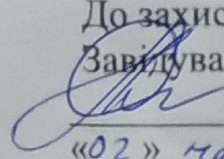
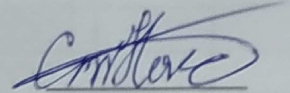
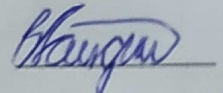


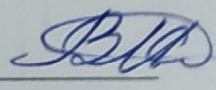
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
 Віктор АНТОНІЮК
«02» червня 2021 р.

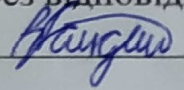
Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології
виробництва приладів»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Автоматизований 3D принтер LineBar. Блок шасі»

Виконав:
студент IV курсу, групи ПБ-71
Гайдай Володимир Анатолійович
Керівник:
доцент, кандидат технічних наук
Стельмах Наталія



Рецензент:
доцент Сокуренто Вячеслав Михайлович 
К.т.н.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент 

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП.ПБ7103.1702.000 ПЗ	Пояснювальна записка	60	
3	A1	ДП.ПБ7103.1702.001 СХ	Функціональна схема блоку шасі	1	
4	A1	ДП.ПБ7103.1702.002	Блок шасі. Загальний вигляд	1	
5	A1	ДП.ПБ7103.1702.003 СК	Блок шасі. Складальний кресленик	1	
6	A4	ДП.ПБ7103.1702.003 СП	Блок шасі. Специфікація	3	
7	A2	ДП.ПБ7103.1702.004 СК	Гусениця права в складі Складальний кресленик	1	
8	A4	ДП.ПБ7103.1702.004 СП	Гусениця права в складі. Специфікація	2	
9	A3	ДП.ПБ7103.1702.005 СК	Натягувач правий в складі. Складальний кресленик	1	
10	A4	ДП.ПБ7103.1702.005 СХ	Натягувач правий в складі. Специфікація	1	
11	A1	ДП.ПБ7103.1702.006 СХ	Блок шасі. ССС	1	
12	A1	ДП.ПБ7103.1702.007 СХ	Блок шасі. ТСС	1	
13	A1	ДП.ПБ7103.1702.008 СХ	Гусениця права в складі. ССС	1	
14	A1	ДП.ПБ7103.1702.009 СХ	Гусениця права в складі. ТСС	1	
15	A2	ДП.ПБ7103.1702.010 СХ	Натягувач правий в складі. ССС	1	
16	A2	ДП.ПБ7103.1702.011 СХ	Натягувач правий в складі. ТСС	1	
17	A4	ДП.ПБ7103.1702.012	Карти технологічного процесу складання блоку шасі	22	
18	A1	ДП.ПБ7103.1702.013 СК	Контрольне пристосування. Складальний кресленик	1	
19	A4	ДП.ПБ7103.1702.013 СП	Контрольне пристосування. Специфікація	1	
20	A1		Деталювання	1	
			ДП.ПБ7103.1702.001 ПЗ		

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Автоматизований 3D принтер LineBar. Блок
шасі»

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет

Кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології
виробництва приладів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віктор АНТОНЮК

«02» червня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Гайдаю Володимиріу Анатолійовичу

1. Тема проєкту «Автоматизований 3D принтер LineBar. Блок шасі», керівник проєкту Стельмах Наталія Володимирівна, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «26» травня 2021р. №1347-с
2. Термін подання студентом проєкту 03 червня 2021р.
3. Вихідні дані до проєкту: складальний кресленик блоку шасі.
4. Зміст пояснювальної записки:
 1. Конструкторський розділ 1.1. Аналіз та огляд видів шасі. 1.1.1 Шасі з колісним рушієм. 1.1.2 Шасі з гусеничним рушієм. 1.1.3 Шасі на шведських колесах. 1.2 Кінематична схема руху блоку шасі. 1.3 Функціональна схема електронних компонентів. 1.4 Алгоритм керування блоком шасі. 1.5 Вибір електроприводу для гусеничного рушія. 1.6 Розрахунок ведучого колеса
 2. Технологічний розділ 2.1 Відпрацювання блоку шасі на технологічність. 2.1.1. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці "Натягувач правий в складі". 2.1.2. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці "Натягувач лівий в складі". 2.1.3. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці "Гусениця права в складі". 2.1.4. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці "Гусениця ліва в складі". 2.1.5. Відпрацювання складальної одиниці "Блок шасі" на технологічність. 2.2 Визначення геометричної точності складання блоку шасі. 2.3 Розроблення технологічного процесу складання блоку шасі. 2.3.1 Проектування структурної схеми складання блоку шасі. 2.3.2 Проектування технологічної схеми складання блоку шасі. 2.3.3 Вибір та обґрунтування обладнання й інструменту. 2.3.4 Розроблення маршрутної та операційної технології складання блоку шасі. 2.4 Проектування пристосування для контролю параметрів блоку шасі.
5. Перелік графічного матеріалу: (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): функціональна схема блоку шасі, загальний вигляд блоку шасі, складальний кресленик блоку шасі, складальний кресленик

гусениці правої в складі, складальний кресленик натягувача правого в складі, структурні та технологічні схеми складання блоку шасі, гусениці правої в складі та натягувача правого в складі, складальний кресленик контрольного пристосування, деталювання.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд та аналіз видів шасі	12.04.2021	
2	Побудова кінематичної схеми руху блоку шасі	16.04.2021	
3	Проектування функціональної схеми електронних компонентів	21.04.2021	
4	Розробка алгоритму керування блоком шасі	24.04.2021	
5	Вибір та обґрунтування електроприводу для гусеничного рушія	28.04.2021	
6	Розрахунок параметрів гусеничного рушія	03.05.2021	
7	Відпрацювання конструкції блоку шасі на технологічність	06.05.2021	
8	Визначення геометричної точності складання блоку шасі	10.05.2021	
9	Розроблення технологічного процесу складання блоку шасі	14.05.2021	
10	Проектування пристосування для контролю	17.05.2021	
11	Оформлення пояснювальної записки дп	24.05.2021	
12	Подача дп до передзахисту	03.06.2021	

Студент
Керівник

Володимир ГАЙДАЙ
Наталія СТЕЛЬМАХ

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Анотація

Метою дипломного бакалаврського проєкту є розробка блоку шасі для автоматизованого 3D принтеру LineBar.

Дипломний проєкт бакалавра загальною кількістю 112 сторінок складається з 2 розділів, 17 рисунків, 3 додатків та списку літературі із 19 джерелами.

Дипломний проєкт бакалавра містить наступні матеріали: пояснювальну записку та конструкторсько-технологічну документацію . Пояснювальна записка містить два розділи: конструкторський та технологічний.

У конструкторському розділі дипломного проєкту розглянуто питання вибору та обґрунтування типу блоку шасі. Спроектовано функціональну схему блоку шасі та розроблено кінематичну схему руху. Створено алгоритм роботи та розраховано необхідні параметри гусеничного рушія. Проведено дослідження стійкості рами до навантажень.

У технологічному розділі дипломного проєкту бакалавра виконано розрахунок блоку шасі на технологічність його складання, визначено геометричну точність складання блоку шасі, розроблено технологічний процес складання блоку шасі із зазначенням необхідного інструменту та обладнання. Спроектовано контрольне пристосування для контролю сили натягу гусеничної стрічки.

Annotation

The aim of the bachelor's thesis project is to develop a chassis unit for an automated 3D printer LineBar.

The bachelor's thesis project with a total number of 112 pages consists of 2 sections, 17 figures, 3 appendices and a list of references with 19 sources.

The diploma project contains the following materials: explanatory note and graphic materials presented in the form of drawings. The explanatory note in turn consists of two sections: technological and design.

In the design section of the diploma project the choice and justification of the type of chassis unit is considered. The functional scheme of the chassis unit is designed and the kinematic scheme of movement is developed. The algorithm of work is created and the necessary parameters of the caterpillar propulsion are calculated. A study of the resistance of the frame to loads.

In the technological section of the bachelor's thesis project the calculation of the chassis unit on the manufacturability of its assembly is performed, the geometric accuracy of the assembly of the chassis unit is determined, the technological process of assembling the chassis unit is indicated with the necessary tools and equipment. A control device for controlling the tension of the caterpillar belt has been designed.

ЗМІСТ

Зміст	8
Список скорочень та умовних позначень.....	10
Вступ	11
1. Конструкторський розділ.....	12
1.1 Аналіз та огляд шасі	13
1.1.1 Шасі з колісним рушієм.....	13
1.1.2 Шасі з гусеничним рушієм	15
1.1.3 Шасі на шведських колесах.....	18
1.2 Кінематична схема руху блоку шасі.....	20
1.3 Функціональна схема блоку шасі	23
1.4 Алгоритм керування блоком шасі	24
1.5 Вибір електроприводу для гусеничного рушія	25
1.6 Розрахунок ведучого колеса гусеничного рушія	27
1.7 Дослідження конструкції рами блоку шасі під дією навантаження	29
2. Технологічний розділ	36
2.1. Відпрацювання конструкції «Блоку шасі» на технологічність	37
2.1.1. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Натягувач правий в складі».....	37
2.1.2. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Натягувач лівий в складі».....	41
2.1.3. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Гусениці права в складі».....	41
2.1.4. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Гусениці ліва в складі».....	44
2.1.5. Відпрацювання на технологічність СО «Блок Шасі».....	45
2.2. Визначення геометричної точності складання СО «Блок шасі»	48
2.3. Розробка технологічного процесу складання блоку шасі	52
2.3.1. Проектування структурної схеми складання «Блок шасі»	52
2.3.2 Проектування технологічної схеми складання «Блок шасі»	55
2.3.3. Вибір та обґрунтування обладнання та інструменту.....	58
2.3.4 Розроблення маршрутної та операційної технології складання блоку шасі.....	59
2.4 Проектування пристосування для контролю блоку шасі	60

Висновки	63
Список використаних джерел.....	64
Додатки	67
Додаток А	68
Додаток Б	89
Додаток В.....	111

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

у.о. – умовні одиниці

3D – тривимірний

USB – з англ. Universal Serial Bus – «універсальна послідовна шина»

САПР – система автоматизованого проектування

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

РЛ – розмірний ланцюг

ССС – структурна схема складання

ТСС – технологічна схема складання

ВСТУП

В наш час швидко зростає населення міст, що викликає дефіцит житлової площі, тому людство робить все щоб пришвидши процес будівництва житла. Автоматизовані 3D принтери пришвидшують процес, а також зменшують вартість, що дозволяє забезпечити незахищені верстви населення соціальним житлом.

Розробка блоку шасі для автоматизованого 3D принтеру є важливою складовою, тому що додає принтеру мобільність та незалежність. Незалежність принтеру є важливою оскільки виключає залежність принтеру від інших приладів та машин. Мобільність розширює зону друку принтеру, оскільки принтер може друкувати не тільки в радіусі роботи маніпулятора, а й рухатись в будь-якому напрямку за допомогою шасі[1].

Метою дипломного проекту бакалавра є розробка блоку шасі для автоматизованого 3D принтеру LineBar та технологічного процесу складання.

Для цього вирішити наступні задачі:

- Виконати аналіз існуючих видів шасі та обрати найбільш придатний для транспортування маніпулятора 3D принтеру;
- Розробити кінематичну та функціональну схему блоку шасі;
- Спроекувати алгоритм роботи блоку шасі;
- Виконати вибір комплектуючих елементів та параметрів гусеничного рушія;
- Виконати необхідні технологічні розрахунки;
- Спроекувати технологічний процес складання блоку шасі;
- Розробити пристосування для контролю блоку шасі.

1. Конструкторський розділ

1.1 Аналіз та огляд шасі

Шасі представляє собою універсальну раму на якій монтуються вузли та агрегати. Зазвичай шасі складається із трансмісії, ходової частини, системи керування та власне рами.

По суті шасі це основа для переміщення різноманітних модулів, які змонтовані на ній.

Для не тільки теоретичного, але й кількісного порівняння типів шасі, проведено оцінку однакових за вантажопідйомністю трьох типів шасі: на колісному рушії, на гусеничному рушії та на шведських колесах, за п'ятьма характеристиками: точність руху, прохідність, тиск на поверхню, зносостійкість та сумарна вартість необхідних компонентів, окрім корпусу та плати керування, оскільки для всіх трьох типів вони будуть однакові. Кожну характеристику оцінюємо за п'яти бальною системою, відповідно 1- погано, 5 – відмінно.

1.1.1 Шасі з колісним рушієм

Під колесом розуміють деталь у вигляді кола з шпичками або диском, що обертається навколо своєї осі. Колесо може встановлюватися на фіксовану вісь або рухому, щоб створити механічну передачу. Колесо може виконувати роль передачі поступального руху в обертовий та навпаки, як приклад, механізм – коловорот. Зазвичай колесо використовується у транспортних засобах, таких як, автомобіль, велосипед, поїзд або в якості шасі літаків та інші.

Платформа на звичайних колесах є основою в робототехніці. Існує безліч конфігурацій: триколісна, чотириколісна, повнопривідна, однопривідна, з усіма поворотними колесами тощо. Розглянемо базову поверхню з чотирма ведучими колесами (рис. 1.1). Вона складається з корпусу, чотирьох коліс, чотирьох серводвигунів з редукторами, муфт та електроніки. Поворот здійснюється за рахунок різної швидкості обертання коліс[2].



Рис. 1.1. Шасі на колісному рушії: а) повнопривідне; б) однопривідне.

До переваг колісної бази слід віднести розповсюдженість компонентів. Наприклад, корпус можна використати уже готовий або роздрукувати на 3D принтері, так само як колеса, або навіть використати уже готовий комплект. Також перевагою є менша сила тертя, що дозволяє легше розпочати рух із стану спокою в порівнянні із гусеничним типом.

Недоліком є мала площу контакту із поверхнею, оскільки збільшується тиск на поверхню[3].

Точність руху оцінюємо в 3 бали, оскільки даний тип шасі в середньому рухається з похибкою в 5-7 мм. Прохідність колісного рушія є доброю, але й не відмінною, оскільки, важко долає перепади висоти, тому 4 бали. Тиск на поверхню від колісного рушія є середнім, та відносно нього порівнюють тиск інших типів шасі. Тиск на поверхню залежить від площі контакту коліс з поверхнею і для розглянутого типу шасі в середньому становить 55 кПа. Тиск на поверхню оцінено в 3 бали. При правильній експлуатації шасі, зносостійкість є високою, необхідно лише замінювати витратні компоненти, наприклад, прорезинені колеса, тому зносостійкість є відмінною, однозначно 5 балів. Вартість необхідних компонентів складається з: двох серводвигунів з редукторами 120 у.о.(умовних одиниць), чотирьох коліс 30 у.о., серводвигуна на поворотний механізм 40 у.о. та витратні деталі, наприклад, муфти, гвинти,

гайки, орієнтовно 20у.о. Тоді загальна вартість становить 210 у.о., це є відмінним результатом, тому 5 балів. На рис. 1.2 представлено діаграму кількісної оцінки шасі на колісному рушії.



Рис. 1.2. Діаграма кількісної оцінки шасі на колісному рушії

Загальний кількісний показник знайдемо, як середнє арифметичне усіх показників за формулою 1.1:

$$k_{\text{заг.}} = \frac{k_{\text{точ.}} + k_{\text{прох.}} + k_{\text{тиск}} + k_{\text{знос.}} + k_{\text{варт.}}}{5} \quad (1.1)$$

$$k_{\text{заг.кол.}} = \frac{3 + 4 + 3 + 5 + 5}{5} = 4$$

1.1.2 Шасі з гусеничним рушієм

Під гусеничним рушієм розуміють рушій, тягове зусилля якого виникає за рахунок перемотування гусеничних полотен або стрічок. Використання гусеничного рушія дозволяє забезпечити транспортний засіб підвищеною прохідністю. За рахунок великої площі контакту з поверхнею гусеничний рушій чинить менший тиск на поверхню.

В машинобудуванні використовується схема розміщення опорних катків нижче ведучих, наприклад в танку, а в приладобудуванні зазвичай використовують схему із розміщенням ведучого колеса і опорних коліс на одному рівні (рис. 1.3). Дана платформа складається з корпусу, блоку електроніки, двох ведучих коліс, шести опорних коліс, два з яких відповідають за натяг гусениці, два серводвигуна з редукторами та двох гусеничних полотен, які можуть складатись із сегментів або виконані однією резиновою стрічкою. Поворот здійснюється за рахунок руху тільки одної гусениці, інша нерухома або рухається в іншу сторону для розвороту на місці[1].

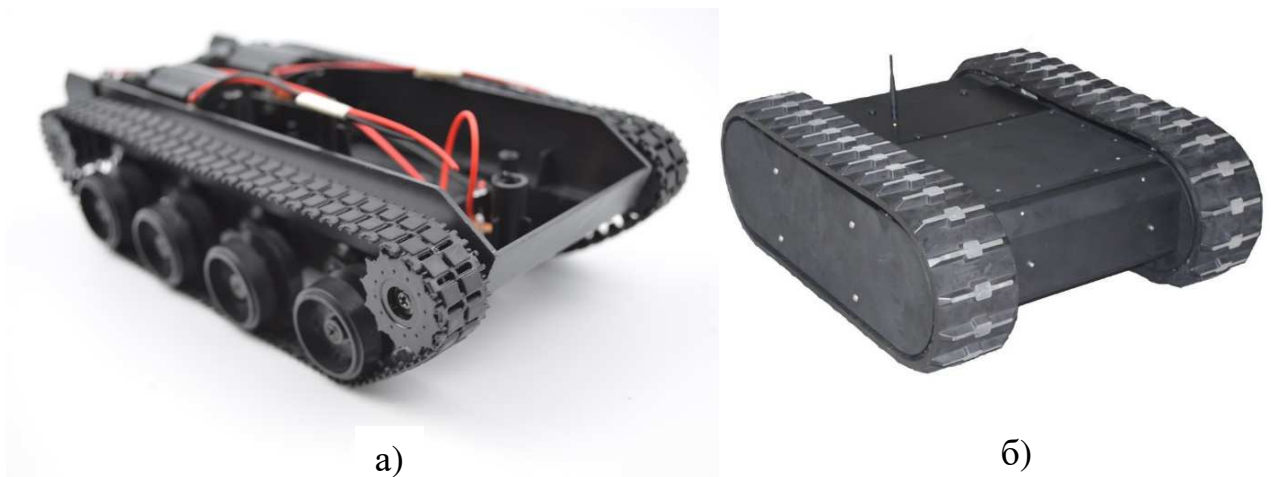


Рис. 1.3. Шасі з гусеничним рушієм: а) з розміщенням коліс в два ряди; б) з однорядним розміщенням коліс.

Перевагою даної елементної бази є точність руху в порівнянні із колісною. Для будівельного 3D друку точність руху кожної частини робота є важливою, оскільки впливає на точність результату друку. Гусеничний рушій має велику площу контакту з поверхнею, а тому і чинить менший тиск, що дозволяє його використовувати на слабких поверхнях.

Недоліком гусеничного рушія є мала розповсюдженість елементних компонентів, особливо якщо гусеничне полотно буде нестандартних розмірів, то його вартість виготовлення зростає. Також велика площа контакту викликає більший крутний момент, що вимагає потужного приводу, щоб плавно розпочати рух із стану спокою[3].

Точність руху оцінюємо в 4 бали, оскільки даний тип шасі в середньому рухається з похибкою в 3-5 мм. Прохідність гусеничного рушія є відмінною, не дарма його використовують у військовій техніці, легко долає перепади висоти, тому 5 бали. Тиск на поверхню від колісного рушія є високим оскільки, у порівнянні із колісним рушієм площа контакту з поверхнею більша в майже 10 раз. Тиск на поверхню становить 5,5 кПа, тому оцінено в 5 бали. На відміну від колісного рушія, зносостійкість гусеничного рушія нижча, оскільки резинове полотно зношується, особливо якщо працює на піщаній поверхні, тому оцінка 3 балів. Вартість необхідних компонентів складається з: двох серводвигунів з редукторами 120 у.о.(умовних одиниць), двох приводних роликів 60 у.о., шести опорних роликів 100 у.о., двох гусеничних полотен 200 у.о. та витратні деталі, наприклад, муфти, гвинти, гайки, орієнтовно 30 у.о. Тоді загальна вартість становить 510 у.о., це є середнім результатом, тому 3 балів. На рис. 1.4 представлено діаграму кількісної оцінки шасі на колісному рушії.

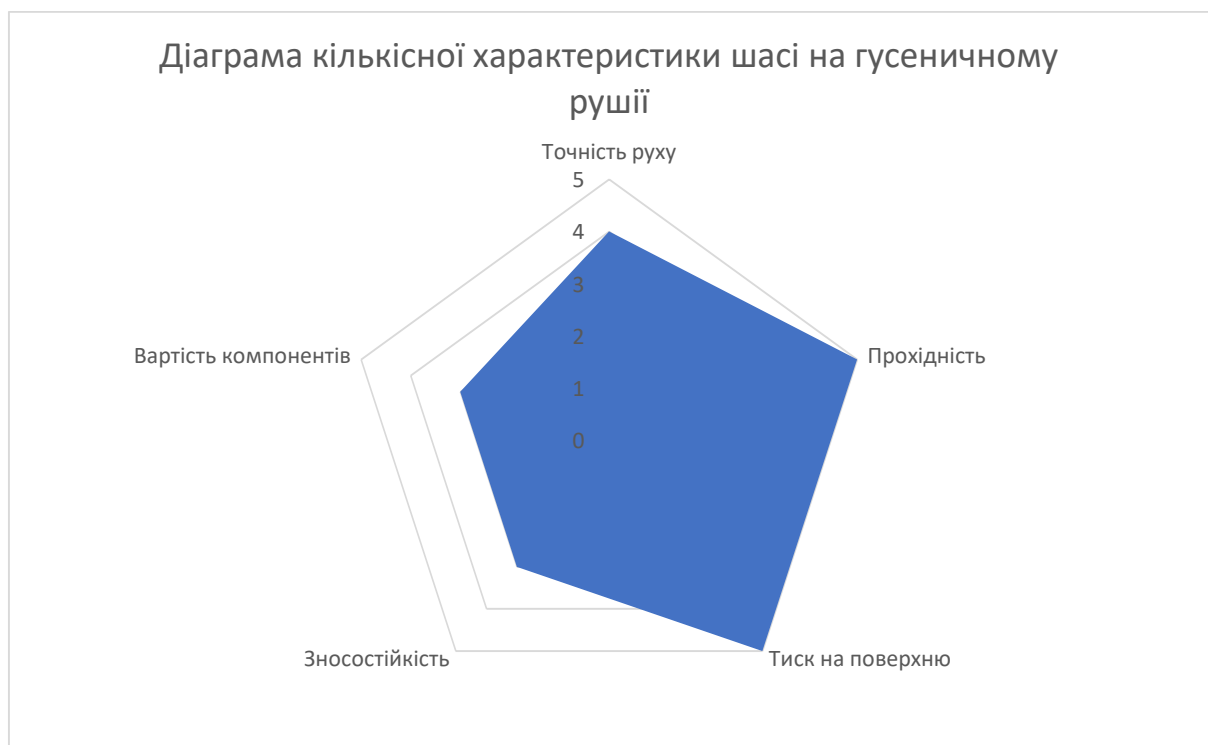


Рис. 1.4. Діаграма кількісної оцінки шасі на гусеничному рушії

Загальний кількісний показник знайдемо, за формулою 1.1:

$$k_{\text{заг.кол.}} = \frac{4 + 5 + 5 + 3 + 3}{5} = 4$$

1.1.3 Шасі на шведських колесах

Шведське колесо або колесо Ілона представляє собою колесо по ободу якого рівномірно розташовані ролики, які контактують з поверхнею переміщення. Використання таких коліс на транспортному засобі дозволяє забезпечити контрольований рух у будь-якому напрямку, це можливо за рахунок незалежного приводу кожного колеса. Конструкція є досить складною: на зовнішньому ободі колеса рівномірно розташовані ролики під кутом 45° до вісі обертання колеса. Колесо Ілона має три ступені вільності: обертання навколо осі колеса, обертання роликів та обертання навколо точки контакту роликів з поверхнею[4].

Платформа на колесах Ілона (рис. 1.5) складається з основи, чотирьох коліс, чотирьох серводвигунів з редукторами та блоку електроніки. Дана платформа не повертається, оскільки вона може рухатись вперед, назад, вправо, вліво та навіть вздовж діагоналей. Це можливо шляхом зміни швидкості та напрямку обертання кожного з коліс, які мають незалежний привід[1].

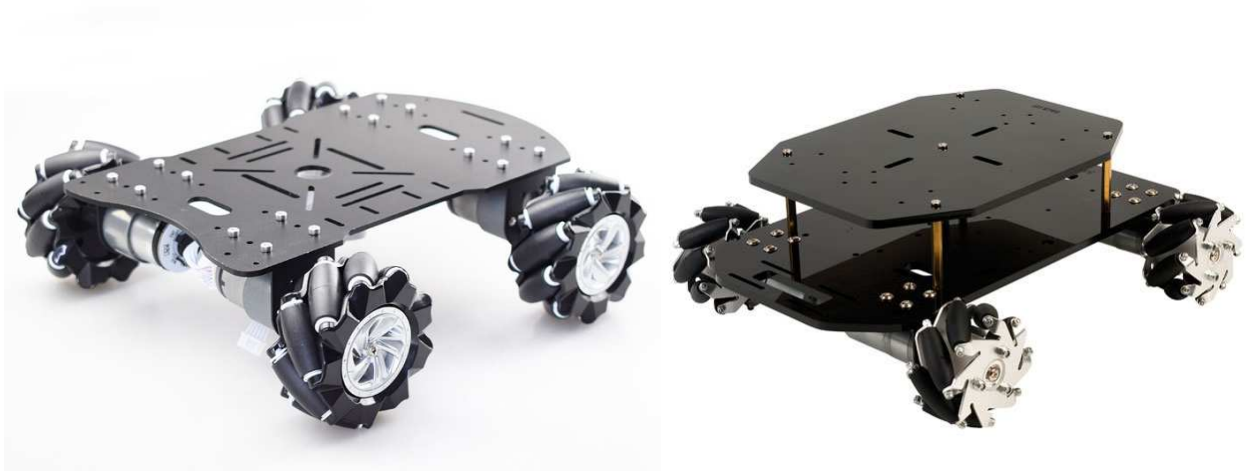


Рис. 1.5. Шасі на шведських колесах

До переваг слід віднести малу силу тертя при русі у різних напрямках, за рахунок розміщення роликів під кутом до основної осі колеса. Також при використанні шведських коліс зникає потреба у реалізації поворотного механізму.

Недоліками коліс Ілона є швидке зношування роликів, складність конструкції, що затрачає додаткові ресурси та кошти при виготовленні. Нажаль при використанні шведських коліс платформа буде рухатись з відносно невеликими швидкостями.

Точність руху оцінюємо в 5 бали, оскільки даний тип шасі в середньому рухається з похибкою в 2-3 мм. Прохідність шведських коліс є поганою оскільки, будь який маленький камінчик на поверхні може пошкодити колесо, тому 2 бали. Тиск на поверхню від шведських коліс є більшим ніж від звичайних коліс, приблизно 70 кПа. Тому 2 бали. Зносостійкість коліс Ілона низька, тому відповідно і всього шасі на них також низька, тому 1 бал. Вартість необхідних компонентів складається з: чотирьох серводвигунів з редукторами 240 у.о.(умовних одиниць), чотирьох коліс 280 у.о. та витратні деталі, наприклад, муфти, гвинти, гайки, орієнтовно 20у.о. Тоді загальна вартість становить 540 у.о., це є низьким результатом, тому 2 балів. На рис. 1.6 представлено діаграму кількісної оцінки шасі на колісному рушії.

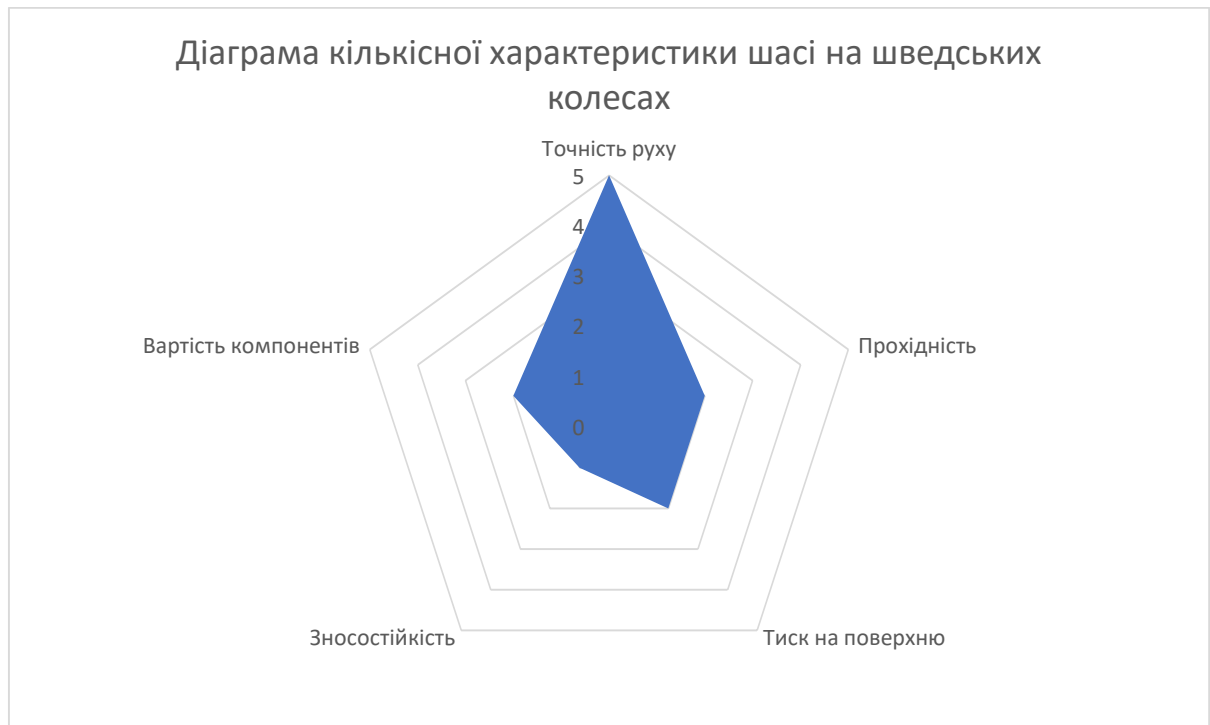


Рис. 1.6. Діаграма кількісної оцінки шасі на шведських колесах
Загальний кількісний показник знайдемо, за формулою 1.1:

$$k_{\text{заг.кол.}} = \frac{5 + 2 + 2 + 1 + 2}{5} = 2,4$$

Розглянувши всі переваги та недоліки типів шасі та зваживши загальні кількісні показники, було обрано в якості рушія для блоку шасі гусеничний рушій[5]. Хоч кількісний показник колісного рушія та гусеничного рушія однаковий, однак для будівельного 3D принтеру важлива точність руху та малий тиск, оскільки 3D принтер буде друкувати на міжповерхових перекриттях[6].

1.2 Кінематична схема руху блоку шасі

Поворот блоку шасі виконується за рахунок різної швидкості перемотування гусеничних стрічок. Шасі також може здійснити розворот на місці, достатньо лише задати рух гусеничних стрічок в різні напрямки. Траєкторію руху блоку шасі показано на рис. 1.7.

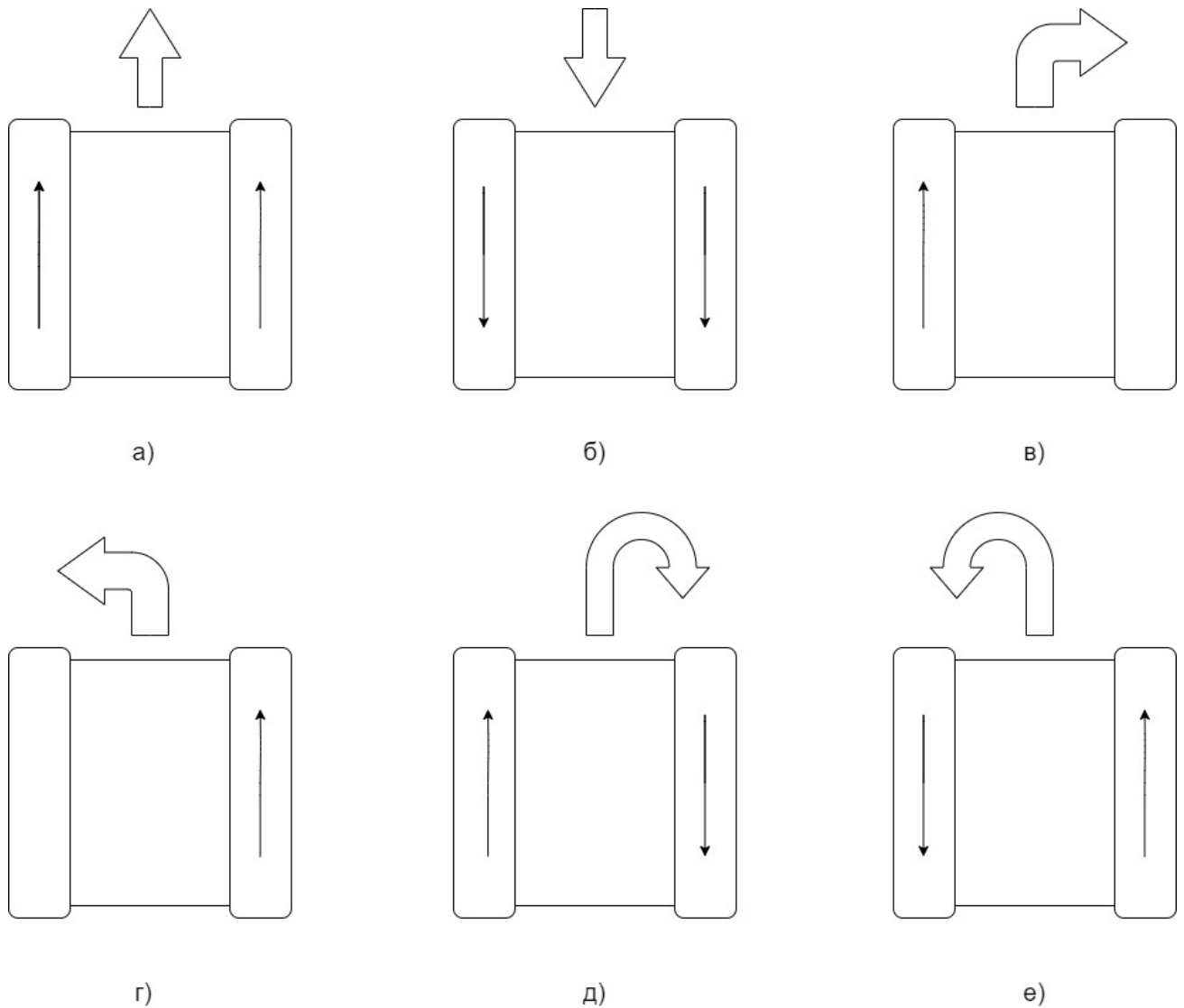


Рис. 1.7. Траєкторія руху блоку шасі: а) вперед; б) назад; в) вправо; г) вліво; д) розворот за годинниковою стрілкою; е) розворот проти годинникової стрілки.

На рисунку 1.8 представлено кінематичну схему руху шасі в нерухомій системі координат[7].

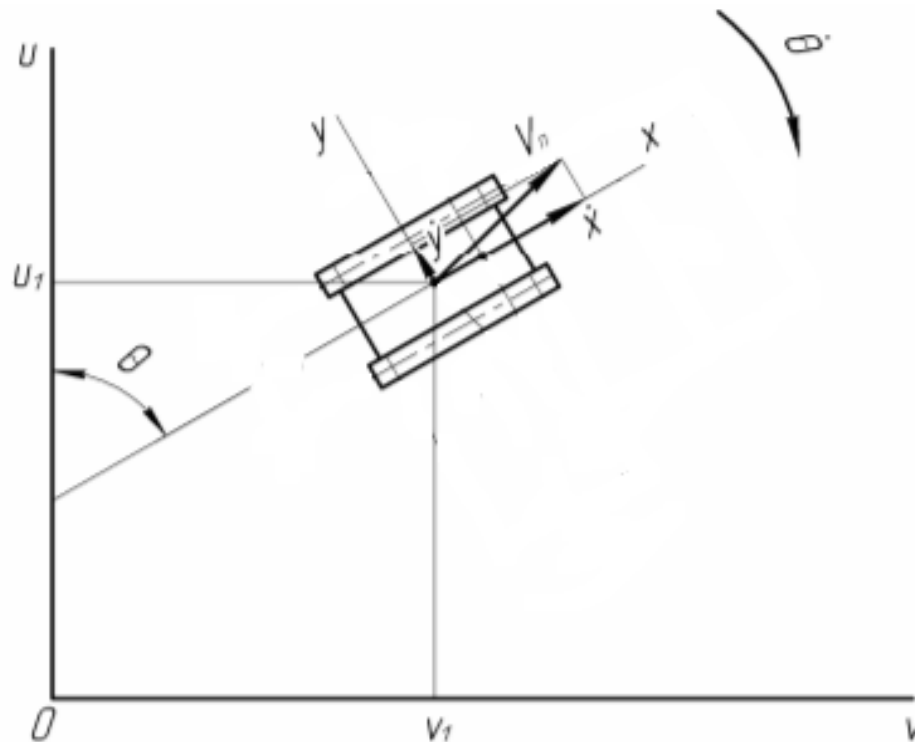


Рис. 1.8. Кінематична схема руху шасі

Для визначення траєкторії руху блоку шасі використовується система координат $(u; v)$, що є нерухомою. Де x – незалежна координата переміщення шасі в поздовжньому напрямку; y – незалежна координата переміщення шасі в поперечному напрямку; θ – курсовий кут, відраховується від осі u за годинниковою стрілкою; \dot{x} – швидкість руху шасі в поздовжньому напрямку в даний момент; \dot{y} – швидкість руху шасі в поперечному напрямку в даний момент; V – швидкість руху шасі; $\dot{\theta}$ – кутова швидкість повороту шасі[8].

Координати шасі в нерухомій системі будуть визначатись рівняннями:

$$\begin{cases} \dot{u} = \dot{x} \cdot \cos \theta + \dot{y} \cdot \sin \theta \\ \dot{v} = \dot{x} \cdot \sin \theta - \dot{y} \cdot \cos \theta \end{cases} \quad (1.2)$$

Дана система рівнянь в подальшому буде використана розробниками програмного забезпечення принтеру, для програмування команд переміщення принтеру, тобто блоку шасі.

1.3 Функціональна схема блоку шасі

Для керування 3D принтером було обрано мікроконтролер моделі STM32F051. Блок шасі знаходиться в безпосередньому зв'язку з блоком маніпулятора і також керується контролером. В дипломному проекті було розроблено та запропоновано функціональну схему управління 3D принтером (ДП.ПБ7103.1702.001 СХ, Додаток А) спрощену функціональну схему керування блоком шасі представлено на рис 1.9.

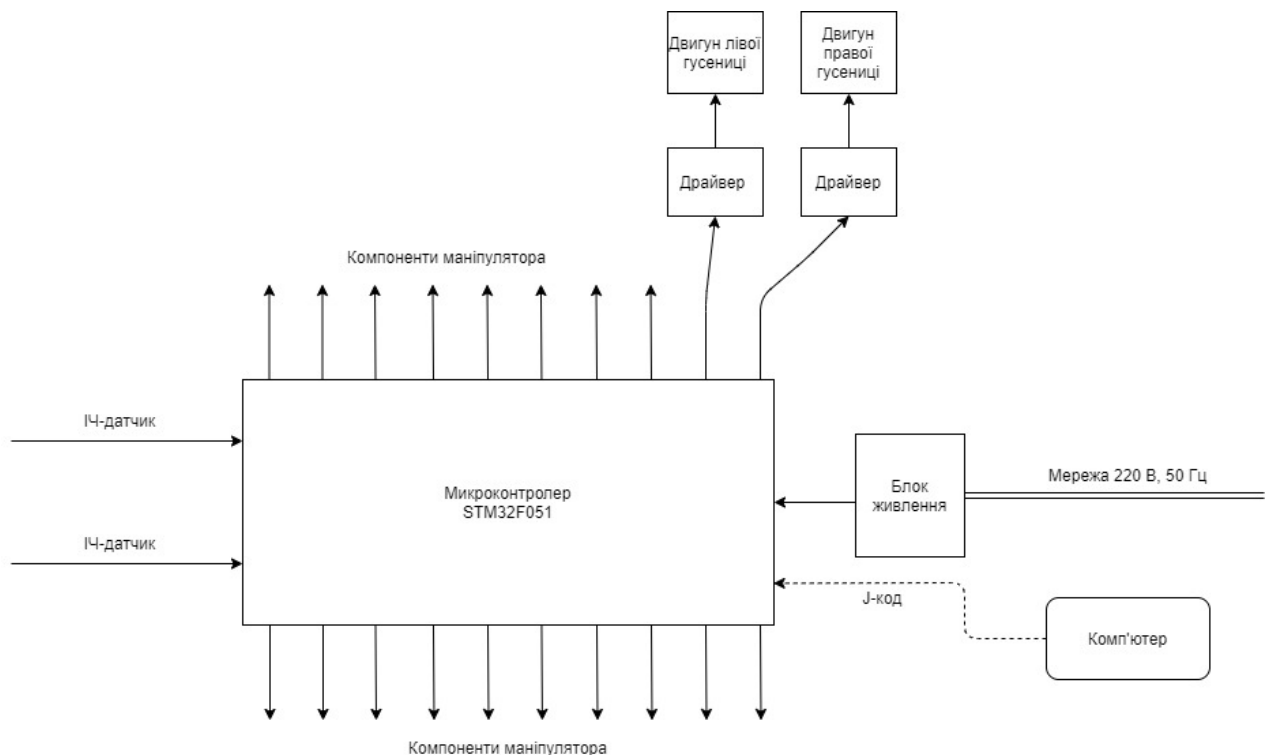


Рис. 1.9. Функціональна схема управління блоком шасі

Живлення мікроконтролеру здійснюється від блоку живлення, що перетворює напругу мережі в необхідну для плати контролера. Через USB-кабель від комп'ютера в мікроконтролер завантажується J-код для робочого завдання 3D принтера, сформований з моделі проекту за допомогою спеціального програмного забезпечення. Для системи позиціонування шасі використовуються інфрачервоні датчики, сигнал від яких надходить до мікроконтролера, де і оброблюється. Крокові двигуни блоку шасі підключені через відповідний драйвер до мікроконтролера.

1.4 Алгоритм керування блоком шасі

Алгоритм системи керування блоком шасі інтегрований в загальний алгоритм керування 3D принтером, але можна виділити під алгоритм, що відповідає за переміщення блоку шасі.

Мікроконтролер приймає сигнали від інфрачервоних датчиків (блок 3) та оброблює їх (блок 4). Потім визначає координати положення шасі в просторі (блок 5). Поточні координати порівнюються з координатами J-коду (блок 6), якщо координати співпадають то шасі стоїть на місці. У випадку якщо координати відрізняються, то мікроконтролер розраховує необхідну траєкторію для переміщення в необхідну точку блоку шасі (блок 7). Оскільки мікроконтролер ще керує маніпулятором, то відбувається узгодження команд, щоб сопло, що розташоване на кінці маніпулятору рухалось по своїй власній траєкторії та не відхилялось від неї. Розрахувавши необхідне переміщення, мікроконтролер подає команди на крокові двигуни і блок шасі рухається до необхідної точки (блок 8). Як тільки блок шасі переміщується в необхідну точку, то зупиняється до отримання наступних команд від контролера.

Блок-схема алгоритму керування блоку шасі представлено на рис. 1.10.

Дана блок-схема алгоритму є лише під алгоритмом загальної блок-схеми керування принтеру, оскільки, головна ідея автоматизованого 3D принтеру: виконання друку не тільки в стаціонарному режимі, а й в динамічному, тобто одночасно друкувати та рухатись по визначеній траєкторії.

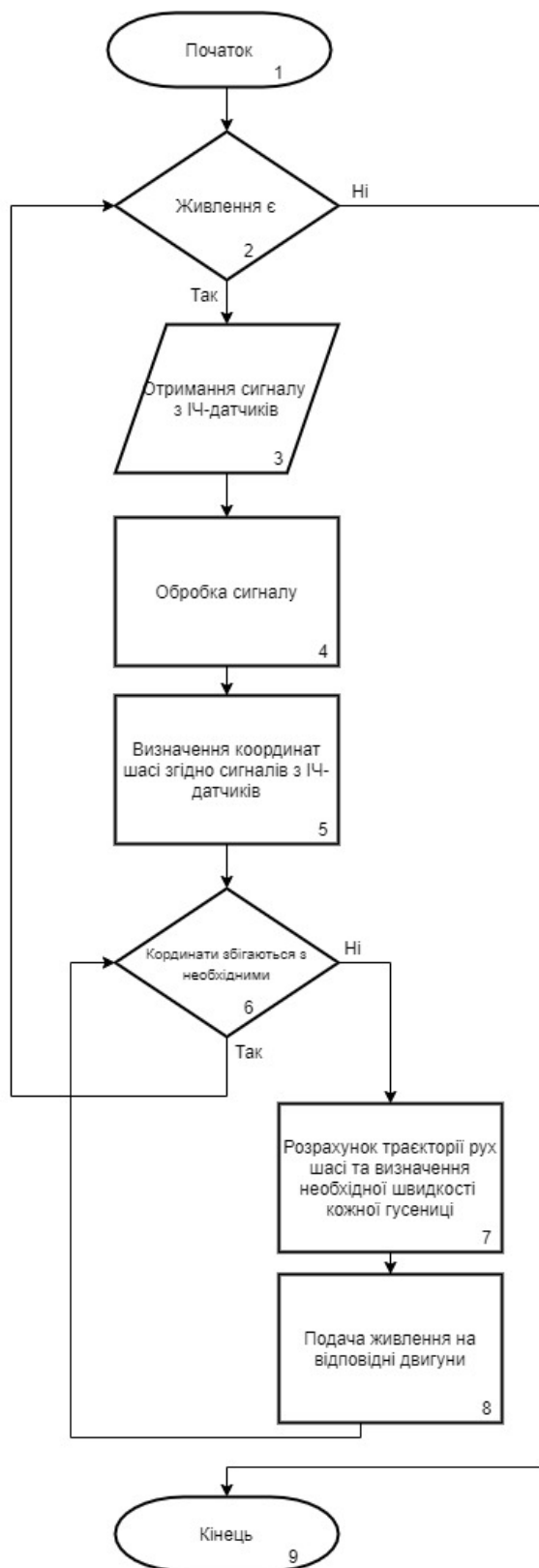


Рис. 1.10. Блок-схема алгоритму керування шасі

1.5 Вибір електроприводу для гусеничного рушія

Для вибору електроприводу необхідно розрахувати максимальну вільну потужність двигуна[9] за формулою:

$$N_{\text{св}} = \frac{P_{k \text{ min}} V_{\text{max}}}{\eta_0}, \quad (1.3)$$

де $P_{k \text{ min}}$ – сила тяги шасі; V_{max} – максимальна швидкість; η_0 – загальний ККД шасі.

$$P_{k \text{ min}} = P_f + P_{w \text{ max}}, \quad (1.4)$$

де P_f – сила опору руху відносно поверхні, що знаходиться за формулою:

$$P_f = (m_0 + m_b) \cdot g \cdot \psi, \quad (1.5)$$

де сила опору повітря при максимальній швидкості знаходиться за формулою 1.6:

$$P_{w \text{ max}} = k_w \cdot F \cdot V_{\text{max}}^2 \quad (1.6)$$

Для даного блоку шасі було обрано наступні вхідні параметри:

$m_0=15$ кг – маса шасі;

$m_b=50$ кг – маса вантажу;

$g=9.8$ м/с² – прискорення вільного падіння;

$\psi=0.05$ – загальний коефіцієнт опору поверхні при прямолінійному русі[9];

$k_w=0.65$ Н·с²/м⁴ – коефіцієнт обтічності[9];

$F=0.052$ м² – площа поперечного перерізу шасі;

$V_{\text{max}}=0.42$ м/с – максимальна швидкість.

Тоді:

$$P_{k \text{ min}} = (15 + 50) \cdot 9.8 \cdot 0.05 + 0.65 \cdot 0.052 \cdot 0.42^2 = 31.86 \text{ Н}$$

Загальний ККД є добутком ККД трансмісії та ККД гусениці:

$$\eta_0 = \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{г}} = 0.9 \cdot 0.94 = 0.85 \quad (1.7)$$

Тепер можна розрахувати потужність:

$$N_{\text{св}} = \frac{31.86 \cdot 0.42}{0.85} = 15.74 \text{ Вт}$$

Розглянемо кроковий двигун моделі 86J1880-842 JMC, технічні параметри наведено в таблиці 1.1.

Табл. 1.1. Технічні параметри крокового двигуна

Характеристика	Значення
Сила струму	4.2 А
Індуктивність	4 мГн
Момент утримання	4.5 Н·м
Кут повороту (крок)	1.8°

Потужність двигуна розраховується за формулою:

$$N = \frac{2\pi \cdot M \cdot n}{60} \quad (1.8)$$

Де M - момент утримання; n – кількість обертів двигуна (для крокового двигуна в середньому $n=450$).

$$N = \frac{2\pi \cdot 4.5 \cdot 450}{60} = 212 \text{ Вт}$$

Оскільки $N > N_{\text{св}}$, то даний двигун підходить для використання в якості електроприводу шасі. Великий запас потужності залишаємо оскільки, деякі параметри шасі є теоретичними та на практиці можуть бути іншими.

1.6 Розрахунок ведучого колеса гусеничного рушія

Важливим етапом проектування гусеничного шасі є правильний розрахунок параметрів ведучого колеса, адже від нього залежить точність та швидкість переміщення принтеру.

Формула для розрахунку швидкості переміщення гусеничного рушія має вигляд[10]:

$$v = 0.06 \frac{z_k t_{в.к.} n_d}{i_{тр.}} \quad (1.9)$$

де v - швидкість переміщення, z_k - кількість зубів ведучого колеса, $t_{в.к.}$ - крок ведучого колеса, n_d - частота обертання двигуна, $i_{тр.}$ - передатне число трансмісії.

З формули 1.6 отримаємо формулу визначення кількості зубів колеса:

$$z_k = \frac{v \cdot i_{тр.}}{0,06 t_{в.к.} n_d} \quad (1.10)$$

Вхідні дані:

$$v = 25 \text{ м/хв} = 25000 \text{ мм/хв}$$

$$i_{тр.} = 1/2 = 0.5$$

$$t_{в.к.} = t_{г.п.} = 12.7 \text{ мм. (} t_{г.п.} \text{ – крок гусеничного полотна).}$$

$$n_d = 450 \text{ об/хв. (середнє значення для крокового двигуна).}$$

Тоді необхідна кількість зубів становить:

$$z_k = \frac{25000 \cdot 0.5}{0.06 \cdot 12.7 \cdot 450} = 36,45 \approx 36 \text{ зубів}$$

Наступним кроком є розрахунок мінімального діаметра колеса за формулою:

$$D_{min} = \frac{t_{в.к.}}{\sin \frac{180^\circ}{z_k}} \quad (1.11)$$

Мінімальний діаметр для необхідного рушія становить:

$$D_{min} = \frac{12,7}{\sin \frac{180^\circ}{36}} = 14,6 \text{ мм}$$

Далі розрахуємо діаметр і крок між колесами опираючись на структурну схему розміщення коліс гусеничного рушія (рис. 1.11). При цьому необхідно

врахувати що відстань між колесами повинна бути більшою за діаметр коліс, хоча б на 5%, це необхідно щоб колеса не контактували між собою[11].

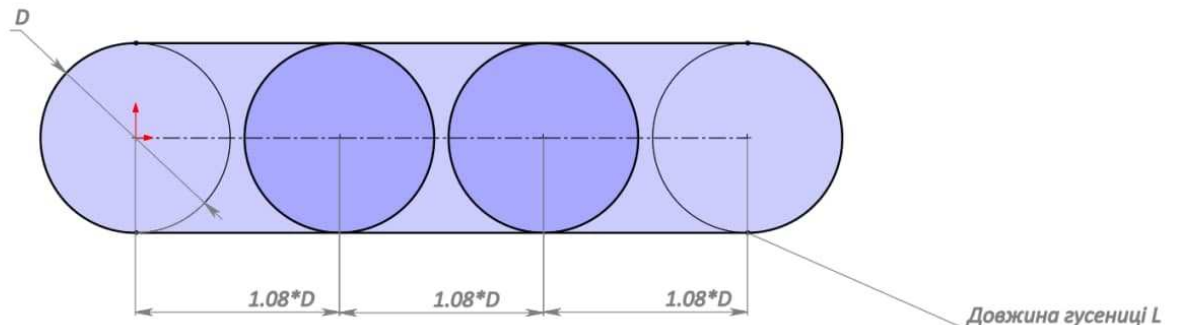


Рис. 1.11. Структурна схема розміщення коліс гусеничного рушія

Оскільки, відома довжина гусеничного полотна, що становить 1060.06 мм. (гусеничні були підібрані у відповідності до технічного завдання), та за формулою розрахунку периметра прорізі, тому що гусеничний рушій має схожу будову зовнішнього контуру, можна розрахувати діаметр коліс.

$$L = D + 2 \cdot 3 \cdot 1.08D = 7.48D \quad (1.12)$$

$$D = \frac{L}{7.48} = \frac{1060.06}{7.48} = 141.7 \text{ мм}$$

Тоді крок між колесами становить:

$$h = 1.08 \cdot D = 1.08 \cdot 141.7 = 152.4 \text{ мм}$$

1.7 Дослідження конструкції рами блоку шасі під дією навантаження

Вантажопідйомність є основною характеристикою будь-якого шасі та забезпечується за рахунок надійної конструкції рами, яка в свою чергу проектується з урахуванням правил теорії опору матеріалів. Також важливо щоб рама була стійкою до руйнувань під дією сил кручення. Спеціально для

проектування рами для блоку шасі, було застосовано основи науки опору матеріалів[12].

Для дослідження реакції конструкції рами блоку шасі до руйнувань під дією сил кручення та навантаження було використано модуль Simulation CAПР SolidWorks. Даний модуль дозволяє прискорити розробку будь-якого проекту за рахунок можливості перевірки виробу зімітувавши для нього реальні умови роботи. Це допомагає уникнути зайвих етапів по виготовленню проміжних прототипів[13].

Результати симуляцій порівнюємо із вхідними даними, що вказано в технічному завданні від автора ідеї. Згідно із технічним завданням: нормальне відхилення до руйнувань під дією сил кручення становить 0,4 мм.; нормальне відхилення до руйнувань під дією навантаження становить 0,9 мм.

Спочатку було проведено дослідження на стійкість до руйнувань під дією сил кручення. Початковий варіант конструкції рами, в якому пластина жорсткості має лише одне ребро жорсткості посередині, показав недостатні результати, які представлено на рис. 1.12. Червона зона має найбільше відхилення, що рівнонаправлено з прикладеною силою та становить 0,6 мм. Даний результат не задовільнив, тому було вирішено провести модернізацію конструкції та додати додаткові ребра жорсткості пластини.

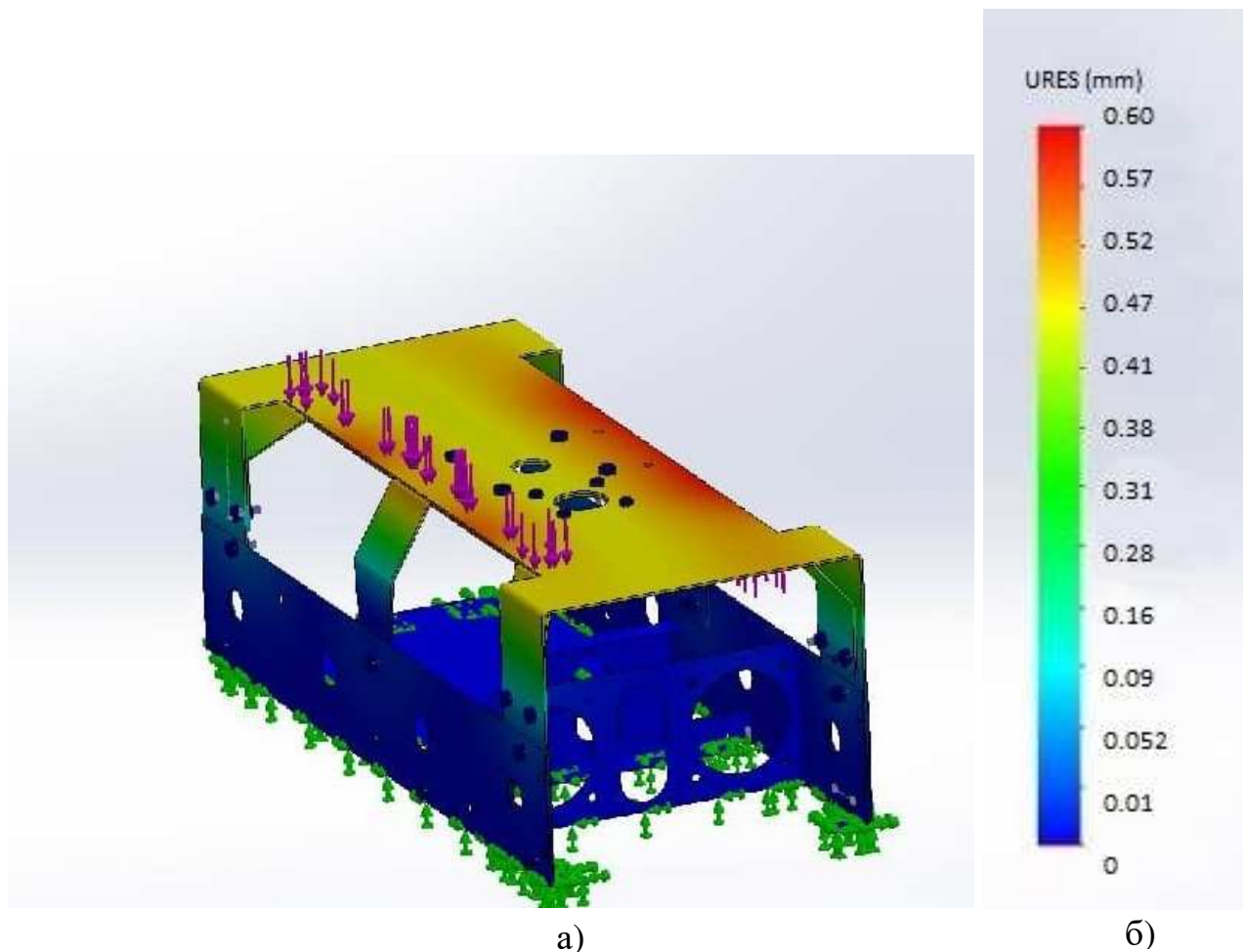


Рис. 1.12. Результати симуляції кручення першого варіанту конструкції рами блоку шасі: а) зональне представлення зміщення на тривимірній моделі; б) шкала навантажень зон

Результати симуляції другого варіанту конструкції рами блоку шасі представлено на рис. 1.13. В червоній зоні відхилення становить 0,3 мм., в оранжевій зоні (яка нас цікавить найбільше) дорівнює 0.27 мм. Даний результат є задовільним оскільки, дослідження проводилось при навантаженні, що перевищує робоче навантаження при експлуатації шасі.

Далі було проведено дослідження другого варіанту конструкції рами блоку шасі на реакцію до навантаження. Щоб зімітувати навантаження від маніпулятора необхідно задати силу не перпендикулярну до рами, а таку що діє з плечем, тобто рука маніпулятора розміщена в робочому положенні. Для пришвидшення розрахунків на ЕОМ було задано маніпулятор як стовп до якого

зверху прикладена сила вперед, або в сторону, тим самим зімітувавши нахил руки маніпулятора вперед та в сторону.

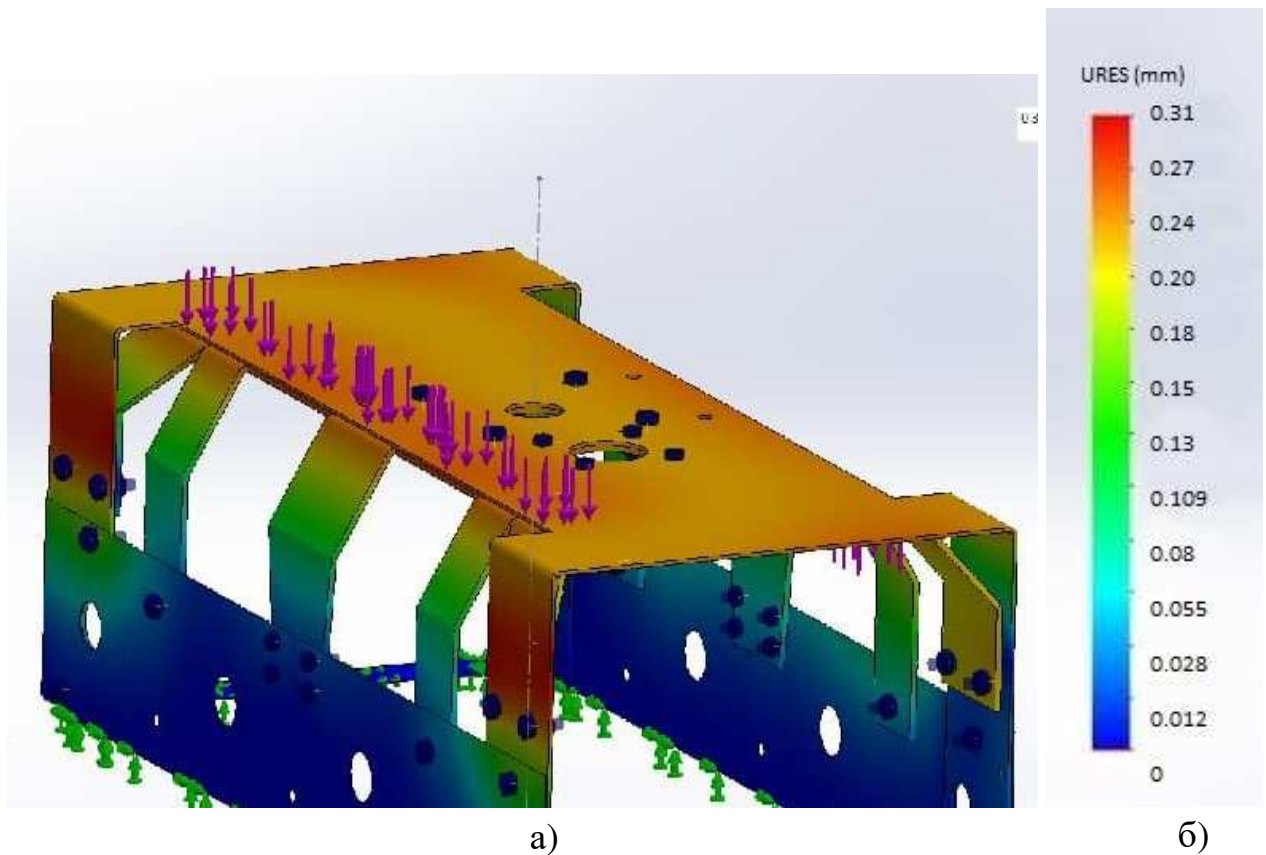


Рис. 1.13. Результати симуляції кручення другого (фінального) варіанту конструкції рами блоку шасі: а) зональне представлення зміщення на тривимірній моделі; б) шкала навантажень зон

На рисунку 1.14 представлено результат симуляції при силі, що напрямлена вперед. В блакитній зоні відхилення становить 0.5 мм. Результати симуляції при силі, що прикладено вбік зображено на рис. 1.15. В зеленій зоні відхилення становлять 0.8 мм. Результати є задовільними, тому було вирішено обрати даний варіант конструкції рами блоку шасі як фінальний.

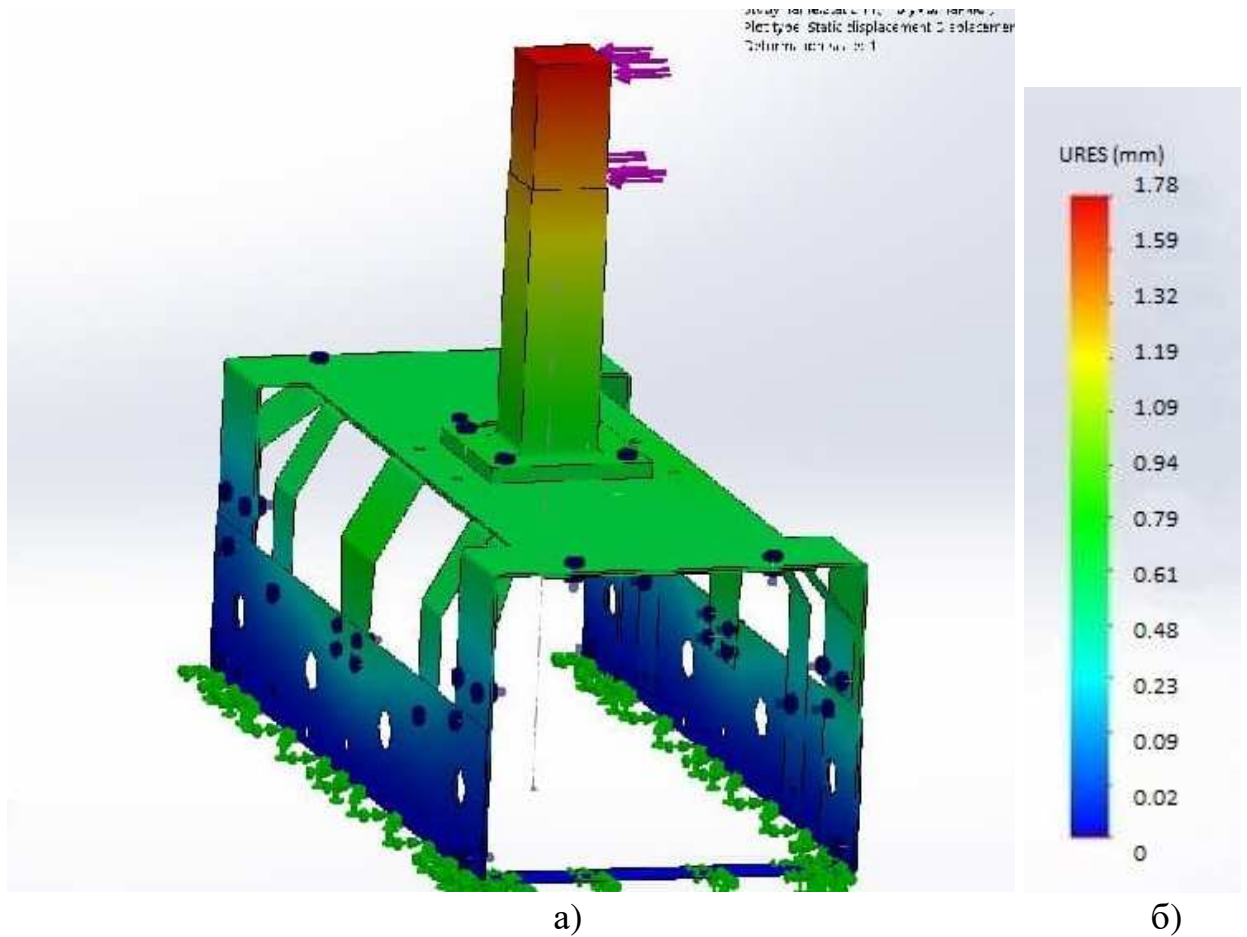


Рис. 1.15. . Результати симуляції реакції конструкції рами блоку шасі при силі, що напрямлена перпендикулярно до напрямку руху блоку шасі: а) зональне представлення зміщення на тривимірній моделі; б) шкала навантажень зон

Висновок до розділу. В даному розділі було проведено огляд типів шасі та в результаті аналізу, врахувавши усі позитивні та негативні властивості було обрано найбільш оптимальний тип конструкції. Також було спроектовано функціональну та кінематичну схеми блоку шасі та створено блок-схему алгоритму роботи. Виконано всі необхідні розрахунки, параметрів гусеничного рушія та ведучого колеса, а також, проведено дослідження конструкції рами блоку шасі до руйнувань під дією сил кручення та навантаження.

2. Технологічний розділ

2.1. Відпрацювання конструкції «Блоку шасі» на технологічність

Конструкція складальної одиниці або виробу вважається технологічною, якщо можна застосувати такий технологічний процес, що відбудеться в найкоротший час, використовуючи при цьому найпростіші, економічні та прогресивні технології. Технологічні вироби мають:

- малу собівартість та трудомісткість виготовлення;
- короткий цикл складання;
- високий рівень уніфікації та стандартизації;
- при виготовленні та складанні можна застосувати прогресивні та прості методи, що володіють високою продуктивністю, надійністю та точністю[14].

Для визначення коефіцієнтів технологічності «Блоку шасі» необхідно визначити кількість уніфікованих деталей, складальних одиниць (надалі СО) та операцій в технологічному процесі складання. Оскільки, «Блок шасі» містить в складі СО: «Ліва гусениця в складі» та «Права гусениця в складі», то спочатку необхідно визначити рівень їх уніфікації. Для цього необхідно розрахувати комплексний коефіцієнт уніфікації складальної одиниці та отримане значення порівняти з граничними.

Оскільки, складальна одиниця «Права гусениця в складі» містить складальну одиницю нижнього рівня «Натягувач правий в складі», то необхідно визначити спочатку рівень уніфікації «Натягувач правий в складі». Аналогічно, визначити рівень уніфікації для «Натягувач лівий в складі».

2.1.1. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Натягувач правий в складі»

Комплексний коефіцієнт уніфікації конструкції розраховується як середнє значення коефіцієнтів уніфікації конструкції, деталей, складальних одиниць, складальних операцій та коефіцієнта складеності конструкції.

Для зручного розрахунку було створено таблиці з переліком уніфікації деталей (табл. 2.1), складальних одиниць (табл. 2.2) та операцій (табл. 2.3).

Табл. 2.1. Перелік уніфікації деталей «Натягувач правий в складі»

№	Назва деталі	Кількість деталей	Уніфікація
1	Пластина передня	1	н/уніф
2	Пластина задня	1	н/уніф
3	Пластина проміжна 1	1	н/уніф
4	Пластина проміжна 2	1	н/уніф
5	Корпус підшипника	4	н/уніф
6	Гвинт М4х25	16	уніф
7	Шайба 4	16	уніф
8	Гайка М4	16	уніф
9	Гвинт М6х16	4	уніф
10	Шайба 6	4	уніф
11	Гайка М6	4	уніф

Табл. 2.2 . Перелік уніфікації СО «Натягувач правий в складі»

№	Назва складальної одиниці	Кількість	Уніфікація
1	Підшипник в складі	4	уніф

Табл. 2.3. Перелік уніфікації операцій «Натягувач правий в складі»

№	Назва операції	Уніфікація
1	Встановити	уніф
2	Загвинтити	уніф
3	Запресувати	уніф
4	Контроль	н/уніф

Коефіцієнт складності конструкції визначається за формулою 2.1:

$$K_{\text{скл}} = \frac{N}{n} \quad (2.1)$$

Де: N - кількість основних складальних одиниць; n - загальна кількість деталей конструкції.

Якщо: $K_{\text{скл}} < 0.2$ -технологічність низька;

$0.2 \leq K_{\text{скл}} \leq 0.4$ – технологічність задовільна;

$K_{\text{скл}} > 0.4$ – технологічність хороша.

$$K_{\text{скл}} = \frac{4}{68} = 0.06 \text{ – технологічність низька.}$$

Коефіцієнт уніфікації конструкції визначається за формулою 2.2:

$$K_y = \frac{N_y + n_y}{N + n} \quad (2.2)$$

Де: N_y - кількість уніфікованих складальних одиниць; n_y – кількість уніфікованих деталей конструкції.

Якщо: $K_y < 0.25$ - технологічність низька;

$0.25 \leq K_y \leq 0.5$ – технологічність задовільна;

$K_y > 0.5$ – технологічність хороша.

$$K_y = \frac{4 + 60}{4 + 68} = 0.89 \text{ – технологічність хороша.}$$

Коефіцієнт уніфікації складальних одиниць визначається за формулою 2.3:

$$K_{yN} = \frac{N_y}{N} \quad (2.3)$$

Якщо: $K_{yN} < 0.2$ - технологічність низька;

$0.2 \leq K_{yN} \leq 0.4$ – технологічність задовільна;

$K_{yN} > 0.4$ – технологічність хороша.

$$K_{yN} = \frac{4}{4} = 1 \text{ – технологічність хороша.}$$

Коефіцієнт уніфікації деталей визначається за формулою 2.4:

$$K_{yn} = \frac{n_y}{n} \quad (2.4)$$

Якщо: $K_{yn} < 0.3$ - технологічність низька;

$0.3 \leq K_{yn} \leq 0.6$ – технологічність задовільна;

$K_{yn} > 0.6$ – технологічність хороша.

$$K_{yn} = \frac{60}{68} = 0,88 \text{ – технологічність хороша.}$$

Коефіцієнт уніфікації складальних операцій визначається за формулою 2.5:

$$K_{mn} = \frac{Q_{mn}}{Q_n} \quad (2.5)$$

Де: Q_{mn} - кількість типових складальних технологічних операцій, що уніфіковані за даною галуззю приладобудування; Q_n – загальна кількість технологічних операцій необхідна для складання виробу.

Якщо: $Q_{mn} < 0.5$ - технологічність низька;

$0.5 \leq Q_{mn} \leq 0.7$ – технологічність задовільна;

$Q_{mn} > 0.7$ – технологічність хороша.

$$K_{mn} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ – технологічність задовільна.}$$

Тоді комплексний коефіцієнт уніфікації виробу розраховується за формулою 2.6:

$$K_{\Sigma} = \frac{K_{скл} + K_y + K_{yN} + K_{yn} + K_{mn}}{n} \quad (2.6)$$

Де: n – кількість коефіцієнтів.

Якщо: $K_{\Sigma} < 0.3$ - технологічність низька;

$0.3 \leq K_{\Sigma} \leq 0.5$ – технологічність задовільна;

$K_{\Sigma} > 0.5$ – технологічність хороша.

$$K_{\Sigma} = \frac{0.06 + 0.89 + 1 + 0.88 + 0.75}{5} = \frac{3,58}{5} \\ = 0.72 \text{ – технологічність хороша.}$$

Отже, складальна одиниця «Натягувач правий в складі» є уніфікованою згідно із розрахованим комплексним коефіцієнтом уніфікації.

2.1.2. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Натягувач лівий в складі»

Оскільки, СО «Натягувач лівий в складі» є дзеркальною СО «Натягувач правий в складі» та відрізняється лише двома деталями: «Пластина передня» та «Пластина задня», що є дзеркальними до аналогічних деталей СО «Натягувач правий в складі», то розрахунок комплексного коефіцієнта уніфікації є аналогічним.

Комплексний коефіцієнт уніфікації виробу для СО «Натягувач лівий в складі» становить:

$$K_{\Sigma} = 0.67$$

Отже, СО «Натягувач лівий в складі» є уніфікованою, аналогічно як СО «Натягувач правий в складі».

2.1.3. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Гусениці права в складі»

Перелік уніфікованих деталей представлено в таблиці 2.4, складальних одиниць в таблиці 2.5 та операцій необхідних для складання СО «Гусениця права в складі» в таблиці 2.6.

Табл. 2.4. Перелік уніфікації деталей СО «Гусениця права в складі»

№	Назва деталі	Кількість деталей	Уніфікація
1	Базова пластина	1	н/уніф
2	Корпус підшипника 1	1	н/уніф
3	Корпус підшипника 2	1	н/уніф
4	Головний вал	1	н/уніф
5	Корпус підшипника 3	2	н/уніф
6	Корпус підшипника 4	2	н/уніф
7	Вал	3	н/уніф
8	Корпус підшипника 5	1	н/уніф
9	Корпус підшипника 6	1	н/уніф
10	Втулка	4	Уніф
11	Колесо	4	н/уніф
12	Стопорне кільце	4	Уніф
13	Гвинт М4х30	16	Уніф
14	Шайба 4	16	Уніф
15	Гайка М4	16	Уніф
16	Гвинт М6х60	2	Уніф
17	Гайка М6	2	Уніф
18	Шайба 16	4	Уніф
19	Шайба 14	4	Уніф
20	Гайка М14	4	Уніф
21	Пас зубчастий Н 540	1	н/уніф

Табл. 2.5. Перелік уніфікації складальних одиниць «Гусениця права в складі»

№	Назва складальної одиниці	Кількість	Уніфікація
1	Натягувач правий в складі	1	уніф
2	Головний вал в складі	1	уніф
3	Вал в складі	2	уніф
4	Задній вал в складі	1	уніф

Табл. 2.6. Перелік уніфікації операцій «Гусениця права в складі»

№	Назва операції	Уніфікація
1	Встановити	уніф
2	Загвинтити	уніф
3	Запресувати	уніф
4	Надіти	уніф
5	Контроль	н/уніф

Підставивши значення в формулу 2.1 визначимо коефіцієнт складності конструкції для СО «Гусениця права в складі»:

$$K_{\text{скл}} = \frac{6}{90} = 0.07 \text{ – технологічність низька.}$$

Для визначення коефіцієнта уніфікації конструкції підставимо значення в формулу 2.2:

$$K_y = \frac{6 + 72}{6 + 90} = 0.81 \text{ – технологічність хороша.}$$

Коефіцієнт уніфікації складальних одиниць для СО «Гусениця права в складі» розраховуємо за формулою 2.3:

$$K_{yN} = \frac{6}{6} = 1 \text{ – технологічність хороша.}$$

Підставивши значення в формулу 2.4 визначимо коефіцієнт уніфікації деталей СО «Гусениця права в складі»:

$$K_{yn} = \frac{72}{90} = 0,8 - \text{технологічність хороша.}$$

Для визначення коефіцієнта уніфікації складальних операцій СО «Гусениця права в складі» підставимо значення в формулу 2.5:

$$K_{mn} = \frac{4}{5} = 0,8 - \text{технологічність хороша.}$$

Тоді комплексний коефіцієнт уніфікації СО «Гусениця права в складі» розраховуємо за формулою 2.6:

$$K_{\Sigma} = \frac{0.07 + 0.81 + 1 + 0.8 + 0.8}{5} = \frac{3,48}{5} = 0.7 - \text{технологічність хороша.}$$

Отже, СО «Гусениця права в складі» є уніфікованою згідно із комплексним коефіцієнтом уніфікації.

2.1.4. Визначення рівня уніфікації складальної одиниці «Гусениці ліва в складі»

Оскільки, СО «Гусениця ліва в складі» складається з однакової кількості деталей, СО та операцій необхідних для складання, відрізняється лише СО «Натягувач лівий в складі», що є дзеркальними до СО «Натягувач правий в складі», та має однаковий рівень уніфікації, то розрахунок комплексного коефіцієнта уніфікації є аналогічним до СО «Гусениця права в складі».

Комплексний коефіцієнт уніфікації виробу для СО «Гусениця ліва в складі» становить:

$$K_{\Sigma} = 0.7$$

Отже, СО «Гусениця ліва в складі» є уніфікованою, аналогічно як СО «Гусениця права в складі». Далі можна розрахувати технологічність СО «Блок шасі».

2.1.5. Відпрацювання на технологічність СО «Блок Шасі»

Перелік уніфікованих деталей представлено в таблиці 2.7, складальних одиниць в таблиці 2.8 та операцій необхідних для складання СО «Блок шасі» в таблиці 2.9.

Табл. 2.7. Перелік уніфікації деталей СО «Блок шасі»

№	Назва деталі	Кількість деталей	Уніфікація
1	Пластина нижня	1	н/уніф
2	Пластина верхня	1	н/уніф
3	Пластина передня	1	н/уніф
4	Пластина жорсткості	1	н/уніф
5	Прокладка	2	уніф
6	Зубчасте колесо велике	2	уніф
7	Зубчасте колесо мале	2	уніф
8	Пластина середня	1	н/уніф
9	Пластина задня	1	н/уніф
10	Захисний кожух 1	1	н/уніф
11	Захисний кожух 2	1	н/уніф
12	Захисний кожух 3	2	н/уніф
13	Основа для електроніки	1	н/уніф
14	Гвинт М6х25	4	уніф
15	Шайба 6	42	уніф
16	Гайка М6	42	уніф
17	Гвинт М6х16	22	уніф
18	Гвинт М5х15	8	уніф
19	Шайба 5	16	уніф

Продовження табл. 2.7.

20	Гайка М5	16	уніф
21	Гвинт М6х40	16	уніф
22	Гвинт М5х20	8	уніф
23	Гвинт установний М4х8	8	уніф
24	Шпонка 5х5х20	2	уніф
25	Втулка різьбова М4	12	уніф
26	Гвинт М4х35	8	уніф
27	Гвинт М4х20	2	уніф
28	Гвинт М4х6	8	уніф
29	Гвинт М4х10	5	уніф

Табл. 2.8. Перелік уніфікації складальних одиниць «Блок шасі»

№	Назва складальної одиниці	Кількість	Уніфікація
1	Гусениця права в складі	1	н/уніф
2	Гусениця ліва в складі	1	н/уніф
3	Кроковий двигун	2	уніф
4	Плата керування в складі	1	н/уніф
5	Драйвер крокового двигуна	2	н/уніф
6	Вентилятор в складі	2	уніф
7	Блок живлення	1	уніф

Табл. 2.9. Перелік уніфікації операцій СО «Блок шасі»

№	Назва операції	Уніфікація
1	Встановити	уніф
2	Загвинтити	уніф
3	Паяти	уніф
4	Контроль	н/уніф

Підставивши значення в формулу 2.1 визначимо коефіцієнт складності конструкції для СО «Блок шасі»:

$$K_{\text{скл}} = \frac{10}{236} = 0.04 \text{ – технологічність низька.}$$

Для визначення коефіцієнта уніфікації конструкції підставимо значення в формулу 2.2:

$$K_y = \frac{5 + 225}{10 + 236} = 0.93 \text{ – технологічність хороша.}$$

Коефіцієнт уніфікації складальних одиниць для СО «Блок шасі» розраховуємо за формулою 2.3:

$$K_{yN} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ – технологічність хороша.}$$

Підставивши значення в формулу 2.4 визначимо коефіцієнт уніфікації деталей СО «Блок шасі»:

$$K_{yn} = \frac{225}{236} = 0,95 \text{ – технологічність хороша.}$$

Для визначення коефіцієнта уніфікації складальних операцій СО «Блок шасі» підставимо значення в формулу 2.5:

$$K_{mn} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ – технологічність хороша.}$$

Тоді комплексний коефіцієнт уніфікації СО «Блок шасі» розраховуємо за формулою 2.6:

$$\begin{aligned} K_{\Sigma} &= \frac{0.04 + 0.93 + 0,5 + 0.95 + 0.75}{5} = \frac{3,17}{5} \\ &= 0.63 \text{ – технологічність хороша.} \end{aligned}$$

Отже, результати розрахунків свідчать про хорошу технологічність «Блок шасі».

2.2. Визначення геометричної точності складання СО «Блок шасі»

Забезпечення геометричної (розмірної) взаємозамінності є типовим завданням при складанні механічних ланцюгів механізмів, що базується на розрахунку розмірних ланцюгів [15].

Розмірний ланцюг (надалі РЛ) – це сукупність або скінченна множина розташованих за замкнутим контуром в певній послідовності розмірів, що координують взаємне розміщення осей або поверхонь однієї або кількох деталей [16].

На рисунку 2.1 схематично зображено розмірний ланцюг розміщення підшипника на валу. Визначимо ланки, які характеризують взаємне розміщення елементів (характеристики ланок приведено в табл. 2.1), та спроектуємо лінійну схему (рис. 2.2) для визначення розмірної точності складання.

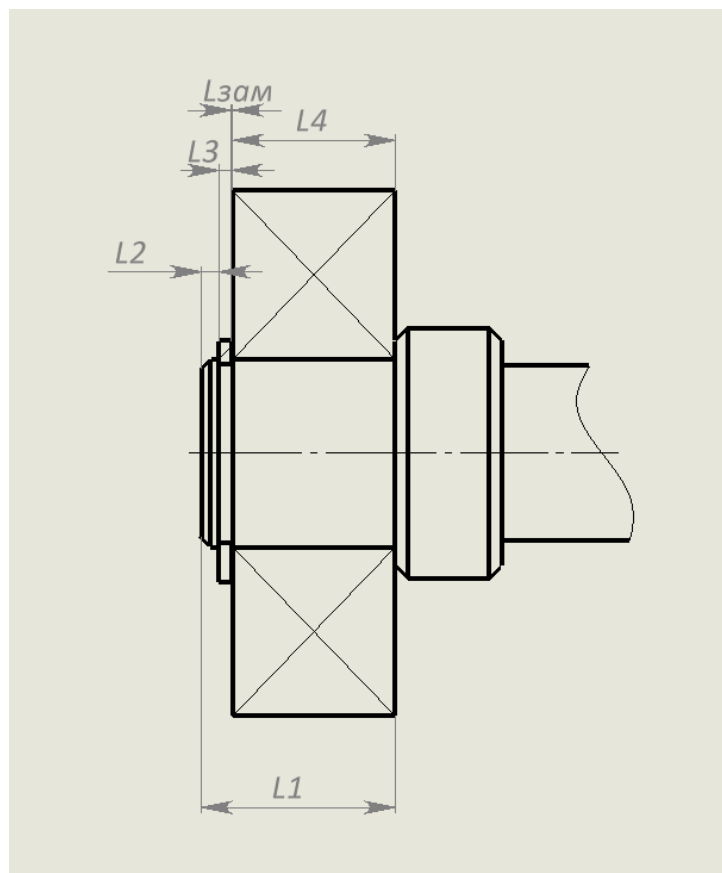


Рис. 2.1. РЛ підшипника на валу

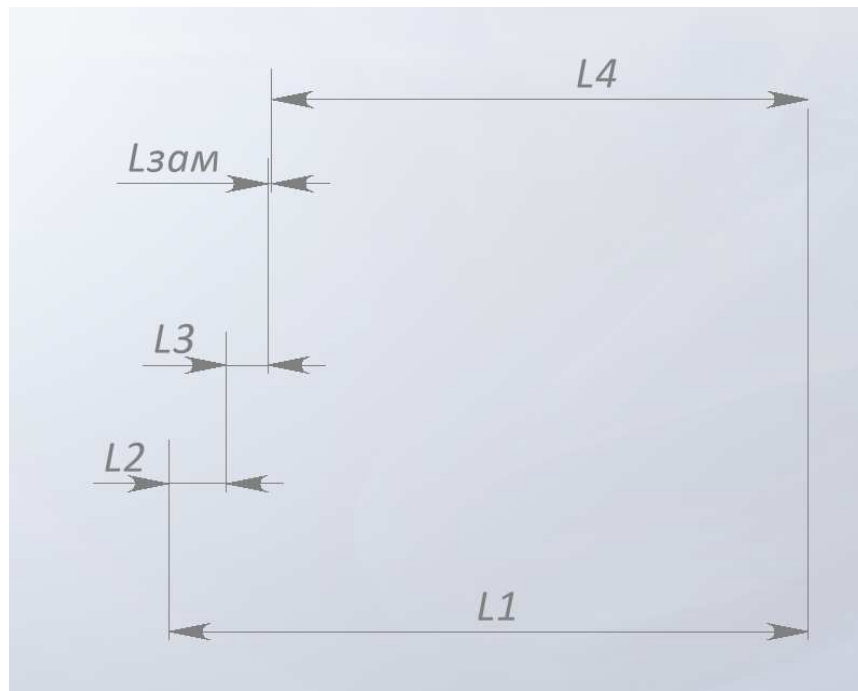


Рис. 2.2 Лінійна схема розмірного ланцюга

Табл. 2.10. Характеристика ланок розмірного ланцюга

Розмір	Номінальне значення	Допуск	Тип ланки
L1	16,5 мм	0,11 мм	Збільшуюча
L2	1,4 мм	0,02 мм	Зменшуюча
L3	1 мм	0,01 мм	Зменшуюча
L4	13 мм	0,05 мм	Зменшуюча

Збільшуючими ланками називаються ті ланки в разі збільшення яких розмір замикаючої ланки збільшується. Якщо розмір замикаючої ланки зменшується тоді ланку називають зменшуючою.

Номінальне значення замикаючої ланки визначаємо за формулою 2.7:

$$A_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб}} - \sum_{j=1}^q A_{j \text{ зм}} \quad (2.7)$$

$$A_{\text{зам}} = 16,5 - (1,4 + 1 + 13) = 1,1 \text{ мм}$$

Координатний метод розрахунку замикаючої ланки

Допуск замикаючої ланки визначаємо як сума допусків всіх складових ланок (формула 2.8):

$$\delta_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^{m-1} |\delta_i| \quad (2.8)$$

$$\delta_{\text{зам}} = 0,11 + 0,02 + 0,01 + 0,05 = 0,19 \text{ мм}$$

Потім необхідно визначити його розміщення відносно нульової лінії номінального розміру $L_{\text{зам}}$. Воно визначається координатами верхнього та нижнього відхилення допуску. Верхнє відхилення (надалі ВВ) та нижнє відхилення (надалі НВ) розраховується по формулах 2.9 та 2.10 відповідно:

$$\text{ВВ}_{\text{зам}} = K_{\text{зам}} + 0,5 \cdot \delta_{\text{зам}} \quad (2.9)$$

$$\text{НВ}_{\text{зам}} = K_{\text{зам}} - 0,5 \cdot \delta_{\text{зам}} \quad (2.10)$$

Де $K_{\text{зам}}$ – координата середини допуску замикаючої ланки, що розраховується за формулою 2.11:

$$K_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^n K_{i \text{ зб}} + \sum_{j=1}^m K_{j \text{ зм}} \quad (2.11)$$

Підставивши відповідні значення отримаємо:

$$K_{\text{зам}} = 0 - (0 + 0 + 0) = 0$$

$$\text{ВВ}_{\text{зам}} = 0 + 0,5 \cdot 0,19 = +0,095 \text{ мм}$$

$$\text{НВ}_{\text{зам}} = 0 - 0,5 \cdot 0,19 = -0,095 \text{ мм}$$

$$L_{\text{зам}} = 1,1_{-0,095}^{+0,095} \text{ мм}$$

Екстремальний метод з урахуванням номіналів

Для початку необхідно визначити максимальне та мінімальне значення замикаючої ланки за формулами 2.12 та 2.13 відповідно:

$$A_{\text{зам}}^{\text{max}} = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб}}^{\text{max}} - \sum_{j=1}^m A_{j \text{ зм}}^{\text{min}} \quad (2.12)$$

$$A_{\text{зам}}^{\text{min}} = \sum_{i=1}^n A_{i \text{ зб}}^{\text{min}} - \sum_{j=1}^m A_{j \text{ зм}}^{\text{max}} \quad (2.13)$$

$$A_{\text{зам}}^{\text{max}} = 16,555 - (1,39 + 1 + 12,98) = 1,195 \text{ мм}$$

$$A_{\text{зам}}^{\text{min}} = 16,445 - (1,41 + 1,005 + 13,025) = -1,005 \text{ мм}$$

Далі розраховуємо верхнє та нижнє відхилення за формулами 2.14 та 2.15 відповідно:

$$ВВ_{\text{зам}} = A_{\text{зам}}^{\text{max}} - A_{\text{зам}} \quad (2.14)$$

$$НВ_{\text{зам}} = A_{\text{зам}}^{\text{min}} - A_{\text{зам}} \quad (2.15)$$

$$ВВ_{\text{зам}} = 1,195 - 1,1 = 0,095 \text{ мм}$$

$$НВ_{\text{зам}} = -1,005 - 1,1 = -0,095 \text{ мм}$$

$$L_{\text{зам}} = 1,1_{-0,095}^{+0,095} \text{ мм}$$

Екстремальний безномінальний метод

Верхнє та нижнє відхилення розраховується за формулами 2.16 та 2.17 відповідно:

$$ВВ_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^n ВВ_{i \text{ зб}} - \sum_{j=1}^q НВ_{j \text{ зм}} \quad (2.16)$$

$$HB_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^n HB_{i \text{ зб}} - \sum_{j=1}^q BB_{j \text{ зм}} \quad (2.17)$$

$$BB_{\text{зам}} = +0,055 - (-0,01 - 0,005 - 0,025) = +0,095 \text{ мм}$$

$$HB_{\text{зам}} = -0,055 - (0,01 + 0,005 + 0,025) = -0,095 \text{ мм}$$

$$L_{\text{зам}} = 1,1_{-0,095}^{+0,095} \text{ мм}$$

Оскільки, результати розрахунків замикаючої ланки координатним методом, екстремальним методом з врахуванням номіналів та екстремальним безномінальним методом збігаються, то поставлена задача вирішена та розрахунки було проведено правильно.

2.3. Розробка технологічного процесу складання блоку шасі

2.3.1. Проектування структурної схеми складання «Блок шасі»

Для більшої зручності та зрозумілості було виокремлено три основні складальні одиниці в блоці шасі та для них спроектовано окремі схеми ступенів складання (надалі ССС): «Блок шасі. ССС» (ДП.ПБ7103.1702.006 СХ, Додаток А), «Гусениця права в складі. ССС» (ДП.ПБ7103.1702.008 СХ, Додаток А) та «Натягувач правий в складі. ССС» (ДП.ПБ7103.1702.010 СХ, Додаток А). Дані схеми наочно відображають всі елементарні складові та деталі конструкції[17].

Блок шасі складається із чотирьох складальних одиниць, що складаються із деталей другого та третього рівнів. В загальному блок шасі складається із 236 деталей та 2 незалежних складальних одиниць.

Складовими третього рівня є:

- пластина верхня (поз. 4) 1 шт.;
- пластина жорсткості (поз. 6) 1 шт.;
- пластина нижня (поз. 3) 1 шт.;
- пластина передня (поз. 5) 1 шт.;
- прокладка (поз. 7) 2 шт.;

- пластина середня (поз. 11) 1 шт.;
- зубчасте колесо велике (поз. 8) 2 шт.;
- зубчасте колесо мале (поз. 9) 2 шт.;
- захисний кожух 1 (поз. 12) 1 шт.;
- захисний кожух 2 (поз. 13) 1 шт.;
- стандартні вироби: гвинт М6х16 (поз. 19) 24 шт.; гвинт М6х40 (поз. 23) 16 шт.; гвинт М5х15 (поз. 20) 8 шт.; гвинт М6х25 (поз. 16) 6 шт.; шайба діаметром 6 (поз. 17) 47 шт.; шайба діаметром 5 (поз. 21) 16 шт.; гайка М6 (поз. 18) 47 шт.; гайка М5 (поз. 22) 16 шт.; шпонка (поз. 26) 2 шт.; установний гвинт (поз. 25) 8 шт.; гвинт М4х20 (поз. 29) 4 шт.

Складові другого рівня:

- кроковий двигун (поз. 23) 2 шт.;
- блок живлення (поз. 34) 1 шт.

Перший рівень:

- Гусениця права в складі (поз. А1);
- Гусениця ліва в складі (поз. А2);
- Плата керування в складі (поз. А3) 2 шт.: основа для електроніки (поз. 15) 1шт.; плата керування (поз. 36) 1 шт.; драйвер крокового двигуна (поз. 35) 2 шт.; гвинт М4х6 (поз. 31) 4 шт.;
- Вентилятор в складі (поз. А4) 2 шт.: захисний кожух 3 (поз. 14) 2 шт.; втулка різьбова (поз. 27) 12 шт.; вентилятор (поз. 33) 2 шт.; гвинт М4х35 (поз. 28) 8 шт.

Гусениця права в складі складається із 4 складальних одиниць та 90 деталей.

Другий рівень складає:

- основна пластина (поз. 2) 1 шт.;
- втулка (поз. 11) 4 шт.;
- колесо (поз. 12) 4 шт.;
- пас зубчастий (поз. 23) 1 шт.;

- стандартні вироби: гвинт М4х30 (поз. 15) 16 шт.; шайба діаметром 4 (поз. 16) 16 шт.; гайка М4 (поз. 17) 16 шт.; гвинт М6х60 (поз. 18) 2 шт.; гайка М6 (поз. 19) 2 шт.; шайба діаметром 16 (поз. 20) 4 шт.; шайба діаметром 16 (поз. 21) 4 шт.; гайка М14 (поз. 22) 4 шт.

Перший рівень складає:

- Головний вал в складі (поз. Б1) 1шт.: головний вал (поз. 5) 1шт.; підшипник (поз. 13) 1 шт.; корпус підшипника 1 (поз. 3) 1 шт.; корпус підшипника 2 (поз. 4) 1 шт.; стопорне кільце (поз. 14) 1 шт.;

- Вал в складі (поз. Б2) 2шт.: вал (поз. 8) 2шт.; підшипник (поз. 13) 2 шт.; корпус підшипника 3 (поз. 6) 2 шт.; корпус підшипника 4 (поз. 7) 2 шт.; стопорне кільце (поз. 14) 2 шт.;

- Вал задній в складі (поз. Б3) 1шт.: вал (поз. 8) 1шт.; підшипник (поз. 13) 1 шт.; корпус підшипника 5 (поз. 9) 1 шт.; корпус підшипника 6 (поз. 10) 1 шт.; стопорне кільце (поз. 14) 1 шт.;

- Натягувач правий в складі (поз. Б4).

СО «Гусениця ліва в складі» має аналогічну структурну схему складання, як і СО «Гусениця права в складі», тому її розробка не була доцільною.

Натягувач правий в складі містить 1 складальну одиницю та 68 деталей.

Другий рівень складає:

- пластина передня (поз. 1) 1 шт.;
- пластина проміжна 2 (поз. 4) 1 шт.;
- пластина задня (поз. 2) 1 шт.;
- пластина проміжна 1 (поз. 3) 1 шт.;
- стандартні вироби: гвинт М6х16 (поз. 10) 4 шт.; гвинт М4х25 (поз. 7) 16 шт.; шайба діаметром 6 (поз. 11) 4 шт.; шайба діаметром 4 (поз. 8) 16 шт.; гайка М6 (поз. 12) 4 шт.; гайка М4 (поз. 9) 16 шт.

На першому рівні лише СО підшипник в складі (поз. В1) 4 шт.: корпус підшипника (поз. 5) 4 шт.; підшипник (поз. 6) 4 шт.

СО «Натягувач лівий в складі» має аналогічну ССС, як і СО «Натягувач правий в складі», тому її розробка не була доцільною.

Оскільки, структурна схема не в повній мірі відображає весь процес складання, то було спроектовано технологічну схему складання блоку шасі.

2.3.2 Проектування технологічної схеми складання «Блок шасі»

Під час виконання дипломного проекту було спроектовано технологічну схему складання СО «Блок шасі» (ДП.ПБ7103.1702.007СХ, Додаток А). Оскільки, СО «Блок шасі» містить складальні одиниці нижнього рівня: «Гусениця права в складі» та «Гусениця ліва в складі», то було спроектовано технологічну схему складання для СО «Гусениця права в складі» (ДП.ПБ7103.1702.009СХ, Додаток А). СО «Гусениця ліва в складі» має аналогічний процес складання, то проектування технологічної схеми складання для неї не є доцільним. Також було спроектовано технологічну схему складання для складальної одиниці ще нижчого рівня «Натягувач правий в складі» (ДП.ПБ7103.1702.0011СХ, Додаток А).

На спроектованих схемах добре видно весь процес складання. Процес складання розпочинається із складання СО «Натягувач правий в складі». На пластину передню поз. 1 встановлюються «пластина задня» поз. 2 та «пластина проміжна 2» поз. 4. За допомогою двох гвинтів М6х16, шайб та гайок М6, відповідно поз. 10, 11 та 12, фіксується взаємне положення пластин між собою. Далі встановлюється «пластина проміжна 1» поз. 3 та фіксується за допомогою двох гвинтів М6х16, шайб та гайок М6, відповідно поз. 10, 11 та 12. Далі складаються чотири комплекти підшипників в корпусі: в корпус підшипника поз. 5 запресовується підшипник моделі 6302 поз. 6. Підшипники в корпусах встановлюються на пластини та фіксуються за допомогою шістнадцяти гвинтів М4х25, шайб та гайок, відповідно поз. 7, 8 та 9. Відбувається контроль усіх гвинтових з'єднань. Процес складання СО «Натягувач правий в складі» завершено. Процес складання СО «Натягувач лівий в складі» є аналогічним, тому проектування технологічної схеми складання для нього не є доцільним.

Наступним етапом є складання СО «Гусениця права в складі». Спочатку необхідно підготувати складальні одиниці валів. Головний вал в складі: на головний вал поз. 5 запресовується підшипник поз. 13, із двох сторін підшипник запресовується в «корпус підшипника 1» та «корпус підшипника 2», відповідно поз. 3 та 4, та фіксується на валу за допомогою стопорного кільця поз. 14. Вал в складі: на вал поз. 8 запресовується підшипник поз. 13, із двох сторін підшипник запресовується в «корпус підшипника 3» та «корпус підшипника 4», відповідно поз. 6 та 7, та фіксується на валу за допомогою стопорного кільця поз. 14. Таких комплектів необхідно скласти два. Вал задній в складі: на вал поз. 8 запресовується підшипник поз. 13, із двох сторін підшипник запресовується в «корпус підшипника 5» та «корпус підшипника 6», відповідно поз. 9 та 10, та фіксується на валу за допомогою стопорного кільця поз. 14.

На базову пластину поз. 2 по черзі встановлюються головний вал в складі, два комплекти валу в складі та вал-задній в складі, дані СО фіксуються за допомогою гвинтів М4х30, шайб та гайок М4, відповідно поз. 15, 16 та 17. Дві гайки поз. 19 встановлюються в паз утворений «корпус підшипника 5» та «корпус підшипника 6» та загвинчується два гвинта М6х60 поз. 18, вони необхідні для регулювання натягу гусеничного полотна. На кожний вал надягається по черзі втулка поз. 11, колесо поз. 12 та шайба поз. 20. Далі надягається пас зубчастий поз. 23. Встановлюється СО «Натягувач правий в складі» поз. А1 та фіксується до кожного валу за допомогою шайби поз. 21 та гайки поз. 22. Далі виконується процес натягування зубчастого пасу, після чого відбувається сильніше затягування та контроль усіх гвинтових кріплень. Далі СО «Гусениця права в складі» контролюється та випробовується на силу натягу гусеничного полотна та зісковзування при русі полотна з коліс.

СО «Гусениця ліва в складі» складається аналогічним шляхом, але відрізняється лише використанням СО «Натягувач лівий в складі» замість СО «Натягувач правий в складі».

Процес складання СО «Блок шасі» розпочинається із формування рами. На пластину верхню поз. 4 встановлюється пластина жорсткості поз. 6 та фіксується за допомогою гвинтового з'єднання, що складається із восьми гвинтів М6х16, шайб та гайок, відповідно поз. 19, 17 та 18. Далі встановлюється пластина нижня поз. 3 та фіксується за допомогою восьми гвинтів М5х15, шайб та гайок, відповідно поз. 20, 21 та 22. Потім необхідно встановити пластину передню поз. 5 та зафіксувати її положення за допомогою шести гвинтів М6х16, шайб та гайок, відповідно поз. 19, 17 та 18.

Із правої сторони рами встановлюється СО «Гусениця права в складі» та прокладка поз. 7. Надійно закріплюється за допомогою семи гвинтів М6х40, двох гвинтів М6х25, дев'яти шайб та гайок, відповідно поз. 23, 16, 17 та 18. Із лівої сторони аналогічним чином встановлюється СО «Гусениця ліва в складі» із прокладкою поз. 7, та фіксується сімома гвинтами М6х40 поз. 23, двома гвинтами М6х25 поз. 16, дев'ятьма шайбами поз. 17 та гайками поз. 18.

Наступним етапом є встановлення двох крокових двигунів поз. 32 за допомогою гвинтового з'єднання, що складається з гвинтів М5х20, шайб та гайок, відповідно поз. 24, 21 та 22. Для додаткової фіксації двигунів встановлюється середня пластина поз. 10 та закріплюється до бокових стінок за допомогою гвинтів М6х16 поз. 19, шайб поз. 17 та гайок поз. 18. Для фінального забезпечення жорсткості рамі встановлюємо пластину задню поз. 11 та фіксуємо за допомогою двох гвинтів М6х40, гвинтів М6х25, шайб та гайок, відповідно поз. 23, 16, 17 та 18.

На вали гусеничних блоків встановлюємо по одному великому зубчастому колесі поз. 8. На вали крокових двигунів встановлюємо мале зубчасте колесо поз. 9 із шпонкою поз. 26. Проводимо регулювання зачеплення зубчастої передачі та фіксуємо положення зубчастих коліс за допомогою установчих гвинтів поз. 25.

Процес складання механіки СО «Блок шасі» завершено. Переходимо до встановлення та підключення електроніки. Встановлюємо на пластину задню поз. 11 блок живлення поз. 34 та пригвинчуємо чотирма гвинтами М4х6 поз.

30. Далі необхідно встановити плату керування поз. 36 на основу для електроніки поз. 15. Встановити два драйвери крокових двигунів поз. 35 та зафіксувати за допомогою гвинтів М4х6 поз. 31. Під'єднати дроти драйверу до виходів плати керування. Основу із платою керування та драйвера встановити на раму шасі та зафіксувати положення за допомогою гвинтів М4х10 поз. 31. Перед початком монтажу захисного кожуха необхідно під'єднати виходи драйверів до входів крокових двигунів та підключити плату керування до блоку живлення.

Для приведення СО «Блок шасі» до презентабельного вигляду встановлюємо дві частини захисного кожуху поз. 12 та 13, фіксуючи до рами за допомогою гвинтового з'єднання, що складається із гвинтів М6х16 поз. 19, шайб поз. 17 та гайок поз. 18. За допомогою паяльника впаюємо різьбові втулки поз. 27 в захисний кожух вентилятора поз. 14. Після охолодження втулок, встановлюємо вентилятор поз. 33 та пригвинчуємо його гвинтами М4х35 поз. 28. Закриваємо технологічні отвори спереду та ззаду вентиляторами на кожухах, але перед встановленням необхідно під'єднати входи вентиляторів до плати керування. Фіксуємо за допомогою гвинтів М4х20 поз. 29 захисні кожухи з вентиляторами.

Процес складання СО «Блок шасі» завершено. Далі проводиться контроль та випробування.

2.3.3. Вибір та обґрунтування обладнання та інструменту

До вибору обладнання та інструменту необхідно відповідально віднестись, оскільки, від правильності вибору залежить технічні, якісні та економічні показники спроектованих технологічних процесів складання СО «Блок шасі».

Обладнання та інструмент обирався універсальним, оскільки, тип виробництва одиничний, тому використовувати спеціальне складальне обладнання та інструмент не є доцільним. Інструмент повинен бути вдало

підібраний по розмірам, відповідно до розмірів компонентів та деталей конструкції блоку шасі.

Для виконання процесу складання блоку шасі необхідне наступне обладнання:

- стелаж для зберігання деталей та складальних одиниць;
- стелаж для зберігання інструментів;
- стіл для складання;
- ручний прес;
- паяльник;
- стелаж для зберігання готового виробу.

Щоб скласти блок шасі необхідний наступний інструмент:

- набір викруток ISO 2380-1:2004;
- набір гайкових ключів ISO 3318:2016;
- набір торцевих головок ISO 2725-1:2017;
- набір шестигранників ISO 2936:2014;
- плоскогубці ISO 5746:2004;
- знімач стопорних кілець DIN 5254 B;
- молоток DIN 1041.

2.3.4 Розроблення маршрутної та операційної технології складання блоку шасі

Надійність та довговічність виробу залежить від якості складання. Щоб забезпечити відповідну якість складання, необхідно технологічний процес складання розробляти дуже ретельно, щоб він містив детальну інформацію про операції та послідовність їх виконання[18].

Базуючись на технологічні схеми складання було розроблено маршрут складання блоку шасі. Маршрут складання блоку шасі складається з наступних операцій:

005 Комплектувальна

010 Підготовча

015 Складальна

020 Складальна

025 Складальна

030 Складальна

035 Складальна

040 Складальна

045 Складальна

050 Складальна

055 Контроль

060 Складальна

065 Складальна

070 Складання

075 Контроль

080 Випробування

В картах технологічного процесу ДП.ПБ7103.1702.012 (Додаток Б) описано детальний процес складання.

2.4 Проектування пристосування для контролю блоку шасі

Під час складання блоку шасі важливо правильно натягнути гусеничне полотно оскільки, при слабкому натягу полотна може відбутися просковзування коліс, що призведе до зменшення точності руху шасі. Також при поворотах шасі гусеничне полотно буде злізати з коліс, це призведе до зупинки процесу друку, для виконання технічного обслуговування, тобто встановлення полотна на місце.

Тому, після складання СО «Гусениця права в складі» та «Гусениця ліва в складі» необхідно виконати міжопераційний контроль. Важливо контролювати натяг гусеничного полотна посеред процесу складання, тому що у разі невідповідності необхідним значенням можна буде відрегулювати краще за короткий проміжок часу. Якщо контролювати силу натягу після завершення

складання, то необхідно буде частину блоку шасі розібрати, відрегулювати, а потім знову зібрати.

Для контролю сили натягу гусениці в дипломному проекті було спроектовано контрольне пристосування ДП.ПБ7103.1702.013 СК (Додаток А). Контрольне пристосування складається з: пластини поз. 1 нахилена до горизонту під кутом 60° , для зручності контролю. В пластину запресовані пальці поз. 2 і 3, на яких базується СО «Гусениця права в складі» або «Гусениця ліва в складі». Вимірювальну частина рухається по направляючих поз. 10, це дозволяє проводити контроль різноманітних конфігурацій гусеничних стрічок як вузьких, так і широких. Необхідно розмістити вимірювальну частину посередині гусеничного полотна. Далі загвинчуємо гвинт поз. 9 до упору. Результат сили натягу можна побачити на шкалі. Якщо результат знаходиться між «min» та «max» поділками, то сила натягу гусениці є задовільною та можна продовжувати процес складання далі. У разі розміщення результату нижче поділки «min», то необхідно об'єкт дослідження зняти з контрольного пристосування, виконати повторне натягування полотна та потім повторно виконати процедуру контролю.

Поділка «min» на шкалі вимірювальної частини відповідає значенню сили натягу 250 Н, поділка «max» 300 Н. Дані значення вибрано згідно із технічними характеристиками пасу зубчастого: сила натягу для першого встановлення пасу має становити 300 Н, а сила натягу для ременя після усадки 250 Н[19].

Після проведення даного контролю можна бути впевненим, що працездатність всього блоку шасі є найвищою.

Висновки технологічно розділу. Під час виконання технологічного розділу було розраховано технологічність блоку шасі, та його основних компонентів: СО «Гусениця права в складі», СО «Гусениця ліва в складі», СО «Натягувач правий в складі» та СО «Натягувач лівий в складі», розраховано геометричну точність складання, спроектовано структурні та технологічні схеми складання «Блоку шасі», СО «Гусениця права в складі» та СО «Натягувач правий в складі», обрано необхідний інструмент та обладнання, розроблено технологічні карти складання та спроектовано контрольне пристосування для вимірювання сили натягу гусеничної стрічки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Даний дипломний проект бакалавра присвячений розробці блоку шасі будівельного 3D принтеру. Під час виконання дипломного проекту було проведено аналіз усіх відомих технічних рішень конструкції шасі, що використовуються в робототехніці, розглянуто всі переваги та недоліки їх та в підсумку обрано тип шасі для будівельного 3D принтеру. Першим етапом при проектуванні шасі була розробка функціональної схеми блоку шасі, в якій представлено зв'язок усіх електронних компонентів.

Наступним етапом була розробка кінематичної схеми руху шасі, а також розрахунок координати переміщення блоку шасі за допомогою системи рівнянь, які будуть в перспективі використовуватись для створення коду керування будівельним 3D принтером.

Було розроблено алгоритм роботи блоку шасі, що є під алгоритмом загального алгоритму роботи всього будівельного 3D принтеру. Виконано розрахунок параметрів гусеничного рушія та ведучого колеса для нього.

Блок шасі було розраховано на технологічність в результаті отримано добрий комплексний коефіцієнт 0,63. Також було вирішено питання забезпечення геометричної точності складання за трьома методами, результати які збіглися, що виключає помилку в розрахунках.

Під час проектування технологічного процесу складання блоку шасі було розроблено технологічні та структурні схеми, маршрутну та операційну карти, обрано обладнання та інструмент. Було спроектовано контрольне пристосування для контролю сили натягу гусеничних стрічок та обґрунтовано доцільність даного контролю під час складання.

В подальшому даний прототип 3D принтеру, та безпосередньо блок шасі, буде випробувано, а матеріали проектування та дослідження та презентація ідеї буде представлено потенційним інвесторам, а також згодом, буде покладено в основу проектування повноцінного будівельного 3D принтеру, з урахуванням усіх недоліків, що виникали при розробці прототипу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Haidai V.A., Stelmakh N.V. «Selection of elementary base to provide technical characteristics of building robot», 14-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения», Минск, 2021, с. 79.
2. Кубіч В. І. Особливості конструкції всюдихідних комбінованих колісних рушіїв : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 195 с.
3. В.А. Гайдай «Вибір та обґрунтування елементної бази з гусеничним рушієм для 3Д принтеру», XIV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», Київ, 2021, с. 143-146.
4. Olaf Diegel, Aparna Badve, Glen Bright, Johan Potgieter, Sylvester Tlale. “Improved mecanum wheel design for omni-directional robots”, Australasian conference on robotics and automation, Auckland, 27-29 November 2002.
5. Мастенко, І. В. Аналіз методів топологічної оптимізації при проектуванні елементів приладів / І. В. Мастенко, Н. В. Стельмах // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна: збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 109-111.
6. Румбешта В.О., Стельмах Н.В. Прийняття рішень в автоматизованій системі технологічної підготовки приладобудівного виробництва на базі дискретної оптимізації // Наук. вісн. Кремен. ун-ту економіки, інформ. технол. і управ. Нові технології. — 2009. — № 1 (23). — С. 189—191.
7. С.В. Павлюченко, А.Н. Попов, Н.Е. Пуленец, Ал.Н. Тимофеев Схемы технологических машин. правила выполнения и синтез кинематических, пневматических, гидравлических и электрических схем. Учебное пособие. СПб.: Издательство политехнического университета, 2013.

8. С.О. Волосніков. Вирішення математичної моделі руху гусеничної платформи за різних керуючих впливів. Автомобильный транспорт, вып. 40, 2017. Ст. 94.

9. Парфенов А.П., Щетинин Ю.С. Тяговый расчет гусеничной транспортнотяговой машины. Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине “Теория колесных и гусеничных транспортнотяговых машин” для студентов специальности 150100 “Автомобиле- и тракторостроение”. - М.: МГТУ “МАМИ”, 2002. – 75с.

10. Расчет и конструирование гусеничных машин. Носов Н.А., Галышев В.Д., Волков Ю.П., Харченко А.П. Л., «Машиностроение», 1972 г. 560 стр.

11. В. І. Анурьев. Довідник конструктора-машинобудівника. Том 2., М.: Машинобудування, 1979 – 559 с.

12. Grigory S. Tymchik, Nataliia V. Stelmakh, Anatoliy S. Vasyura, Waldemar Wójcik, Kuanysh Muslimov, "Automated generation of the design solution of the assembly instrument engineering," Proc. SPIE 10808, 1080828 (1 October 2018).

13. Автоматизація інженерних розрахунків в машинобудуванні : метод. вказівки до викон. лаб. робіт студ. спец. 131 «Прикладна механіка» ,133 «Галузеве машинобудування» / [уклад. О.І. Скібінський, В.М. Селехова] ; М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 64 с.

14. Румбешта В. О. Технологія складання, регулювання та випробування приладів : підручник / В. О. Румбешта; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 364 с.

15. Розмірні ланцюги : навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г.. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.

16. Технологія приладобудування: навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування», 7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи» приладобудівного ф-ту / Уклад.:

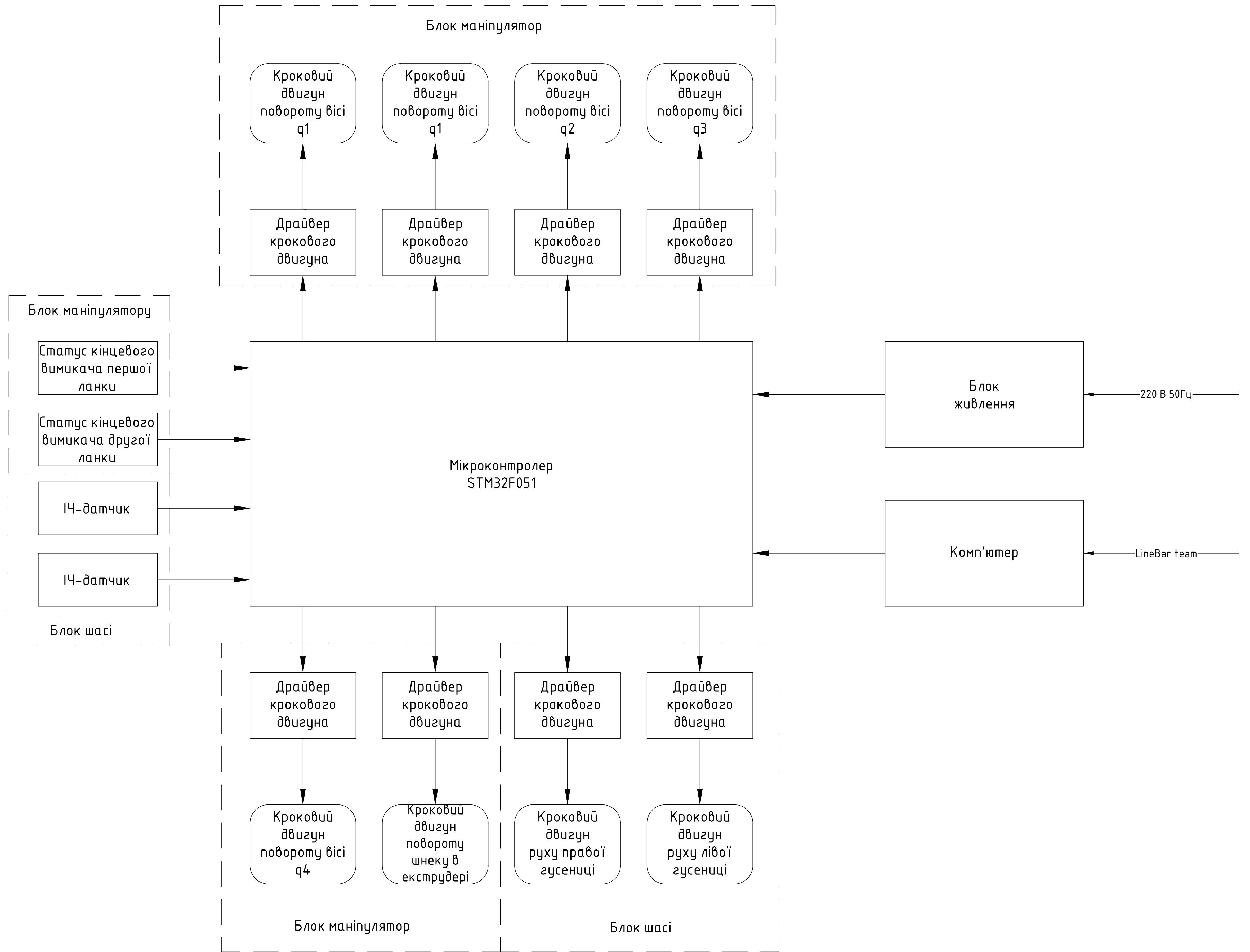
Автори: Шевченко В.В., Осадчий О.В., Симута М.О. – К.: НТУУ «КПІ», 2010.
– 128 с.

17. Стельмах Н.В. Програмний модуль для прискореної технологічної підготовки складального дрібносерійного виробництва приладів // Вісн. НТУУ «КПІ». Машинобудування. — 2009. — № 54. — С. 12—17.

18. Стельмах Н., Сапон С., Рижук Я. Вибір оптимального технологічного процесу на базі автоматизованої оцінки його техніко-економічних параметрів. Технічні науки та технології. 2020. № 1 (19). С. 89-97. DOI:10.25140/2411-5363-2020-1(19)-89-97.

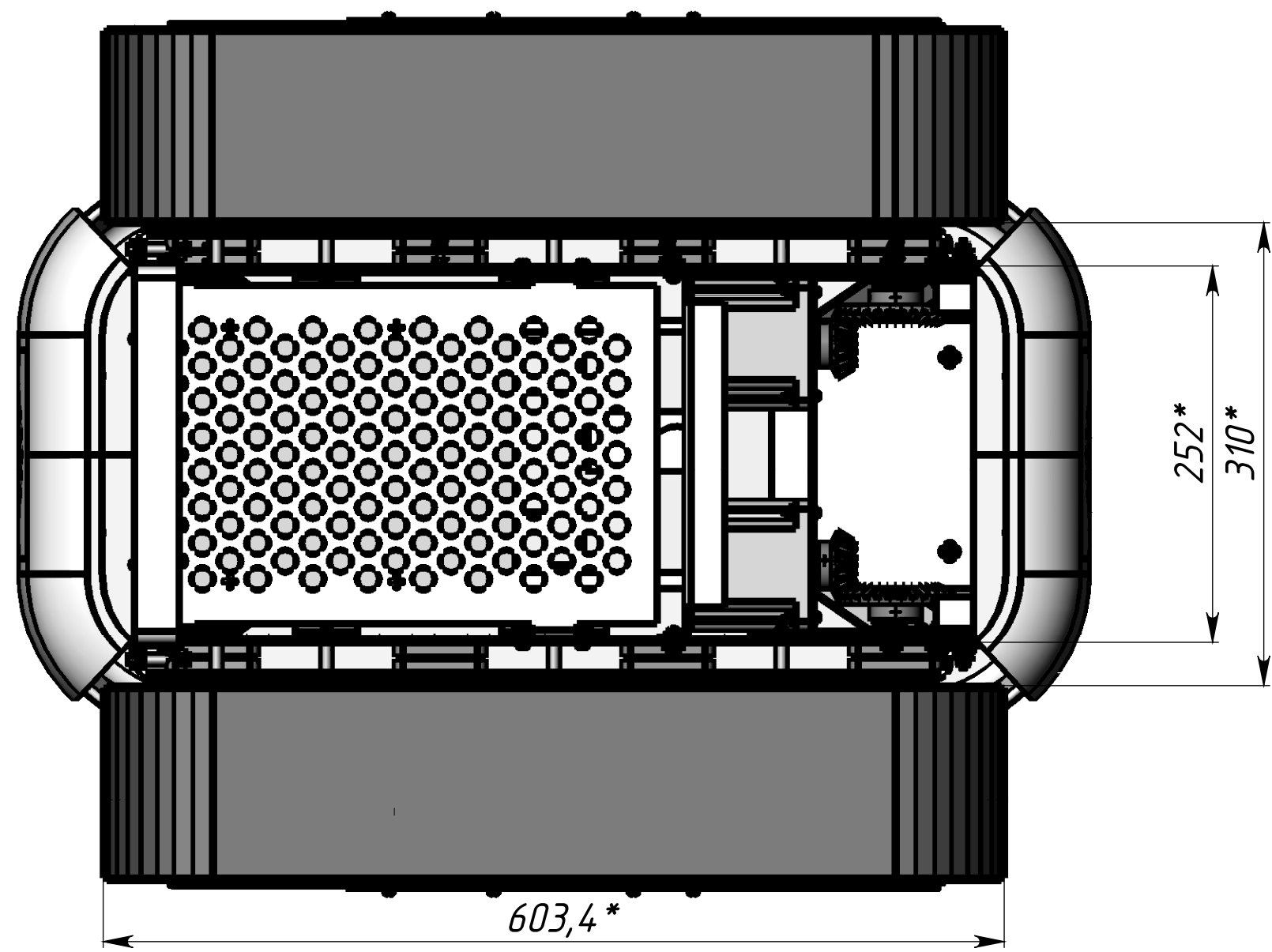
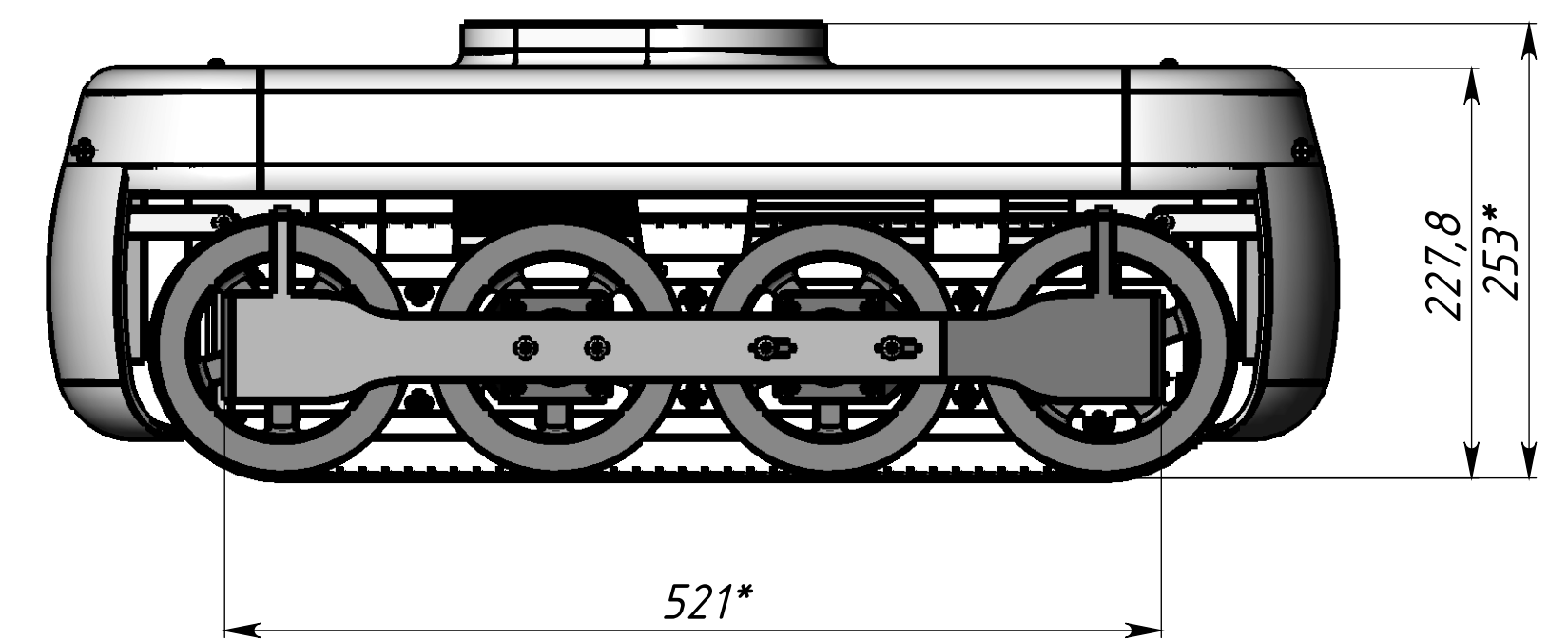
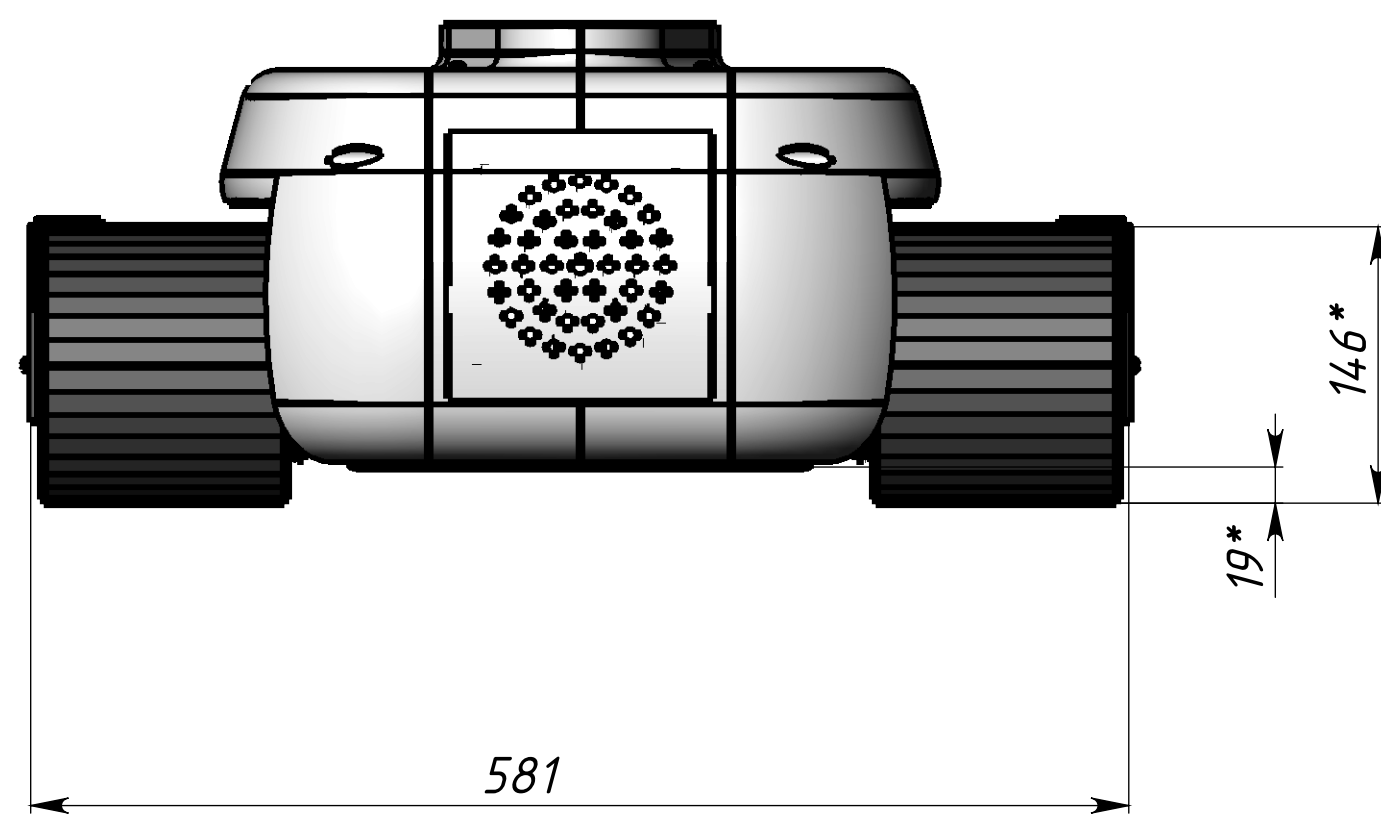
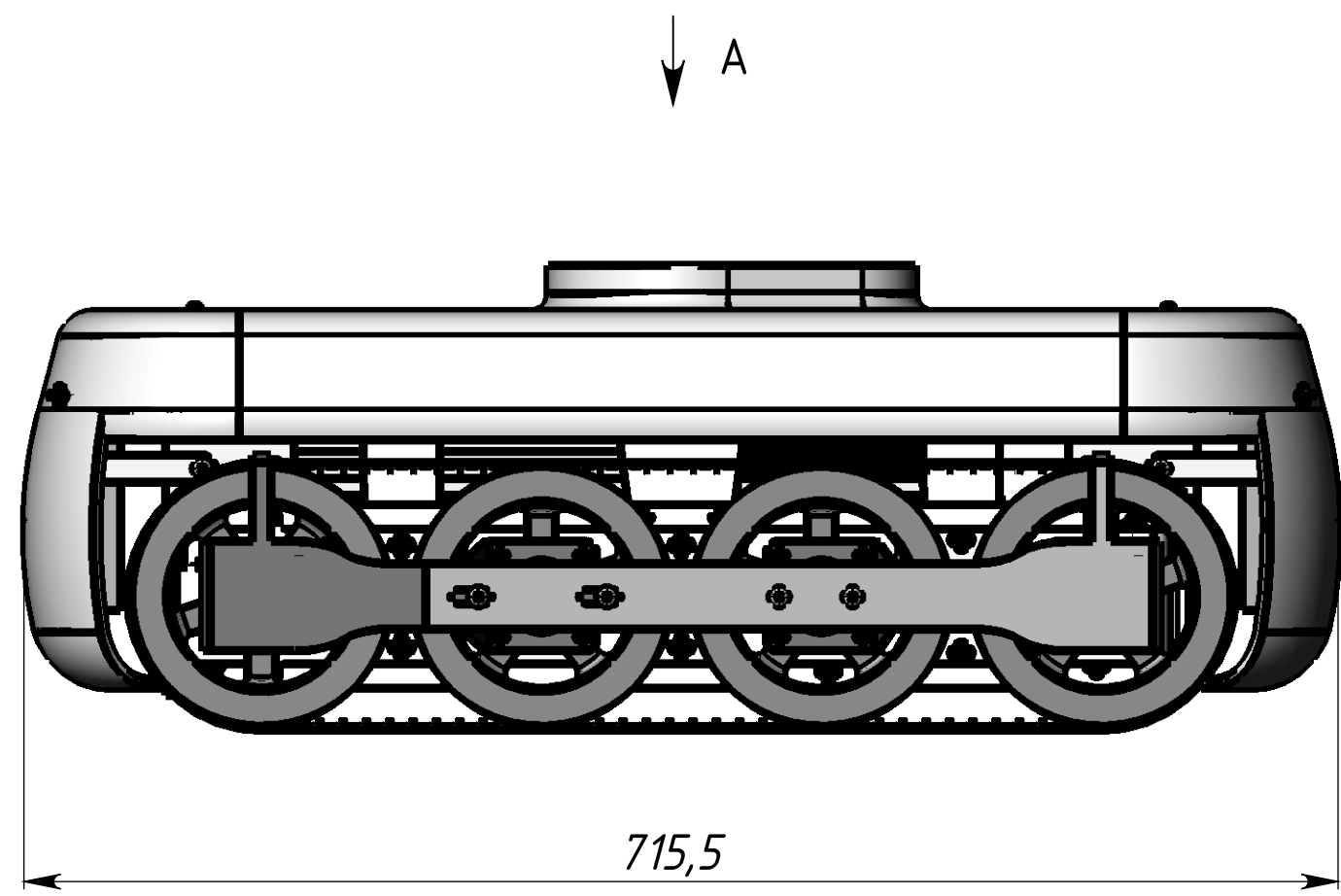
19. Монтаж і обслуговування ременів Optibelt. Optibelt GmbH, Hörter/Germany. 16с.

Додатки

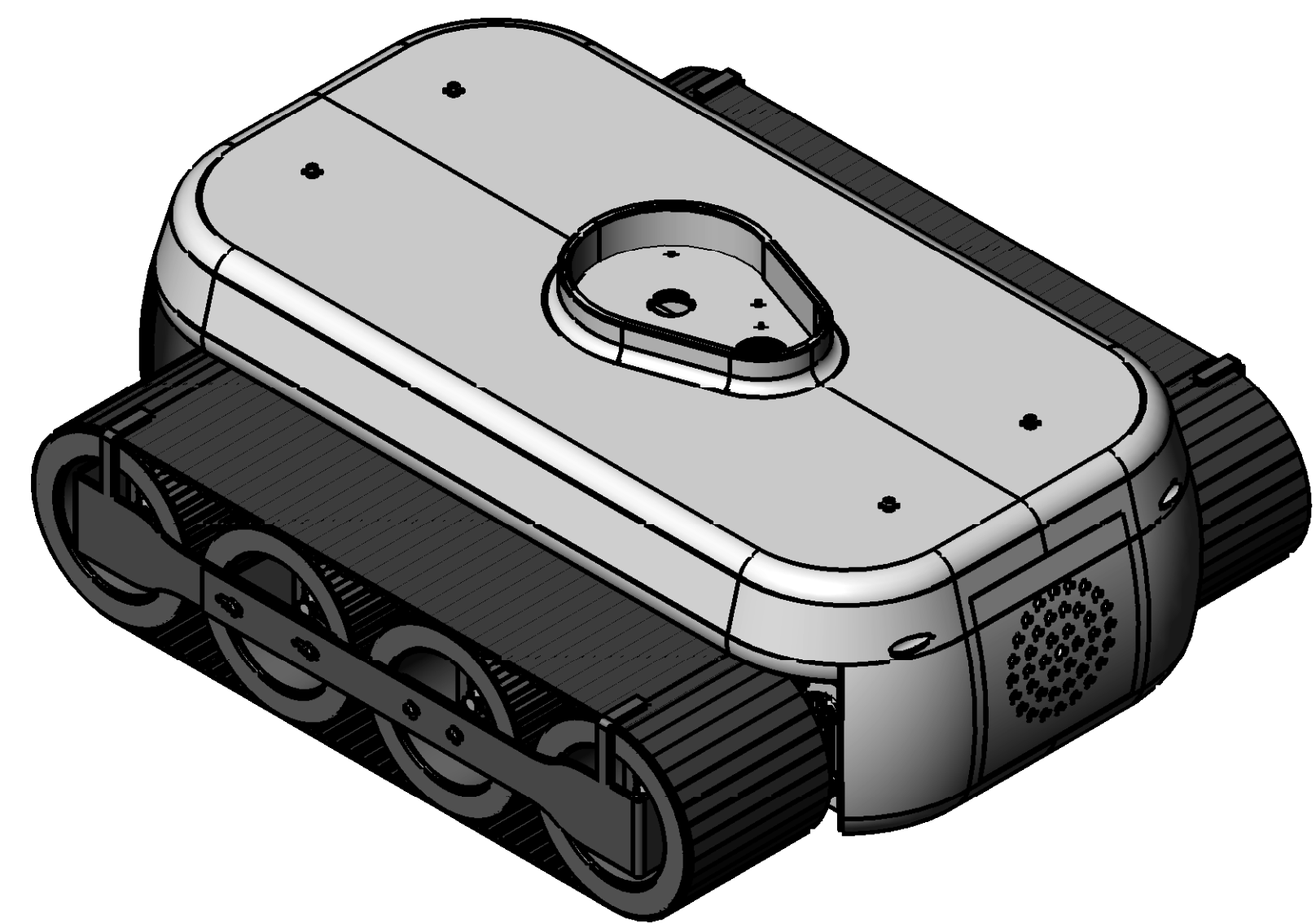
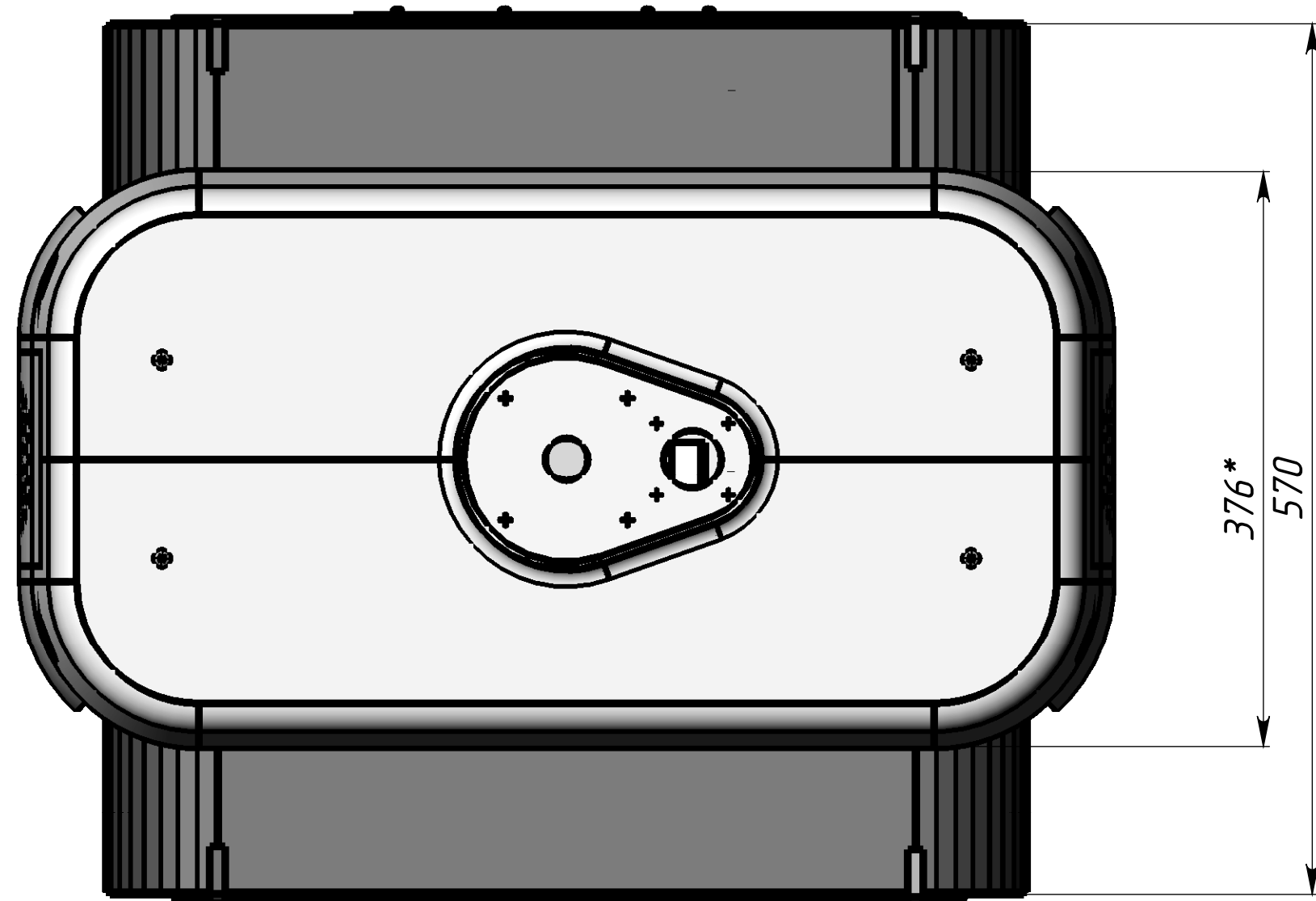


ДП.ПБ7103.1702.001 СХ					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Гайдай В.А.				
Пров.	Чизрин О.В.				
Т. контр.	Котельмах Н.В.				
Н. контр.					
Утв.					
Функциональна схема 3D принтеру. Блоку шасі			Лит.	Масса	Масштаб
			Лист 1	Листов 1	
			ПБФ, 4 курс		

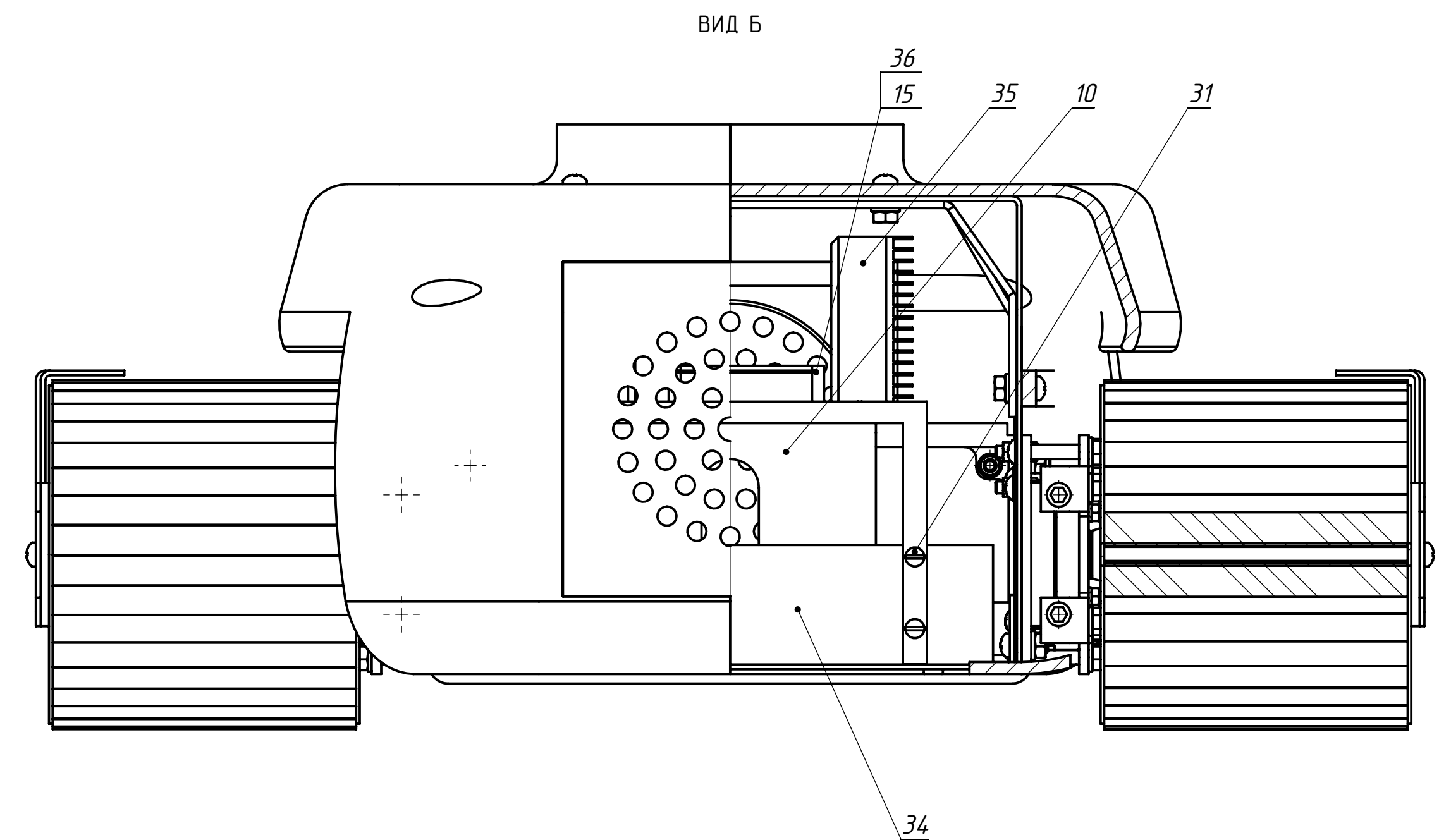
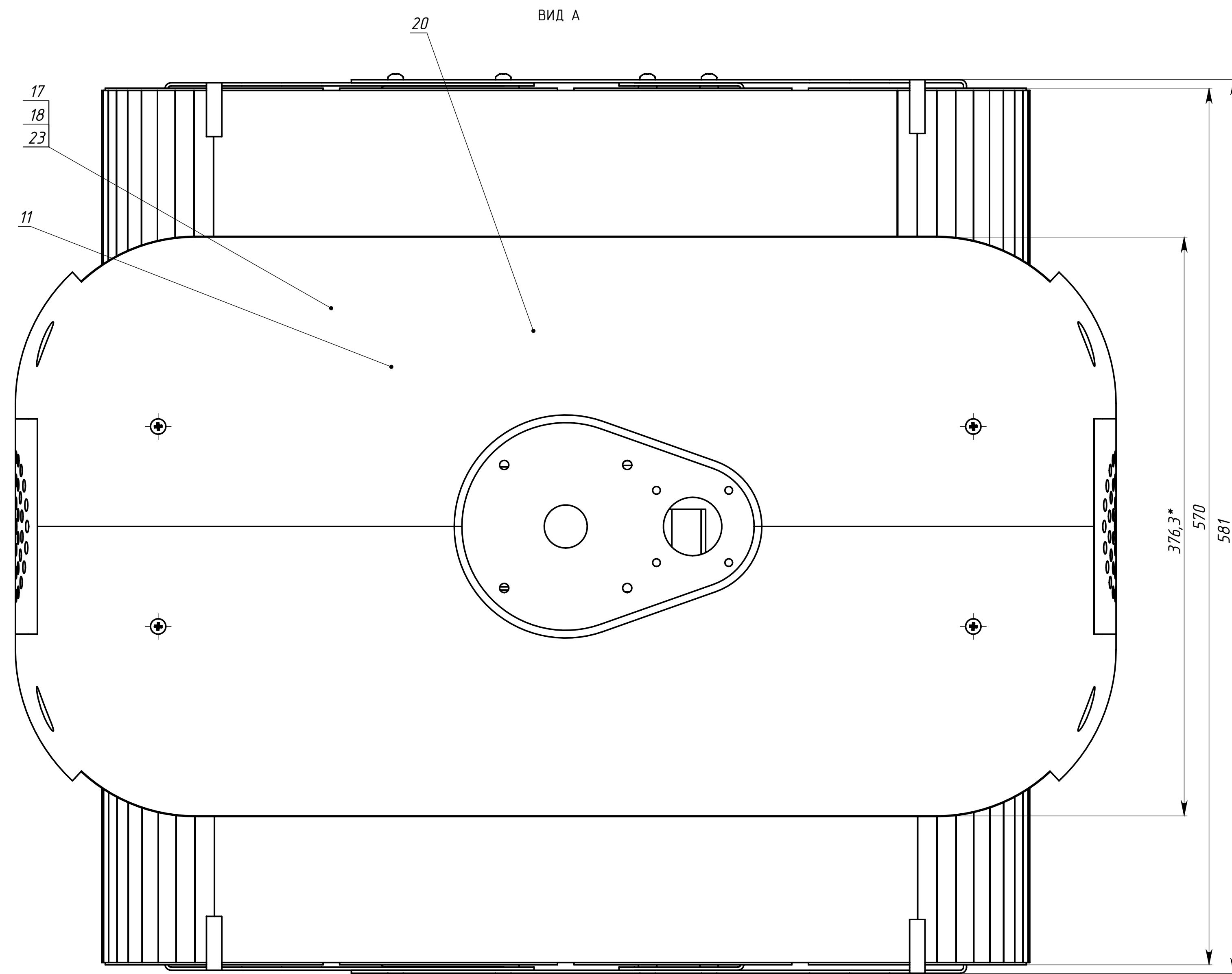
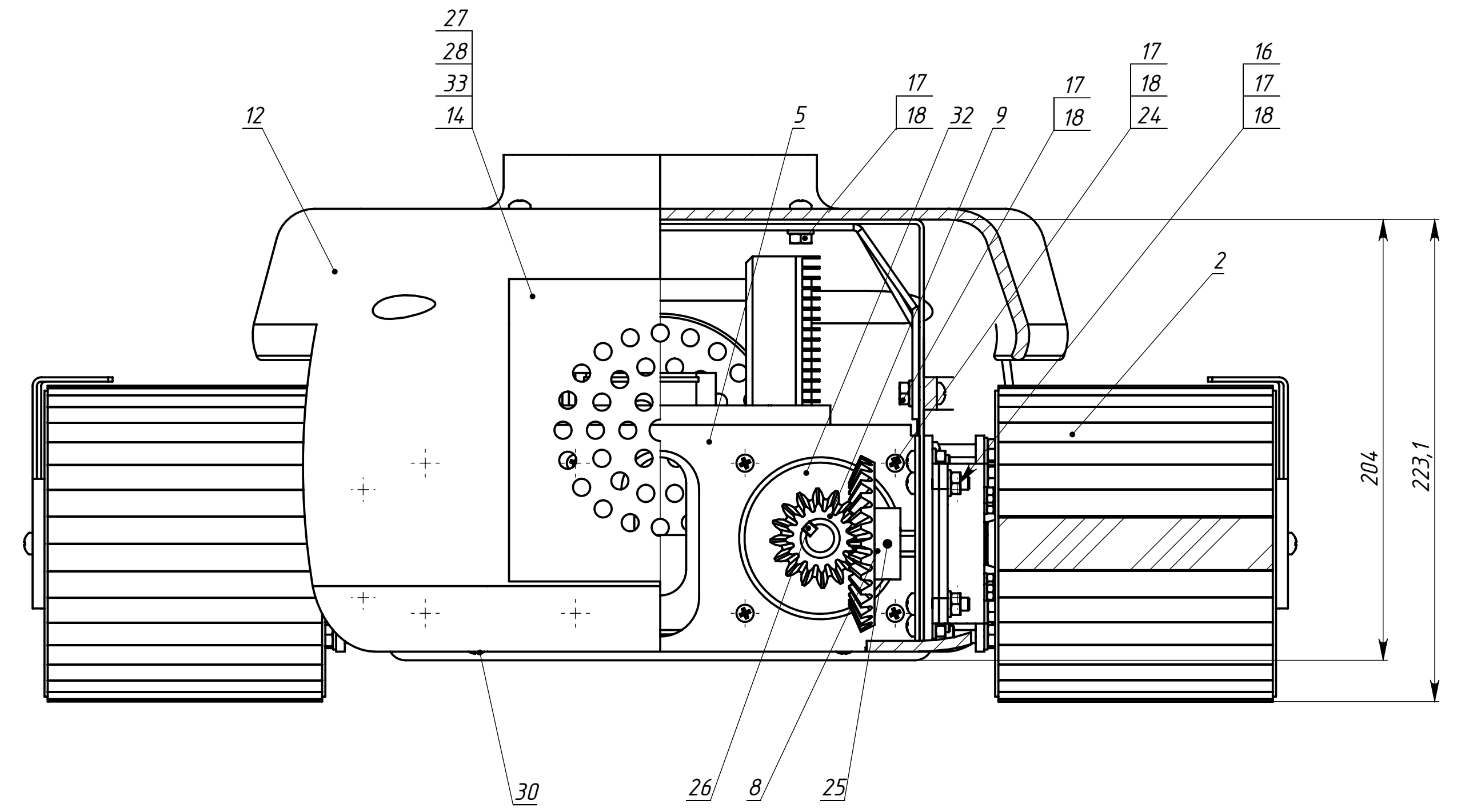
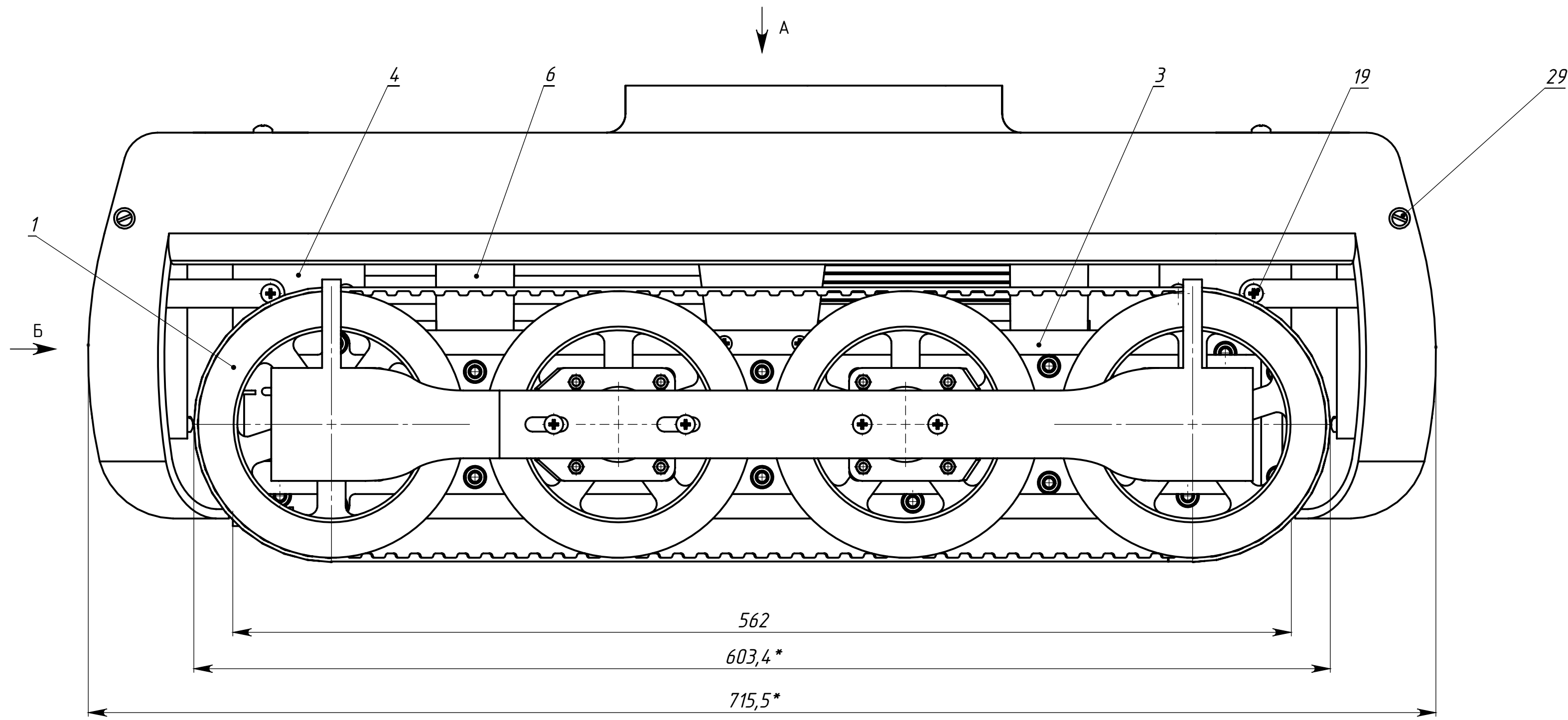
Мік. № подл. Подпис и дата. Взам. инв. №. Инв. № дубл. Подп. и дата.



ВИД А



				ДП.ПБ7103.1702.002		
Взам. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Гайдэй В.А.					14
Проб.	Степелях Н.В.					
Т. контр.				Лист 1	Листов 1	
Н. контр.				ПБФ, 4 курс		
Утв.						



Разміри для довідок.

				ДП.ПБ7103.1702.003СК		
Візм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разроб.	Гайдай В.А.					12
Проб.	Степелях Н.В.			Лист 1	Листов 4	
Т. контр.				ПБФ, 4 курс		
Н. контр.						
Утв.						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть.	Примітки
Перв. примен.						
<u>Документація</u>						
A1			ДП.ПБ7103.1702.003 СК	Блок шасі		
<u>Складальні одиниці</u>						
A2	1		ДП.ПБ7103.1702.004СК	Гусениця права в складі	1	
A2	2		ДП.ПБ7103.1702.004-01СК	Гусениця ліва в складі	1	
<u>Деталі</u>						
A3	3		ДП.ПБ7103.1702.003.01	Пластина нижня	1	
	4		ДП.ПБ7103.1702.003.02	Пластина верхня	1	
A3	5		ДП.ПБ7103.1702.003.03	Пластина передня	1	
	6		ДП.ПБ7103.1702.003.04	Пластина жорсткості	1	
	7		ДП.ПБ7103.1702.003.05	Прокладка	2	
	8		ДП.ПБ7103.1702.003.06	Колесо зубчасте велике	2	
	9		ДП.ПБ7103.1702.003.07	Колесо зубчасте мале	2	
	10		ДП.ПБ7103.1702.003.08	Пластина середня	1	
	11		ДП.ПБ7103.1702.003.09	Пластина задня	1	
	12		ДП.ПБ7103.1702.003.10	Кожух захисний	1	
	13		ДП.ПБ7103.1702.003.11	Кожух захисний	1	
	14		ДП.ПБ7103.1702.003.12	Кожух захисний	2	
	15		ДП.ПБ7103.1702.001.13	Основа для електроніки	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
	16			Гвинт М6х25	4	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
ДП.ПБ7103.1702.003СП						
Змін.		Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
Розроб.		Гайдай В.А.				
Перев.		Стельмах Н.В.				
Т. контр.						
Н. контр.						
Затв.						
Блок шасі				Літ.	Аркуш	Аркушів
					2	4
ПБФ, 4 курс						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть.	Примітки
		17		Шайба 6	42	
				ДСТУ 11371-78		
		18		Гайка М6	42	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		19		Гвинт М6х16	22	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
		20		Гвинт М5х15	8	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
		21		Шайба 5	16	
				ДСТУ 11371-78		
		22		Гайка М5	16	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		23		Гвинт М6х40	16	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
		24		Гвинт М5х20	8	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
		25		Гвинт установний М4х8	8	
				ГОСТ 11074-93		
		26		Шпонка 5х5х20	2	
				ДСТУ ГОСТ 24071:2005		
		27		Втулка різьбова М4	12	
				DIN 16903		
		28		Гвинт М4х35	8	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
		29		Гвинт М4х20	2	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
		30		Гвинт М4х6	8	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
		31		Гвинт М4х10	5	
				ДСТУ ГОСТ 1144:2008		

Інв. № ориг.	Підп. и дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. и дата

Змін.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ДП.ПБ7103.1702.003СП

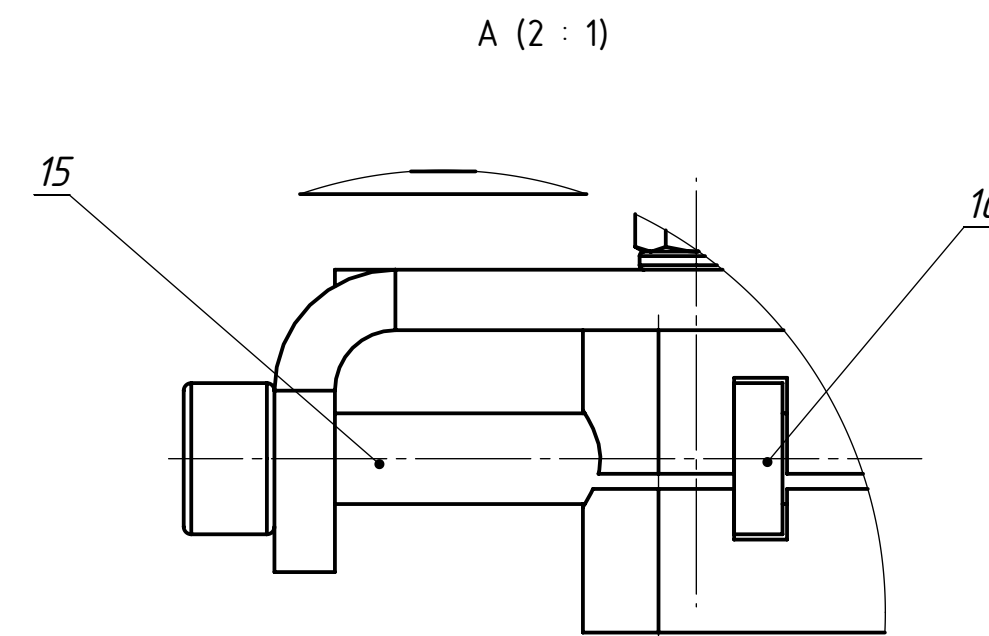
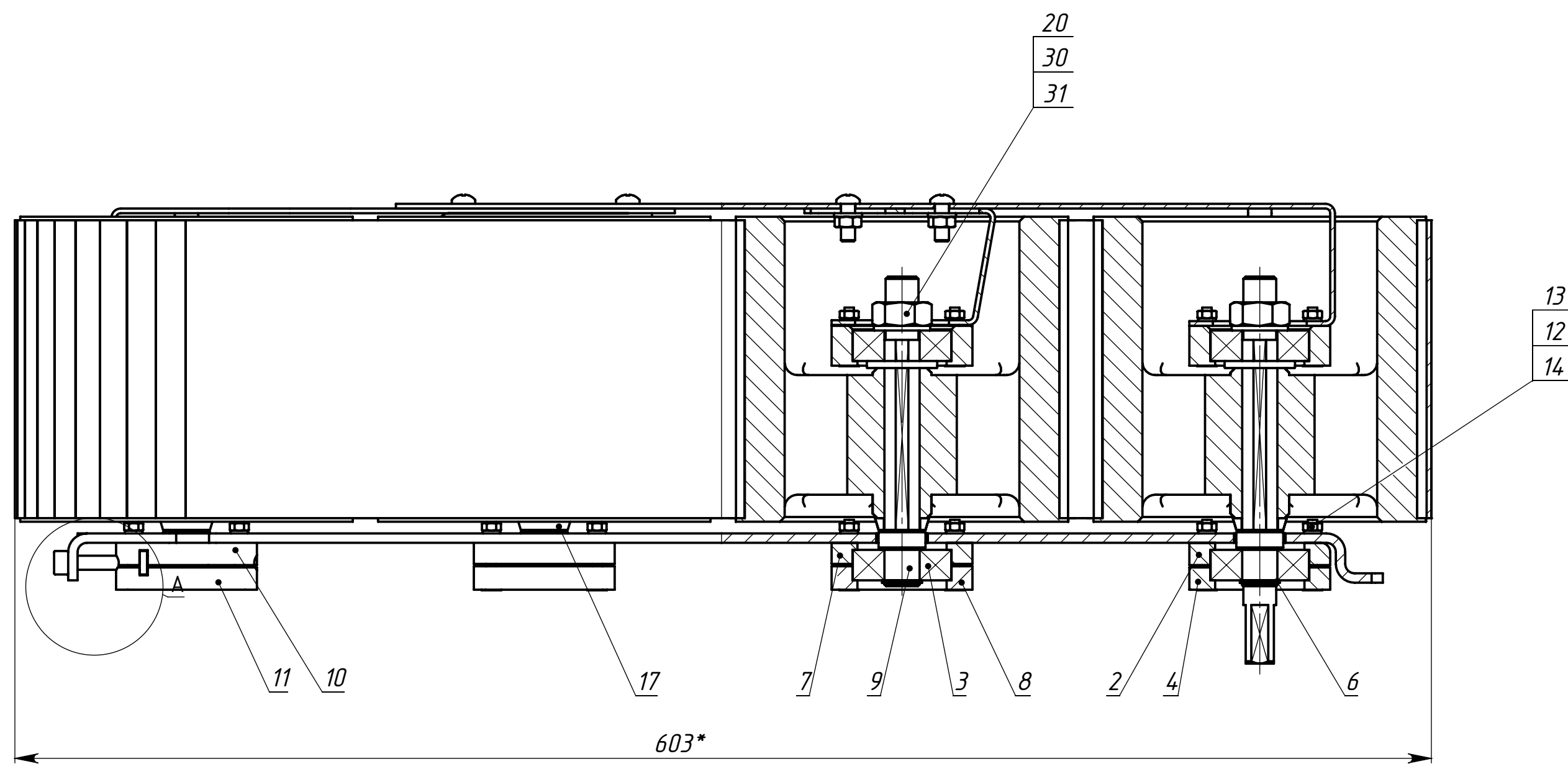
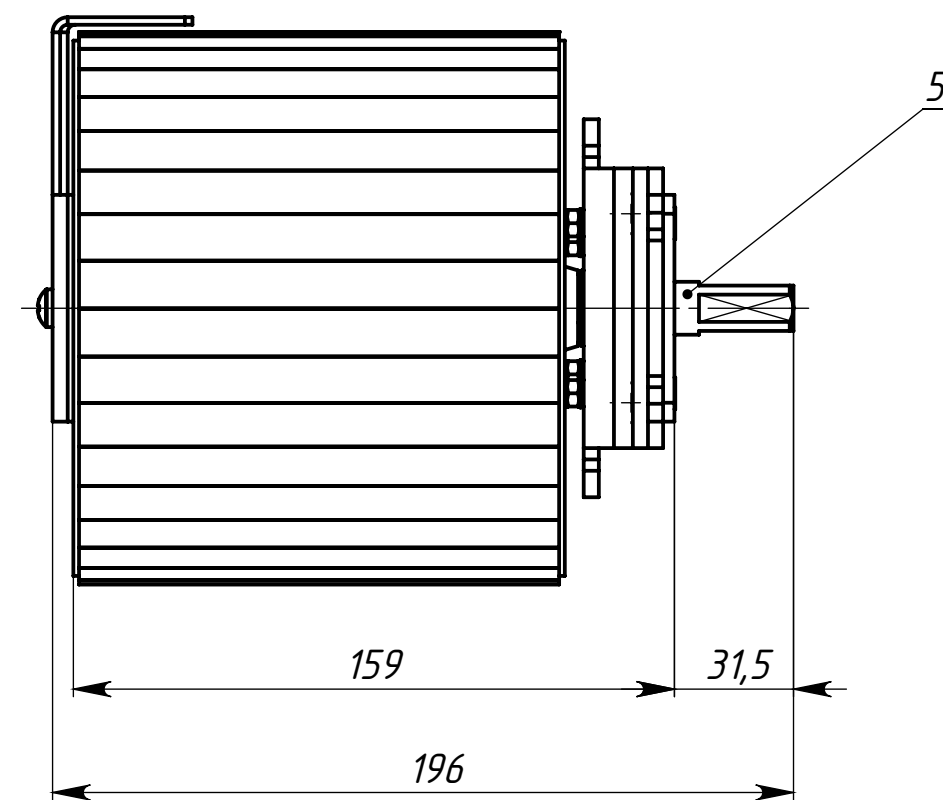
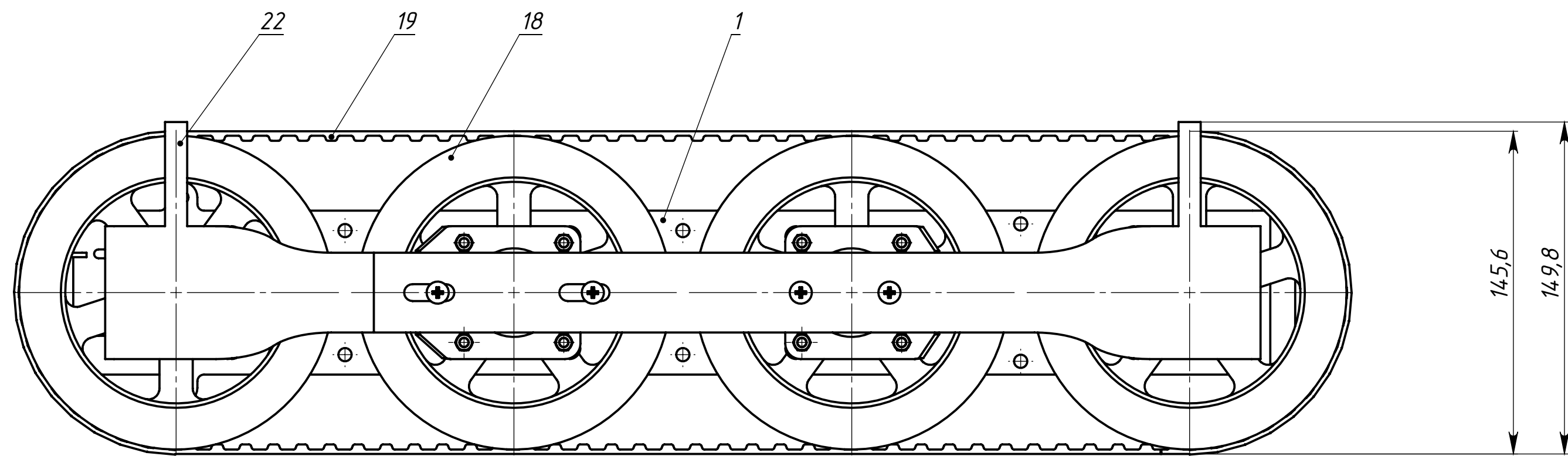
Аркуш
3

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть.	Примітки
				<i>Покупні деталі</i>		
		32		<i>Двигун кроковий</i>	2	
		33		<i>Вентилятор</i>	2	
		34		<i>Блок живлення</i>	1	
		35		<i>Драйвер крокового двигуна</i>	2	
		36		<i>Плата керування</i>	1	

Інв. № ориг.	Підп. и дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. и дата

Змін.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ДП.ПБ7103.1702.003СП Аркуш
4



* Розміри для довідок.

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инов. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инов. № подл.

ДП.ПБ7103.1702.004СК					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Гусениця права в складі	12	
Разраб.	Гайдай В.А.						
Проб.	Стельмах Н.В.				Складальний кресленик		Лист 1 / Листов 3
Т. контр.					ПБФ, 4 курс		
Н. контр.							
Чтв.							

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть.	Примітки	Перв. примен.		
							Справ. №	Підп. и дата	
				<u>Документація</u>					
A2			ДП.ПБ7103.1702.004СК	Гусениця права в складі					
				<u>Складальні одиниці</u>					
A3		1	ДП.ПБ7103.1702.005СК	Натягувач прямиї в складі	1				
				<u>Деталі</u>					
		2	ДП.ПБ7103.1702.004.01	Пластина базова	1				
		3	ДП.ПБ7103.1702.004.02	Корпус підшипника	1				
		4	ДП.ПБ7103.1702.004.03	Корпус підшипника	1				
A4		5	ДП.ПБ7103.1702.004.04	Вал головний	1				
		6	ДП.ПБ7103.1702.004.05	Корпус підшипника	2				
A4		7	ДП.ПБ7103.1702.004.06	Корпус підшипника	2				
		8	ДП.ПБ7103.1702.004.07	Вал	3				
		9	ДП.ПБ7103.1702.004.08	Корпус підшипника	1				
		10	ДП.ПБ7103.1702.004.09	Корпус підшипника	1				
		11	ДП.ПБ7103.1702.004.10	Втулка	4				
A3		12	ДП.ПБ7103.1702.004.11	Колесо	4				
				<u>Стандартні вироби</u>					
		13		Підшипник 6302	4				
				ДСТУ ISO 12297:2012					
		14		Стопорне кільце 15	4				
				ДСТУ ГОСТ 13940:2008					
ДП.ПБ7103.1702.004 СП									
Змін.		Лист	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Гайдай В.А.							
Перев.		Стельмах Н.В.							
Т. контр.									
Н. контр.									
Затв.									
Гусениця права в складі						Літ.	Аркуш	Аркушів	
							2	3	
Інв. № ориг.						ПБФ, 4 курс			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть.	Примітки
		15		Гвинт М4х30	16	
				ДСТУ ISO 7046-1:2006		
		16		Шайба 4	16	
				ДСТУ 11371-78		
		17		Гайка М4	16	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		18		Гвинт М6х60	2	
				ДСТУ ISO 4762:2006		
		19		Гайка М6	2	
				DIN 562		
		20		Шайба 16	4	
				ДСТУ 11371-78		
		21		Шайба 14	4	
				ДСТУ 11371-78		
		22		Гайка М14	4	
				ДСТУ 11371-78		
				<u>Покупні деталі</u>		
		23		Пас зубчастий Н 540	1	

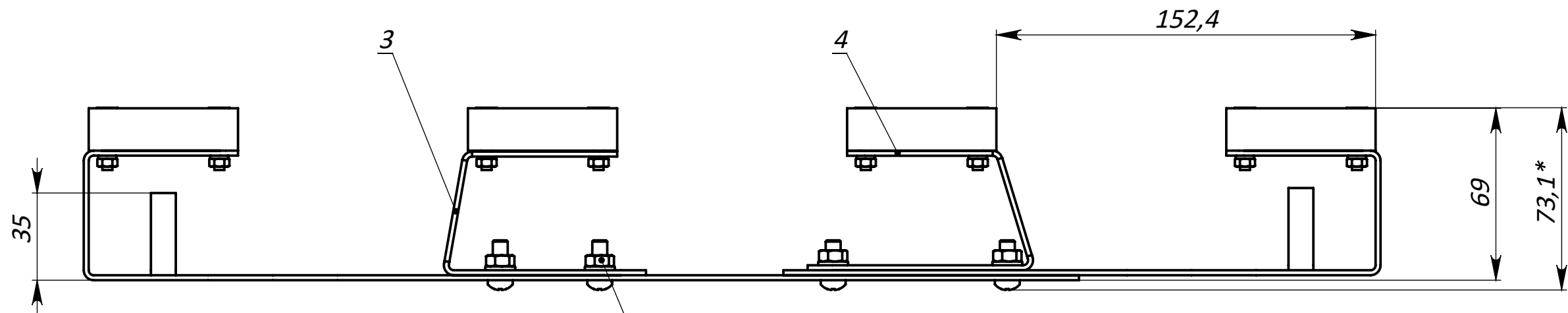
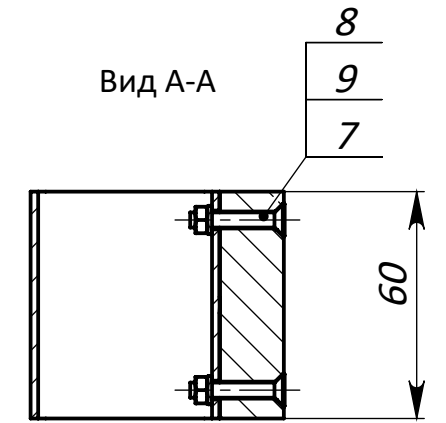
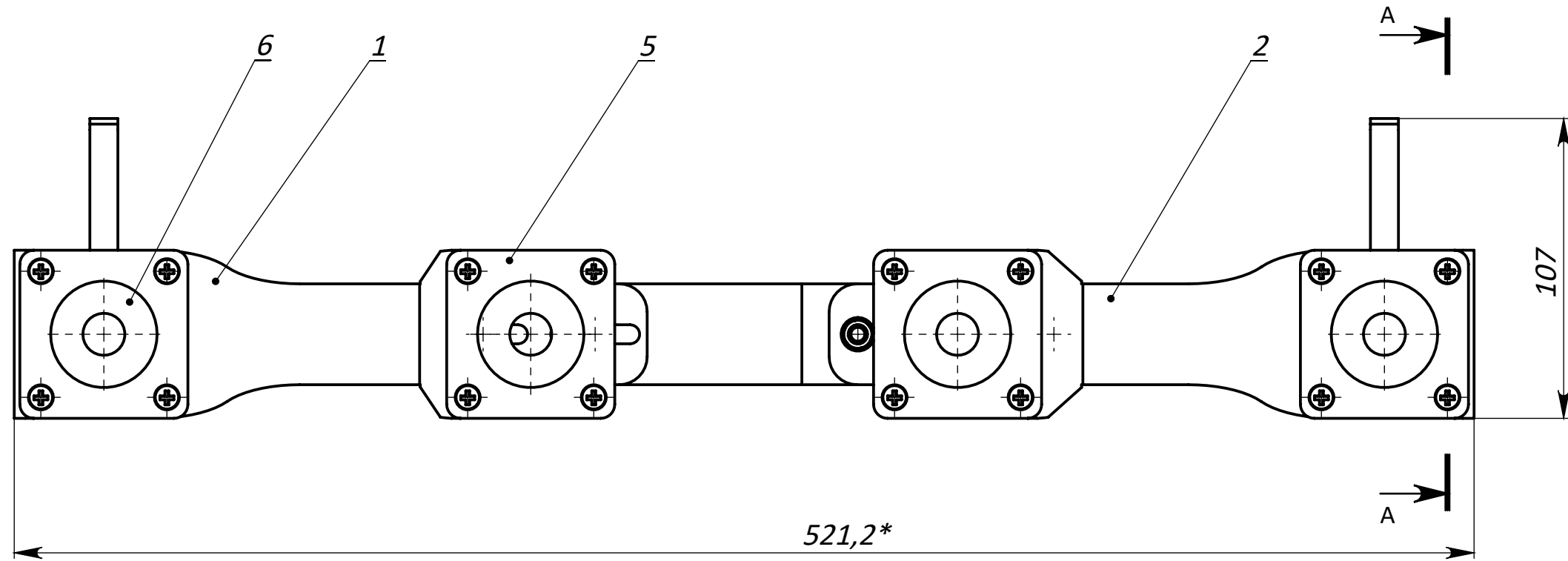
Інв. № ориг.	Підп. и дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. и дата

Змін.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ДП.ПБ7103.1702.004 СП

Аркуш
3

ДП.ПБ7103.1702.005СК



- 12
- 10
- 11

* Розміри для довідок.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Гайдай В.А.		
Перев.		Стельмах Н.В.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Затв.				

ДП.ПБ7103.1702.005СК

Натягувач правий в складі

Складальний кресленик

Літ.	Маса	Масштаб
		1:2
Аркуш 1	Аркушів 2	

ПБФ, 4 курс

Справ. №

Підп. і дата

Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть.	Примітки
						<u>Документація</u>		
		A3			ДП.ПБ7103.1702.004СК	Натягувач правий	1	
						<u>Деталі</u>		
				1	ДП.ПБ7103.1702.005.01	Пластина передня	1	
				2	ДП.ПБ7103.1702.005.02	Пластина задня	1	
				3	ДП.ПБ7103.1702.005.03	Пластина проміжна	1	
				4	ДП.ПБ7103.1702.005.04	Пластина проміжна	1	
				5	ДП.ПБ7103.1702.005.05	Корпус підшипника	4	
						<u>Стандартні вироби</u>		
				6		Підшипник 6302	4	
						ДСТУ ISO 12297:2012		
				7		Гвинт М4x25	16	
						ДСТУ ISO 7046-1:2006		
				8		Шайба 4	16	
						ДСТУ 11371-78		
				9		Гайка М4	16	
						ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
				10		Гвинт М6x16	4	
						ДСТУ ГОСТ 1144:2008		
				11		Шайба 6	4	
						ДСТУ 11371-78		
				12		Гайка М6	4	
						ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		<p style="text-align: center;">ДП.ПБ7103.1702.004СП</p>						
		Змін. Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
		Розроб.	Гайдай В.А					
		Перев.	Стельмах Н.В.					
		Т. контр.						
		Н. контр.						
		Затв.						
Инв. № ориг.		Натягувач правий в складі				Літ.	Аркуш	Аркушів
							2	2
						ПБФ, 4 курс		

Ид. № подл. _____

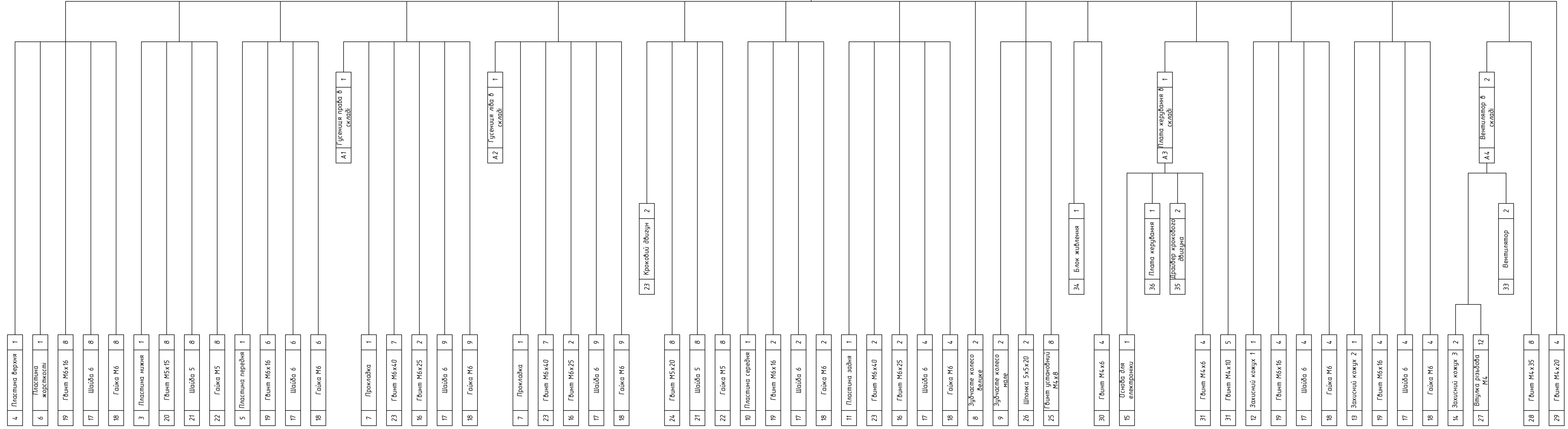
Лист № _____

Взам. инв. № _____

Инд. № докум. _____

Подп. и дата _____

Блок шасі



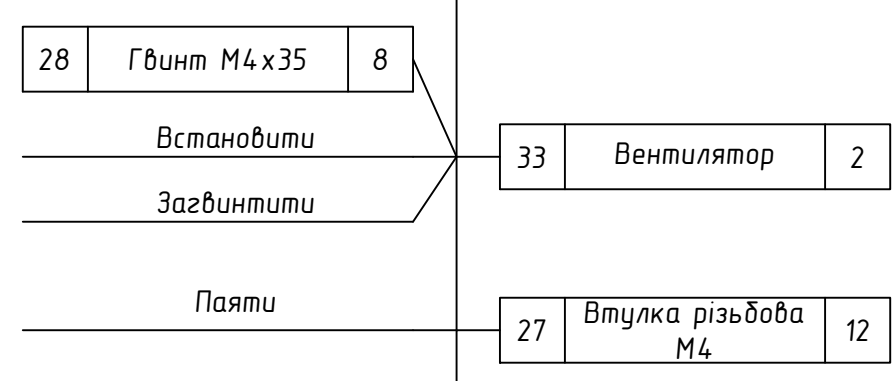
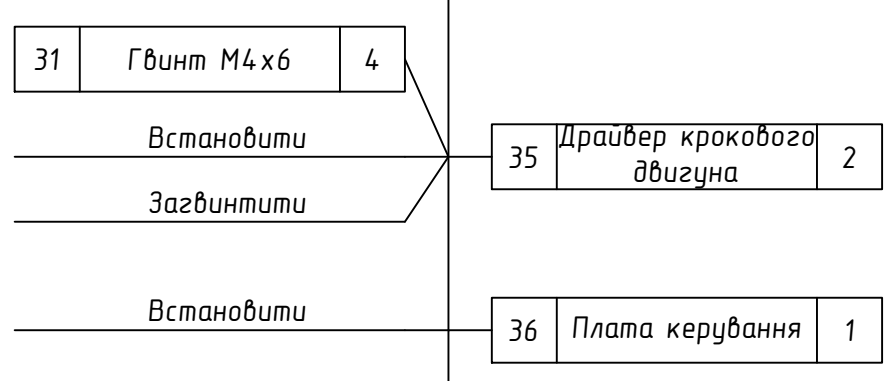
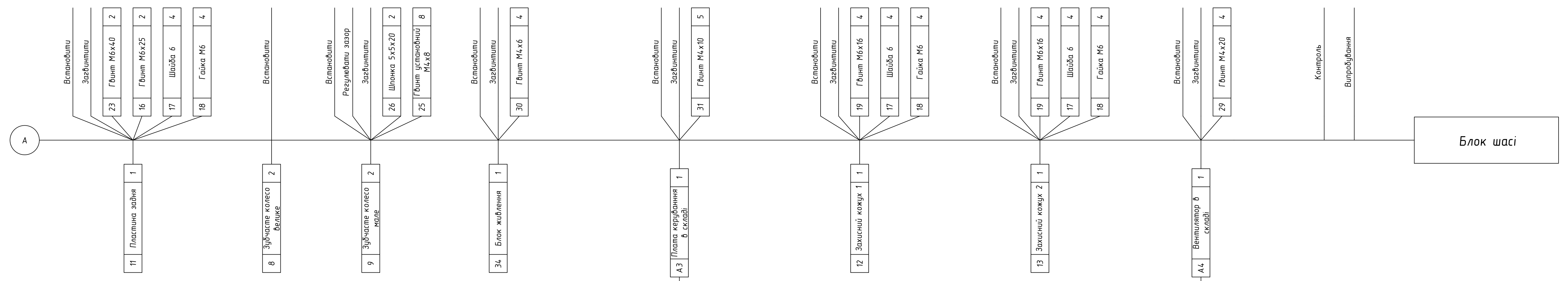
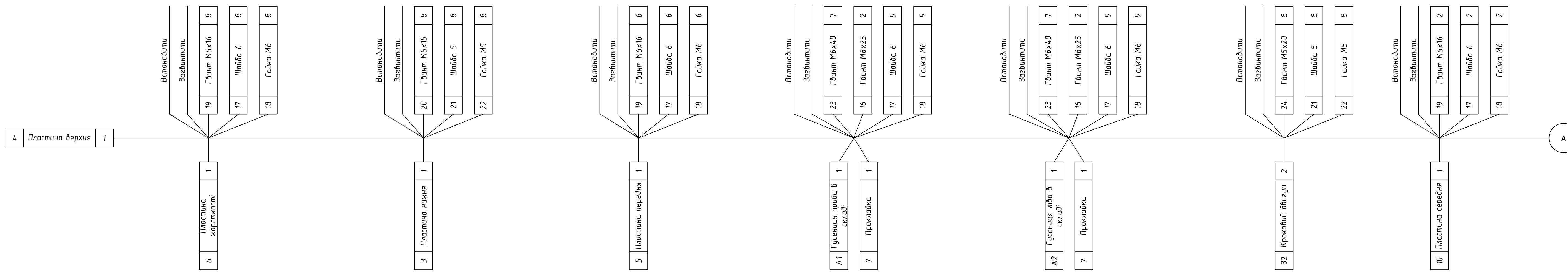
ДП.ПБ.7103.1702.006 СХ					
Изм.	Кол. экз.	Лист № док.	Подп.	Дата	
Разраб.		Гайдай В.А.			
Проб.		Степелях Н.В.			
Т. контр.					
Н. контр.					
Утв.					

Блок шасі. Структурна схема складання		
Лист 1	Листов 1	

Лист	Масса	Масштаб

Копировал _____

Формат А1

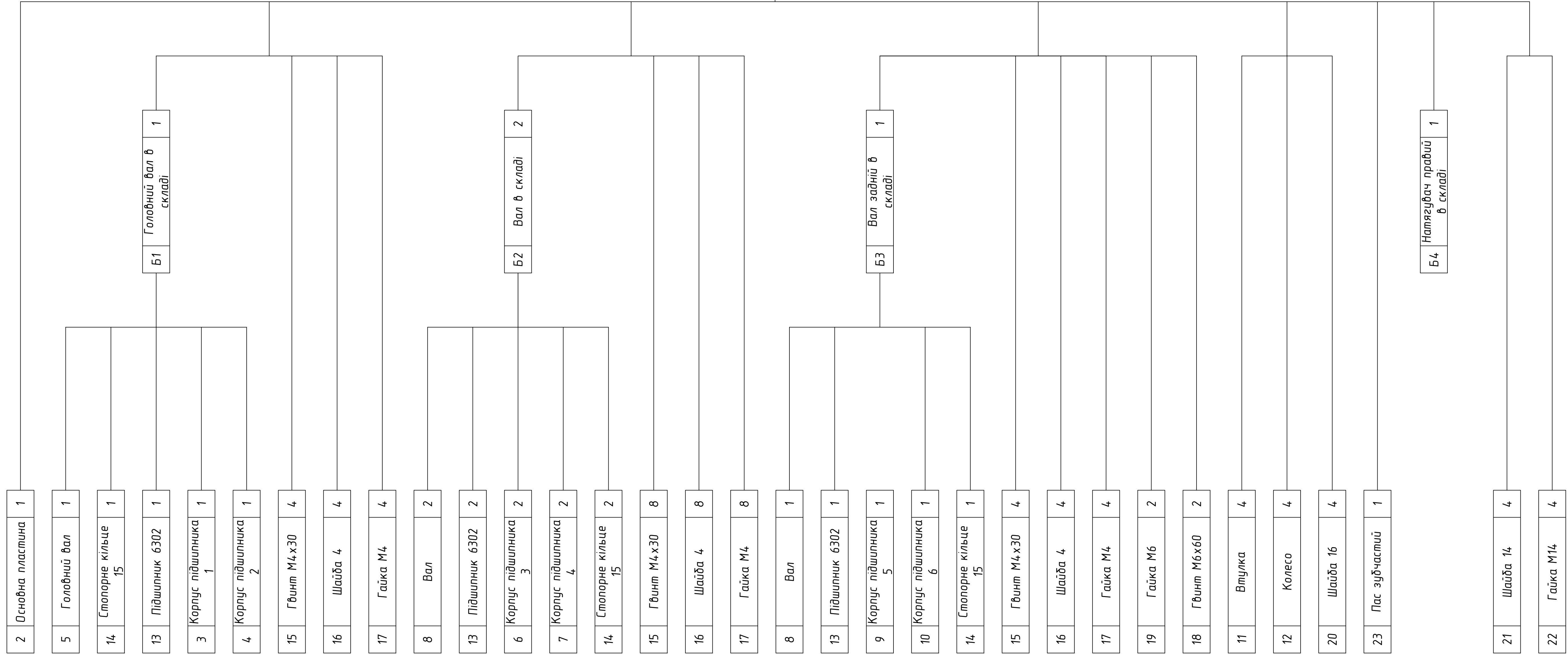


Блок шасі

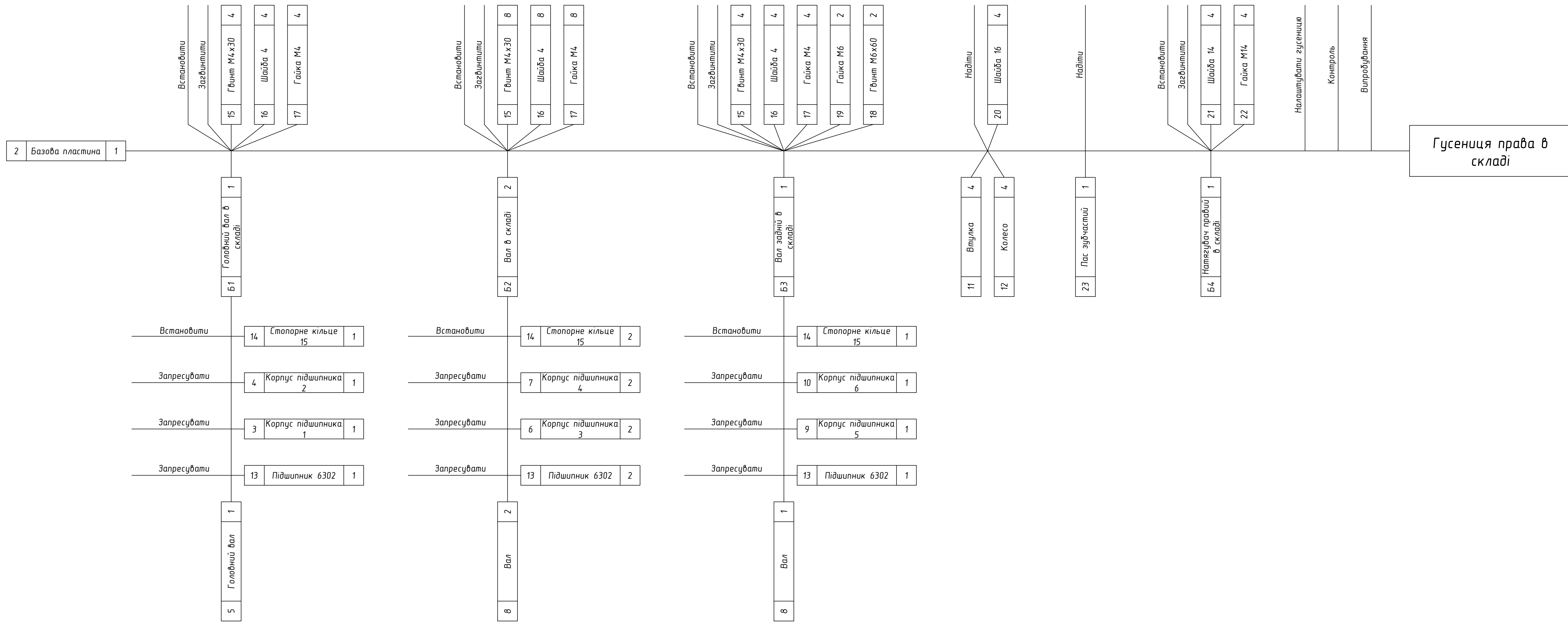
ДП.ПБ7103.1702.007 СХ					
Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Гайдай В.А.				
Пров.	Степелях Н.В.				
Т. контр.					
Н. контр.					
Утв.					
Блок шасі. Технологічна схема складання			Лит.	Масса	Масштаб
			Лист 1	Листов 1	
			ПБФ, 4 курс		

Міс. № подл.	Підпис і дата	Взам. цін. №	Лист № збірн.	Лист і дата

Гусениця права в складі

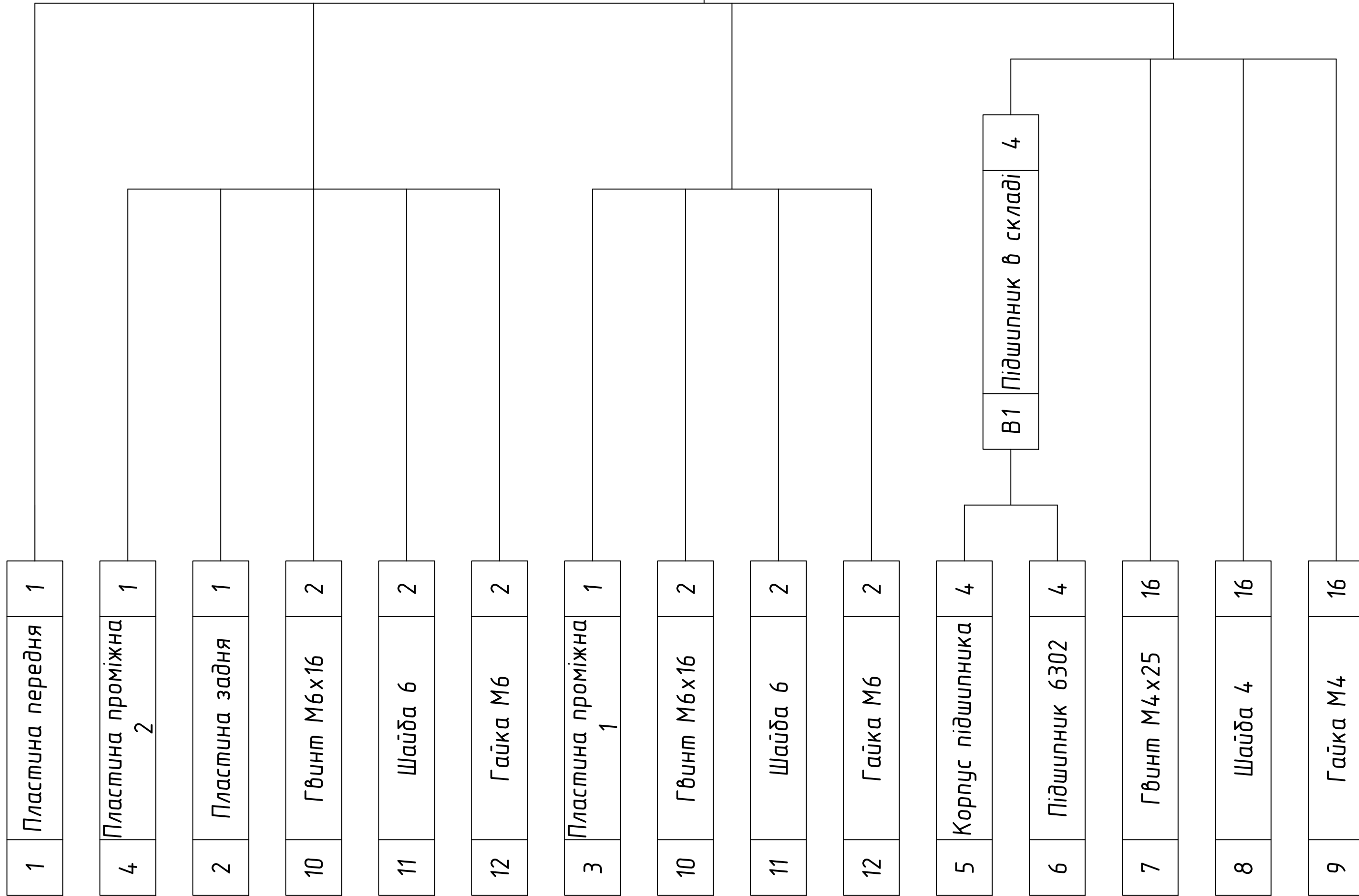


ДП.ПБ7103.1702.008 СХ							
Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.		Гайдай В.А.					
Пров.		Степанак Н.В.					
Т. контр.							
Н. контр.							
Утв.							
Гусениця права в складі. Структурна схема складання					Лист	Масса	Масштаб
					Лист 1	Листов 1	
					ПБФ, 4 курс		



ДП.ПБ7103.1702.009 СХ					
Изм.	Кол. ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Гайдай В.А.				
Пров.	Степанак Н.В.				
Т. контр.					
Н. контр.					
Утв.					
Гусениця права в складі. Технологічна схема складання				Лист	Масса
				Лист 1	Листов 1
				ПБФ, 4 курс	

Натягувач праний в складі



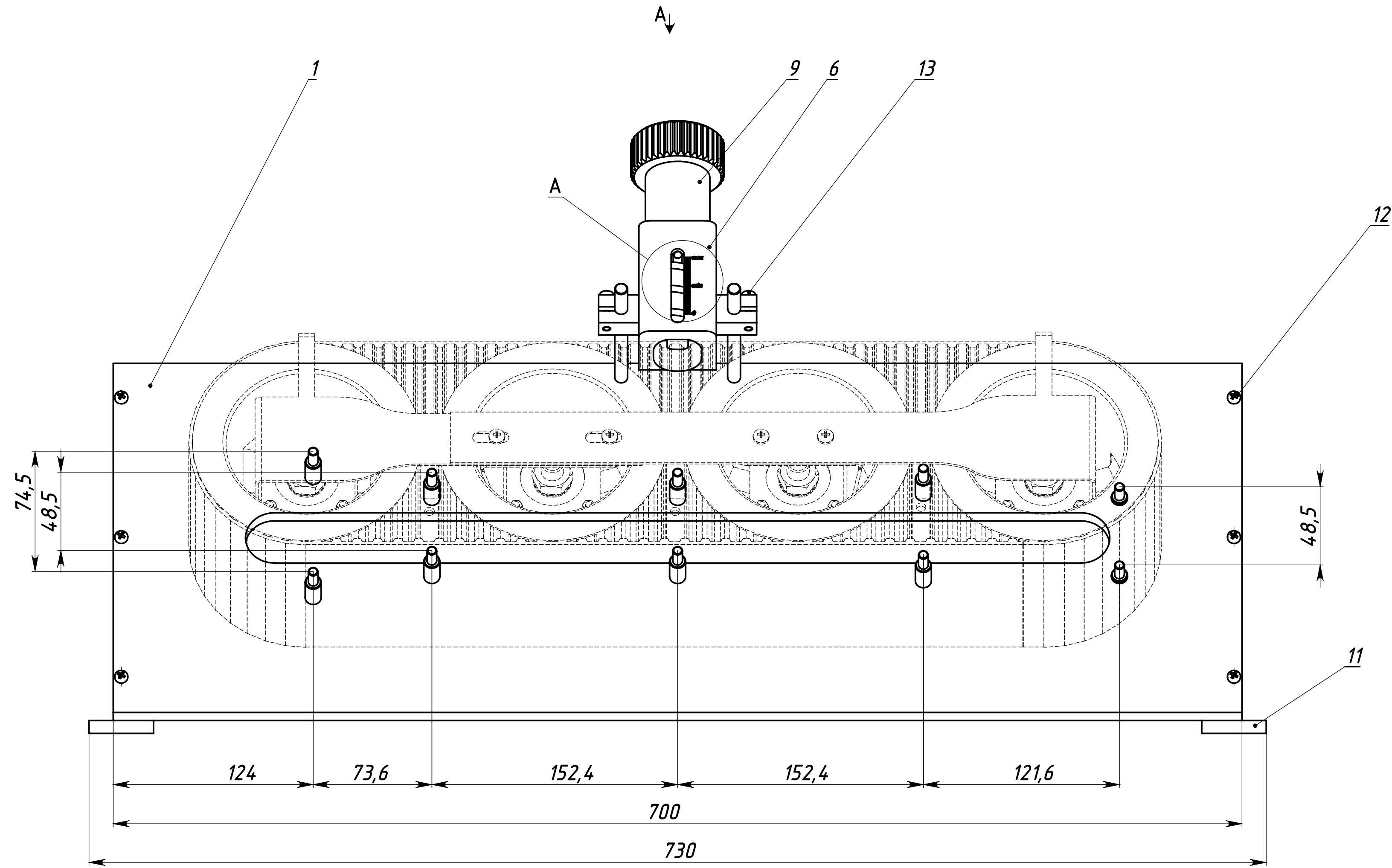
Инв. № подл.	Подпись и дата	Васм. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ДП.ПБ7103.1702.010 СХ						Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Натягувач праний в складі		
Разраб.						Структурна схема складання		
Пров.						Лист 1	Листов 1	
Т. контр.						ПБФ, 4 курс		
Н. контр.								
Чтв.								

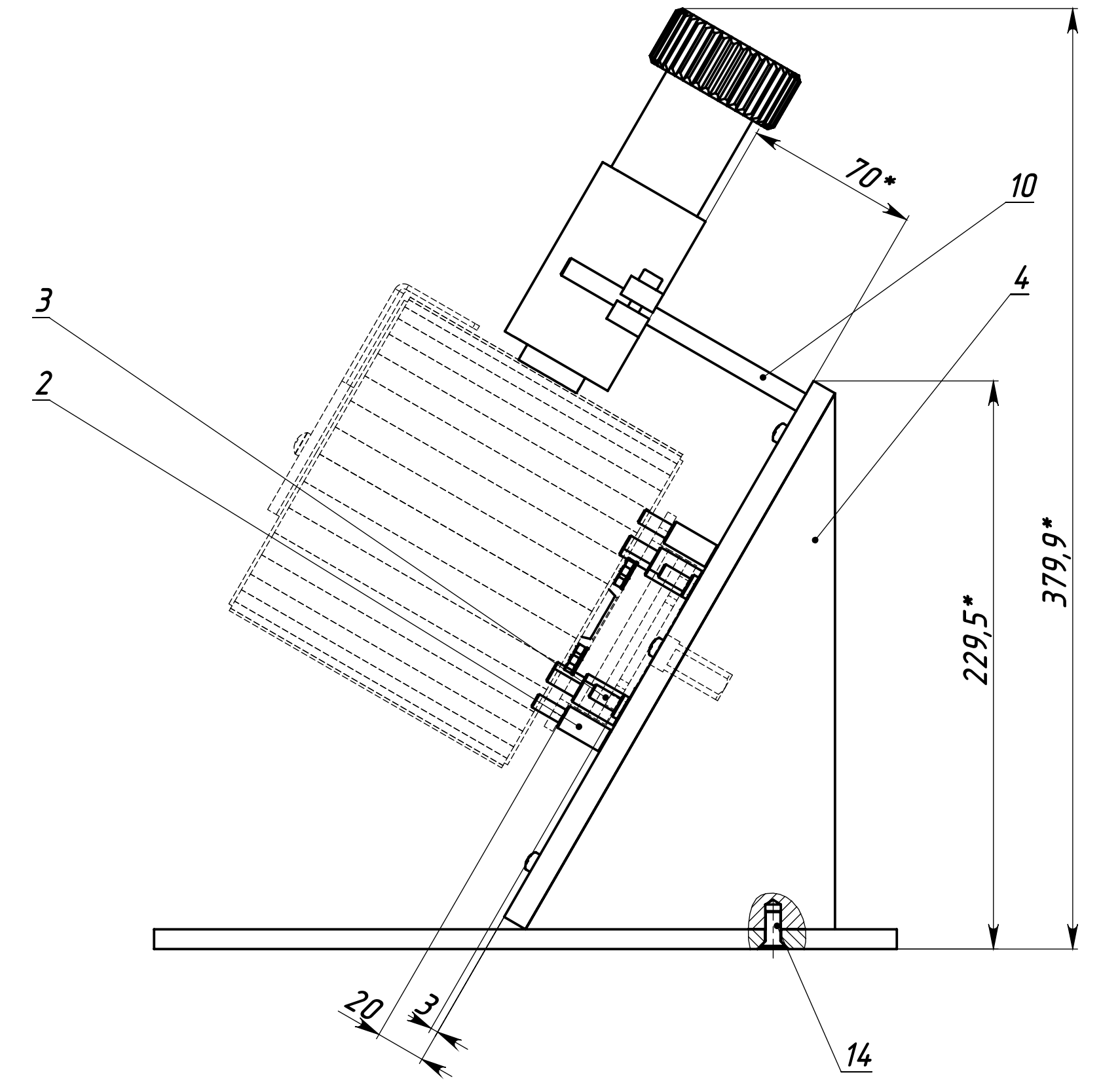
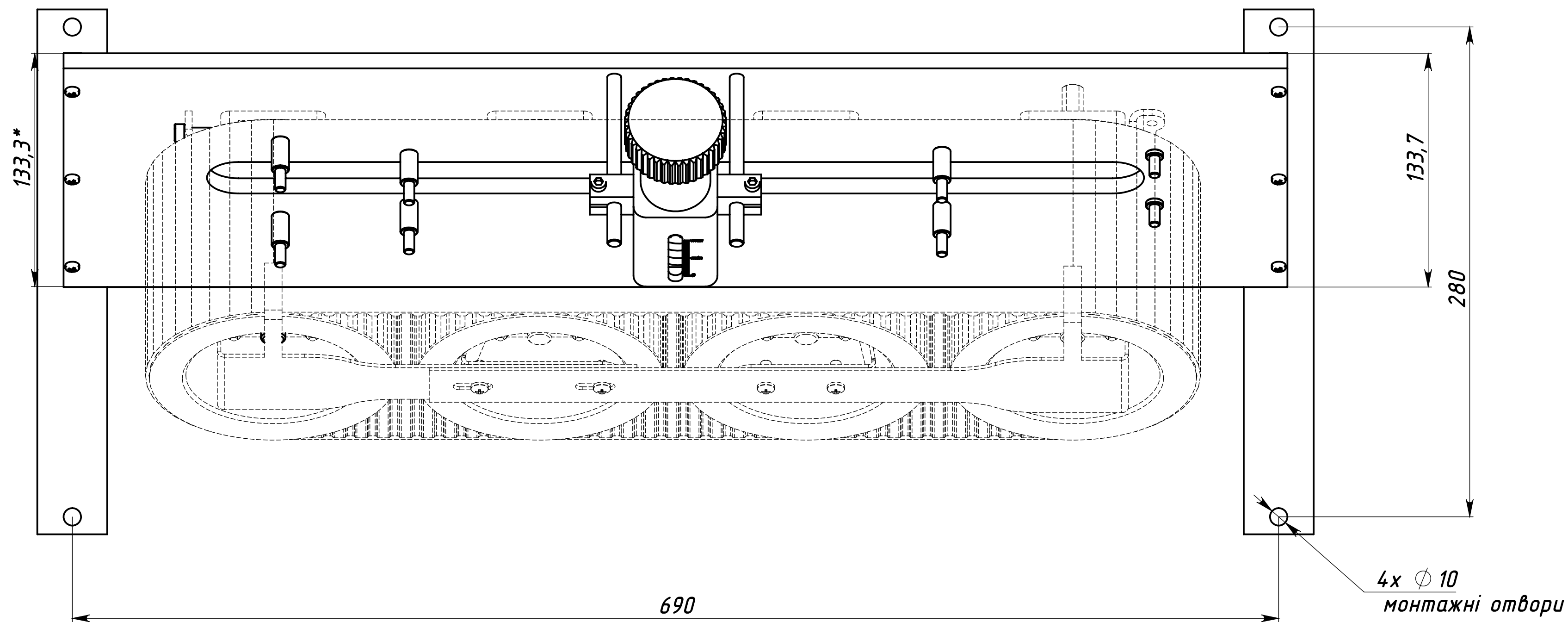


Инв. № подл.	Подпись и дата	Васм. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

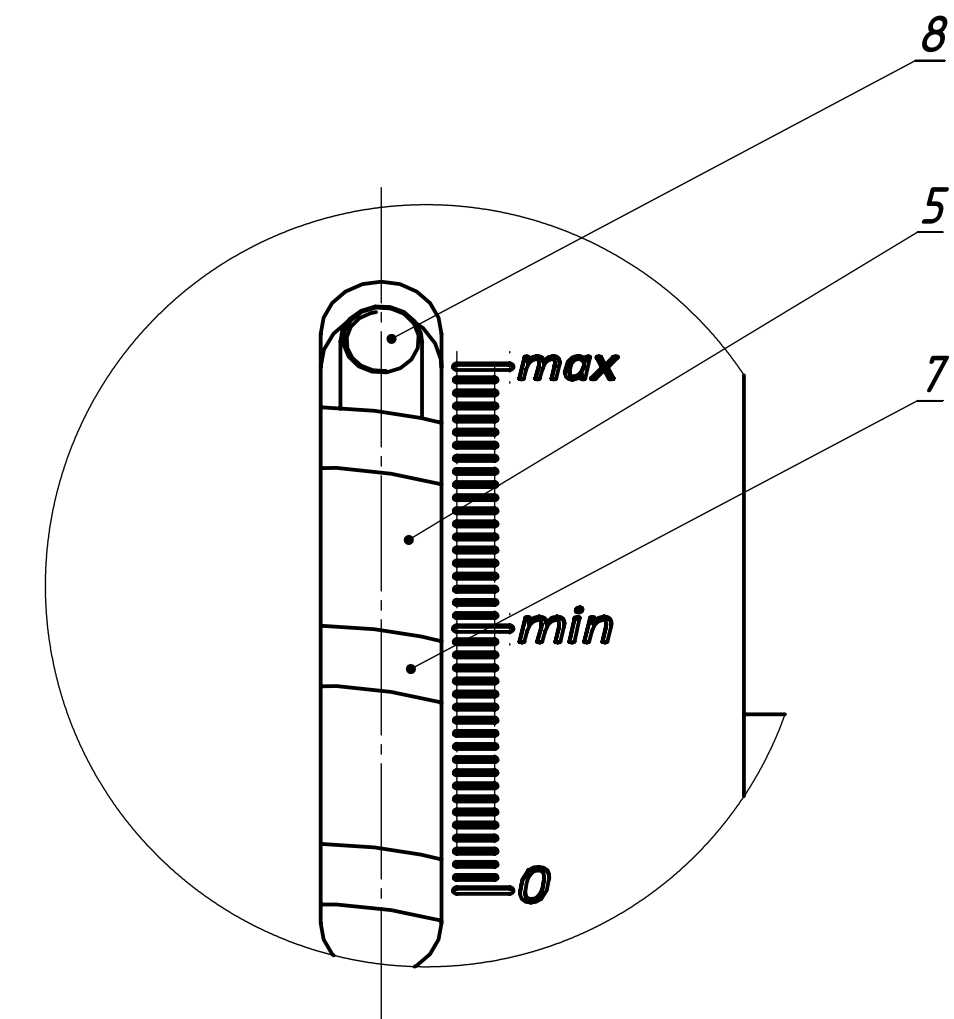
ДП.ПБ7103.1702.011 СХ						Натягувач прямих в складі		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Технологічна схема складання		
Разраб.	Гайдай В.А.					Лист 1	Листов 1	Масштаб
Пров.	Стельмах Н.В.							
Т. контр.								
Н. контр.								ПБФ, 4 курс
Чтв.								



ВИД А



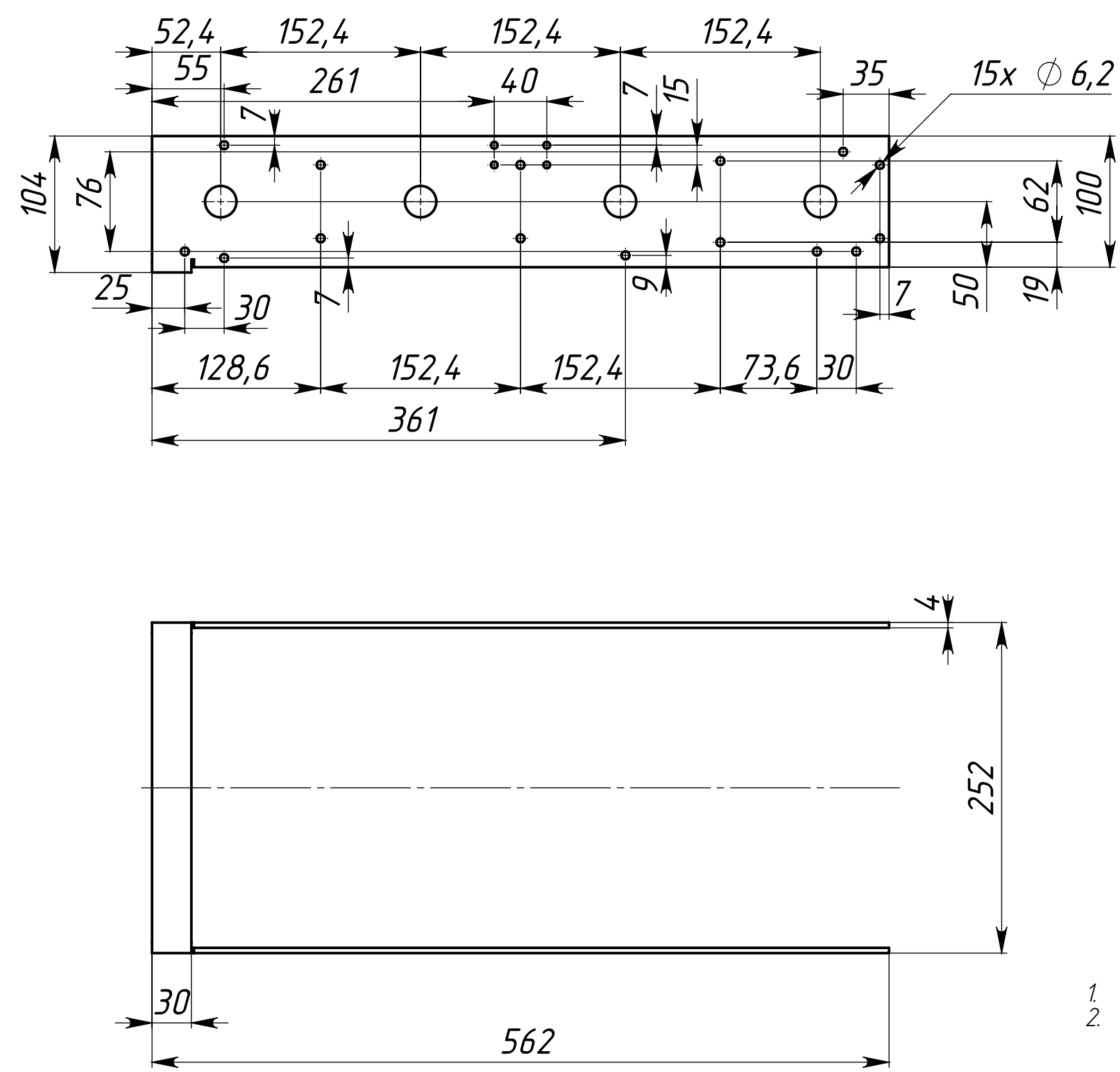
А (2 : 1)



* Розміри для довідок.

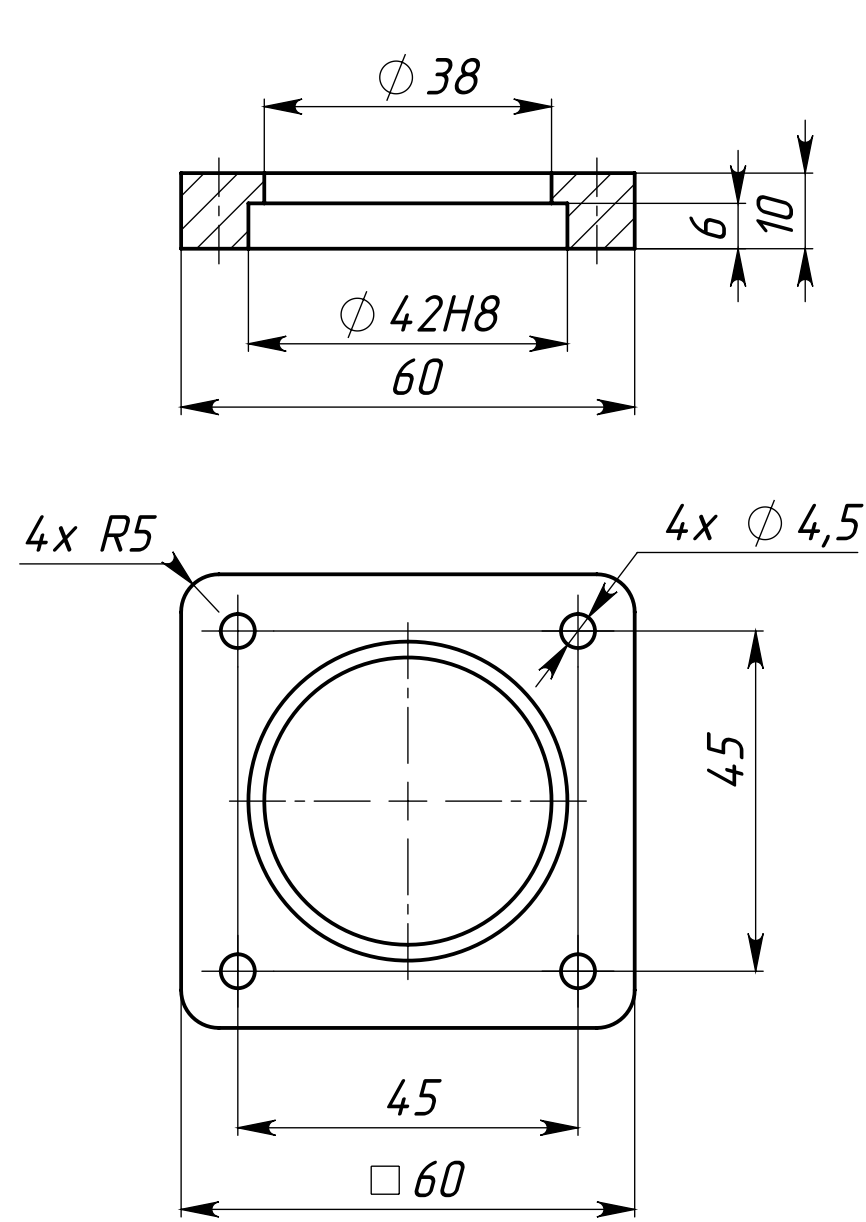
				ДП.ПБ7103.1702.013 СК		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Гайдай В.А.					1:2
Пров.	Степеляк Н.В.					
Т. контр.				Лист 1	Листов 2	
Н. контр.				ПБФ, 4 курс		
Утв.						

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть.	Примітки			
					<u>Документація</u>						
		A1			ДП.ПБ7103.1702.013 СК	Контрольне пристосування					
					<u>Деталі</u>						
Справ. №			1		ДП.ПБ7103.1702.013.01	Пластина	1				
			2		ДП.ПБ7103.1702.013.02	Палець довгий	8				
			3		ДП.ПБ7103.1702.013.03	Палець короткий	2				
			4		ДП.ПБ7103.1702.013.04	Куттик	2				
			5		ДП.ПБ7103.1702.013.05	Штовхач	1				
			6		ДП.ПБ7103.1702.013.06	Корпус	1				
			7		ДП.ПБ7103.1702.013.07	Пружина	1				
			8		ДП.ПБ7103.1702.013.08	Штифт	1				
			9		ДП.ПБ7103.1702.013.09	Гвинт	1				
			10		ДП.ПБ7103.1702.013.10	Направляюча	2				
			11		ДП.ПБ7103.1702.013.11	Пластина-ніжка	2				
Підп. и дата					<u>Стандартні виробу</u>						
				12	Гвинт М5х20	6					
					ДСТУ ГОСТ 1144:2008						
Інв. № дубл.				13	Болт М5х20	2					
					ДСТУ ISO 4762:2006						
Взам. інв. №				14	Гвинт М6х12	4					
					ДСТУ ISO 7046-1:2006						
Підп. и дата											
Інв. № ориг.		Змін	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	<p style="text-align: center;">ДП.ПБ7103.1702.013 СК</p> <p style="text-align: center;">Контрольне пристосування</p>				
		Розроб.	Гайдай В.А.						Літ.	Аркуш	Аркушів
		Перев.	Стельмах Н.В.							2	2
		Т. контр.							ПБФ, 4 курс		
		Н. контр.									
Затв.											



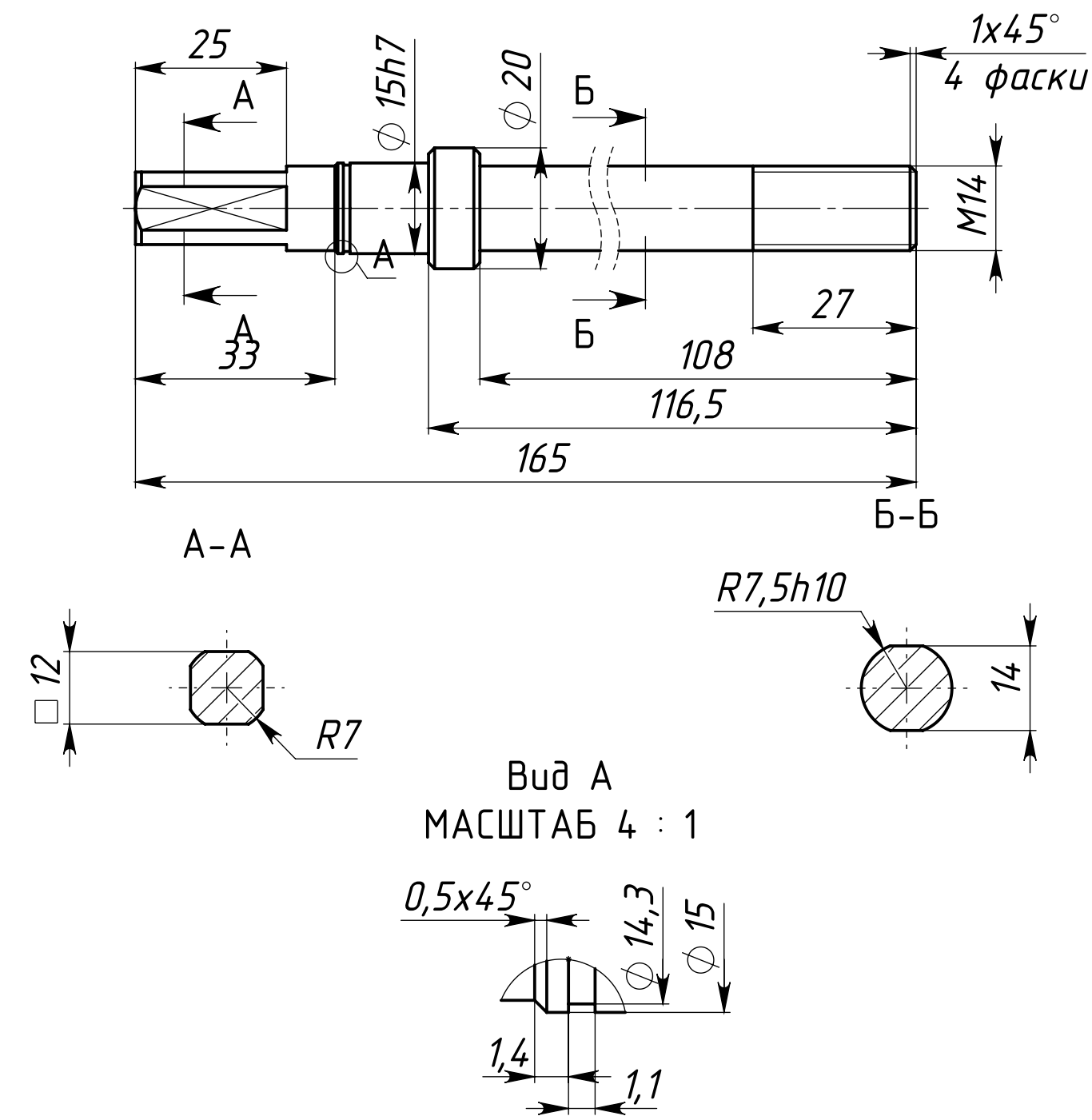
1. Гострі краї притупити до 0,2 мм.
2. Невказані граничні відхилення розмірів: Н12, h12, ±IT14/2.

				ДП.ПБ7103.1702.003.01			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Гайдай В.А.						1:4
Перев.	Степелях Н.В.						
Т. контр.					Аркуш 1	Аркушів 1	
Н. контр.					ПБФ, 4 курс		
Затв.					Сталь 3 ДСТУ 2651:2005		



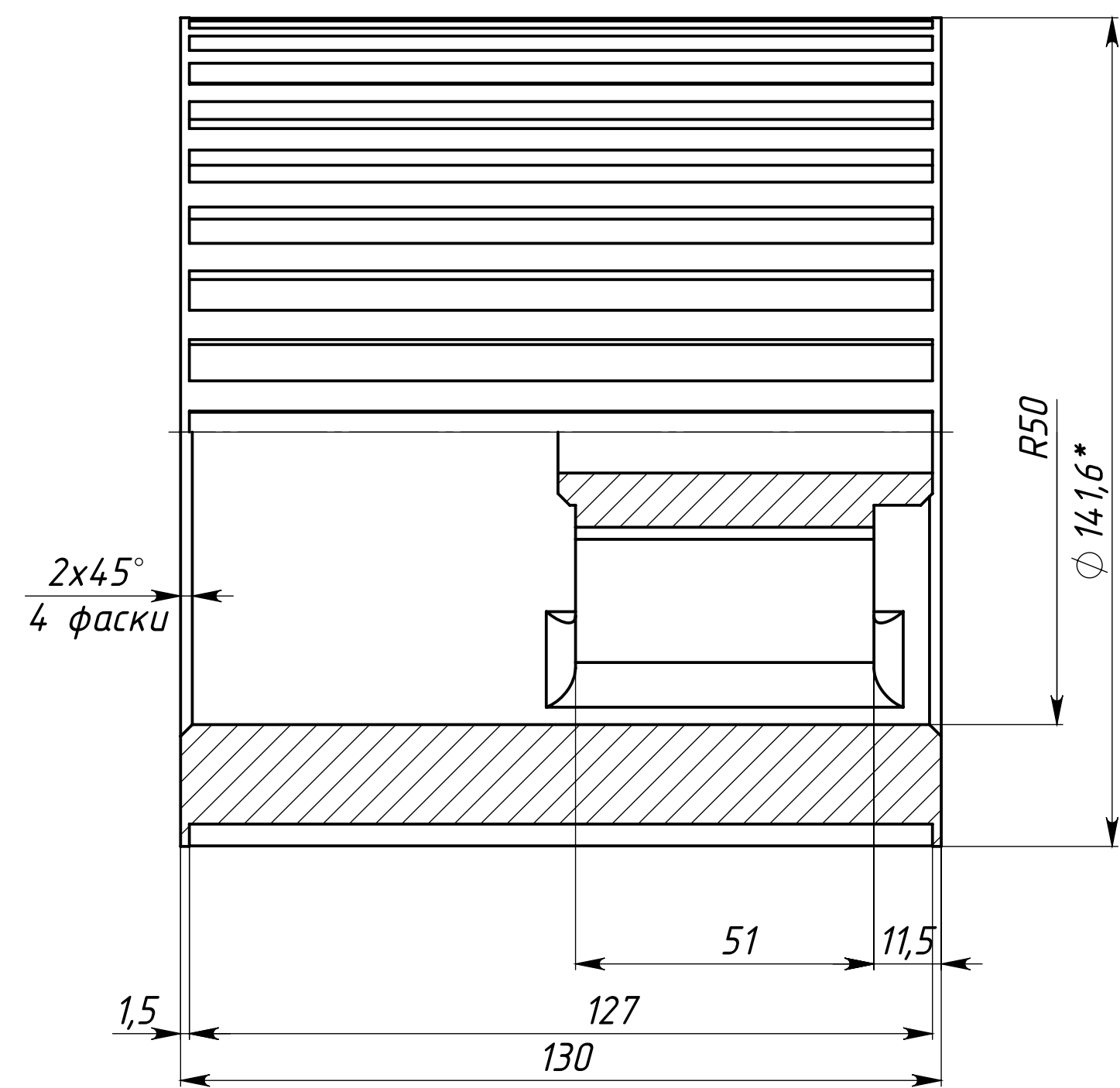
1. Гострі краї притупити до 0,2 мм.
2. Невказані граничні відхилення розмірів: Н12, h12, ±IT14/2.

				ДП.ПБ7103.1702.004.06			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Гайдай В.А.						1:1
Перев.	Степелях Н.В.						
Т. контр.					Аркуш 1	Аркушів 1	
Н. контр.					ПБФ, 4 курс		
Затв.					PLA ISO 1043-1:2011		



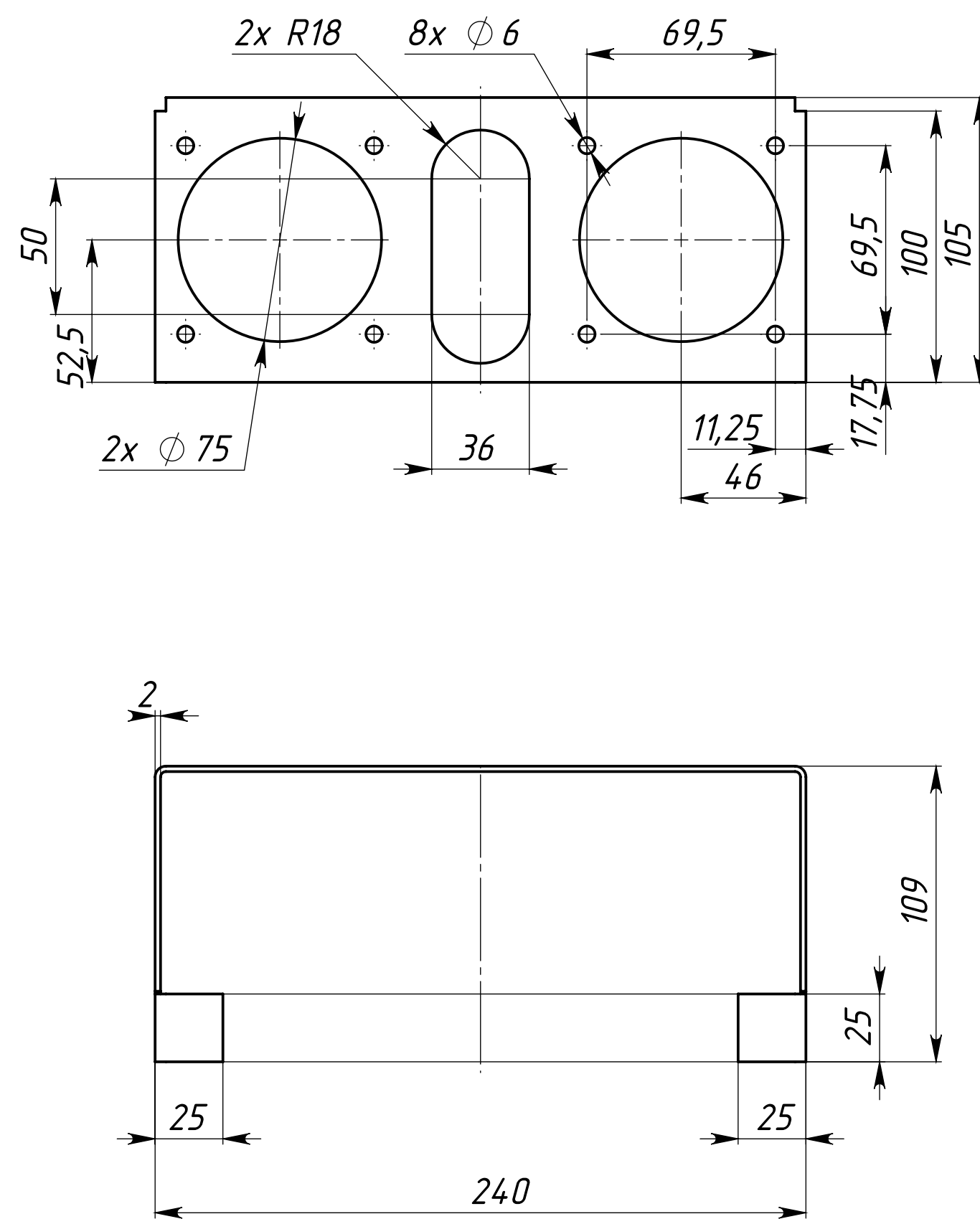
1. Гострі краї притупити до 0,2 мм.
2. Невказані граничні відхилення розмірів: Н12, h12, ±IT14/2.

				ДП.ПБ7103.1702.004.04			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Гайдай В.А.						1:1
Перев.	Степелях Н.В.						
Т. контр.					Аркуш 1	Аркушів 1	
Н. контр.					ПБФ, 4 курс		
Затв.					Сталь 45 ДСТУ 7809:2015		



1. Гострі краї притупити до 0,2 мм.
2. Невказані граничні відхилення розмірів: Н12, h12, ±IT14/2.
3. * Розміри для довідок.

				ДП.ПБ7103.1702.004.11			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Гайдай В.А.						1:2
Перев.	Степелях Н.В.						
Т. контр.					Аркуш 1	Аркушів 1	
Н. контр.					ПБФ, 4 курс		
Затв.					Nylon 6 ISO 1043-1:2011		



1. Гострі краї притупити до 0,2 мм.
2. Невказані граничні відхилення розмірів: Н12, h12, ±IT14/2.
3. * Розміри для довідок.

				ДП.ПБ7103.1702.003.03			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Гайдай В.А.						1:2
Перев.	Степелях Н.В.						
Т. контр.					Аркуш 1	Аркушів 1	
Н. контр.					ПБФ, 4 курс		
Затв.					Сталь 3 ДСТУ 2651:2005		

.			
.			
.			

.		.		

								21	1
--	--	--	--	--	--	--	--	----	---

		" . "	. 7103.1702.012					
--	--	-------	-----------------	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

_____ " _____ 20 ____ .

_____ " _____ 20 ____ .

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.					НТУУ "									
Проверил					"					7103.1702.012				
Нормир.														
Метролог														
Н контр														

А	Цех	УЧ	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИЛ	ЕН	ОП	Кшт	Тлз	Тшт
Б	Кол, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИЛ	ЕН	ОП	Кшт	Тлз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб, единицы или материала					Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх	
01					005											
02																
03																
04					010											
05																
06																
07					015											
08																
09																
10					020											
11																
12																
13					025											
14																
15																
16					030											

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

. 7103.1702.012

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы, или материала				Обозначение, код						ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх
01															
02															
03			035												
04															
05															
06			040												
07															
08															
09			045												
10															
11															
12			050												
13															
14															
15			055												
16															
17															

Дубл. _____
 Взам. _____
 Подп. _____

7103.1702.012

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы, или материала					Обозначение, код						ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх
01					060											
02																
03																
04					065											
05																
06																
07					070											
08																
09																
10					075											
11																
12																
13					080											
14																
15																
16																
17																

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	005 Комплектувальна										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	Комплектувати деталі згідно складальних креслеників та специфікай										
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

ОК	Операційна карта	5
----	------------------	---

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	010 Підготовка										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	Підготувати										
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

ОК	Операційна карта	6
----	------------------	---

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа						МИ	
	015 Складальна											
					Код, наименование оборудования				Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение			ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03		.6		.5.								
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции			Обозначение документа					МИ	
	020 Складальна									
				Код, наименование оборудования			Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	.1	.2,		.4.						
04		.10,	.11	.12.						
05	,									
06		.3		.10,	.11			.12.		
07	,									
08		. 1		.7,	.8			.9.		
09	,									
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	025 Складальна										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03		.5		.13.							
04			.3.								
05			.4.								
06			.14.								
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа						МИ	
	030 Складальна											
					Код, наименование оборудования				Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.	
03	.8	.13	.									
04		.6.										
05		.7.										
06		.14.										
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім.	ДП.ПБ7103.1702.012														
Нормир.	Стельмах Н.В.			"															
Проверил																			
Метролог.																			
Н.контр.																			

Код, наименование операции				Обозначение документа						МИ	
035 Складальна											
				Код, наименование оборудования				Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Код, обозначение			ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	.8	.13	.								
04		.9.									
05		.10.									
06		.14.									
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	040 Складальна										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03		.2			.1			.15,		.16	
	.17.										
04		,									
05		.2			.15,	.16		.17.			
06		,									
07		.3			.15,	.16		.17.			
08		,									
09		.19			.18.						
10		,									
11		.11,	.12	.20.							
12		()								
13		.23.									
14		.3			.21			.22.			
15		,									

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции			Обозначение документа					МИ	
	050 Складальна									
				Код, наименование оборудования			Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	.1	.2,		.4.						
04		.10,	.11	.12.						
05	,									
06		.3		.10,	.11			.12.		
07	,									
08		. 1		.7,	.8			.9.		
09	,									
10										
11										
12										
13										
14										
15										

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа						МИ	
	050 Складальна											
					Код, наименование оборудования				Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.	
03		.2			.1			.15,			.16	
	.17.											
04		,										
05			.2		.15,	.16		.17.				
06		,										
07			.3		.15,	.16		.17.				
08		,										
09			.19		.18.							
10		,										
11		.11,	.12	.20.								
12		()									
13			.23.									
14			.4		.21		.22.					
15		,										

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім.	ДП.ПВ7103.1702.012						
Нормир.	Стельмах Н.В.			"							
Проверил											
Метролог.											
Н.контр.					Блок шасі						

	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	055 Контроль										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	. 1				.						
04											
05	. 2				.						
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	060 Складальна										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	.15				.36.						
04											
05	.35				.31.						
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	065 Складальна										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
					,						
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	.14				.27.						
04											
05	.33				.28.						
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012						
Нормир.	Стельмах Н.В.									
Проверил										
Метролог.										
Н.контр.				Блок шасі						

	Код, наименование операции			Обозначение документа					МИ	
	070 Складальна									
				Код, наименование оборудования			Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03	.18.	.4		.6		.19,			.17	
04		,	,							
05			.3		.20,	.21		.22.		
06		,	,							
07			.3		.19,	.17		.18.		
08		,	,							
09	.18.		.1		.7		.23	26,		.11
10			,							
11	.18.		.2		.7		.23	26,		.11
12		,	,							
13			.32		.24,	.21		.22.		
14		,	,							
15			.10		.19,	.17		.18.		

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
											. 7103.1702.012								
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Код, обозначение			ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
14	,																		
15	.11										.23 16,			.17			.18.		
16	, ,																		
17	.8.																		
18	. 9 .																		
19														.25.					
20																			
21	34										.30.								
22																			
23	. 3										.31.								
24																			
25	.12 .19,										.17			.18.					
26	,																		
27	.13 .19,										.17			.18.					
28	,																		
29	. 4										.29.								
30																			

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

	Код, наименование операции				Обозначение документа						МИ	
	075 Контроль											
					Код, наименование оборудования				Тв	То		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.	
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

Разраб.	Гайдай В.А.			НТУУ "КПІ ім. " ДП.ПВ7103.1702.012											
Нормир.	Стельмах Н.В.														
Проверил															
Метролог.															
Н.контр.					Блок шасі										

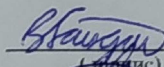
	Код, наименование операции				Обозначение документа				МИ		
	080 Випробування										
					Код, наименование оборудования				Тв	То	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Код, обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Список наукових праць

Гайдай Володимир Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

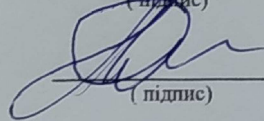
№ з/п	Назва	Видавництво, журнал (назва, номер, рік) чи номер авторського свідоцтва	Кількість сторінок	Прізвища співавторів
1	2	3	4	5
1	Вибір та обґрунтування елементної бази з гусеничним рушієм для 3Д принтеру	XIV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 18-19 травня 2021 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. – с. 143-146	4	
2	Selection of elementary base to provide technical characteristics of building robot	14-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения», 14-16 апреля 2021 г. – Минск: БНТУ - ст. 79	1	Стельмах Н.В.

Студент


(підпис)

Гайдай В.А.
(прізвище, ініціали)

Завідувач кафедри


(підпис)

Антонюк В.С.
(прізвище, ініціали)