

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М. Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за бакалаврським рівнем вищої освіти
на тему: «Методика розрахунку підвісного вантажонесучого конвеєру з просторовою трасою відповідно до вимог ДСТУ EN 741»

Виконав:

(підпис)

Ткаченко В. О.

Група:

AI 2201 – 1ст.

(Науковий) керівник:

(підпис)

Івченко О. В.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1 Характеристика об'єкту проектування	5
1.1 Загальна характеристика діяльності Сумського національного аграрного університету.....	5
1.2 Висновок	10
Розділ 2 Загальна характеристика підвісних вантажонесучих конвеєрів з просторовою трасою	11
2.1 Загальна характеристика устаткування	11
2.2 Опис принципу дії устаткування.....	14
2.3 Основні переваги в застосуванні	14
2.4 Технології проектування підвісних конвеєрів	15
2.5 Висновок	18
Розділ 3 Методика розрахунку підвісного вантажонесучого конвеєру з просторовою трасою	19
3.1 Вхідні данні для розрахунків	19
3.2 Методика обчислення.....	20
Розділ 4 Удосконалення устаткування.....	30
4.1 Оснащення устаткування для ремонту насадкою на шпindelю.....	30
4.2 Оснащення устаткування для ремонту магазином з восьми інструментами.....	41
Висновки	45
Список використаних джерел	47
Додатки.....	50

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасне промислове виробництво постійно потребує підвищення ефективності внутрішньоцехових транспортних процесів, скорочення ручної праці, зменшення простого обладнання та оптимального використання виробничих площ [1, 2]. У цьому контексті важливу роль виконують системи безперервного транспорту, зокрема — підвісні вантажонесучі конвеєри з просторовою трасою [3]. Вони забезпечують гнучкість у компонуванні виробничого середовища, можуть ефективно використовувати вертикальний простір цехів, а також здатні відмовлятися від транспортування вантажів за складними маршрутами з поворотами, підйомами та спусками [4].

В умовах глобалізації ринків та зростання конкуренції між виробниками зростає потреба у створенні високотехнологічного, надійного та безпечного транспортного обладнання, що відповідає міжнародним стандартам. Одним із нормативних документів є ДСТУ EN 741 [5] (гармонізований з європейським стандартом EN 741 [6]), який встановлює вимоги до проектування, виготовлення та експлуатації систем безперервного транспорту, зокрема щодо безпеки, надійності та ергономіки. Виконання вимоги цього стандарту є обов'язковим для підприємств, які хочуть створити свою продукцію на європейському ринку або інтегрувати сучасні стандарти якості у власне виробництво.

На сьогодні недостатньо адаптовано до національного законодавства методикку проектування підвісних конвеєрів, яка повністю враховує положення ДСТУ EN 741 [5]. Існуючі підходи часто не враховують специфіки просторових трас або орієнтовані на застарілі нормативи, що не забезпечують належний рівень безпеки та енергоефективності.

Водночас інженерна спільнота та виробничі підприємства України потребують чітких алгоритмів і розрахункових методик, які б дозволили точно визначити параметри таких конвеєрів з урахуванням навантаження, динаміки руху, конфігурації траси та технічних обмежень [7].

Мета роботи. Розробити науково обґрунтовану методику розрахунку підвісного вантажонесучого конвеєра з просторовою трасою, яка відповідатиме технічним та безпековим вимогам стандарту ДСТУ EN 741, з урахуванням реальних експлуатаційних умов і конструктивних особливостей устаткування.

Об'єкт дослідження. Підвісний вантажонесучий конвеєр із просторовою трасою як інженерна система безперервного транспортування.

Предмет дослідження. Процеси та методи інженерного розрахунку елементів підвісного конвеєра, а також нормативні вимоги, що регламентують їх конструкцію та експлуатацію згідно з ДСТУ EN 741.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Загальна характеристика діяльності Сумського національного аграрного університету

Сумський національний аграрний університет (СНАУ) — провідний освітньо-науковий центр аграрного профілю України, акредитований за IV рівнем. Заснований у 1977 році як філія Харківського сільськогосподарського інституту ім. В.В. Докучаєва, він еволюціонував у потужний науково-освітній комплекс національного значення, що забезпечує підготовку висококваліфікованих кадрів для агропромислового комплексу України.

Попри розташування у прифронтовій зоні, СНАУ продовжує активно розвиватися, впроваджуючи сучасні освітні та наукові підходи, підтримуючи інфраструктуру й розширюючи міжнародне партнерство. Стійкість, адаптивність та орієнтація на майбутнє стали визначальними рисами університету в умовах воєнного часу. Викладачі, студенти та адміністрація забезпечують безперервність освітнього процесу, модернізують навчальну базу, підтримують наукові дослідження та реалізують спільні проекти з провідними аграрними структурами України й закордонними партнерами.

СНАУ здійснює підготовку фахівців за широким спектром акредитованих спеціальностей з орієнтацією на практичну реалізацію знань у сучасному аграрному виробництві. У структурі університету функціонують 8 факультетів та 5 фахових коледжів [8]. Навчальний процес інтегрований з вивченням іноземних мов, інформаційних технологій і сучасних цифрових рішень для агросектору.

Сьогодні аграрний сектор України, особливо в умовах євроінтеграційного курсу та впровадження новітніх технологій, потребує професійно підготовлених кадрів, здатних ефективно працювати в умовах високотехнологічного виробництва, управління сільськогосподарськими ресурсами та адаптації до міжнародних стандартів. СНАУ забезпечує цю потребу завдяки потужній освітній та виробничій базі. Студенти проходять практику не лише на передових аграрних підприємствах України, а й у господарствах країн ЄС, США, Австралії, що сприяє формуванню фахівців з глобальним розумінням сучасного агровиробництва.

Університет активно впроваджує цифрові технології. На базі закладу функціонує понад 1000 комп'ютеризованих робочих місць [8], власна локальна мережа та повний доступ до Internet, що дає можливість студентам і викладачам працювати з міжнародними інформаційними ресурсами. Обсяг комп'ютерного навантаження становить до 350 годин на студента залежно від спеціальності [8].

Науково-дослідна діяльність СНАУ зосереджена у 19 наукових лабораторіях, де реалізуються прикладні дослідження в галузях агрономії, ветеринарної медицини, селекції, агроінженерії тощо. Аспірантура охоплює 26 наукових спеціальностей. На базі кафедри селекції та насінництва створено Інститут проблем картоплярства північно-східного регіону України.

Матеріальна база включає навчально-дослідне господарство площею 2,6 тис. га, з яких 2,3 тис. га – сільськогосподарські угіддя [8]. Обладнане дослідне поле та лабораторії забезпечують умови для тестування сучасних агротехнологій та технічних засобів виробництва. Навчально-наукова виробнича лабораторія (віварій) використовується для підготовки ветеринарів і зооінженерів, забезпечуючи студентів практичним досвідом роботи з живими об'єктами.

Бібліотечний фонд університету налічує понад 500 тис. примірників [8], включаючи фахову літературу, довідкові видання, електронні ресурси та навчальні посібники для дистанційного навчання.

СНАУ створює комфортне освітнє та соціальне середовище. Студентське містечко – повністю облаштоване, включає навчальні корпуси, гуртожитки, спортивні об'єкти, кафе та їдальню. Для всебічного розвитку студентів функціонують спортивні секції, культурні гуртки, мистецькі студії та студентське самоврядування, яке активно залучене до управління освітнім процесом і соціального життя університету.

За роки діяльності СНАУ підготував тисячі фахівців, які сьогодні працюють на ключових посадах у провідних аграрних компаніях, агрофірмах, фермерських господарствах, наукових установах та державних органах управління агропромислового комплексу України.

СНАУ розташований за адресою: 40021, Україна, Сумська область, м. Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 160 (рис. 1.1). Університет заснований на державній формі власності і підпорядкований Міністерству освіти і науки України.

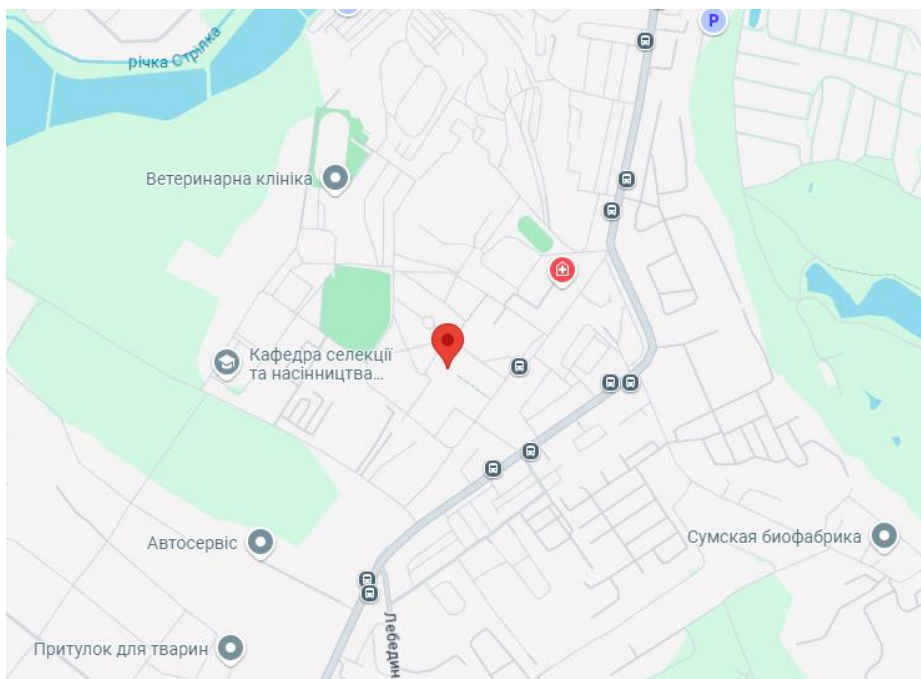


Рисунок 1.1 – Координати на карті СНАУ [9]

Відповідно до Стратегії своєї діяльності [10] Сумський НАУ див. рис. 1.2. Місія СНАУ полягає у примноженні людського капіталу через: наукові дослідження та інноваційну діяльність світового рівня.

Тому тема кваліфікаційної роботи: «Методика розрахунку підвісного вантажонесучого конвеєру з просторовою трасою відповідно до вимог ДСТУ EN 741».

 **Візія:** вивчаємо життя, поширюємо знання, працюючи на розвиток держави покращуємо світ навколо!

 **Місія** – примножувати людський капітал через:

- підготовку фахівців, які розбудовують аграрний сектор та суспільство в цілому на засадах сталого розвитку;
- наукові дослідження та інноваційну діяльність світового рівня;
- формування свідомих громадян, лідерів, які здатні кидати виклик сьогоденню та збагачувати майбутнє.



Рисунок 1.1 – Стратегії діяльності Сумський НАУ [10]

Європейський стандарт EN 741 – це серія європейських стандартів, які встановлюють вимоги до машин і устаткування безперервної дії для механічного транспортування, зокрема конвеєрів. Він розроблений для забезпечення безпеки, надійності та функціональної відповідності устаткування, яке застосовується у промислових системах транспортування.

Повна назва серії: EN 741 – Continuous handling equipment and systems – Safety requirements (Устаткування та системи безперервного транспортування – Вимоги безпеки).

Ключові частини стандарту EN 741 [6]:

1. EN 741-1: Загальні вимоги до безпеки для всіх типів обладнання безперервного транспортування. Містить базові принципи, терміни, загальні ризики, оцінку небезпек і загальні правила проектування з точки зору безпеки.

2. EN 741-2: Вимоги до електрообладнання, електричних систем управління та захисту.

3. EN 741-3: Специфічні вимоги до пневматичних і гідравлічних систем.

4. EN 741-4: Додаткові вимоги до мобільного транспортувального обладнання.

5. EN 741-5 і далі: Можуть стосуватися специфічного виду конвеєрів або додаткових аспектів безпеки (залежно від редакції стандарту).

Основні положення стандарту EN 741:

- Визначає типові небезпеки, які можуть виникнути при експлуатації конвеєрних систем (механічні, електричні, термічні, шумові, тощо).
- Встановлює вимоги до огорожень, сигналізації, аварійної зупинки, органів керування та технічного обслуговування.
- Передбачає інтеграцію принципів ризик-орієнтованого підходу у проектуванні відповідного устаткування.
- Сумісний з основними положеннями директив ЄС (зокрема Машинної директиви 2006/42/ЄС).

В Україні стандарт запроваджений як національний під позначенням ДСТУ EN 741 (з відповідною частиною, наприклад, ДСТУ EN 741-1:2014). Це дозволяє:

- Уніфікувати вимоги до безпеки з європейським ринком;
- Покращити конкурентоспроможність вітчизняного устаткування;
- Забезпечити захист персоналу на виробництві відповідно до міжнародної практики.

1.2 Висновок

Таким чином, відповідна тема роботи дозволяє посилити місію СНАУ та надати можливість вітчизняним підприємствам проєктувати та виготовляти підвісні вантажонесучі конвеєри з просторовою трасою для потреб різних галузей економіки України відповідно до вимог міжнародних стандартів та Європейських директив.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДВІСНИХ ВАНТАЖОНЕСУЧИХ КОНВЕЄРІВ З ПРОСТОРОВОЮ ТРАСОЮ

2.1 Загальна характеристика устаткування

Підвісні конвеєри – це унікальний підхід до транспортування вантажів, який використовує невикористаний вертикальний простір і економить цінну площу підлоги для інших операцій [11]. Іноді їх називають «підвісними конвеєрами», «монорейковими конвеєрами» або «підвісними транспортними системами», обробка вантажів за допомогою підвісних конвеєрних систем відбувається над робочими зонами по безперервних шляхах, які можуть змінювати напрямок за горизонталі та вертикалі [12].



Рисунок 2.1 – Приклад підвісного конвеєру [13]

Підвісні конвеєри, що підходять для різних методів підтримки продукції, є універсальним варіантом для обробки важких деталей на складальних лініях, а також для обробки легких порожніх коробок або одягу

для електронної комерції або роздрібної торгівлі [14]. Це гнучке рішення скорочує час у дорозі та забезпечує ергономічне транспортування продукції.



Рисунок 2.3 – Приклад підвісного конвеєру [15]

Підвісний вантажонесучий конвеєр з просторовою трасою — це механізована транспортна система, в якій вантажонесучі візки (або підвіски) переміщуються по трубчастій або рейковій направляючій, закріпленій на стелі або спеціальних опорах, із можливістю зміни траєкторії у тривимірному просторі.



Рисунок 2.4 – Приклад підвісного конвеєру [15]

Ключові характеристики [16]:

- Тип приводу: електромеханічний або пневматичний.
- Тип переміщення: безперервне або циклічне.
- Навантаження: 10–2000 кг (залежно від типу конструкції).
- Швидкість транспортування: 0.1–1.5 м/с.
- Мінімальний радіус повороту: від 0.5 м (залежить від конструкції візка і рейки).
- Можливість вертикального підйому/спуску.

- Системи керування: PLC, автоматизовані системи управління (SCADA).
- Матеріали: сталеві або алюмінієві напрямні, вантажонесучі елементи з металу або полімерів.

Приклади застосування в різних сферах економіки [17]

Автомобілебудування: переміщення кузовів, деталей по виробничій лінії.

Агропромисловий комплекс: транспортування мішків, ящиків, тваринницької продукції.

Металургія: перевезення заготовок, інструментів між цехами.

Складські комплекси: автоматизоване сортування і доставка товарів.

Харчова промисловість: транспортування упаковок, контейнерів із продукцією.

Легка промисловість: подача одягу, текстильних виробів по етапах швейної лінії.

2.2 Опис принципу дії устаткування

Підвісні конвеєри звільняють цінний простір підлоги, переміщуючи конвеєрні системи над робочими зонами [18]. Суцільна колія підвіщується або на верхніх опорах, або на рейці розміщуються підвіски, які можуть утримувати продукт, що транспортується. Підвіски можуть бути розроблені для розміщення широкого спектру предметів, від легких виробів, таких як одяг на вішалках, до важких деталей для складання. Конкретне застосування та вимоги до вантажопідйомності визначатимуть найкращий тип підвісного конвеєра для вашого проекту.

2.3 Основні переваги в застосуванні

Основні переваги в застосуванні конвеєрів з просторовою трасою наступні:

- Звільнить цінний простір підлоги, використовуючи вертикальний простір для транспортування;
- Скоротить час у дорозі, транспортуючи товари безпосередньо операторам;
- Покращте ергономіку та зменшіть потребу в підйомі або нахилі, підвищуючи деталі до підвісного конвеєра для процесів складання;
- Універсальні рішення для підтримки різноманітних застосувань та процесів.
- Підвищення безпеки та організації виробництва.
- Можливість інтеграції в системи "розумної фабрики" (Industry 4.0).

2.4 Технології проектування підвісних конвеєрів

Під час проектування відповідного устаткування необхідно розуміти унікальні потреби конкретного об'єкту та системи, щоб знайти найкращу систему підвісного конвеєра для відповідних операцій. Це повинно включати [19]:

- Тип, розмір та вага контейнерів або предметів, що перевозяться;
- Швидкість та обсяг пропускної здатності;
- Виконувані процеси – чи буде підвісний конвеєр використовуватися як частина виробничого процесу, чи просто для транспортування товарів по об'єкту;
- Екологічні проблеми – бруд, фарба тощо.

Вибір правильного типу підвісного або монорейкового конвеєра залежить від конкретного застосування та унікальних потреб технологічного процесу. Нижче наведено кілька доступних типів підвісних конвеєрів:

Монорейковий конвеєр І-подібної балки

Підвісні конвеєри з І-подібною балкою (рис. 2.5) – це конвеєри з відкритою колією, де ланцюг рухається по металевій балці І-подібної форми, підвішеній горизонтально до стелі [20]. Вироби транспортуються на підвісках або візках, що звисають з І-балки та рухаються ланцюгом. Ці надміцні конвеєри розроблені для витримування вантажів до 300 кг на підвіску. Підвісні конвеєри з І-подібною балкою полегшують маніпуляції з продуктами в різних сферах застосування, включаючи складання, оздоблення, зберігання тощо.



Рисунок 2.5 – Підвісні конвеєри з І-подібною балкою [13]

Підвісний конвеєр з живленням та безперервним рухом

Також звані асинхронними конвеєрами, ці конвеєри переносять вантажі на окремих підвісних системах, які можуть рухатися з різною швидкістю, запускатися та зупинятися незалежно, і навіть змінювати колії. Вони отримали свою назву завдяки двом коліям – одній з електроприводом,

а іншій – «вільній» або без електроприводу. Підвісні системи можна підключати та відключати від електроприводної колії для транспортування за потреби. Колію також можна розділити на кілька шляхів та об'єднати їх знову в одну колію. Електроприводні та вільні конвеєри – чудовий варіант для виробничих та складальних операцій, яким потрібне гнучке рішення, яке також є довговічним, надійним та не потребує особливого обслуговування.



Рисунок 2.6 – Підвісний конвеєр з живленням та безперервним рухом [13]

Закритий підвісний конвеєр

Ці конвеєри із закритою колією запобігають потраплянню забруднення на ланцюг та будь-які відкриті поверхні, що зменшує витрати на очищення та обслуговування. Привідний ланцюг укладений у круглу або коробчасту трубу, а предмети транспортуються на підвісках або візках, що звисають з конвеєра. Доступні варіанти середньої та важкої

вантажопідйомності для задоволення різноманітних потреб, включаючи виробництво, складання, фарбування, порошкове покриття, обробку одягу, вивезення сміття тощо.



Рисунок 2.7 – Закритий підвісний конвеєр [13]

2.5 Висновок

Таким чином, використання підвісних конвеєрів дозволяє отримати під час організації виробничого процесу на підприємствах різних галузей економіки наступні переваги:

- Компактний дизайн економить місце на підлозі;
- Підвісні частини забезпечують чудовий дренаж;
- Може інтегруватися з існуючими конвеєрами;
- Регульована швидкість конвеєра для змінного часу обробки;
- Можливість багатоетапного процесу шляхом додавання додаткових модулів;
- Низьке та просте обслуговування.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПІДВІСНОГО ВАНТАЖОНЕСУЧОГО КОНВЕЄРУ З ПРОСТОРОВОЮ ТРАСОЮ

3.1 Вхідні данні для розрахунків

Для розроблення відповідної методики необхідно встановити вхідні данні для проведення обчислень підвісного вантажонесучого конвеєру з просторовою трасою.

Схема підвісного вантажопідйомного конвеєра представлена на рис. 3.1.

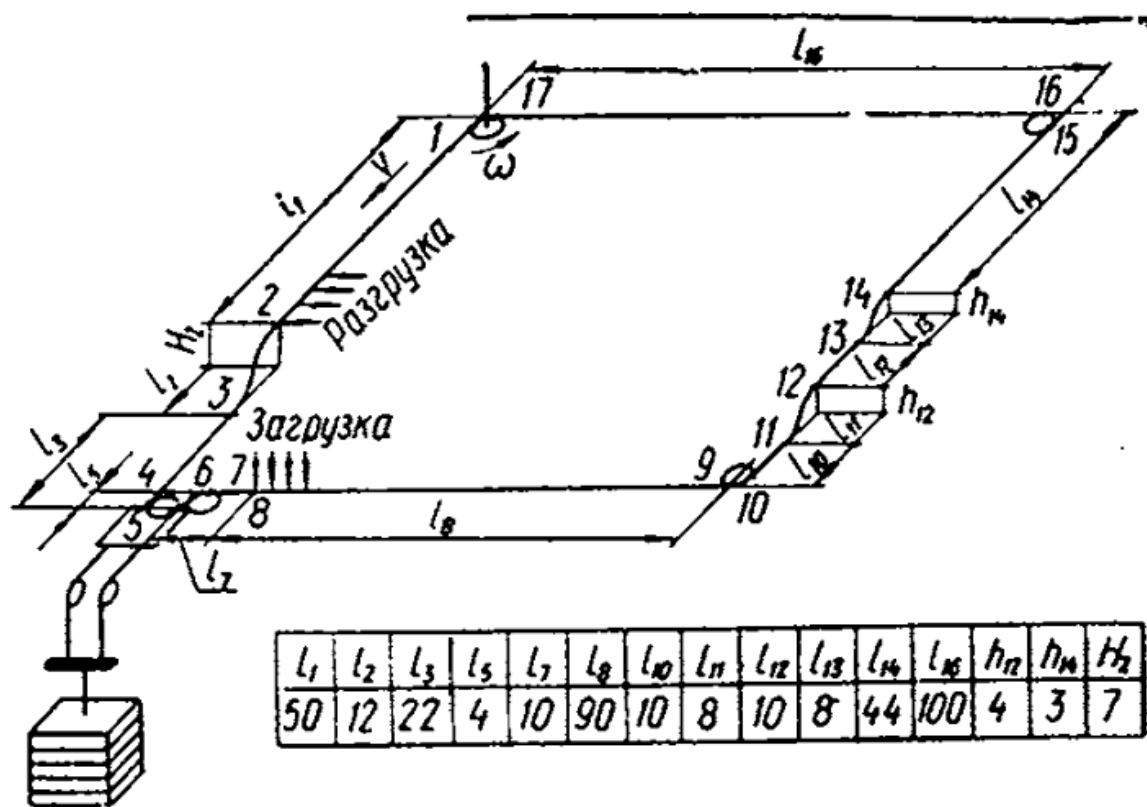


Рисунок 3.1 – Схема підвісного вантажопідйомного конвеєра

Для подальших обчислень приймемо наступні вхідні данні:

1. Транспортування деталей масою $G = 500 \text{ Н}$.

2. Розмір деталей що транспортуються: 550 x 350 x 250 мм
3. Шлях транспортування: зі складу в складальний цех.
4. З міркувань конструкції та умов використання кутового приводу із зірочкою, який зазвичай використовується при повороті траси на 90° або 180°, привід розміщуємо поблизу точки 3 з мінімальним натягом.
5. Натяжний пристрій є вантажним пристроєм.
6. Завантаження і вивантаження деталей здійснюється в автоматичному режимі при русі конвеєра.
7. Для проектованого транспортера попередньо приймаємо розбірну тягову ланцюг типу П2-100-220 з кроком $t = 100$ мм, розривним зусиллям 220 кН.

3.2 Методика обчислення

Для відповідного ланцюга вибираємо зірочку з числом зубів

$z = 16$ і діаметром дільного кола $D_0 = 1021,5$ мм.

Найменша відстань між підвісами $t_{\Pi min}$ задається переміщенням по похилій ділянці:

$$t_{\Pi min} \cos \beta \geq \alpha_{max} + \Delta \quad (3.1)$$

де β – максимальний кут нахилу транспортера на згинальних ділянках у вертикальній площині, °.

Приймаймо:

Беремо $\beta = 35^\circ$, $\Delta = 0,1 \dots 0,15$ м, $\alpha_{max} = 550$ мм

$$t_{\Pi min} \geq \frac{\alpha_{max} + \Delta}{\cos \beta}$$

$$t_{II \min} \geq \frac{550 + 100}{\cos 35^\circ} = 793 \text{ (мм)}$$

Рекомендується вибирати відстань між підвісами в залежності від кроку ланцюга:

$$t_{II} = 2t, 4t, 6t, 8t, 10t.$$

Приймаємо відстані між підвісами

$$t_{II} = 8t = 8 \cdot 100 = 800 > t_{II \min} = 793 \text{ (мм)}.$$

Графічно побудувавши прохід вантажу (550 x 350 x 250) на ведучій і поворотній зірочках з $D_0 = 1021,5$ мм, встановлюємо, що зазор між вантажами при кроці підвісу 800 мм достатній.

Виходячи із заданої продуктивності конвеєра при розташуванні однієї деталі на підвісі ($z_D = 1$), визначаємо швидкість ланцюга за виразом:

$$v = \frac{\Pi \cdot t_{II}}{3600 \cdot z_D} \quad (3.2)$$

$$v = \frac{1650 \cdot 0,8}{3600 \cdot 1} = 0,367 \text{ (м / с)}.$$

Лінійна вага ходової частини конвеєра (порожня гілка)

$$q_0 = q_{II} + \frac{G_{II}}{t_{II}} + \frac{G_K}{t_K}, \quad (3.3)$$

де q_{II} – лінійна вага ланцюга, $q_{II} = 52$ Н/м;

G_{II} – вага підвіски, $G_{II} = 75$ Н;

t_{II} – крок підвісу, $t_{II} = 800$ мм;

G_K – вага каретки, $G_K = 75$ Н;

t_K – крок каретки, $t_K = 800$ мм.

$$q_0 = 52 + \frac{75}{0,8} + \frac{75}{0,8} = 240 \text{ (Н / м).,}$$

Лінійна вага навантаженої гілки

$$q_0 = q_0 + \frac{G}{t_{II}}, \quad (3.4)$$

$$q_0 = 240 + \frac{500}{0,8} = 865 \text{ (Н / м).,}$$

У точці 3 (рис. 3.1) очікується мінімальна напруга, яку рекомендується приймати в межах 500...1000 Н:

$$S_{\min} = S_3 = 800 \text{ (Н).,}$$

Тоді

$$S_4 = S_3 + q_0 \cdot l_3 \cdot w^{\wedge},$$

де w^{\wedge} – коефіцієнт опору руху вагонів по прямій ділянці, для важких умов $w^{\wedge} = 0,027$ (табличні данні, див. табл. 3.1).

$$S_4 = 800 + 240 \cdot 22 \cdot 0,027 = 943 \text{ (Н).}$$

$$S_5 = k_1 \cdot S_4,$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує опір на обертових зірочках і блоках, $k_1 = 1,055$ (табличні данні, див. табл. 3.1).

$$S_5 = 1,055 \cdot 943 = 995 (H).,$$

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнтів опору для підвісних конвеєрів конструкції під час роботи в опалювальних приміщеннях

Умови експлуатації конвеєра	Коефіцієнти опору									
	на прямих ділянках, w^{\wedge}	на шарнірних зірочках і блоках, встановлених на підшипниках кочення, k_1			на роликів рейках, λ			на вертикальних кривих, ϕ		
		Кут обертання, $^{\circ}$								
		90	180	До 30	45	60	До 25	35	45	
Хороші	0,015	1,025	1,030	1,020	1,025	1,030	1,010	1,015	1,022	
Середні	0,020	1,033	1,040	1,025	1,032	1,037	1,012	1,020	1,030	
Важкі	0,027	1,045	1,055	1,030	1,040	1,045	1,018	1,025	1,035	

$$S_6 = S_5 + q_0 \cdot l_5 \cdot w^{\wedge}.$$

$$S_6 = 995 + 240 \cdot 4 \cdot 0,027 = 1020 (H).$$

$$S_7 = k_1 \cdot S_6.$$

$$S_7 = 1,045 \cdot 1020 = 1070 (H).$$

$$S_8 = S_7 + q_0 \cdot l_7 \cdot w^{\wedge}.$$

$$S_8 = 1070 + 240 \cdot 10 \cdot 0,027 = 1135 (H).$$

$$S_9 = S_8 + q_c \cdot l_8 \cdot w^{\prime}$$

$$S_9 = 1035 + 865 \cdot 90 \cdot 0,027 = 3240 (H).$$

$$S_{10} = k_1 \cdot S_9.$$

$$S_{10} = 1,045 \cdot 3240 = 3390 (H).$$

$$S_{11} = S_{10} + q_c \cdot l_{10} \cdot w^{\prime}$$

$$S_{11} = 3390 + 86,5 \cdot 10 \cdot 0,027 = 3620 (H). \quad (3.5)$$

$$S_{12} = \phi(\phi \cdot S_{11} + q_c \cdot l_{11} \cdot w^{\prime} + q_c \cdot h_{12}).$$

де ϕ - коефіцієнт опору на вертикальному вигині, $\phi = 1,025$ при куті повороту 35° (табл. 3.1).

$$S_{12} = 1,025(1,025 \cdot 3620 + 865 \cdot 8 \cdot 0,027 + 865 \cdot 4) = 7540 (H).$$

$$S_{13} = S_{12} + q_c \cdot l_{12} \cdot w^{\prime}$$

$$S_{13} = 7540 + 865 \cdot 10 \cdot 0,027 = 7770 (H).$$

$$S_{14} = \phi(\phi \cdot S_{13} + q_c \cdot l_{13} \cdot w^{\prime} + q_c \cdot h_{14}).$$

$$S_{14} = 1,025(1,025 \cdot 7770 + 865 \cdot 8 \cdot 0,027 + 865 \cdot 3) = 11010 (H).$$

$$S_{15} = S_{14} + q_c \cdot l_{14} \cdot w^{\prime}$$

$$S_{15} = 11010 + 865 \cdot 44 \cdot 0,027 = 12040 (H).$$

$$S_{16} = k_1 \cdot S_{15}.$$

$$S_{16} = 1,045 \cdot 12040 = 12580 (H).$$

$$S_{17} = S_{16} + q_c \cdot l_{16} \cdot w^{\wedge}.$$

$$S_{17} = 12580 + 865 \cdot 100 \cdot 0,027 = 14920 (H).$$

Таким чином, максимальна напруга в ланцюзі:

$$S_{\max} = S_{17} = 14920 < S_{рек} = 16000 (H).$$

Натяг ланцюга в точках 2 і 1 визначається при обході ланцюга з точки 3 в напрямку, протилежному руху транспортера:

$$S_3 = 800 (H).,$$

$$S_2 = \frac{1}{\varphi} \left(\frac{1}{\varphi} S_3 - q_0 \cdot l_2 \cdot w^{\wedge} + q_0 \cdot H_2 \right) \quad (3.6)$$

$$S_2 = \frac{1}{1,025} \left(\frac{1}{1,025} 800 - 240 \cdot 12 \cdot 0,027 + 240 \cdot 70 \right) = 2320 (H).$$

$$S_1 = S_2 - q_c \cdot l_2 \cdot w^{\wedge}.$$

$$S_1 = 2320 - 865 \cdot 50 \cdot 0,027 = 1150 (H).$$

Схема натягу в ланцюзі підвісного вантажопідйомного конвеєра представлена на рис. 3.2.

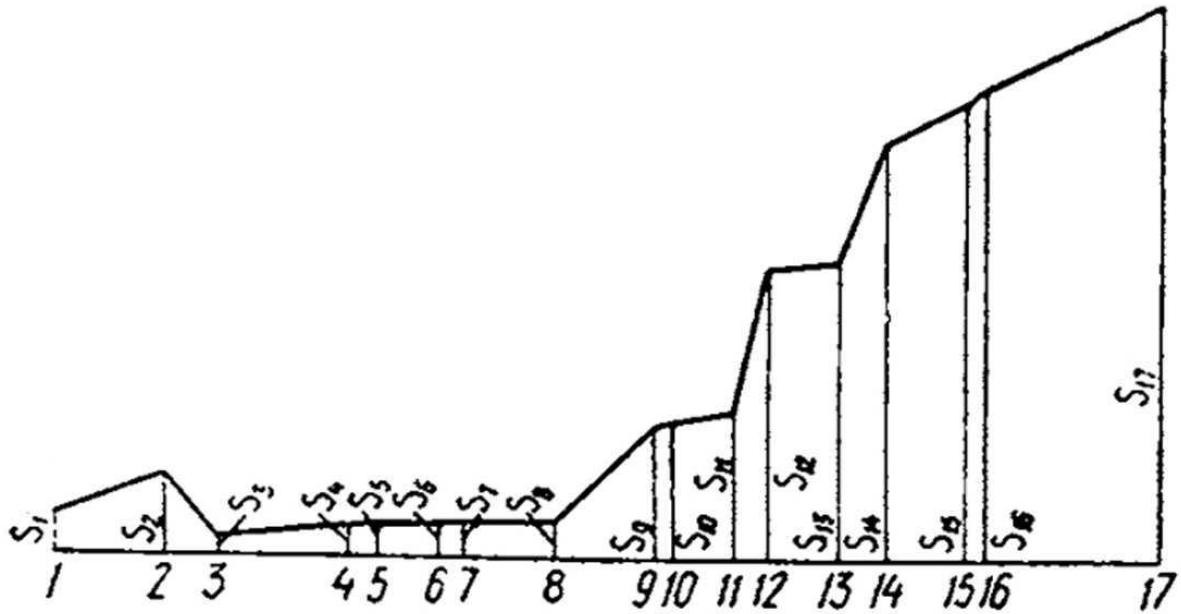


Рисунок 3.2 – Схема натягу ланцюга підвісного вантажопідйомного конвеєра

Тягове зусилля на провідній зірочці

$$W_0 = S_{17} - S_1 + (k_1 - 1)(S_{17} + S_1). \quad (3.7)$$

$$W_0 = 14920 - 1150 + (1,045 - 1)(14920 + 1150) = 14490 \text{ (H)}.$$

Розрахункова потужність електродвигуна:

$$N_p = \frac{W_0 \cdot v}{1020 \cdot \eta_M}. \quad (3.8)$$

$$N_p = \frac{14490 \cdot 0,367}{1020 \cdot 0,85} = 6,13 \text{ (кВт)}.$$

Прийнята потужність електродвигуна

$$N_0 = n_p \cdot N_p. \quad (3.9)$$

$$N_0 = 1,15 \cdot 6,13 = 7,05 \text{ (кВт)}.$$

Приймаємо електродвигун типу АОП2-51-4:

$$N = 7,5 \text{ кВт};$$

$$n = 1440 \text{ хв}^{-1}$$

$$J_p = 0,0585 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2;$$

$$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_H} = 1,8 \quad \frac{M_{\text{max}}}{M_H} = 2,2 \quad \frac{M_{\text{min}}}{M_H} = 1,5.$$

Частота обертання провідної зірочки

$$n_{\text{зир}} = \frac{60 \cdot \nu}{\pi \cdot D_0}. \quad (3.10)$$

$$n_{\text{зир}} = \frac{60 \cdot 0,367}{3,14 \cdot 1,0215} = 6,86 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

Передавальне число редуктора

$$u_{\text{ред}} = \frac{n}{n_{\text{зир}}}. \quad (3.11)$$

$$u_{\text{ред}} = \frac{1440}{6,86} = 210.$$

Приймаємо коробку передач типу КДВ-350М1, виконання XI;
передавальне число $u_{ред} = 203$.

Фактична швидкість ланцюга

$$v_{ланн} = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n_{зир}}{60}. \quad (3.12)$$

де

$$n_{зир} = \frac{n}{n_{ред}}. \quad (3.13)$$

$$n_{зир} = \frac{1440}{203} = 7,1 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

$$v_{ланн} = \frac{3,14 \cdot 1,0215 \cdot 7,1}{60} = 0,38 \text{ (м / с)}.$$

Так як фактична швидкість ланцюга трохи відрізняється від спочатку прийнятої, ми не перераховуємо параметри конвеєра.

Вага вантажу для натягування

$$G_H = \frac{1}{\eta} (S_4 + S_5 + W_T). \quad (3.14)$$

де W_T - сила опору холостого ходу, $W_T = 250$ Н.

$$G_H = \frac{1}{0,9} (9430 + 9950 + 250) = 2430 \text{ (Н)}.$$

Визначення динамічних сил в ланцюзі та перевіряють двигун на пуск виконується як для звичайного транспортера.

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ УСТАТКУВАННЯ

4.1 Оснащення устаткування для ремонту насадкою на шпindelь

Використання шести шпindelьної насадки дозволяє швидко вводити/виводити інструмент у зону різання та скорочує додатковий час, необхідний для встановлення / зняття ріжучого інструменту.

Кінематична схема шестишпindelьного сопла з дворівневим розташуванням шестерень для одночасної обробки шести отворів показана на рис. 4.1.

Насадка (рис. 4.2) являє собою багатошпindelьну свердлильну головку з двоярусним розташуванням шестерень. Центральний ведучий вал сопла з подовженою провідною шестернею 10 ($Z_1 = 28$) з'єднаний з веденими шестернями 11 ($Z_3 = 26$), закріпленими на шпонках на шести валах II... VII. Вали встановлені в секції корпусу 3, вали кріпляться за допомогою гайок 15 і шайб 17. Вали 4, в свою чергу, з'єднані з шістьма свердлильними шпindelями 2 карданными шестернями 1. Проміжні шестерні Z_2 дозволяють отримати правильне обертання свердел при правильному обертанні шпindelя верстата. Необхідність в цьому обумовлена тим, що при обертанні шпindelя зліва верстат не має автоматичних подач. Всі шестерні розташовані між двома опорами 6 (які фіксуються від обертання штифтами 19). Втулки 5 з'єднують нижню плиту 9 з верхньою плитою 8. Гвинти 12, 13 і 14 служать для з'єднання деталей початку.

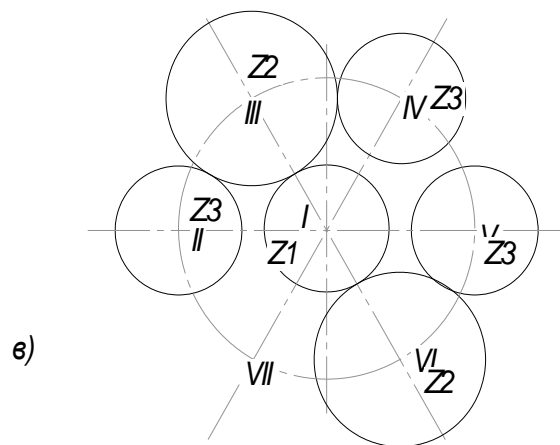
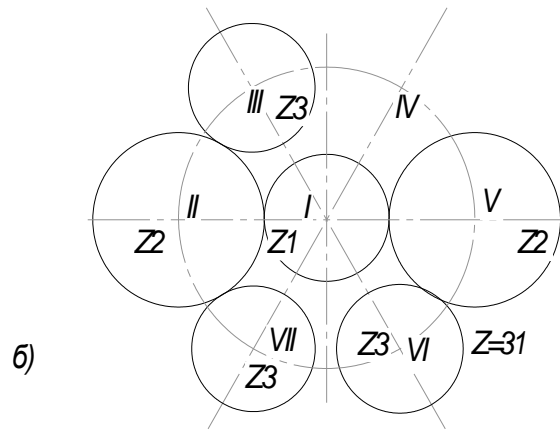
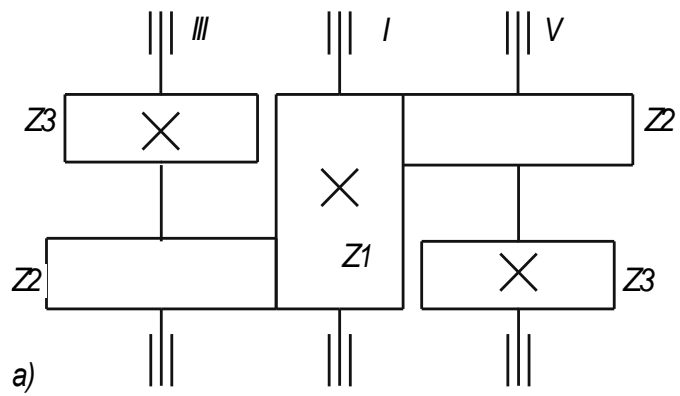


Рисунок 4.1 – Кінематична схема спеціальної насадки:

- а) поздовжнього розрізу (умовно показані два вали);
- б) колеса задіяні у верхньому ярусі насадки;
- в) Зачеплення коліс у нижньому ярусі насадки

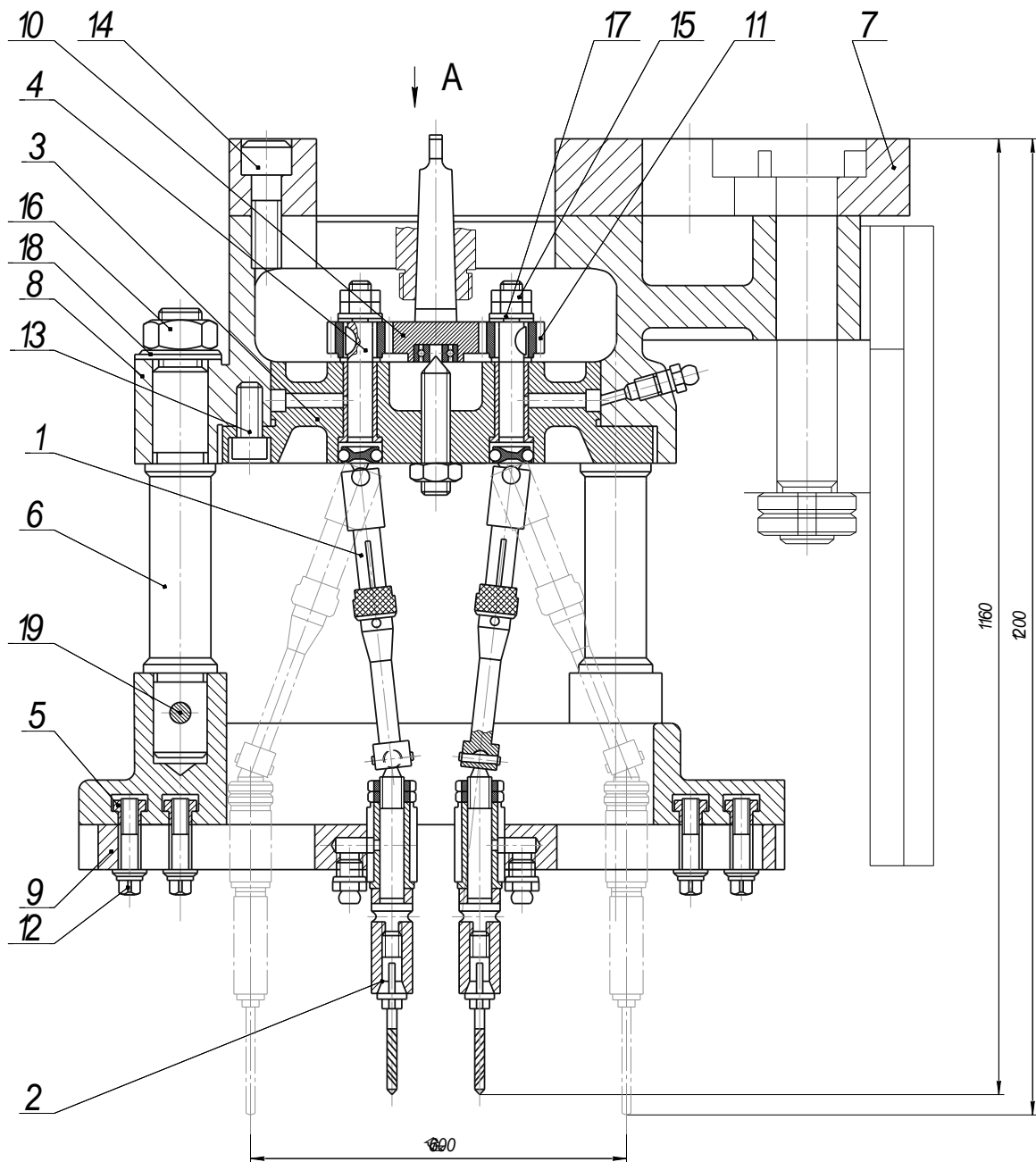


Рисунок 4.2 – Конструкція шпindelного сопла

Режим різання був визначений для обробки отвору $\varnothing 16,5$ мм в деталі з конструкційної сталі 45. Подачу рекомендується проводити в межах 0,28... 0,33 мм/об. Візьмемо стабільний = 0,33 мм/об. Поправочний коефіцієнт подачі $K_{ls} = 0,8$. Тоді

$$S = 0,33 \cdot 0,8 = 0,28 \text{ (мм/об).}$$

Визначте швидкість різання, дозволена за ріжучими властивостями інструменту, м/хв:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^{g_v}}{T^m \cdot S^{y_v}} K_v \quad (4.1)$$

де $C_v = 9,8$; $g_v = 0,4$; $y_v = 0,5$; $m = 0,2$;

T – стійкість свердла, $T=45$ хв.

З урахуванням поправочних коефіцієнтів на швидкість різання:

$$K_v = K_{lv} \cdot K_{\epsilon v} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv} \quad (4.2)$$

Коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^n \quad (4.3)$$

де $K_r = 1$; $n = 0,9$

$$K_{mv} = 1,0 \left(\frac{750}{750} \right)^{0,9} = 1.$$

Коефіцієнт з урахуванням властивостей матеріалу інструменту:

$$K_{lv} = 1$$

Коефіцієнт з урахуванням стану поверхні:

$$K_{nv} = 1$$

Коефіцієнт глибини свердління

$$K_{lv} = 0,8$$

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 16,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 0,8 \cdot 1 = 16,49 \text{ (м/хв)}$$

Визначте частоту обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,49}{3,14 \cdot 16,5} = 250 \text{ (об/хв)} \quad (4.4)$$

Машина забезпечує фактичну швидкість $n_{\text{шп}}=224$ об/хв.

Тоді фактична швидкість різання

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot 16,5 \cdot 240}{1000} = 15,8 \text{ (м / хв)}.$$

Крутний момент, Н·м:

$$M_{кр} = 10 C_M D^{g_m} S^{y_m} K_p, \quad (4.5)$$

де $C_M = 0,0345$; $g_m = 2,0$; $y_m = 0,8$; $K_p = 0,9$.

$$T_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16,5^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,9 = 37,16 \text{ (Н·м)}$$

Потужність різання:

$$P = \frac{T_{кр} \cdot n_{CB}}{9550} = \frac{37,16 \cdot 224}{9550} = 0,87 \text{ (кВт)} \quad (4.6)$$

Для шести шпинделів $P_6 = 5,22$ кВт. Верстат не забезпечить таку потужність (шпиндель верстата має потужність 5 кВт).

Зменшуємо подачу: $S=0,2$ мм/об; $T=28$ Нм; $P=0,657$ кВт; $P_6=3,94$ кВт.

Розрахунок зубчастої передачі набивки

1) Попередній розрахунок

Розрахунок переказу $Z2/Z3=31/26$; $U=1,19$.

Визначення крутного моменту на передачі Z3:

$$T3 = \frac{T_{кр}}{(\eta_n^4 \cdot \eta_{ск}^3)} \quad (4.7)$$

η_n - Середній ККД підшипника кочення, $\eta_n = 0,998$;

$\eta_{ск}$ - Середній ККД пари підшипників ковзання, $\eta_{ск} = 0,982$.

$$T3 = \frac{28}{(0,998^4 \cdot 0,982^3)} = 29,8 \text{ (Н}\cdot\text{м)}$$

Модуль трансмісії повинен відповідати умові:

$$m \geq k_m \sqrt[3]{\frac{M3 \cdot k_F \cdot Y_{F1}}{Z3 \cdot \psi_{bm} \cdot \sigma_{FP1}}} \quad (4.8)$$

де k_m - Допоміжний коефіцієнт, $k_m = 13$;

$M3$ - Оригінальний крутний момент на шестерні,

k_F - Коефіцієнт навантаження на передачу, $k_F = 1,4$;

Y_{F1} - Коефіцієнт форми зуба, $Y_{F1} = 3,92$ [4];

ψ_{bm} - Співвідношення ширини шестерні до модуля, $\psi_{bm} = 8$;

σ_{FP1} - Допустиме напруження для матеріалу шестерні.

Допустима напруга на вигин (МПа):

$$\sigma = 0,4 \cdot \sigma_{F\text{limb}} \cdot K_{FL}, \quad (4.9)$$

де $\sigma_{F\text{limb}}$ - межа довговічності матеріалу зуба;

K_{FL} - коефіцієнт режиму завантаження, прийняти $K_{FL} = 1$.

Як матеріал для виготовлення шестерень беремо сталь 40Х.

Термічна обробка – загартування з нагріванням НФС наскрізь, на робочих поверхнях, контурі, НРСэ48...52. Приймаємо $\sigma_{F\text{limb}} = 500$ МПа.

$$\sigma_{FP} = 0,4 \cdot 500 = 200 \text{ (МПа)}$$

Визначаємо модуль:

$$m \geq 13 \sqrt[3]{\frac{29,8 \cdot 1,4 \cdot 3,92}{26 \cdot 8 \cdot 200}} = 2,1 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо $m = 3$ мм.

Діаметр ділення шестерень:

$$d3 = m \cdot Z3 = 3 \cdot 26 = 78 \text{ (мм)} \quad (4.10)$$

2) Конструктивний розрахунок передачі контактної витривалості

$$d3 \geq k_d \sqrt[3]{\frac{M3 \cdot k_H}{\psi_{bd} \cdot \sigma_{HP}^2} \cdot \frac{U+1}{U}}, \quad (4.11)$$

де $d3$ - діаметр поділу шестерень;

k_d - Допоміжний коефіцієнт, $k_d = 770$;

k_H - коефіцієнт навантаження, $k_H = 1,4$;

U - передавальне число, $U = 1,19$;

ψ_{bd} - відношення ширини зубчастого кільця до початкового діаметра,

$\psi_{bd} = 0,31$;

σ_{HP} - допустимі контактні напруги матеріалів,

$$\sigma_{HP} = 0,9 \frac{\sigma_{Hlimb}}{S_H}, \quad (4.12)$$

де σ_{Hlimb} - Основна межа контактного опору поверхні зуба, $\sigma_{Hlimb} = 1050$ МПа;

S_H - Коефіцієнт запасу міцності, $S_H = 1,2$.

$$\sigma_{HP} = 0,9 \frac{1050}{1,2} = 788 \text{ (МПа)}$$

Визначаємося з діаметром d_3 :

$$d_3 \geq 770 \sqrt[3]{\frac{29,8 \cdot 1,4}{0,31 \cdot 788^2} \cdot \frac{1,19 + 1}{1,19}} = 56 \text{ (мм)}$$

3) Повірочний розрахунок циліндричних зубчастих коліс на витривалість на вигин.

Питома окружна сила (Н):

$$W_{Ft} = \frac{2000 \cdot T_3}{b \cdot d_3} \cdot k_{FV} \cdot k_{F\beta} \cdot k_{F\alpha} \quad (4.13)$$

де b - ширина коронки біля основи зуба, $b = 24$ мм;

k_{FV} - динамічний коефіцієнт навантаження, $k_{FV} = 1,11$;

$k_{F\beta}$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірний розподіл навантаження по ширині зуба, $k_{F\beta} = 1,2$;

$k_{F\alpha} = 1$ (для прямозубих коліс);

$$W_{Ft} = \frac{2000 \cdot 29,8}{24 \cdot 78} \cdot 1,11 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 42 \text{ (Н)}$$

Розрахункове напруження згинання зубів:

$$\sigma_F = \frac{W_{Fl}}{m} \cdot Y_F \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta, \quad (4.14)$$

де Y_F - Коефіцієнт форми зуба, $Y_F=3,92$;

Y_ε - Фактор, що враховує перекриття зубів, $Y_\varepsilon=1,0$;

$Y_\beta=1,0$ (для прямозубих коліс).

$$\sigma_F = \frac{42}{3} \cdot 3,92 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 55 \text{ (МПа)}$$

Допустима напруга в зубах: аналіз на витривалість при вигині:

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Flimb}}{S_F} \cdot k_{Fq} \cdot k_{F\alpha} \cdot k_{FC} \cdot k_{XF} \cdot k_{FL} \cdot Y_S \cdot Y_R \quad (4.15)$$

де k_{Fq} - Фактор, що враховує ефект від шліфування перехідної поверхні зубів, $k_{Fq}=1,1$;

$k_{F\alpha}$ - коефіцієнт, що враховує вплив пікання перехідної поверхні зубів, $k_{F\alpha}=1,1$;

k_{FC} - коефіцієнт, що враховує особливості зуба під час передачі оборотного навантаження, $k_{FC}=0,7$;

k_{XF} - Коефіцієнт розміру шестерні, $k_{XF}=1,0$;

k_{FL} - Коефіцієнт режиму навантаження, $k_{FL}=1,0$;

Y_S - Коефіцієнт концентрації стресу.

$$Y_S = 1,1 \cdot m^{-0,09} = 1,1 \cdot 3^{-0,09} \approx 1 \quad (7.16)$$

$Y_R=1,2$ (Для шліфування перехідної поверхні зуба);

S_F - Коефіцієнт запасу міцності,

$$S_F = S_F' \cdot S_F'' , \quad (4.17)$$

де S_F' - Коефіцієнт нестабільності властивостей матеріалу, $S_F' = 1,75$;

S_F'' - коефіцієнт, що враховує спосіб отримання зубчастої заготовки,

$S_F'' = 1$ (Заготівля з прокату).

$$S_F = 1,75 \cdot 1 = 1,75$$

$$\sigma_{F_{limb}} = 500 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{FP} = \frac{500}{1,75} \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 290 \text{ (МПа)}$$

$$\sigma_F < \sigma_{FP} \quad (4.18)$$

Розрахунок переходу на контактну витривалість зубів.

Питома розрахункова окружна сила:

$$W_{Ht} = \frac{2000 \cdot T_3}{b \cdot d_3} \cdot k_{HV} \cdot k_{H\beta} , \quad (4.19)$$

де k_{HV} - коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження в сітці, $k_{HV} = 1,1$;

$k_{H\beta}$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірний розподіл навантаження по ширині коронки, $k_{H\beta} = 1,2$.

$$W_{Ht} = \frac{2000 \cdot 29,8}{24 \cdot 78} \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 42 \text{ (Н)}$$

Розрахункова напруга контакту:

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{W_{Ht}}{d^3} \cdot \frac{U+1}{U}}, \quad (4.20)$$

де Z_H - Коефіцієнт дає форму поверхонь сполучаються зубів у полюса зачеплення, $Z_H = 1,76$;

Z_M - Коефіцієнт, що враховує механічні властивості колісних матеріалів для сталі, $Z_M = 274$;

Z_ε - Коефіцієнт залежить від коефіцієнта перекриття граней ε_α :

$$\varepsilon_\alpha = 1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right) = 1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{31} + \frac{1}{26} \right) = 1,65; Z_\varepsilon = 0,885 \quad (4.21)$$

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 274 \cdot 0,885 \cdot \sqrt{\frac{42}{78} \cdot \frac{1,19+1}{1,19}} = 425 \text{ (МПа)}$$

Допустима напруга контакту для прямозубих шестерень:

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlimb}}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot k_L \cdot k_{XH} \cdot k_{HL}, \quad (4.22)$$

де Z_R - коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхонь зубів, $Z_R = 0,9$;

Z_V - коефіцієнт, що враховує окружну швидкість, $Z_V = 1,05$;

k_L - Коефіцієнт змащення, $k_L = 1$;

k_{XH} - коефіцієнт з урахуванням габаритів редуктора, $k_{XH} = 1,0$;

k_{HL} - Коефіцієнт довговічності, $k_{HL} = 1,0$.

$$\sigma_{HP} = \frac{1050}{1,2} \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 826 \text{ (МПа)}$$

$$\sigma_H < \sigma_{HP}$$

Виконується умова довговічності.

4.2 Оснащення устаткування для ремонту магазином з восьми інструментами

Магазини для інструментів призначені для швидкої і легкої зміни ріжучих інструментів при механічній обробці. Існують різні інструментальні автооператори.

Поворотні тримачі інструменту і револьверні головки забезпечують швидку зміну інструменту (час зміни 1-3 с), прості за конструкцією і можуть бути уніфіковані і модульні. Однак кількість інструментів в цих пристроях обмежена (до 6–12 шт.), так як зі збільшенням числа позицій збільшуються габаритні розміри, зменшується жорсткість конструкції і зменшується робоча площа верстата.

Для збільшення жорсткості шпинделя і збільшення його ходу використовуються револьверні головки для розміщення набору стандартизованих, змінних тримачів інструменту. Така башта являє собою магазин для інструментів, розташований безпосередньо на передній бабці шпинделя.

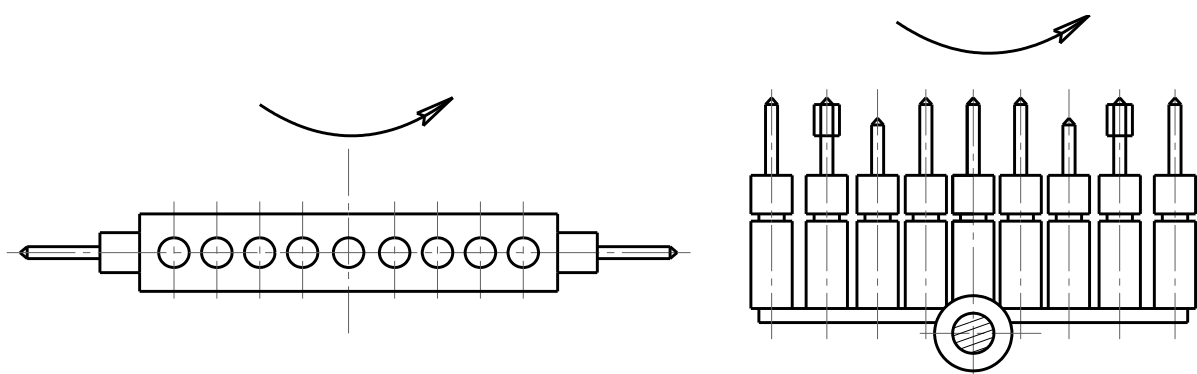


Рисунок 4.3 – Магазин для інструменту

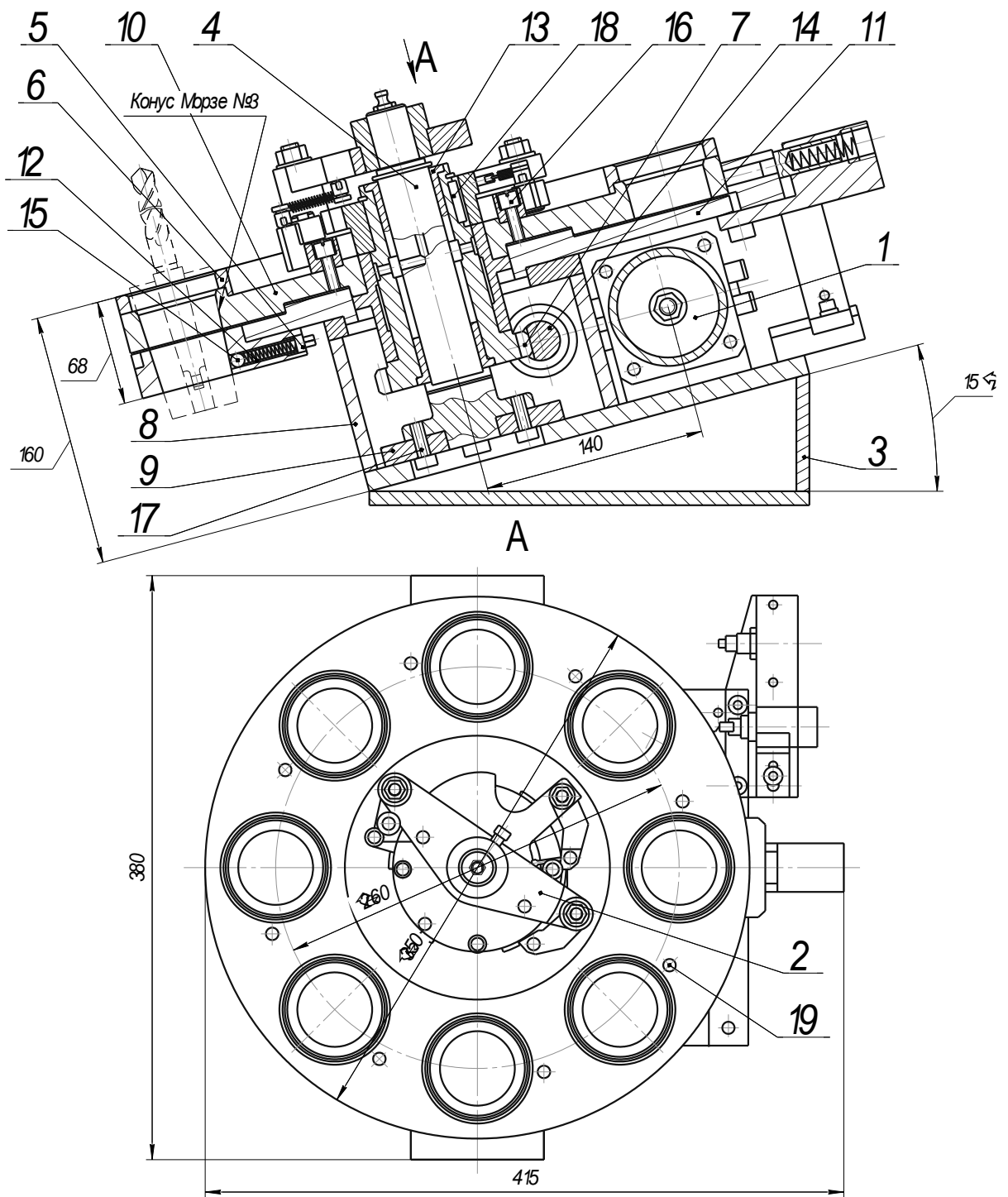


Рисунок 3.4 – Конструкція магазину для інструменту

Магазин для інструменту з обертовим рухом важеля і затисканням брусків в радіальному напрямку (рис. 7.3, а) працює наступним чином. З вихідного положення рука повертається в робоче положення і захоплює в шпиндель використовуваний інструмент, і новий, який за допомогою

корпусу переводиться в горизонтальне положення в магазині. Аналогічно працюють магазини з рухом поворотного важеля і осьовим рукояттям (рис. 4.3, б). Вони використовуються в тому випадку, коли магазин для інструментів розташований поруч зі шпинделем.

Так як наш інструментальний магазин безпосередньо з'єднаний зі шпинделем верстата, то беремо магазин, показаний на рис. 4.3, б.

Лінійний привід являє собою гідравлічний або електричний двигун разом з рейковим або шнековим механізмом, а також гідроциліндром в сукупності з кулачковим механізмом.

Тривалість індивідуального руху механізму розраховується за формулою:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s(a_p + a_r)}{a_p \cdot a_r(1 - k_t^2)}}, \quad (4.23)$$

де s - переїзд виконавчого органу;

a_p - прискорення виконавчого органу під час розгону;

a_r - його розгін при гальмуванні;

k_t - відношення часу руху з постійною швидкістю до тривалості окремого руху.

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8(0,15 + 0,1)}{0,15 \cdot 0,1(1 - 0,8^2)}} = 8,6(c)$$

Оптимальна усталена швидкість руху залежить від шляху руху виконавчого механізму:

$$V = k\sqrt{a \cdot s}, \quad (4.24)$$

де

$$k = 0,5 \dots 0,6.$$

$$V = 0,6 \sqrt{0,15 \cdot 0,6} = 0,18 \text{ (м/с)}$$

Принцип роботи сконструйованого магазину для інструментів.

Інструментальні блоки базуються в отворах монтажної пластини 10, закріпленої в корпусі 8. Для закріплення інструментального блоку передбачений запірний механізм, що складається з пружини 12 з фіксуючою кулькою 15, які закріплені в корпусі за допомогою гвинта 5. Обертання магазину відбувається за рахунок передачі руху від двигуна 1 до черв'яка 14, звідки обертання передається на зубчасте колесо 7, а від нього на вал 4. Для фіксації повороту магазину передбачений храповий механізм 2.

ВИСНОВКИ

В роботі запропоновано методику розрахунку підвісного вантажонесучого конвеєра з просторовою трасою, яка відповідає технічним та безпековим вимогам стандарту ДСТУ EN 741, з урахуванням реальних експлуатаційних умов і конструктивних особливостей устаткування.

Для цього було зроблено наступне:

В першому розділі було проаналізовано загальну характеристика діяльності Сумського НАУ. Встановлено, що відповідна тема кваліфікаційної роботи відповідає місії СНАУ та надає можливість вітчизняним підприємствам проектувати та виготовляти підвісні вантажонесучі конвеєри з просторовою трасою для потреб різних галузей економіки України. В той же час запропонована методика розрахунку відповідає вимогам міжнародних стандартів та Європейських директив.

В другому розділі роботи було проаналізовані підвісні вантажонесучі конвеєри з просторовою трасою. Встановлено, що це механізована транспортна система, в якій вантажонесучі візки (або підвіски) переміщуються по трубчастій або рейковій направляючій, закріпленій на стелі або спеціальних опорах, із можливістю зміни траєкторії у тривимірному просторі. Визначено ключові характеристики відповідного устаткування:

- Тип приводу: електромеханічний або пневматичний.
- Тип переміщення: безперервне або циклічне.
- Навантаження: 10–2000 кг (залежно від типу конструкції).
- Швидкість транспортування: 0.1–1.5 м/с.
- Мінімальний радіус повороту: від 0.5 м (залежить від конструкції візка і рейки).

- Можливість вертикального підйому/спуску.
- Системи керування: PLC, автоматизовані системи управління (SCADA).
- Матеріали: сталеві або алюмінієві напрямні, вантажонесучі елементи з металу або полімерів.

Також визначено можливі шляхи удосконалення конструкцій відповідних конвеєрів:

- Модульність: швидке переобладнання або розширення системи.
- Інтелектуальні сенсори і системи управління: контроль навантаження, обліку, діагностика зносу.
- Безконтактні системи живлення (наприклад, індукційні): для зменшення механічного зносу.
- Полегшені матеріали: для зменшення ваги системи і енергоспоживання.
- Гібридні приводи: поєднання електроприводу з пневматичними або гравітаційними елементами.
- Інтеграція з автоматичними складськими системами (AS/RS).

В третьому розділі представлено методику розрахунку підвісного вантажонесучого конвеєру з просторовою трасою.

В четвертому розділі представлено шляхи удосконалення ремонтного устаткування на основі розроблення багатопшпіндельної свердлильної головки з двоярусним розташуванням шестерень, що дозволяє одночасно оброблювати шість отворів та скоротити термін ремонту техніки.

В додатку А представлено розділ з охорони праці.

В додатку Б представлено розділ з економічної оцінки проєкту.

В додатку В представлені креслення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Сич, В. О. Проектування машин і механізмів для агропромислового комплексу: навч. посіб. / В. О. Сич, Ю. В. Маляренко. – Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. – 312 с.
- 2 Кухарчук, В. П. Основи проектування технологічного обладнання для сільського господарства / В. П. Кухарчук. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – 280 с.
- 3 Довгий, М. В. Транспортні системи переробних підприємств: навч. посіб. / М. В. Довгий. – Київ: Кондор, 2015. – 256 с.
- 4 Roberts, A. W. Bulk Solids Handling: Equipment Selection and Operation / A. W. Roberts. – Boca Raton: CRC Press, 2020. – 520 p.
- 5 ДСТУ EN 741-1:2004. Вимоги до безпеки механізмів транспортування навалом. Частина 1. Механічні аспекти. – [Чинний].
- 6 EN 741-1:2000. Safety requirements for mechanical handling systems – Part 1: General requirements. – Brussels: CEN, 2000. – 34 p.
- 7 Ковальчук, С. І. Надійність і діагностика транспортного обладнання / С. І. Ковальчук. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2016. – 198 с.
- 8 Про університет [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://snau.edu.ua/pro-universitet/zagalna-informacija/pro-universitet/>, вільний. – Назва з екрана.
- 9 СНАУ [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.google.com/maps/place/%D0%A1%D0%9D%D0%90%D0%A3/@50.8808451,34.7756666,15z/data=!4m6!3m5!1s0x412901c87e8fd3fb:0xb535c55b6be731d8!8m2!3d50.8816948!4d34.7778118!16s%2Fm%2F0nd58b3!5m1!1e2?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyOC4wIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D, вільний. – Назва з екрана.

10 Стратегія Сумського національного аграрного університету [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1kmqNXTUZ5kZPXtw54ac_ogtR6yjExQ88/view, вільний. – Назва з екрана.

11 CEMA. Belt Conveyors for Bulk Materials / Conveyor Equipment Manufacturers Association. – 7th ed. – Naples, FL: CEMA, 2020. – 600 p.

12 Goodyear. Goodyear Conveyor Handbook. – Akron, Ohio: Goodyear Tire and Rubber Company, 2017. – 450 p.

13 Три головні переваги використання підвісних конвеєрних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://blog.igus.co.uk/top-3-benefits-of-using-overhead-conveyor-systems/>, вільний. – Назва з екрана.

14 Moys, M. H. Conveyor Belt Systems: Design and Calculations / M. H. Moys. – London: Elsevier, 2019. – 368 p.

15 Мийки деталей підвісних конвеєрів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.proceso.com/products/parts-washers/overhead-conveyor-parts-washer-typhoon-ocw>, вільний. – Назва з екрана.

16 Zhang, L. Design and Analysis of Spatial Conveyor Trajectories / L. Zhang, Y. Li. – In: Journal of Mechanical Design, Vol. 143, No. 2, 2021. – P. 021704.

17 Tavares, L. M. Safety Design for Material Handling Systems / L. M. Tavares. – In: Safety Science, Vol. 122, 2020. – P. 104533.

18 Письменний, В. О. Конвеєри: теорія і розрахунок / В. О. Письменний. – К.: ІЗМН, 2004. – 416 с.

19 Коваль, С. В. Проектування підвісних конвеєрів для аграрного виробництва [Електронний ресурс] / С. В. Коваль // Вісник інженерної академії України. – 2021. – № 3. – С. 45–52. – Режим доступу: <http://vestnik-eau.com.ua/2021/koval-susp-conveyors.pdf> – Назва з екрана.

20 Drah, A. Conveyor Systems: A Comparative Review of Safety Standards [Electronic resource] / A. Drah // International Journal of Engineering

Research & Technology (IJERT). – 2022. – Vol. 11, Issue 6. – P. 127–134. –
Mode of access: <https://www.ijert.org/conveyor-systems-safety-standards> – Title
from the screen.