише особи, які ознайомлені з його конструкцією, принципом дії та правилами використання. Безпосередньо на робочому місці персонал має бути проінструктований щодо вимог техніки безпеки та промислової гігієни.

Під час роботи транспортера заборонено:

- а) експлуатувати його без встановлених захисних елементів;
- б) проводити будь-яке регулювання, технічне обслуговування або мастило механізмів;
- в) кидати сторонні предмети у зону руху ланцюга.

Транспортер повинен бути заземлений згідно з вимогами Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Усі монтажні роботи повинні виконувати лише спеціалісти, які мають на це відповідну кваліфікацію та дозвіл.

Найпоширеніші небезпечні та шкідливі чинники, що супроводжують процес складання автомобіля ВАЗ–2107, наведені нижче:

- високий рівень шуму. Серед усіх фізичних впливів найбільше значення мають: шум ударів металевих елементів транспортера, локальний шум від ручного електроінструменту, клепальних установок, стендів для перевірок, пневматичного обладнання;

- підвищене ультразвукове випромінювання. Навіть короткі або повторювані контакти з ультразвуком можуть спричинити проблеми з рухливістю пальців, рук або передпліч;
- ризик інтоксикації. Небезпечні ситуації виникають при неправильному використанні органічних рідин, таких як бензин або гас;
- загроза ураження електричним струмом. В умовах складального цеху існує небезпека електротравм через використання обладнання, що працює на промисловому струмі з напругою до 380 В, наприклад, електромотори, силові кабелі, перемикачі, лампи чи вентиляційні пристрої;
- можливість травмування внаслідок порушення правил використання допоміжних матеріалів.

Також у складальному приміщенні існує ризик отримати поранення при роботі з підйомною технікою або рухомими елементами транспортної системи. Додаткову фізичну небезпеку становлять операції з гострими деталями, такими як облицювання, крайки кузова автомобіля тощо.

#### 4.2. Заходи по забезпечення безпеки.

З метою уникнення зазначених вище небезпек впроваджуються відповідні дії для гарантування безпечних умов праці. Щоб запобігти ураженню електричним струмом, усі інструменти та обладнання, що працюють від електромережі, заземлюються згідно з вимогами. Перевірка обладнання здійснюється двічі на рік: виконують зовнішній огляд, тестують роботу на холостому ході протягом не менш ніж 5 хвилин, вимірюють опір ізоляції, а також перевіряють стан заземлювального контуру.

Все стаціонарне обладнання і металеві елементи приямка конвеєра заземлені для недопущення накопичення електростатичних зарядів, що можуть стати причиною іскроутворення.

Під час роботи з електроінструментами обов'язкове використання засобів індивідуального захисту від ураження струмом, зокрема гумових килимків.

Під час гідравлічних випробувань або промивання трубопроводів під тиском застосовують захисні окуляри для уникнення потрапляння рідин в очі. Під час обробки матеріалів напилками або абразивними насадками використовують окуляри для запобігання потраплянню частинок пилу або стружки в очі.

У процесі складання можливі порушення умов виробничої гігієни, такі як:

- надмірне або недостатнє нагрівання робочої зони через відсутність кондиціонування;
- недостатній рівень освітлення;
- підвищений шумовий та вібраційний фон.

Робоче місце організоване таким чином, щоб звести до мінімуму фізичне навантаження працівника, забезпечуючи зручне положення тіла при виконанні операцій. Відхилення від природного положення тіла мінімальні.

Під час використання ручного інструменту з вібрацією оброблювані об'єкти розміщуються на столах або спеціальних опорах. Для зниження вібрацій застосовують затискачі, лещата або піщані підкладки.

Задля зменшення навантаження використовують підймальні столи, тельфери та інші механізми. Щоб скоротити час контакту з вібруючим інструментом, його підвішують на тросах або закріплюють на опорах чи балансирних пристроях.

Ручні інструменти застосовуються виключно за їх призначенням. При роботі з ударно-гвинтовими інструментами передбачено захист лівої руки за допомогою віброзахисної муфти.

Для стабілізації температурного режиму в холодну пору року передбачена система опалення, суміщена з вентиляцією.

Норми температури, вологості та руху повітря на робочих місцях вказані в таблиці 4.1.

Табл.4.1. - Допустимі норми температури, вологості та швидкості руху повітря на робочому місці.

Категорія робіт	Температура Повітря	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура повітря на робочому місці, °С
Середньої важкості	17 - 23	75	0,1 - 0,3	13 - 24

Одним із способів попередження негативного впливу шуму є дотримання вимог ДСТУ 12.1.003-83. Допустимий рівень вібрацій – не вище 25 кГц (ДСТУ 24346-80). Інтенсивність ультразвуку в точках контакту з тілом не перевищує 110 дБ. Для індивідуального захисту використовуються навушники згідно з ДСТУ 12.4.051-78.

Природного освітлення недостатньо, тому для загального освітлення використовуються люмінесцентні лампи, підключені до різних фаз мережі, щоб уникнути стробоскопічного ефекту. Норми освітлення наведено в таблиці 4.2.

Табл.4.2. - Норми освітлюваності робочих місць СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение»

Характеристика роботи	Розміри об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорових робіт	Освітлення комбіноване	Освітлення загальне
Точна	0,3 – 1,0	3	4000	200

Під час роботи з токсичними та забруднюючими речовинами використовується спецодяг – комбінезони. Для захисту очей від подразнень та опіків використовуються герметичні окуляри.

Концентрація шкідливих речовин у повітрі не перевищує гранично допустимих норм, установлених ДСТУ 12.1.005-88. Дані про ці норми наведені в таблиці 4.3.

Табл.4.3. - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони в промисловому приміщенні

Назва речовини	Фактична концентрація	ГДК	Клас небезпеки
Керосин	120	300	4
Закис углерода	12	20	4
Пил сталі	6	6	4
Пил абразиву	6	6	4
Пари масла	5	5	4

У виробничому приміщенні передбачена загальна витяжна вентиляція з фільтрацією повітря відповідно до СНіП "Опалення, вентиляція і кондиціонування".

Пожежі становлять серйозну загрозу та можуть спричинити значні збитки. Тому передбачено наступні засоби протипожежного захисту:

а) Протипожежний водопровід об'єднано з господарським або виробничим. Тиск у мережі має бути не нижчим за 10 м водяного стовпа. Розрахунок витрати води проводиться з урахуванням роботи двох струменів по 2,5 л/с. У приміщенні встановлено п'ять пожежних кранів з усім обладнанням.

б) На кожні 600 м<sup>2</sup> передбачено:

- один вогнегасник типу ОУ-5;
- один ящик з піском об'ємом 0,5 м<sup>3</sup>;
- дві лопати з металу.

Вуглекислотні вогнегасники використовують тільки для гасіння електрообладнання. Для захисту від займання електроустановки обладнані:

- пилозахисними кожухами на іскроутворюючих елементах;
- силовими кабелями, прокладеними в трубах;
- апаратурою з вбудованим захистом від коротких замикань.

На складах реалізовано такі протипожежні заходи:

- правильне розташування матеріалів із вільним доступом до полиць;
- суворе дотримання вимог щодо сумісного зберігання;
- поділ складів перегородками, враховуючи характеристики матеріалів і типи засобів гасіння.

Проєктом передбачено установку системи пожежної сигналізації на виробництві та у службових приміщеннях. Сигналізатори розміщені з розрахунку один на 65 м<sup>2</sup> і підключені до централі «Гамма 108».

Для запобігання ураженню блискавкою встановлено громовідводи. Щоб уникнути накопичення статичного заряду, всі струмопровідні частини обладнання заземлені.

Всі технологічні операції здійснюються згідно з інструкціями, нормами експлуатації та іншими затвердженими документами. Обладнання для роботи з пожежонебезпечними матеріалами відповідає технічній документації.

Регулярні профілактичні ремонти та техогляди обладнання здійснюються відповідно до графіка та з урахуванням вимог пожежної безпеки, передбачених у регламенті.

Витяжні пристрої, трубопроводи та камери мають конструкцію, що запобігає накопиченню горючих відкладень і дозволяє їх безпечно очищення. Такі роботи виконуються згідно з технологічною документацією та фіксуються у відповідному журналі.

Проживання у виробничих будівлях і на складах заборонено. Прокладка транзитних мереж і трубопроводів для транспортування легкозаймистих і горючих рідин через ці зони не допускається.

Приміщення регулярно прибираються, графік очищення встановлюється наказом керівництва.

Освітленість є ключовим фактором ефективного виконання складальних робіт.

Проведемо розрахунок рівня освітлення, включаючи охорону праці за наступними даними:

висота цеху  $H=6\text{м}$ ;

розмір цеху  $A \times B$ , де  $A=170\text{м}$ ,  $B=20\text{м}$ ;

напруга освітлювальної мережі  $220\text{В}$ ;

коефіцієнт відображення стелі  $S_c=70\%$ , стін  $S_c=50\%$ ;

світильник з люмінесцентними лампами ЛБ-20-4, які мають світловий потік  $\Phi=1180\text{ лм}$ ;

розряд зорової роботи Шг.

Визначаємо розрахункову висоту підвісу світильника:

$$h = H - (h_p + h_c); \quad (4.1)$$

де  $h_p = 0,8\text{ м}$  – висота робочої поверхні над підлогою;

$h_c = 0,2\text{ м}$  – відстань світлового центру світильника від стелі (звіс).

$$h = 6 - (0,8 + 0,2) = 5\text{ м},$$

Оптимальна відстань між світильником при багаторядному розміщенні визначається:

$$L = 1,5 * h = 1,5 * 5 = 7,5\text{ м}.$$

Визначення індексу площі приміщення:

$$i = A * B / [h * (A + B)]; \quad (4.2)$$

$$i = 170 * 20 / [5 * (170 + 20)] = 3,57.$$

Необхідна кількість ламп:

$$n = E * K_3 * S * Z / (\Phi_{л} * \eta); \quad (4.3)$$

$$n = 200 * 0,63 * 170 * 20 * 1,5 / (1180 * 0,63) = 865 \text{ шт,}$$

де  $E = 200$  лк визначається по розряду і підрозряду робіт табл.1 СНіП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение»;

$K_3 = 0,63$  – згідно з табл.3 СНіП II-4-79;

$S = A * B$  – площа цеху,  $m^2$ ;

$Z = 1,5$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$\eta = 0,63$  - коефіцієнт використання світлового потоку світильників.

Розроблені заходи щодо охорони праці відповідають вимогам ГОСТ, СНіП і вимогам методичних вказівок.

#### 4.3. Заходи щодо цивільної оборони.

«Технічні заходи для забезпечення надійності систем електро-, водо- та газопостачання в умовах надзвичайних ситуацій»

Система електропостачання відіграє ключову роль на виробничому підприємстві. Для зміцнення її надійності впроваджуються як загальноміські, так і локальні інженерно-технічні рішення.

У випадку підключення підприємства до регіональної енергосистеми, лінії електропередач прокладаються з двох різних напрямків. Якщо одна з них виходить з ладу, передбачено використання резервного (аварійного) джерела живлення, роль якого виконують мобільні електростанції. Їхня потужність розрахована на живлення окремих споживачів. Перемикання на резервне живлення відбувається автоматично без перерви у постачанні електроенергії. Подача електроенергії здійснюється по підземних кабелях.

Для запобігання пошкодженням електромереж у разі перенапруг, що можуть виникнути під дією електромагнітного імпульсу при ядерному вибуху, встановлені пристрої автоматичного вимкнення.

Система газопостачання також укріплена шляхом реалізації технічних рішень як на міському рівні, так і безпосередньо на підприємстві.

У разі пошкодження газових джерел або трубопроводів, на підприємстві є підземні сховища газу — газгольдери з постійним об'ємом. Газопроводи прокладені під землею і підведені до об'єкта з двох боків. Мережа має кільцеву структуру, що дозволяє відключати пошкоджені сегменти, не порушуючи подачі на інші ділянки. Газопроводи оснащені системами автоматичного перекриття в разі загрози вторинних уражень. На них встановлені запірні пристрої з дистанційним управлінням та крани, що автоматично змінюють напрям потоку при розгерметизації труби.

Система водопостачання має критичне значення для стабільної роботи підприємства.

Об'єкт отримує воду з двох джерел – основного та запасного. Одним із них є підземне джерело – артезіанська свердловина, яка менш вразлива до впливу ударної хвилі або хімічного, радіоактивного чи біологічного забруднення. Вона використовується у разі виходу з ладу основного – міського водогону. Додатковим резервом служить розташоване поруч природне водоймище, з якого прокладено водогін, обладнаний системами забору та очищення води, а також незалежним джерелом енергії на базі двигуна внутрішнього згорання. На підприємстві також побудовані та наповнені резервуари з запасами води.

Артезіанські свердловини, резервуари та шахтні колодязі обладнані для видачі води у переносну тару й захищені від усіх типів зараження. Водопровідні мережі прокладено під землею, а на них встановлені засувки для локального перекриття при аварійних ситуаціях. Гідранти та інші пристрої розміщені в зонах, що не піддаються завалам під час руйнувань. У схемі водозабезпечення враховано можливість повторного використання води, що знижує загальне споживання та підвищує ефективність функціонування підприємства.

Під час будівництва нових водопровідних ліній збережено наявні комунікації як резервні. Нові мережі використовуються не тільки для побутових і виробничих цілей, але й для потреб пожежогасіння.

Комплекс технічних рішень, спрямованих на підвищення надійності систем електро-, водо- та газопостачання, є необхідною умовою для безперебійної роботи підприємств у кризових ситуаціях.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

На підприємстві ВАТ “АвтоЗАЗ” у зв’язку з підписанням нових угод з’явилась потреба у запуску нової лінії для складання автомобілів ВАЗ 2107. На заводі знаходиться цех, де раніше здійснювалася збірка ЗАЗ 1102, який наразі не експлуатується. У ньому є можливість оновлення застарілого обладнання на сучасне. При розгляданні цього питання, окрім вигідних умов співпраці (зростання обсягів виробництва та потенційні перспективи розвитку партнерства), було враховано і той факт, що стара збірна лінія функціонувала вже 26 років, а акти останніх технічних перевірок засвідчили значне зношення її конструктивних елементів.

У проектну організацію було передано замовлення на розробку нової лінії. У відповідь було запропоновано два можливі варіанти реалізації проекту:

1. розробка принципово нової лінії, аналогів якої на підприємстві поки що немає;
2. проект, побудований із використанням модулів, що вже функціонують на інших збірних лініях заводу.

Ключовим показником економічної доцільності є економічний ефект, який визначає загальну економію трудових ресурсів, матеріальних витрат і капіталовкладень, що досягається підприємством у процесі виготовлення та впровадження нової чи модернізованої техніки.

Оскільки аналіз економічної вигоди базується на порівнянні варіантів організації збірки ВАЗ-2107, насамперед потрібно встановити вихідні параметри для розрахунків.

Примірний перелік технічних характеристик та даних показано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. – Вихідні дані лінії

Показник	Позначення	Одиниці	Величина показника	
			аналогічна конструкція	нова конструкція
1	2	3	4	5
Річна програма	<i>A</i>	шт	22 950	22 950
Продуктивність лінії	<i>B</i>	шт/год	8	8
Конструктивна маса	<i>G</i>	т	21	17
Робочі швидкості	<i>V</i>	м/с	0,41; 0,63; 1,25	0,41; 0,63; 1,25
Строк служби лінії	<i>T</i>	років	10	10
Довжина лінії	<i>L</i>	м	62,4	60,1
Потужність встановлених електродвигунів	<i>W</i>	кВт	2,6	2,1
Укрупнена ціна лінії	<i>Ц</i>	грн.	60000	46340
Кількість працівників, обслуговуючих лінію	<i>Ч</i>	чол.	48	48
Середній розряд робочих	<i>r<sub>ср</sub></i>	-	3	3
Ціна продажу автомобіля	<i>Ц<sub>р</sub></i>	грн.	29 200	29 200

Розрахунок економічної доцільності.

Проаналізувавши приблизні показники конструкції, характеристик та вартості маємо право зробити висновки, що:

- конструктивна маса та довжина аналогічної конструкції складальної лінії більша ніж у нової, а отже й більша собівартість лінії;

- потужність встановлених електродвигунів у аналогічній лінії порівняно вище з новою – стаття затрат вища; - використання аналогічних елементів конвеєрної лінії дозволяє заощаджувати на складському приміщенні, на відмінність від нової конструкції складальної лінії;

- виготовлення і доставка нової конвеєрної лінії – 40 діб, на відмінність від аналогічної конструкції, що є в наявності на складі.

Отже головним критерієм обраного варіанту складальної лінії є її економічна доцільність.

Візьмемо різницю капітальних затрат на створення складальної лінії:

$$\Delta_k = Z_{k1} - Z_{k2}, \quad (5.1)$$

де  $Z_{k1}$  – укрупнена ціна аналогічної лінії  $C_p + 5\%$  на монтаж, грн;

$Z_{k2}$  – укрупнена ціна нової лінії  $C_p + 5\%$  на монтаж, грн.

$$Z_{k1} = 1,05 * 60000 = 63000 \text{ грн}$$

$$Z_{k2} = 1,05 * 46340 = 48657 \text{ грн}$$

$$\Delta_k = 63000 - 48657 = 14343 \text{ грн.}$$

Різниця статті затрат на складання автомобілів за електроенергію в продовж терміну використання ліній за 10 років:

$$\Delta_{el} = Z_{el1} - Z_{el2}, \quad (5.2)$$

де  $Z_{el1}$ ,  $Z_{el2}$  – загальні витрати на електроенергію відповідно аналогічного конвеєра до нового.

$$Z_{el} = W * T * n * 10 * 0,25, \quad (5.3)$$

де  $W$  – потужність встановлених електродвигунів, кВт;

$T$  – тривалість двох змін на підприємстві, год;

$n$  – кількість робочих днів на рік;

10 – регламентована кількість робочих років;

0,25 – ринкова ціна 1 кВт\год в гривнях.

$$Z_{el1} = 2,6 * 12 * 250 * 10 * 0,25 = 19500 \text{ грн.}$$

$$Z_{el2} = 2,1 * 12 * 250 * 10 * 0,25 = 15750 \text{ грн.}$$

$$\Delta_{el} = 19500 - 15750 = 3750 \text{ грн.}$$

Доцільністю встановлення аналогічної лінії служить прибуток підприємства за 70 діб роботи лінії.

$$\sum\Pi = 70 * T * B * \Pi,$$

де  $\sum\Pi$  – прибуток підприємства за період 40 діб;

40 – кількість робочих днів;

B – продуктивність лінії, шт\год;

$\Pi$  – прибуток підприємству від складання та продажу однієї машини (15% від ціни продажу автомобіля  $C_p$ ).

$$\Pi = 0,15 * 29\,200 = 4380 \text{ грн.}$$

$$\sum\Pi = 40 * 12 * 8 * 4380 = 16819200 \text{ грн.}$$

Економічний ефект (E) буде дорівнювати різниці прибутку підприємства та суми капітальних та поточних затрат:

$$E = \sum\Pi - (\Delta_{ел} + \Delta_{к}); \quad (5.5)$$

$$E = 16819200 - (12000 + 14343) = 16792857 \text{ грн.}$$

**Висновки:**

Економічна вигода, отримана внаслідок запуску лінії з виробництва продукції, істотно перевищує сумарну різницю між капітальними інвестиціями та експлуатаційними витратами. Оскільки складальна лінія створена за прикладом і подібністю до вже функціонуючих ліній в інших цехах, досягнуто уніфікації та можливості взаємної заміни пристроїв, модулів і компонентів конвеєрної системи, що входить до її складу. Завдяки тому, що цех з монтажу автомобілів уникнув додаткового простою протягом 40 днів, які були б потрібні для виготовлення та доставки нової лінії, 48 кваліфікованих працівників своєчасно приступили до виконання обов'язків і отримують заробітну плату. Отже, прийняте рішення позитивно вплинуло на соціальну ситуацію на підприємстві.

## ВИСНОВКИ

Метою дипломної роботи було впровадження нової лінії складання автомобілів ВАЗ 2107 замість застарілої системи двотротуарного конвеєра для Таврії з мінімальними фінансовими витратами. Завдання вдалося реалізувати у стислі терміни, і ось підсумки: через значний знос елементів та вузлів попередньої лінії її оновлення виявилось неможливим. У зв'язку з цим була створена нова конвеєрна система з удосконаленою технологією збирання ВАЗ 2107. Враховуючи обмежений час, реалізація проєкту відбулася шляхом використання резервних блоків з інших подібних складальних ліній підприємства. Економічна вигода проєкту визначається як грошовий показник доцільного запровадження нової технології. Результат склав 16 792 857 гривень, що суттєво перевищує сукупні витрати на реалізацію, підтримку та розробку нової лінії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ф.К. Іванченко, “Підйомно-транспортні машини”, Київ “Вища школа” 1993р.
2. Методичні вказівки до курсової роботи з курсу “Проектування металоконструкцій ПТМ”. Укл: Л.М. Мартовицький, Запоріжжя ЗНТУ 2003р.
3. Методичні вказівки до курсового проекту “Вантажнопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка”. Укл: О.І. Вільчек, В.І. Глушко, О.М. Руднев, Запоріжжя ЗНТУ 2002р.
4. А.Л. Кукібний, Г.П. Кудрявцев, “Механизация перегрузки тарноштучных грузов”, Київ “Техніка” 1973р.
5. Ю.П. Лапкін, А.Р. Малкович, “Перегрузочные устройства: справочник”, Львів “Машинобудування” 1984р.
6. В.Е. Павлице, «Основи конструювання та розрахунок деталей машин», Київ “Вища школа” 1993р.
7. Г.П. Деміденко, Е.П. Кузьменко, “Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения”, Київ “Вища школа” 1989р.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування з розділу “Охорона праці”, / Г.І. Дуднік, та ін.. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2000. – 60 с.
9. Методичні вказівки з обґрунтування економічного модуля в дипломних проектах для студентів спеціальності “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні машини і обладнання” денної та заочної форми навчання, Укл: І.О. Федерякін, Л.М. Мартовицький, Запоріжжя ЗНТУ 2007р.