

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки **6.050503 «Машинобудування»**

(код і назва)

на тему **Модуль пересування**
мобільного робота

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

Камінський Віталій Вячеславович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Київ - 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ В.О.Шевченко О.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки _____ 6.050503 «Машинобудування»
(код і назва)

на тему _____ Модуль пересування мобільного робота

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

_____ Камінський Віталій Вячеславович

_____ (прізвище ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту

_____ Кравець О.М.

_____ (вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

Доц. каф. ТМ, к.т.н., доц., Лепковський С.В.

_____ (посада, наукова ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ - 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

[illegible]

	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Камінський			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Кравець				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. Гр. МВ-51	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Модуль пересування мобільного робота

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Напрямок підготовки _____ **6.050503 «Машинобудування»** _____
(код і назва)

Назва програми професійного
спрямування _____ **«Металорізальні верстати та системи»** _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ **О.В.Шевченко**
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Камінському Віталію Вячеславовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту _____ Модуль _____ пересування _____ мобільного
робота _____

керівник проекту Кравець О.М. к.т.н. доц

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

затверджені наказом по університету від **“22” травня 2019 року № 1326-с**

2. Термін подання студентом проекту 18.06.2019

3. Вихідні дані до проекту швидкість переміщення більше 3м/хв. Сумарна
потужність приводів більше 0.2 квт. Сумарний крутний момент приводів
більше 50Нм.

4. Зміст пояснювальної записки обґрунтування вибору кінематичної схеми на
основі аналізу Обґрунтування вибору кінематичної схеми на основі аналізу
існуючих промислових зразків. Обґрунтування вибору типу акумуляторних

батарей для живлення приводів. Розрахунок динамічних характеристик приводів

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Загальний вигляд модуля. Складальні креслення модуля. Деталювання основних вузлів модуля. Два варіанта мобільного роботів на основі роздільних модулів.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 20.09.2018р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Патентно-інформаційний пошук	10.2018	
2	Аналіз кінематичних схем існуючих моделей роботів	01.2019	
3	Розробка кінематичної схеми робота	02.2019	
4	Розробка 3D моделі робота	04.2019	
5	Розробка робочих креслень модуля та мобільних роботів на основі модуля	05.2019	
6	Оформлення пояснювальної записки	06.2019	

Студент _____ Камінський В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ О.М. Кравець

Зміст

Вступ.....	8
1 Науково- дослідницький розділ	9
1.1 Аналіз існуючих конструкцій.....	9
1.2 Особливості гусеничної техніки.....	26
1.3 Мета і задачі проекту.....	32
2 Конструкторський розділ.....	34
2.1 Основні відомості про акумуляторні батареї.....	34
2.2 Умови роботи.....	34
2.3 Класифікація акумуляторних батарей.....	34
2.4 Основні вимоги до акумуляторних батарей.....	35
2.5 Пристрій батареї	35
2.6 Електроліт	37
2.7 Електродвигун постійного струму.....	39
2.8 Управління двигунами постійного струму та їх живлення.....	40
2.9 Система живлення двигуна постійного струму	42
3 Розрахунковий розділ.....	44
3.1 Сили , що діють на машину.....	44
3.2. Сила загального опору дороги.....	46
3.3. Сила опору середовища повітря.....	47

					МВ-5106.ДПБ000.000ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Камінський			КПІ ім. Ігоря СікорськогоММІ,МВ-51		
Провер.		Кравець О.М.					
Н. Контр.							
Утверд.							
					Лит.	Лист	Листов

3.4. Сила опору розгону.....	48
3.5. Рівняння руху возика	49
3.6. Силовий баланс возика	50
3.7. Баланс потужностей возика.....	51
3.8. Вплив на паливну економічність машини експлуатаційних факторів....	53
3.9. Поворотність возика.....	54
3.10 Прохідність гусеничного возика. Вимоги до його прохідності.....	55
3.11 Силіві розрахунки двигуна постійного струму.....	55
3.12 Опис конструкції модуля пересування мобільного робота	58
3.13 Аналіз напружень вала ведучого колеса.....	63
Література.....	68

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Реферат

Результати роботи представлені в пояснювальній записці (68стор.) 48 ілюстрацій, 12 таблиць та перелік використаних джерел з 23 позицій та графічній частині 7 аркушів формату А1.

Мета розробки – створення конструкції рухомої платформи мобільного робота на модульному принципі за рахунок об'єднання декількох рухомих модулів з автономними і незалежними приводами (двох, трьох і більше).

Виконано патентно- інформаційний пошук промислових зразків та патентів з метою пошуку раціональної схеми конструктивної реалізації приводів. Розроблено конструктивну схему та 3D модель рухомої платформи мобільного робота у вигляді окремого модуля з гусеничним рушієм та розроблено конструкцію приводів повороту гусениці. Розроблено робочі креслення складальної моделі гусеничного модуля та робочих креслень окремих вузлів та деталей. Виконано в середовищі «Аналіз напружень» системи автоматизованого проектування Inventor аналіз напружено-деформованого стану основних деталей модуля та оцінити рівень напружень та коефіцієнт запасу міцності. Розроблено два варіанти об'єднання рухомих модулів в платформи мобільних роботів.

Реферат

Результаты работы представление в пояснительной записке (68ст.) 48 иллюстраций, 12 таблиц и список использованных источников с 23 позиций и графической части 7 листов формата А1.

Цель разработки - создание конструкции подвижной платформы мобильного робота на модульном принципе за счет объединения нескольких подвижных модулей с автономными и независимыми приводами (двух, трех и более).

Выполнено патентно информационный поиск промышленных образцов и патентов с целью поиска рациональной схемы конструктивной реализации приводов. Разработан конструктивную схему и 3D модель подвижной платформы мобильного робота в виде отдельного модуля с гусеничным двигателем и разработана конструкция приводов поворота гусеницы. Разработаны рабочие чертежи сборочной модели гусеничного модуля и рабочих чертежей отдельных узлов и деталей. Выполнен в среде «Анализ напряжений» системы автоматизированного проектирования Inventor анализ напряженно-деформированного состояния основных деталей модуля и оценить уровень напряжений и коэффициент запаса прочности. Разработано несколько вариантов объединения подвижных модулей в платформы мобильных роботов.

Summery

The results of the work are presented in the explanatory note (68 page) 48 illustrations, 12 tables and a list of sources used from 23 positions and graphic part 7 sheets of A1 format.

The aim of the development – the creation of the construction of moveable platform of mobile robot by modular principle at the expense of connection of the several moveable modules with autonomous and independent drives (two, three and more).

The patent and informative search of the industrial examples and the patents were performed in order to find the rational scheme of the constructive realization of the drives. The constructive scheme and 3D model of the moveable platform of the mobile robot as separated module with full-track drive were elaborated and the construction of the drives of the full-track's turns was worked out. The operative drafts of the assembling model of the full-track module were elaborated and the operative drafts of separated nodes and details were developed. The analysis of the tense-deformed condition of the main details of the module was performed on the area of "Tenses' analysis" and the system of automatic designing Inventor; the level of tenses and the strength factor were estimated. Several variants of the connection of the moveable modules on the platform of the mobile robots were worked out.

Вступ

Стихійні лиха, війни, а також різні техногенні катастрофи призводять до великої кількості людських жертв та матеріальних втрат. Для зменшення кількості постраждалих, знешкодження військових припасів та проникнення у важкодоступні та небезпечні місця для людей, потрібне застосування спеціальної техніки.

Для виконання цих робіт розроблено різного роду роботизовані комплекси, що використовуються у різних сферах. Досвід ведення війни та аварійно-рятувальних робіт визначив основні напрямки : гасіння вогню в умовах високих температур, відключення **оснащення в умовах радіації**, взяття різноманітних проб, проведення радіаційного, хімічного та інших видів аналізу в небезпечних середовищах, визначення джерел та усунення причин радіоактивності, розкриття пошкоджених упаковок та вилучення боєприпасів, ліквідація боєприпасів ,які неможливо транспортувати.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Науково - дослідницький розділ

1.1 Аналіз існуючих конструкцій

У теперішній час збільшилося число природних стихійних бід, різних аварій та війни у всьому світі змусили розробити та використовувати універсальну техніку для виконання різних робіт, а саме мобільних роботів.

Робот (від чеського *robota*) — автоматичний прилад, що виконує виробничі та багато інших операцій, які раніше людина виконувала самостійно. Для пояснення опису мобільних роботів дія яких, не схожа з діями людини, переважно називають терміном “автомат”.

У багатьох випадках сучасні роботи, що призначені для промисловості— це маніпулятори, закріплені на корпусі і виконують однотипну роботу складання, переміщення тощо. Роботами також є мобільні пристрої, що виконують роботу у небезпечних для людини місцях та середовищах і керуються дистанційно, наприклад роботи, що досліджують великі глибини океану, космос, роботи для військового призначення та ін.

Мобільні роботи можуть базуватися на декількох типах шасі (рис.1.1) Це

а) колісне шасі б) гусеничне шасі в) колісно-гусеничне шасі



А)



Б)



В)

Рис. 1.1-Типи шасі мобільних роботів

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Використовуватися робототехнічні комплекси можуть для виконання таких функцій :

- Обстеження небезпечних зон та об'єктів;
- Знешкодження наслідків надзвичайних ситуацій;
- Участь у рятувальних операціях;
- Виявлення джерел та усунення причин в умовах випромінювання;
- Дезактивація бойових припасів (БП);
- Підтримка вогню в умовах бою;
- Знешкодження мін та їх виявлення;
- Диверсійні операції:
- Доставка, встановлення та дистанційне приведення в дію вибухових пристроїв;
- руйнування комунікацій (трубопроводів, електромереж, підстанцій, залізниць, мостів).

Зараз розроблені різні військові роботи, що використовуються різноманітних сферах (рис. 1.2).



Рис. 1.2 - Класифікація військових робіт

Класифікація проведена згідно функціонального використання робота.

Основною метою розвитку військової робототехніки є: інтелектуалізація

управляючих систем; групове використання роботів; мікромініатюризація компонентів робототехнічних комплексів; інтеграція підсистем; ієрархічна система побудови .

Для первинного огляду небезпечних об'єктів та їх розмінування американською компанією Northrop Grumman Corporation було розроблено - робототехнічний комплекс MarkV-A1(Рис.1.3). На комплексі встановлено декілька відеокамер та водяна гармата, щоб знищувати бомби.

Робот обладнаний наступними функціями: Кольорова камера відеоспостереження зі світлом, з функцією приближення у 72 рази та можливістю панорамної зйомки і нахилом.

Захватом з безперервним обертанням - для роботи з захватом можна додати безліч аксесуарів

Рука маніпулятора, яка може видовжуватися до 2.5 метрів.



Рис.1.3 - Робототехнічний комплекс MarkV-A1

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Роботизований комплекс Andros FX (Рис.1.4) на гусеничному шасі та призначений для розмінування та пошуку мін. Система управління робота містить сенсорний екран, що підтримує 3D графіку. Рух маніпулятора здійснюється у дев'яти керованих координатах.



Рис.1.4- Роботизований комплекс Andros FX

Військові роботи протягом багатьох років застосовуються в арміях всіх країн. Роботи компанії iRobot, а саме Pack Bot (Рис. 1.4) успішно використовуються близько 15 років. Їх використовуються для розмінування територій, виконання бойових операцій.

Pack Bot- це робот, що має гусеничне шасі та маніпулятор.

Через невелику масу всього 20 кг робот є дуже компактним. Проте незважаючи на його невеликі габарити та масу його конструкція є дуже міцною, що дає можливість без втрати працездатності, падати з великої висоти. Його перевагами є його висока прохідність та рух по сходах або інших незначних перешкодах. Конструкція дозволяє навіть обладнувати робота різною стрілецькою зброєю.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



а



б

а – робот у зібраному стані: б – виконання операції маніпулювання

Рис. 1.4- Загальний вигляд робота Pack Bot 510

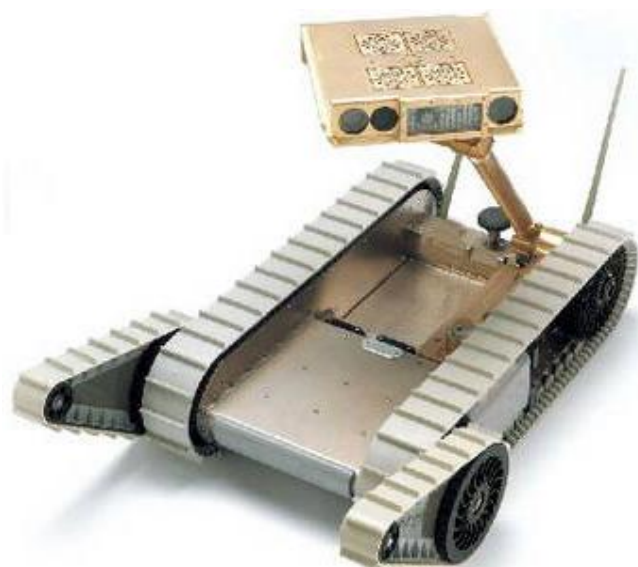
Призначенням цієї модифікації є знаходження снайперів ворога, розроблено iRobot разом з Бостонським університетом. Назвали робота REDOWL (Robotic Enhanced Detection Outpost With Lasers). В оснащені робота є лазерний далекомір, вбудовану відеокамеру завдяки, якій ведеться оперативна відео зйомка та пошук ворогів, тепловізори та GPS-приймач. Головною перевагою REDOWL є його чутливий блок, що встановлений на одноважільному маніпуляторі, він здатен рухатися вверх-вниз та повертатися у різних напрямках, а підйом платформи надає додатковий підйом робота(рис. 1.6)

У Pack Bota існує модифікація система REDOWL (Червона сова) (рис.1.5)

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рис. 1.5 – Робототехнічний комплекс REDOWL



а



б

Рис. 1.6 - Забезпечення поворотного переміщення чутливого блока (а) та додатковий підйом блока завдяки фліперам платформи робота (б)

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Роботизований комплекс Cobham TeleMAX EOD/IEDD, Німеччина
(рис 1.7)

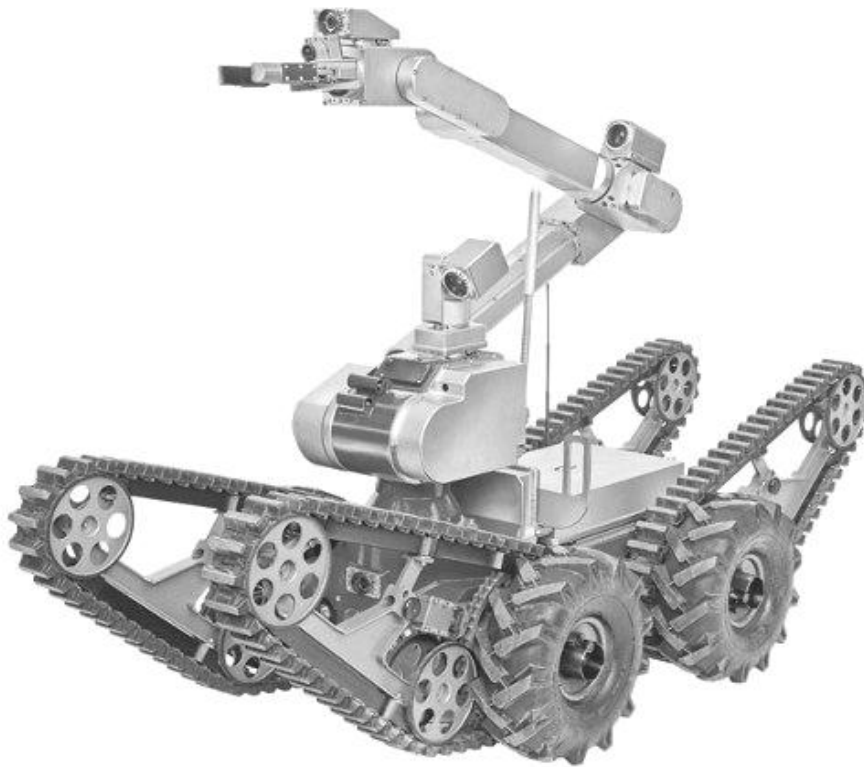


Рис. 1.7 Cobham TeleMAX EOD/IEDD телекерований робот первинного огляду

Цей робот, розроблений європейською компанією Cobham. Платформа на чотирьох колесах з додатковими гусеницями. Здатний долати перешкоди під кутом до 45 градусів. Містить сканер навколишнього простору.

Cobham tEODor (рис. 1.8), розроблено німецькою компанією. Телекерований робот для розібрання мін, що базується на гусеничній платформі. Навколишній простір сканує завдяки автоматичному сканеру.

Робот для важких умов експлуатації ,що управляється дистанційно. Він надає високу надійність та чудову маневреність. Також здійснює розвідку , моніторинг та дослідження об'єктів у винятково небезпечних умовах.

Роботизована система Cobham tEODor використовується поліцією та військовими у 41 країні світу.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Рис. 1.8 Телекерований робот для розбирання мін Cobham tEODor

Digital Vanguard ROV (рис.1.9) розробник MED-ENG (Канада) є багатофункціональним роботом, що призначений для знаходження небезпечних матеріалів і загрозливих предметів, що можуть вибухнути, спостереження і тактичних місій. Його маневреність та низький профіль, висока швидкість дозволяють застосовувати його в важкодоступних місцях, наприклад, під автомобілями, у вузьких щілинах літаків, поїздів та автобусів. Digital Vanguard ROV - це робот для знешкодження бомб, що обладнаний телескопічним маніпулятором з можливістю застосування шарнірного обладнання для знешкодження вибухонебезпечних пристроїв оснащений деструкторами, камерами, рентгенівським обладнанням та датчиками ХБРЯ (хімічна, біологічна, ядерна).

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Рис. 1.9 Телекерований робот розмінування Digital Vanguard ROV

Маніпулятор з камерою на гусеничній платформі Talon V (рис.1.9)
Обладнання "візка" змінюється залежно від цілі використання - в запасі є спеціальні сенсори для хімічного аналізу пристрої для розмінування, радіаційні та інші сенсори.

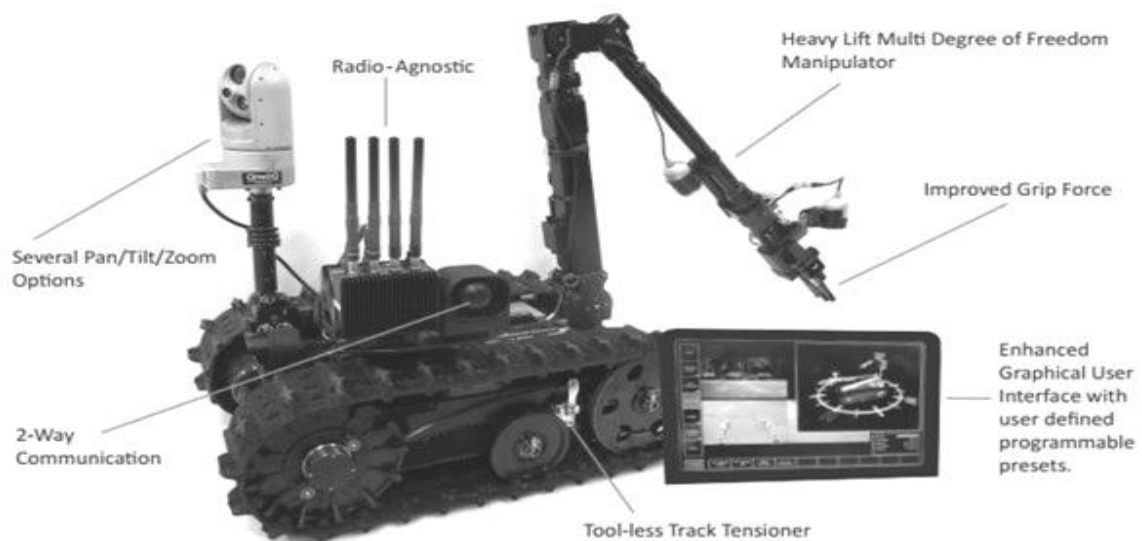


Рис. 1.10 Маніпулятор з камерою на гусеничній платформі Talon V

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Звичайний маніпулятор робота може піднімати об'єкти масою до 30 кг. Робот може працювати на одному запасі батареї близько 4-5 годин.

Машина може розвивати швидкість до 10 км / год, а також підніматися по сходам, що знаходяться під кутом нахилу який не більше 46 градусів. Робот містить 6 зовнішніх порта для під'єднання до мереж гігабітного Ethernet.

Мобільний роботизований комплекс легкого класу для розвідки і гасіння пожеж МРК-РП(рис.1.11)

Розроблений для проведення розвідки і ліквідації локальних зон пожежі, знищення наслідків аварій, забруднених хімічним і радіаційним випромінюванням, для зменшення загибелі і травматизму людини.

Технічні характеристики:

- Вага спорядженого МР, не більше : 190 кг
- Максимальна швидкість пересування МР, не менше: 3.0 км/год
- Висота пройденого МР порогу перешкоди: 0.25м
- Допустимий кут крену, диференту МР, не більше: 35°
- Глибина пройденої МР водної перешкоди, не більше: 0.1м
- Глибина пройденого МР снігового покриву, не більше: 0.1м
- Фактична вантажопідйомність маніпулятора: 30кг
- Гранична вантажопідйомність маніпулятора: 50кг
- Управління МР з ПУ на відстані:

по кабелю до: 200м

по радіо на відкритій місцевості до 1000м

- Габаритні розміри МР, не більше

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Довжина: 1.35м

Ширина: 0.65м

Висота: 0.7м

- Час безперервної роботи не менше: 4год



Рис.1.11 МРК-РП

Мобільний робот Сервосила "Инженер"(рис.1.12) розроблений для використання в наступних областях:

- Служби порятунку,
- Пожежні служби,
- Небезпечні виробництва,
- Інженерні та експлуатаційні служби,

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

- Експлуатація тунелів і шахт.

Завдяки малій масі цей робот можна переносити у ранці однією людиною. Це дозволяє використовувати у різних важкодоступних місцях, де людині не має доступу. Він дуже простий в керуванні тому для управління ним не потрібно мати якихось особливих навиків.



Рис. 1.12 Мобільні роботи Сервосила "Инженер"

Керування роботом здійснюється за допомогою джойстика та окулярів віртуальної реальності. В окуляри проектується зображення з камер робота ,а маніпулятором керує джойстик.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Завдяки гусеничному шасі у робота висока прохідність, що дає йому можливість пересуватися по снігу, піску та рухатися по сходам та іншим площинам під кутом .Також він є герметичним ,тому дощ йому не перешкода.

Американська компанія iRobot розробила гусеничне шасі (рис 1.11) для мобільних роботів та інших транспортних засобів, для забезпечення перенесення їх центрів тяжіння, що покращує прохідність різних перешкод.

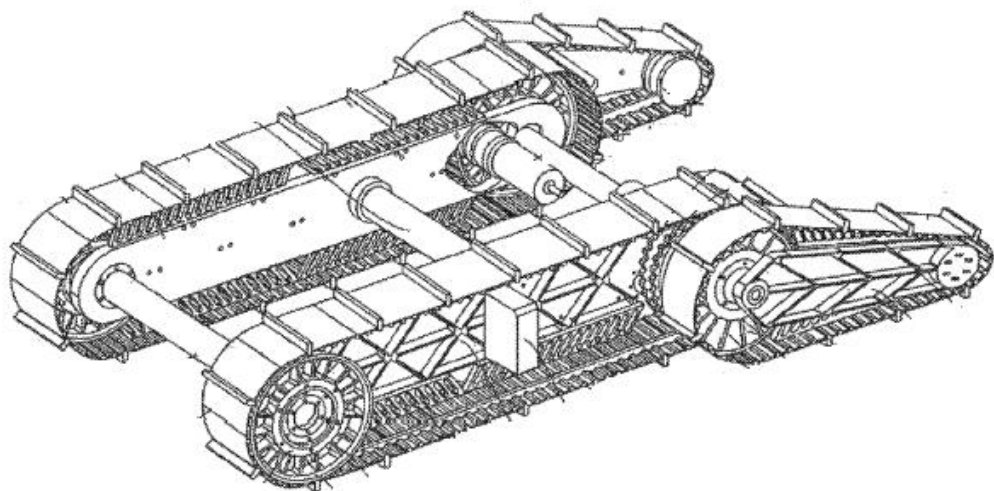


Рис. 1.13-гусеничне шасі

Телекерований робот розмінування HDMS 551s1(рис.114). Робот виконує містить такі можливості: відкорковувати пляшки, відкривати тонкі пластикові пакети і ... гратися в іграшки, не пошкодивши їх. Мета розробки машини - виявлення, первинний аналіз і знешкодження вибухових пристроїв. Також свободу маневрів маніпулятором надає їх кріплення, схоже на людський торс. Звичайно, цікавим було б подивитися на самостійну версію робота, але машина з двома маніпуляторами містить в собі крок вперед - можливості робота збільшилися більш, ніж у два рази. Незвичний інтерфейс керування маніпуляторами - це не звичайний пульт з джойстиками, а спеціальний механізм , який використовує аватар-принцип. Частина конструкції

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

маніпуляторів робота повторюють рух елементів конструкції, якими переміщує оператор. Напевно, так навіть краще в моментах з розмінуванням, ніж коли керування для пристрою знімаються з рук оператора.



Рис. 1.14 Телекерований робот розмінування HDMS 551s1

Роботизований комплекс «Варан» (рис.1.15) розроблений компанією «Ковровский електромеханічний завод»



						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рис. 1.15- Роботизований комплекс «Варан»

«Варан» - це мобільний робот легкого класу, призначений для проведення розвідки об'єктів, моніторингу територій в умовах міста і пересічених місцевості; огляду і дослідження об'єктів, схожих на вибухонебезпечні, розміщених в приміщеннях будівель та на місцевості, а також засобів пересування; знищення вибухівки або її завантаження в спеціальний контейнер, щоб транспортувати в безпечне місце; доставки в місця проведення операції спеціального обладнання.

Одним з основних елементів мобільного робота є транспортний засіб. Можливості гусеничного рушія з точки зору прохідності і тягово-транспортних характеристик істотно розширюють сферу застосування і функціональні можливості робота в цілому. Висока прохідність дозволяє долати сходові марші, порогові перешкоди висотою до 200 мм, водні перешкоди глибиною до 100 мм, рухатися по снігу висотою до 150 мм.

У лабораторії Міасского відділу Південно-Уральського державного університету виготовлений винятковий робот-сапер "Богомол-3", призначений захистити населення від загроз вибухів. Робот-сапер на шасі із змінною траєкторією руху може, прибути до вибухового пристрою, що знаходиться на даху автомобіля "Газель", протиснутися між дном автомобіля і землею, що не перевищує 10 сантиметрів, переміститися на сходинку 20 сантиметрів в висоту.

"Богомол-3" (рисунок 1.1) розроблений за замовленням єкатеринбурзького ТОВ "Уралвипел".

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

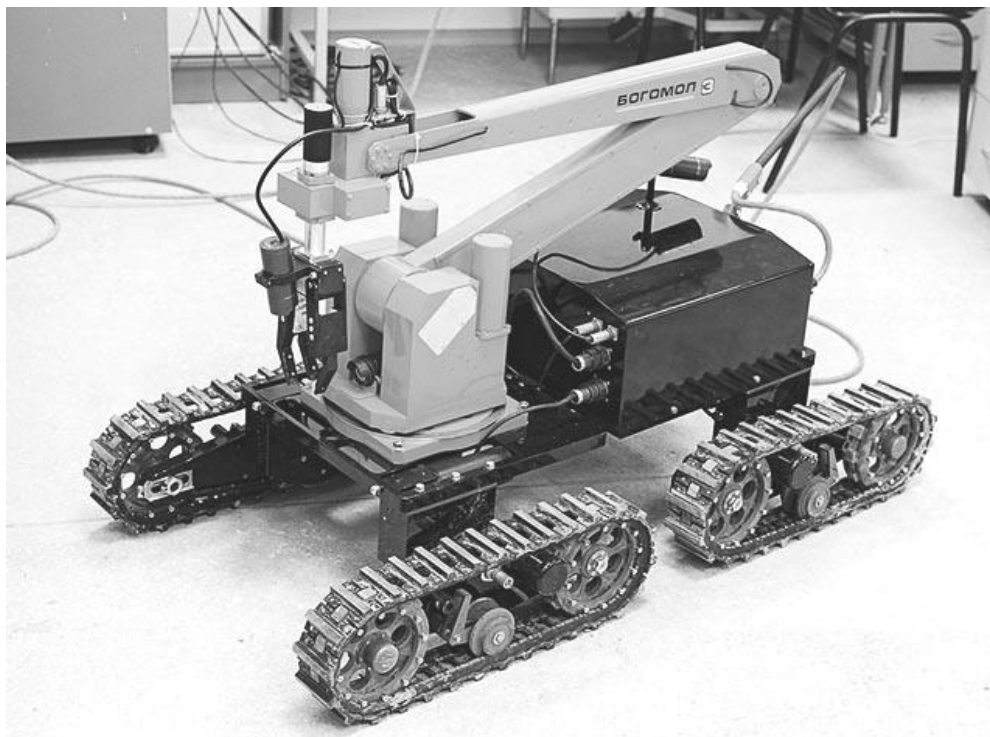


Рисунок 1.1 Робот-сапер "Богомол-3"

Розроблений робототехнічний комплекс «Богомол-3М» для роботи в умовах, де знаходження людини небажано або неможливо:

- проникнення в недоступні зони;
- огляд підозрілих предметів;
- вилучення та транспортування небезпечних об'єктів;
- знайдення вибухових пристроїв.

Основні технічні характеристики і умови користування

Рухома установка

маса, кг менше 100

мінімальна довжина, мм 800

максимальна довжина, мм 1180

ширина, мм 600

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ходова частина гусеничної техніки

Для забезпечення плавності ходу, остова техніки з з'єднанням осей опорних катків служить підвіска. Гусеничний рушій забезпечує рух машини, підтримки його остова, натягу ланцюгів гусениці. З обох боків на рамному кістяку змонтовані гусеничні рушії.

Рушій складається з гусеничного ланцюга (гусениці), ведучого колеса (зірочки), кареток, що балансують ролики і натяжний амортизаційний пристрій. При русі машини привідна зірочка 1 (рисунок 1.2) прокручує замкнутий ланцюг гусениці. Ланки зірочки постійно укладаються перед опорними катками. Середовище, що знаходиться під гусеничною опорною поверхнею, перешкоджає зрушенню ланками ланцюга. Цей опір надає зусилля зірочці, що передається кістяку, змушуючи машину рухатися і створювати силу тяги. Ланки, за якими вже пройшли катки опорні, що постійно спрямовуються до підтримуючих роликів.

Каретка містить катки 2 та два балансира 10, що з'єднані шарніром 11. Вгорі затиснута пружина розпірна 12, що знаходиться між балансирами. Від остова машини передається сила тяжіння на катки каретки і сприймається пружиною через балансири.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

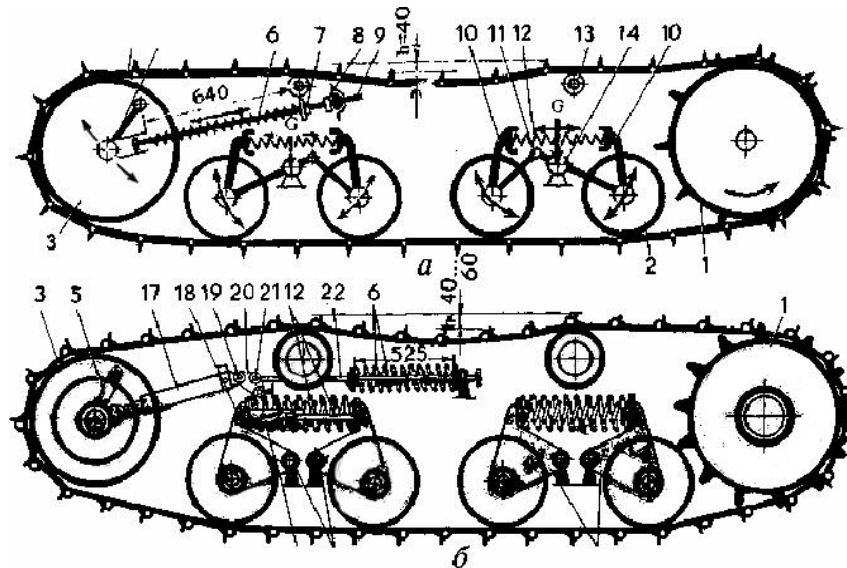


Рисунок 1.2 Схема гусеничних рушіїв машини 1 - привідна зірочка; 2 - опорний каток; 3 - напрямне колесо; 4 - гусеничний ланцюг; 5 - колінчаста вісь; 6 – пружина амортизуюча; 7 - гайка пружини; 8 – натяжна гайка гвинта; 9 - натяжний гвинт; 10 - балансири каретки; 11 - шарнір балансирів; 12 - пружини каретки; 13 - підтримуючий ролик; 14 - цапфа каретки; 15 - цапфи балансирів; 16 - гідроамортизатори; 17 - циліндр гідронатяжителя; 18 - палець гідроамортизатора; 19 - палець головки гідроциліндра; 20 - проміжна ланка; 21 - палець натяжного болта; 22 - натяжний болт

Переваги та недоліки існуючих схем підвісок гусеничних машин

Крім загальних вимог, що пред'являються до механізмів підвіски повинна надавати плавний рух без ударів машини по нерівній поверхні.

В залежності від способу з'єднання осей підвіски діляться на : жорсткі, напівтверді і пружні. Осі з'єднуються напряду до кістяка машини у жорстких підвісках, а коли осі кріпляться на спеціальних рамах (возиках) ,що з'єднується в двох точках з кістяком машини, за допомогою шарніра ззаду , а у передній частині- завдяки пружному елементу. Шарнір для з'єднання візок з гусеницями та кістяком машини, може співпадати з віссю колеса. У такому випадку колеса та катки розміщують на рамі .

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Пружні підвіски поділяються на: 1) балансірні, у яких осі катків групами по дві і більше; 2) індивідуальні, де кістяк машини з'єднується через окрему систему пружних елементів і систему важелів з окремими катками.

Незалежне коливання ходової частини щодо кістяка покращує її пристосованість до кривизни поверхні, що підвищує прохідні та тягові якості машини. При закріпленні на рамах візків гусениць опорних катків забезпечується рівномірний тиск на ґрунт.

Недоліками напівжорсткої підвіски є те, що велика маса безпружних елементів та велика металоємність. На відміну від жорстких підвісок пружні не залежно від їх типу надають плавний рух машини на великих швидкостях.

Конструкція гусеничного рушія

Для надання руху машини, підтримки її кістяка і задання напрямку руху служить гусеничний рушій. В його склад входять гусеничні ланцюги, ведучі колеса, опорні та підтримуючі катки та амортизуючі пристрої.

Ведучі колеса перемотують ланцюги під дією крутного моменту рушія, що задає рух машині. Вимоги до ведучих коліс:

- крутний момент повинен передаватися на гусеницю при будь-яких умовах пересування.
- очищатися самими від бруду.

Напрямні колеса застосовуються для підтримки вибраного напрямку пересування і зміни сили натягу ланцюга, також напрямні колеса повинні самоочищатися від снігу та бруду.

Опорні катки служать для передавання ваги машини на ґрунт та направляють рух машини. Вимоги до опорних катків:

- Добре захищені підшипники
- При русі надавати малий опір машині

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для передачі ваги машини на поверхню, забезпечення прохідності потрібної для використання тягової сили машини служить гусеничний ланцюг.

Типи зачеплення гусеничного ланцюга з ведучими колесами

Ведучі колеса по типові зачеплення ділять на такі групи: цівкові, гребеневі та зубові. Зуби ведучого колеса при цівковому зачепленні входять у зачеплення з цівками, перемотуючи гусеничний ланцюг.

При такому зачепленні можливі два варіанта передачі зусилля від зуба на цівку: тягнучий та штовхаючий. Коли у зуб колеса впирається у цівку, що знаходиться у передньому кінці гусениці – це тягнучий спосіб.

Цівка, що входить в зачеплення ковзає по зубу, знаходячись під впливом повної дотичної сили, коли цівка вийшла з зачеплення сила ковзання відсутня.

При штовхаючому способі в цівку, що знаходиться в задній частині гусениці впирається зуб колеса. Вхід в зачеплення: ланка гусениці лягає на провідне колесо. Потім цівка входить в зачеплення з відсутністю ковзання. При виході цівки із зачеплення відбувається проковзування по зубу ведучого колеса. У такому випадку менша сила тертя в шарнірах.

При гребневому зачепленні є гребінь, що виконується на ланці ланцюга з профілем, що розташований під кутом $70 \dots 80^\circ$ до ланки, з круглою вершиною. Ведуче колесо складається з двох дисків, між яким розміщені пальці, через них і відбувається передача крутного моменту на гусениці.

Для забезпечення високої жорсткості ланки та утворення великої площі контакту в зачепленні використовують зубове зачеплення. Яке виглядає як гребінь на гусеничному ланцюзі і такої ж форми впадині на ободі колеса. Недоліком такого зачеплення є складність виготовлення.

Класифікація, призначення та вимоги до напрямних коліс

Напрямні колеса призначені для підтримки вибраного напрямку руху і зміни

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

сили натягу гусеничного ланцюга. Вони повинні добре самоочищатися снігу та бруду.

Напрямні колеса класифікуються за такими ознаками:

- за типом обода - з одинарним і подвійним;
- за видом кріплення: на кривошипі і на повзунах;
- за наявністю амортизаційних пристроїв - з амортизаційним пристроєм і без нього.

Напрямні колеса у всіх гусеничних машинах виконують функцію натяжного пристрою. Завдяки їм регулюють ступінь попереднього натягу ланцюга, бо якщо виникне провисання гусениці збільшується втрата на самопересування машини та виникне можливість спадання ланцюга. Щоб змінити натяг на ланцюгу ступицю прямого колеса розміщують на колінчатій осі.

Це застосовується при індивідуальних та балансирних підвісках (вісь розміщується на кістяку машини). В окремих випадках встановлюють напрямні колеса не на повзунах, а на кривошипі.

При використанні індивідуальних підвісок та балансирних, відсутня рама, тому напрямні колеса разом з натяжним механізмом кріплять на лонжероні кістяка машини.

Підтримуючі та опорні катки. Призначення особливості конструкцій

Передають опорні катки вагу машини на ґрунт, а також направляють пересування машини. Опорні катки поділяються на подвійні та одинарні, а також за наявністю пружного елемента – без пружного елемента та з ним.

Працюючи в несприятливих умовах опорні катки відносяться до найбільш навантажених. Вони приймають на себе всі поштовхи та удари, що виникають

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

1.3 Мета і задачі проекту

Проведений патентно-інформаційний пошук варіантів конструкцій мобільних платформ роботів показав можливі варіанти конструктивних рішень приводів. Для даної розробки ми зупинились на варіанті конструкції з гусеничним рушієм. Тому мету розробки можна сформулювати наступним чином:

Мета розробки – створення конструкції рухомої платформи мобільного робота на модульному принципі за рахунок об'єднання декількох рухомих модулів з автономними і незалежними приводами (двох, трьох і більше).

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Виконати патентно- інформаційний пошук промислових зразків та патентів з метою пошуку раціональної схеми конструктивної реалізації приводів.
2. Розробити конструктивну схему та 3D модель рухомої платформи мобільного робота у вигляді окремого модуля з гусеничним рушієм та розробити конструкцію приводів повороту гусениці.
3. Розробити робочі креслення складальної моделі гусеничного модуля та робочих креслень окремих вузлів та деталей.
4. Виконати в середовищі «Аналіз напружень» системи автоматизованого проектування Inventor аналіз напружено-деформованого стану основних деталей модуля та оцінити рівень напружень та коефіцієнт запасу міцності.
5. Розробити декілька варіантів об'єднання рухомих модулів в платформи мобільних роботів.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Конструкторський розділ

2.1 Основні відомості про акумуляторні батареї

На гусеничній техніці використовують стартерні акумуляторні батареї. Акумулятор забезпечує подачу струму на електростартер при запуску двигуна та інших приладів, що споживають електроенергію при несправному генераторі.

2.2 Умови роботи

Режим роботи акумулятора на машинах характеризується температурою електроліту, періодичністю, обсягом та якістю обслуговування, рівнем вібрації, параметрами розряду та заряду стартера, силою струмів та часу роботи циклів розряду і заряду, справності електрообладнання, рівнем надійності.

Батареї можуть використовуватися при температурі повітря -40 до $+60$ ° С (акумуляторні батареї звичайної конструкції), а також батареї з загальною кришкою можуть працювати від -50 до $+60$ ° С, але при таких умовах температура електроліту в батареях не повинна перевищувати 50 ° С (ГОСТ 959-91).

Можливе явище замерзання електроліту через недостатню його щільність і розрядженість. При низьких температурах потрібно заповнювати електролітом з більшою щільністю і повинен акумулятор постійно зарядженим.

При щільності $1,30$ г / см³ навіть розряджений повністю електроліт при температурі -14 °С може замерзнути. Тому зі зменшенням щільності електроліту збільшується температура його замерзання. Так само і з заряджанням акумуляторної батареї, при низьких температурах акумулятор не може заряджатися тільки на $60 \dots 65\%$ від повної ємності.

2.3 Класифікація акумуляторних батарей

Основним споживачем енергії акумулятора є електростартер. В залежності від роботи в стартерному режимі розрізняють вид та тип конструкції батареї.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ГОСТ 959-91 конструктивно-функціональні ознаки акумуляторних батарей:

- Звичайна конструкція (в моноблоці з комірковими кришками міжелементними перемичками ,що розміщені над кришками).
- - в моноблоці ,що містить загальну кришку і міжелементні перемички, розміщеними під кришкою кришкою;
- - не обслуговуються – однією загальною кришкою, що не потребують догляду в експлуатації .

2.4 Основні вимоги до акумуляторних батарей

Однією з основних вимог до батарей в машинах повинен бути забезпечений безперешкодний доступ для обслуговування та огляду . Для зменшення падіння напруги в стартері , та зменшення стартерного дроту батарею розміщують як найближче до стартера. Масовий дріт кріплять на жорсткій рамі або на двигуні. В місцях установки батареї вібрація не повинна характеризуватися прискоренням більше ніж $1,5g$ ($14,7 \text{ м / с}^2$) при частоті до 60 Гц. Вібраційне навантаження допускається з прискоренням $5g$ в діапазоні до 30 Гц.

Термін роботи звичайної батареї повинен складати один рік при умові напрацювання машини не більше 150 тис. км або близько 2 років якщо транспортний засіб проїхав не більше 90 тис. км. Мінімальним вважається термін служби батареї до момент зменшення ємності цієї батареї нижче 40% від початкової.

2.5 Пристрій батареї

Позитивні та негативні електроди в стартерних батареях містять грати з активною масою. Сепаратори служать для розділення електродів та запобігання коротких замикання. Бареткою з'єднуються позитивні та негативні електроди в напівблоки.

В секцію моноблока опускають блоки електродів і поєднують між собою за

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

допомогою перемичок, які можуть бути або зовні або всередині кришки в залежності від конструкції. Електролітом заповнюють кожен секцію моноблока.

Активною речовиною в повністю зарядженої батареї є діоксид вуглецю (позитивний електрод), а негативною речовиною є губчастий свинець РЬ.

Функцію підведення струму виконують решітки електродів до активної маси, коли вона заряджається, а коли розряджається – струмовідвід. Рівномірний струморозподіл забезпечують решітки електродів по всій масі активної речовини.

Решітки негативних речовин мають малу товщину тому, що вони менше схильні до корозії. До 50% маси електрода має маса решітки.

Свинцевий порошок є основним елементом пасти електродів, розмішаний в розчині сірчаної кислоти. В пасту для міцності активної маси додають поліпропіленове волокно, що надає механічну міцність пасти та збільшує пористість позитивного електрода з 40 до 50%, завдяки чому збільшується термін служби, і покращуються енергетичні характеристики акумуляторної батареї на 9 ... 15%.

Діоксид свинцю в порівнянні має більший питомий опір негативного електрода ($74 \times 10^{-4} \text{ Ом} \times \text{см}$) ніж губчастий свинець ($1,83 \times 10^{-4} \text{ Ом} \times \text{см}$), тому використовують саме губчастий свинець для покращення механічної міцності. Опір позитивного електрода у зарядженому стані 92...98% опору решітки, а негативного становить 62 ... 70%. Чим більше розряджається батарея тим більше опір наближається до опору решіток.

Для збільшення корозійної стійкості решіток додають миш'як, що дуже сильно збільшує межу міцності на твердість та розрив та для збільшення терміну служби батареї виконують легування миш'яком решіток електродів.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.6 Електроліт

Виготовляють електроліт з дистильованої води (ГОСТ 6709-72) та сірчаної кислоти (ГОСТ 667-73). Від хімічної чистоти електроліту первним чином залежить і термін служби та характеристики батареї. В залежності від домішок кислоту розділяють на два сорти (А і Б) (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Вміст домішок в кислоті, %

Домішки	Сорт 1(А)	Сорт 2(Б)
Залізо	0,00600	0,0120
Марганец	0,00005	0,0001
Мідь	0,00050	0,0005
Миш'як	0,00005	0,0001
Оксиди азота	0,00005	0,0001
Важкі метали	0,01000	0,0100
Хлористі сполуки	0,00030	0,0005

Електроліт який заливається повинен мати температуру 15 ... 30 °С. Тому в залежності від кліматичних умов електроліт заливають з різною щільністю(табл.2.2), від якої залежить температура при якій може замерзнути.(таб.2.3)

Умовне позначення батареї містить кількість послідовно з'єднаних акумуляторів у батареї (наприклад, батарея 6СТ-50А) у неї 3 або 6 акумуляторів та має напругу 6 або 12 В, СТ означає ,що стартерна. С20 - номінальна ємність в ампер-годинах та виконання. Н - несухозаряженая, А означає, що наявна загальна кришка 3 - обслуговуюча, заправлена електролітом та повністю заряджена.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Щільність електроліту

Таблица 2.3

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.7 Електродвигун постійного струму

Електродвигун постійного струму (рисунок 2.7) служить для перетворення енергію постійного струму в механічну. Пристрій складається з статора, що закріплений нерухомо з головними та додатковими полюсами, що містять обмотки, на валу двигуна який обертається закріплений якір(рисунок 2.71) має обмотку ,а також колектор.

Залежно від способу включення обмотки збудження залежать властивості двигуна:

1. незалежний – обмотка харчується додатковим джерелом;
2. паралельний - до ланцюга обмотки під'єднаний регульований реостат;
3. послідовний - обмотки послідовно включені з обмоткою якоря ;
4. змішаний - обмотки включені послідовно попарно та паралельно з обмотками якоря.



Рисунок 2.7 Електродвигун постійного струму

Двигуни постійного струму однакові за конструкцією відрізняються тільки за включенням обмотки. Швидкість двигуна змінюють, регулюючи напругу на якорі, величину його опору та магнітний потік. Застосовується режим

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

гальмування однаково з режимом руху для забезпечення зменшення часу зупинки та реверсу, зменшення швидкості обертання, щоб не відбулося надмірне збільшення швидкості. Режими гальмування: противовключення, електродинамічний та генераторний.

Переваги двигунів постійного струму: надійність, простота, великі можливості регулювання, при пуску утворення великого моменту, можливість виконувати роботу у режимі генератора.

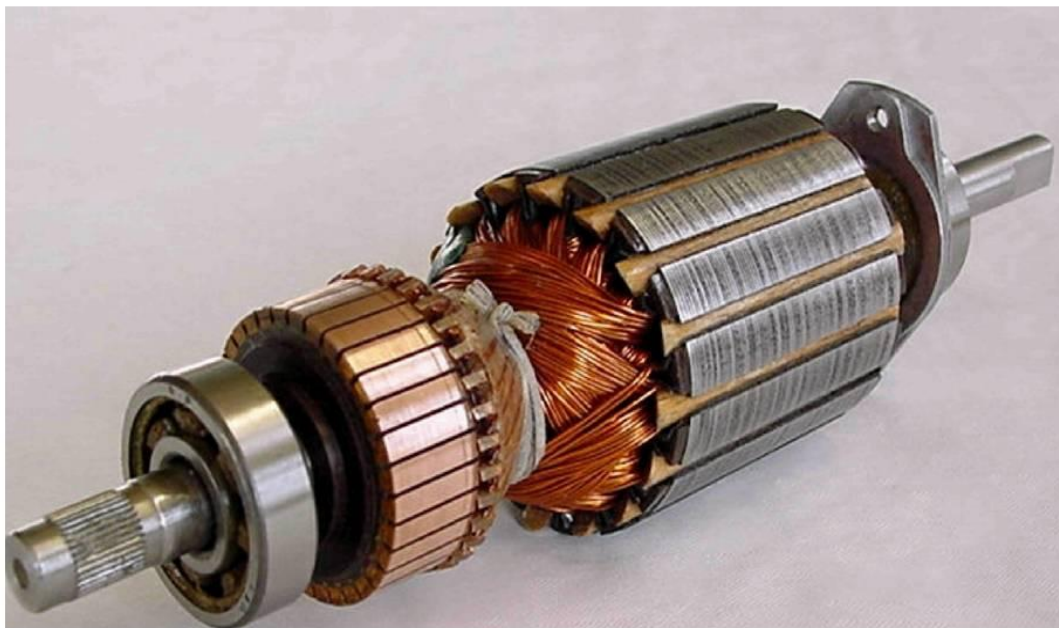


Рисунок 2.71- Якір двигуна постійного струму

До недоліків можна віднести: високу вартість, для роботи потребує незалежне джерело живлення, постійне обслуговування механізму колекторно-щіткового вузла. Використовуються там, де двигуни із змінним струмом не надають виконання пропонованих вимог.

2.8 Управління двигунами постійного струму та їх живлення

Два типи відносяться до двигунів постійного струму- це безколекторні (крокові) двигуни та колекторні. У колекторних двигунів перемінне магнітне поле, яке надає обертання валу, що виникає в обмотках ротора живлячись через колектор. Обертаючи ротор поле взаємодіє з полем статора. Колектор виконує

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

роль зовнішнього комутатора тому для такого типу двигуна він не потрібен. У безколекторному типі двигунів постійного струму нерухому частину двигуна утворюють обмотки, а з постійних магнетів зроблений ротор. Безколекторні двигуни набагато дорожче коштують на відміну від колекторних. Вони (колекторні)(Рисунок 2.8) не потребують складних схем керування через те і є більш дешевими.

При використанні колекторних двигунів потрібно враховувати те, що швидкість з якою обертається ротор та струм споживання залежать навантаження яке на валу.

Такі двигуни є універсальнішими та велику область поширення , особливо в пристроях з малою вартістю, де головним фактором є ціна .

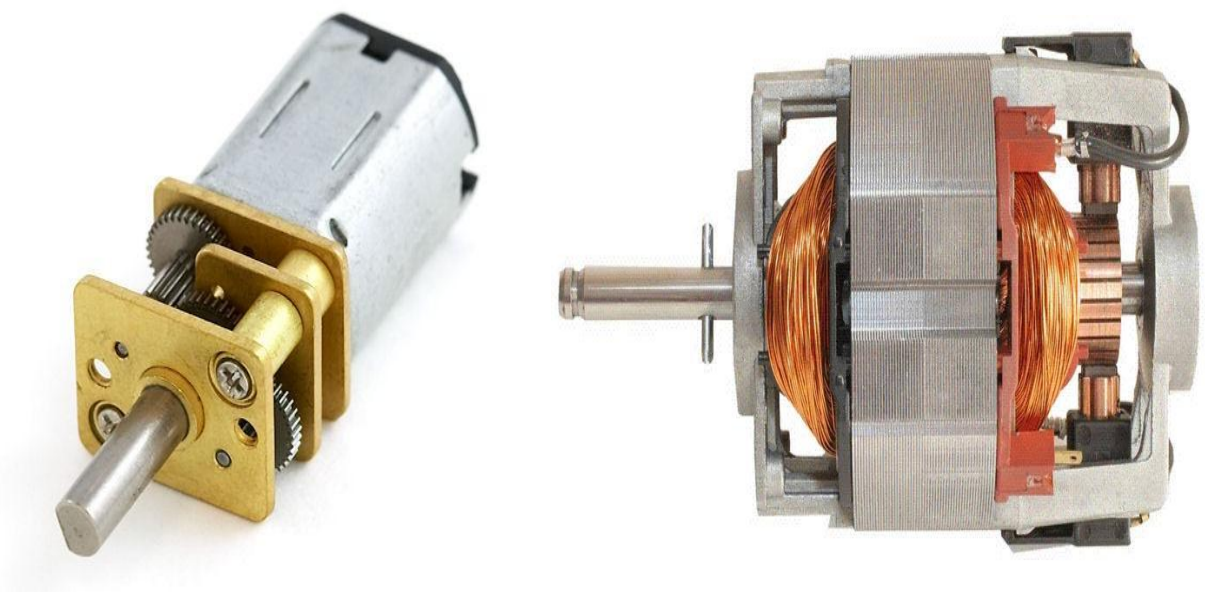


Рисунок 2.8 а) колекторний двигун з редуктором б) типова конструкція колекторного двигуна

Через те, що у колекторного двигуна швидкість обертання ротора напряму залежить від напруги, що подається на двигун, то зрозумілим є використання для його керування схем, що надають змогу установки або зміни вихідної

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

напруги. Можливий варіант схеми управління колекторного двигуна наведено на рисунку 2.8.1

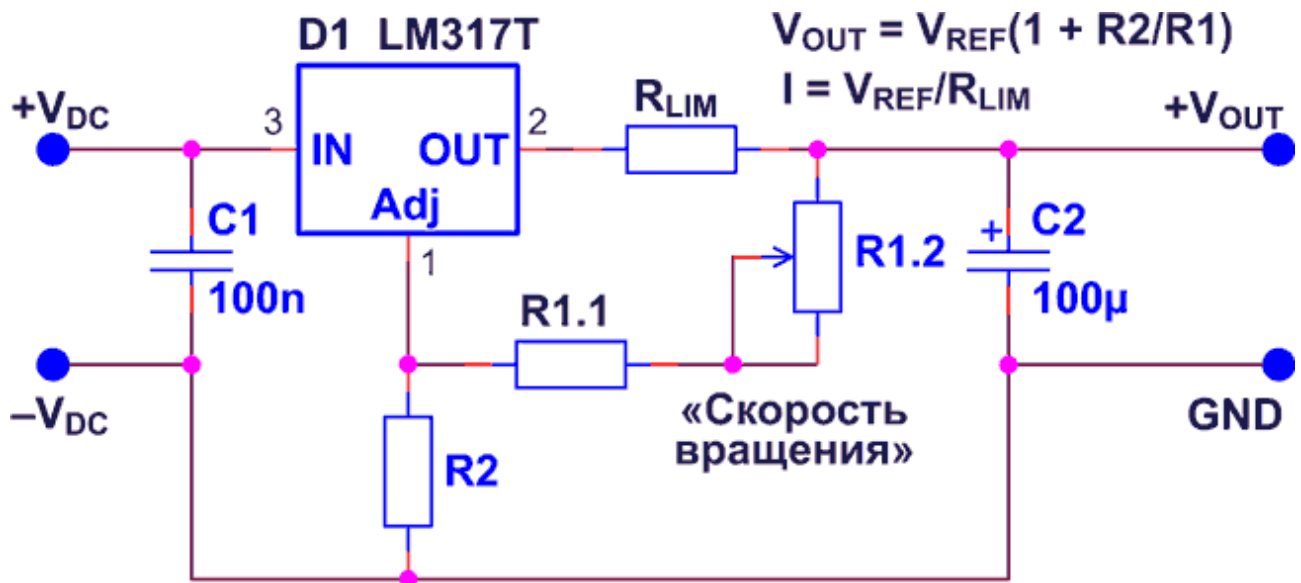


Рисунок 2.8.1 Схема керування колекторного двигуна

2.9 Система живлення двигуна постійного струму

Схеми через які може подаватися живлення до електродвигунів бувають реверсивними й нереверсивними. На рисунку 2.9 показана реверсивна схема подавання живлення до двигуна, що містить ротор та схема управління електроприводом.

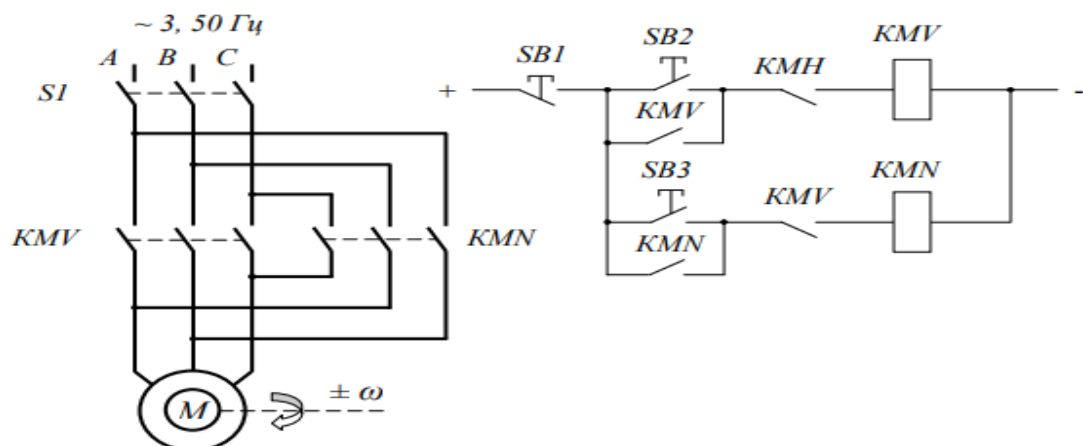


Рисунок 2.9 Схема керування реверсом двигуна

Для того, щоб увімкнути привод «Уперед» кнопка SB2 натискається, після того

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

спрацьовує КМ магнітний контактор , який під'єднує статорну обмотку М двигуна до живильної мережі з трьома фазами із прямим розташуванням фаз $A \rightarrow B \rightarrow C$. Кнопка SB3 натискається для того, щоб ввімкнути привод «Назад», після натискання спрацьовує КМ магнітний контактор , який включає статорну обмотку М двигуна до живильної мережі з трьома фазами зі зворотним розташуванням чергування фаз $B \rightarrow A \rightarrow C$, тоді вал двигуна постійного струму зворотну сторону розвертається.

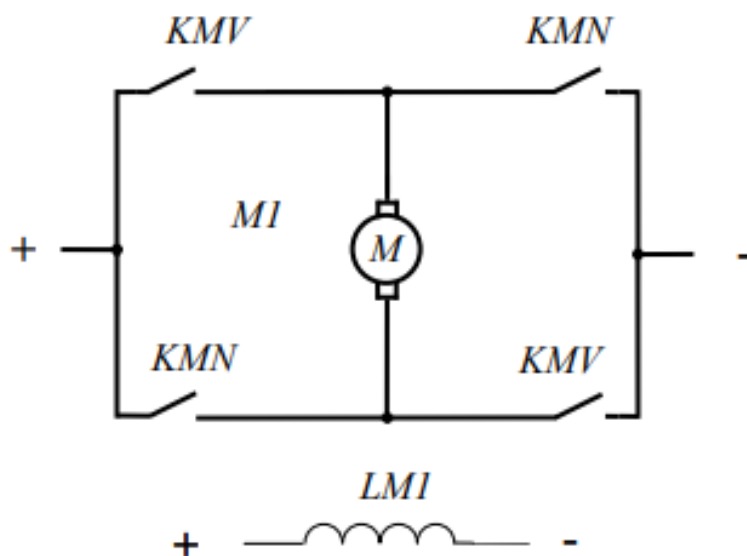


Рисунок 2.9.1 - Схема реверса за якорем

У двигунах з постійним струмом використовують два варіанта реверсу: – реверс за якорем (рисунок 2.9.1) – на обмотці якоря змінюють полярність напруги; – реверс за полем – на обмотці збудження змінюють полярність напруги.

3 Розрахунковий розділ

3.1 Сили , що діють на машину

Крутний момент M_e , що розвивається двигуном передається на ведучі колеса машини через трансмісію. В зоні контакту колеса з ґрунтом момент (M_k) викликає дотичну силу тертя X_k , по величині рівну з тяговою силою P_k , що надає рух автомобілю(Рис.3.1).

Від моменту, що виникає на колесі M_k та радіусу кочення r_k залежить величина сили P_k . Щоб визначити силу тяги необхідно мати значення крутного моменту двигуна M_e , передатні числа трансмісії, радіус зачеплення ведучого колеса гусеничного рушія та ККД трансмісії .

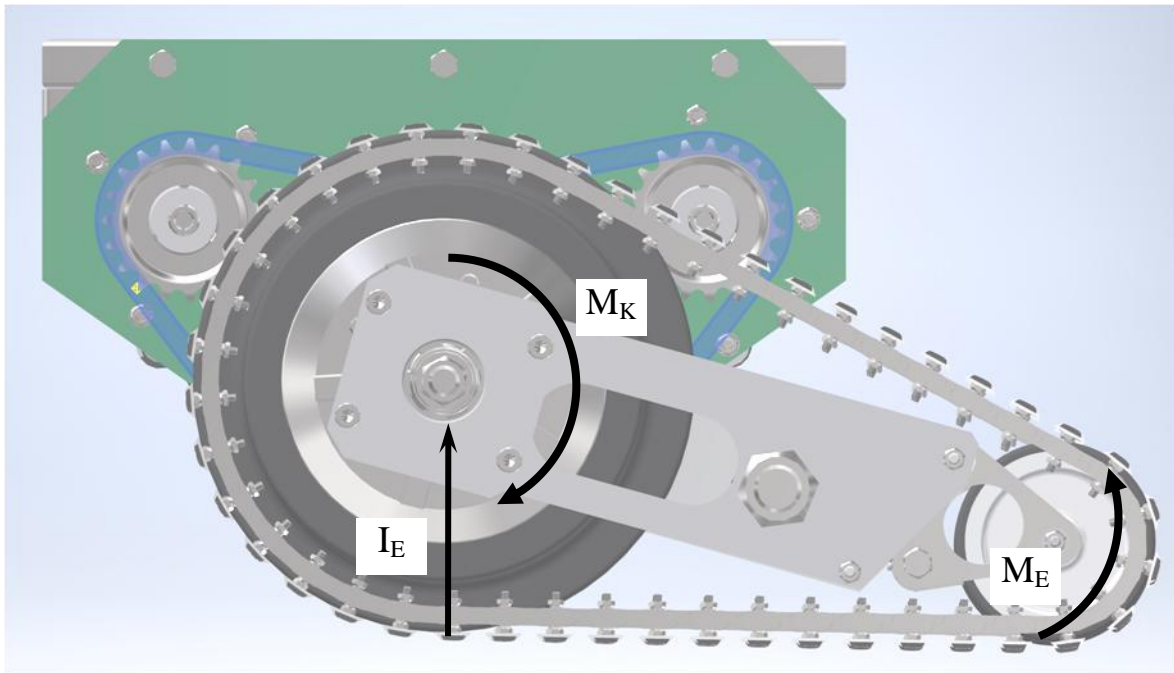


Рис.3.1 Сили, що діють на колесо

Максимальний крутний момент на рушії розраховується за формулою

$$M_k = M_e \times I_k \times I_g \times I_0 \times \eta_{\text{ТР}} \quad (3.1)$$

де M_k - крутний момент на ведучій зірочці, Н · м;

M_e - крутний момент двигуна, Н · м;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

I_k - передатне число коробки передач;

I_g - передатне число додаткової коробки;

I_o - передатне число головної передачі;

η_{TP} - коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Через те, що шина є еластичною, радіус повороту колеса може змінюватися завдяки дії різних деформацій: радіальної (нормальної), окружної (тангенціальної) поперечної (бічної) та кутової. Деформація колеса - це зменшення відстані від поверхні дороги до осі колеса. Всі визначення радіусів наведено нижче.

Статичний радіус r_c - відстань від осі нерухомого колеса до дороги, колесо знаходиться під вертикальним навантаженням. Величина статичного радіусу r_c залежить від внутрішнього тиску та величини навантаження.

Динамічний радіус r_d - відстань від осі колеса до дороги, яке котиться. Коли зменшується вертикальне навантаження на колесо та із збільшенням тиску в середині шини динамічний радіус r_d збільшується. Через збільшення швидкості пересування шина розтягується під дією відцентрових сил в радіальному напрямку і радіус збільшується.

Радіус кочення r_k (кінематичний радіус) - радіус колеса, яке умовно не деформується, що має однакову лінійну і кутову швидкості з дійсним. Радіус знаходиться як поздовжня складова поступальної швидкості колеса v_k поділена на кутову швидкість колеса ω_k ; $r_k = v_k / \omega_k$.

При пересуванні машини тягова сила P_k застосовується на подолання сил опору, що виникають при русі. До таких сил відносяться: P_f - сила опору розгону; P_f - сила опору кочення по дорозі гусеничного возика; P_h - сила опору підйому, що виникає при русі машини на ухилі; P_w - сила опору повітря.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На колесо при пересуванні діють сили: навантаження вертикальне G_K , реакція Z_K , штовхаюча сила T та P_f сила опору кочення. Z_K рівнодіюча елементарних нормальних реакцій, дорівнює за величиною G_K вертикальному навантаженню, колесо, що зсувається вперед при коченні на відстань a_{III} , через, що виникає момент, який діє проти кочення колеса: $M_f = Z_K a_{III}$. Крім цього моменту, від пари сил T і P_f момент впливає на колесо. Плече пари сил T і P_f , це відстань від точки O до площини контакту з поверхнею, є r_k радіусом кочення колеса. Для того, щоб колесо рівномірно оберталося момент цієї пари сил повинен бути рівним M_f моменту опору кочення колеса, з цього випливає, те що $M_f = P_f r_k$

Отже, знайти величину P_f сили опору кочення потрібно з умови рівноваги системи $Z_k a_{III} = P_f r_k$,

$$P_f = \frac{Z_k \cdot a_{III}}{r_k}. \quad (3.2)$$

При русі гусеничної машини на підйомах та спусках вона отримує додатковий опір, який є різним залежно від висоти підйому.

Підйом дороги характеризується: або величиною ухилу i_{nod} , або кутом α в градусах. i_{nod} являє собою відношення висоти дороги H до нижньої точки S дороги, звідси $H/S = \tan \alpha = i_{nod}$. Вага G_a гусеничної машини, що проходить позовжній підйом, розпадається на дві складові: паралельну дорозі складову $G_a \sin \alpha$ та нормальну до неї $G_a \cos \alpha$. Сила $G_a \sin \alpha$ має назву сила опору підйому і позначення P_h . Через те, що кути підйому дороги для автомобілів часто не є великим і навіть не перевищують $\alpha = 5 \dots 7^\circ$ і $\sin \alpha \approx \tan \alpha$, звідси виходить $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx i_{nod}$.

Сила опору підйому тоді :

$$P_h = G_a \times \sin \alpha = G_a \times i_{nod}. \quad (3.3)$$

3.2. Сила загального опору дороги

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коли возик рухається на підйом сила його опору кочення буде виглядати:

$$P_f = f \cdot G_a \cdot \cos \alpha . \quad (3.4)$$

В сукупності величини f та $i_{\text{нод}}$ характеризують якість покриття, тому сила загального опору дороги P дорівнює сумі сил підйому та опору кочення:

$$P_{\varphi} = P_f \pm P_h . \quad (3.5)$$

Знак додати використовується при підйомі возика, від'ємний знак - при переміщенні під ухил. Якщо підставити значення P_f і P_h сил до формули загального опору дороги, ми отримаємо:

$$P_{\varphi} = f \cdot G_a \cdot \cos \alpha \pm G_a \cdot \sin \alpha = G_a (f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) . \quad (3.6)$$

3.3. Сила опору середовища повітря

Загальна сила опору P_w середовища повітря складається з сили лобового опору, що викликаний різницею тиску повітря ззаду возика та перед ним; сили опору, що створюються частинами возика, які виступають; сили тертя навколишні шари повітря об зовнішньої частини возика і сили опору, викликані різницею тисків знизу і зверху машини.

Силу P_w можна визначити за формулою, отриману експериментальним шляхом:

$$P_w = K_w \times F_a \times (V_a)^2 , \quad (3.7)$$

де K_w – коефіцієнт опору повітряного середовища, $\text{Нс}^2/\text{м}^4$;

F_a – площа лобова возика , м^2 ;

V_a – швидкість пересування возика, $\text{м} / \text{с}$.

Приблизно можна значення лобової площі (F_a) визначити за формулою:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$F_a = H \times B, \quad (3.8)$$

Звідки, H – висота, м;

B – ширина колії передніх коліс, м.

3.4. Сила опору розгону

Прикладена сила до возика для повідомлення йому про поступальне прискорене переміщення, що залежить від його прискорення та маси:

$$P_j = \frac{G_a \times j_a}{g}, \quad (3.9)$$

Звідки j_a - прискорення возика, м / с²;

G_a - сила ваги возика, Н;

g - прискорення сили тяжіння ($g = 9,81$ м / с²).

Частина тягової сили при розгоні возика використовується на прискорення деталей, що обертаються. Енергія, що затрачається для розгону возика і всіх деталей, що переміщуються тільки поступально. Таке положення враховується коефіцієнтом обліку обертальних мас

$$\delta_a = \frac{\left(\frac{P_n + P_e}{P_n} \right)}{1 + \frac{P_e}{P_n}}, \quad (3.10)$$

де P_n - сила, що потрібна для розгону поступально маси, що рухається, Н;

P_e - сила, потрібна для розгону оберткових мас, Н.

В загальному вигляді цей коефіцієнт враховує обертання маси двигуна та гусениць возика, тому, що дуже малий вплив всіх інших оберткових мас. В

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

такому випадку сила, що долає возик при розгоні, виражається як загальна сила опору розгону:

$$P_j = \frac{G_a \times j_a \times \delta_a}{g} . \quad (3.11)$$

3.5. Рівняння руху возика

Рівняння руху возика, яке поєднує силу тяги P_k та сили опору при русі і дозволяє з'ясувати його характер руху будь-який момент часу. Сила G_a тяжіння, що прикладається на відстані центра ваги h_u возика і напрямлена вертикально вниз. Загальна сила опору розгону умовно прикладається на відстані центра ваги і має напрямок в протилежний від прискорення j_a . Сили опору кочення задніх та передніх коліс (P_{f1} і P_{f2}), що прикладається до середини місця контакту коліс з поверхнею, напрямлені уздовж поверхні дороги в інший бік напрямку переміщення возика і в сумі визначають силу P_f . Сила опору повітря P_w напрямлена теж проти напрямку переміщення возика.

Всі сили спроектувавши на вісь, що знаходиться паралельно поверхні дороги, ми отримаємо рівняння руху возика при підйомі:

$$P_k - P_f - P_h - P_w - P_j = 0, \text{ де } P_k = P_f + P_h + P_w + P_j . \quad (3.13)$$

Тягова сила P_k на ведучих колесах обмежується силою зчеплення з покриттям дороги; без буксування кочення ведучих коліс може відбутися за умови

$$P_k \leq P_\varphi = G_{cu} \cdot \varphi_a, \quad (3.14)$$

де P_φ - сила зчеплення з опорним покриттям;

G_{cu} - зчіпна вага возика, що тисне на ведучі колеса

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

φ_a - коефіцієнт зчеплення з опорною покриттям ведучих коліс.

$R\varphi$ сила зчеплення діє проти ковзання коліс відносно поверхні та залежить від сили тертя, що виникає в місці контакту гусениці з дорогою, від стану і типу дороги. У вазика коефіцієнт зчеплення φ_a чисельно дорівнює горизонтальній реакції дороги X_k поділену на нормальну реакцію Z_K , тобто $\varphi_a = X_K / Z_K$. Реакція Z_K , що виникає завдяки силі G_K , а X_K – завдяки силі T . Коефіцієнт зчеплення гусеничних рушіїв з дорогою φ_r завжди визначають дослідницьким методом,

дивлячи на дію ґрунтозацепів:

$$\varphi_{\mathcal{Z}} = \frac{P_k}{G_{cu}} \text{ ,} \quad (3.15)$$

де P_k – дотична сила тяги;

 G_{cu} – зчіпна вага возика.

Для гусеничного возика зчіпна вага $G_{c\eta}$ є рівною з експлуатаційною вагою машини G_{Tp} .

У загальному випадку переміщення возика на підйом (ухил) зчїпна вага є рівною $G_{cu} = G_a \cos \alpha$, де, α кут нахилу шляху руху.

3.6. Силовий баланс возика

Переписавши рівняння руху возика у вигляді $P_K = P_f + P_h + P_w + P_j$, було отримане рівняння силового балансу, що визначається графічно. Щоб визначити в системі координат $P_K - V_a$ зводиться його тягова характеристика (рисунк 3.2).

[illegible]

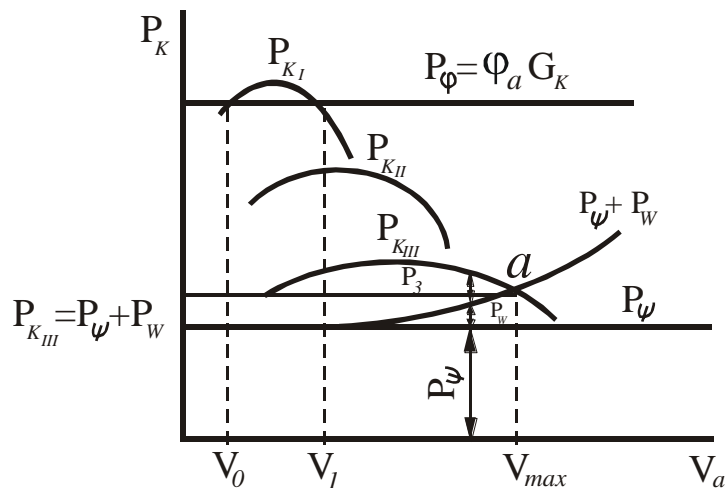


Рисунок 3.2. Тягова характеристика возика

У частині графіка, що знизу будується залежність $P_{\phi} = f(V_a)$. За умови, що коефіцієнт загального опору поверхні не залежить від швидкості переміщення, P_{ϕ} функція швидкості руху буде зображена як пряма лінія, що паралельна до осі абсцис.

3.7. Баланс потужностей возика

При аналізі возика та його динамічних властивостей зіставлення N_K тягової потужності з потужністю, яка витрачається на всі інші види опорів руху, запишемо рівняння балансу потужностей у такому вигляді:

$$N_e \cdot \eta_{mp} = N_k = N_f \pm N_h \pm N_w \pm N_j, \quad (3.16)$$

де N_e – розвиваюча двигуном ефективна потужність, кВт;

η_{mp} - ККД трансмісії;

N_k - потужність, яка підводиться до колеса, кВт;

N_f - потужність, яка витрачається щоб подолати опору коченню, кВт;

N_h - потужність, яка витрачається щоб подолати опору підйому, кВт;

N_w - потужність, яка витрачається щоб подолати опору повітря, кВт;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N_j - потужність, яка витрачається щоб подолати опору розгону, кВт.

Рівняння балансу потужностей вказує на розподіл потужності, який розвивається двигуном та під'єднаний до ведучих коліс. Щоб подолати різні опори використана потужність (кВт) на подолання опору коченню вираховується:

$$N_f = \frac{P_f V_a}{1000} = \frac{f_a G_a \cos \alpha V_a}{1000}, \quad (3.17)$$

де P_f - сила опору коченню, Н; V - швидкість пересування, м / с.

Таким самим чином розраховуються і інші типи потужності:

- потужність опору підйому

$$N_h = \frac{P_h V_a}{1000} = \frac{G_a \sin \alpha V_a}{1000} = \frac{G_a i_{\text{нод}} V_a}{1000}; \quad (3.18)$$

- потужність опору повітря

$$N_w = \frac{P_w V_a}{1000} = \frac{K_w F_a V_a^3}{1000}, \quad (3.19)$$

де P_w - сила опору повітря, Н;

F_a - лобова площа возика, м²;

K_w - коефіцієнт опору повітряного середовища, Н·с²/м⁴;

- потужність опору розгону

$$N_j = \frac{P_j V_a}{1000} = \frac{G_a j_a \delta V_a}{1000g}, \quad (3.20)$$

де P_j - сила опору розгону, Н;

j_a - прискорення возика, м / с²;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

δ_a - коефіцієнт обліку обертових мас.

Ефективна потужність N_e , що розвивається двигуном та під'єднується до ведучих коліс, зменшується з урахуванням ККД $\eta_{тр}$. Звідси, потужність на ведучих колесах $N_K = N_e \eta_{тр}$.

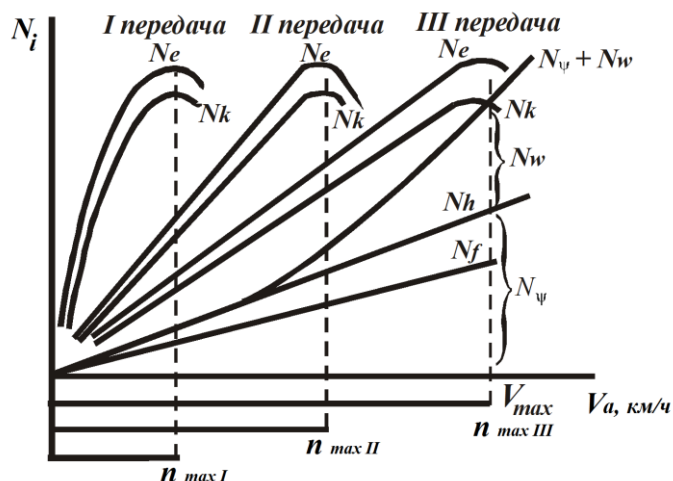


Рисунок 3.3. Баланс потужностей вантажівки

3.8. Вплив на паливну економічність машини експлуатаційних факторів

На 100 км пробігу витрата палива в загальному випадку машини при сталому переміщенні може бути розрахована з наступної формули:

$$G_n = \frac{100 \cdot G_m}{V_a}, \quad (3.21)$$

де G_n - витрата палива на 100 км пройденого шляху, кг/100км;

G_m - витрата палива на одиницю часу, кг/год ;

V_a - швидкість руху машини, км/год.

Витрата на одиницю часу топлива в кілограмах:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$G_m = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \quad (3.22)$$

g_e – питома витрата топлива, г/кВт·год;

N_e – ефективна потужність двигуна, кВт,

Звідси, підставивши значення G_m до формули (3.21), ми отримаємо:

$$G_n = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot V_a}. \quad (3.23)$$

Щоб визначити вплив на паливну економічність двигуна машини згадаємо, що ефективна потужність двигуна, що витрачається на подолання опорів потужності:

$$N_e = \frac{N_\psi + N_w + N_j}{\eta_{mp}}. \quad (3.24)$$

Коли ми підставимо значення ефективної потужності до формули (3.23), отримаємо G_n в л/ 100 км:

$$G_n = \frac{g_e (N_\psi + N_w + N_j)}{10 \cdot 3.6 \eta_{mp} V_a \rho_T}. \quad (3.25)$$

Після підставляння значень потужностей $N_j = P_j V_a / 1000$, $N_w = P_w V_a / 1000$, $N_\psi = P_\psi V_a / 1000$ ми отримаємо:

$$G_n = \frac{g_e (P_\psi + P_w + P_j)}{36000 \eta_{mp} \rho_m} (G_a \psi_a + K_\omega F_a V_a^2 + \frac{G_a \delta_a j_a}{g}). \quad (3.26)$$

При $j_a = 0$ формула набуває виду:

$$G_n = (G_a f_a + K_\omega F_a V_a^2 + G_a i_{\text{нод}}) / (3.6 \cdot 10^4 \eta_{mp} \rho_T). \quad (3.27)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

У гусеничного рушія з поверхнею 40% контакту площі гусениці , а колісного рушія це всього близько 10%, з цього стає зрозуміло, що прохідні властивості гусеничної техніки більше ніж колісної також втрати потужності на буксування у 3-5 разів менші.

3.11 Силові розрахунки двигуна постійного струму

Головні умови при яких двигун постійного струму працюватиме виражаються рівняннями моментів та рівноваги ЕРС:

$$U = E + I_a \cdot R_a, \quad M = M_T. \quad (3.28)$$

Гальмівний момент у загальному випадку на валу електродвигуна складається:

- а) M_o - моменту ходу не навантаженого , який утворюється завдяки зовнішнім силам тертя;
- б) $M_{не}$ - моменту навантаження , який утворюється силами які діють ззовні;
- в) M_j –моменту, що створюється інерційними силами частин, що обертаються .

Рівняння рівноваги моментів під час навантажень записується у такому вигляді:

$$M = M_o + M_{не} + M_j. \quad (3.29)$$

При сталій роботі двигуна, тобто $n = \text{const}$, то $M_j = J \times d\omega/dt$

(J — момент інерції якоря), з відси впливає ,що рівняння рівноваги моментів:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M = M_0 + M_{HE} \quad (3.30)$$

При ході електродвигуна у ненавантаженому стані рівняння рівноваги моментів $M=M_0$.

Коли електродвигуни переходять з одного режиму роботи на інший вони стійко працюють не потребуючи допомоги різних регуляторів, тобто вони стають саморегульованими. При збільшенні навантаження на двигуні, виявляється, що $M_c > M$, і частота з якою обертається n двигун зменшиться.

Якщо зменшить частота обертання двигуна то зменшиться і зворотна ЕРС $E = C_e n \Phi$, а це призводить до того, що збільшується сила струму I_a і через це збільшується обертальний момент $M = C_m \cdot \Phi \cdot I_a$. Так і відновлюється рівновага моментів. При зміні обертаючого моменту машини змінюється і гальмівний момент автоматично. Статичним моментом називають суму моментів M_0 і M_{HE} , а M_j динамічним моментом.

За допомогою пускового реостата здійснюється пуск електродвигуна, при цьому сила струму для його запуску визначається з формули:

$$I_n = U / (R_a + R_n), \quad (3.31)$$

де R_n – опір, на пусковому реостаті.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

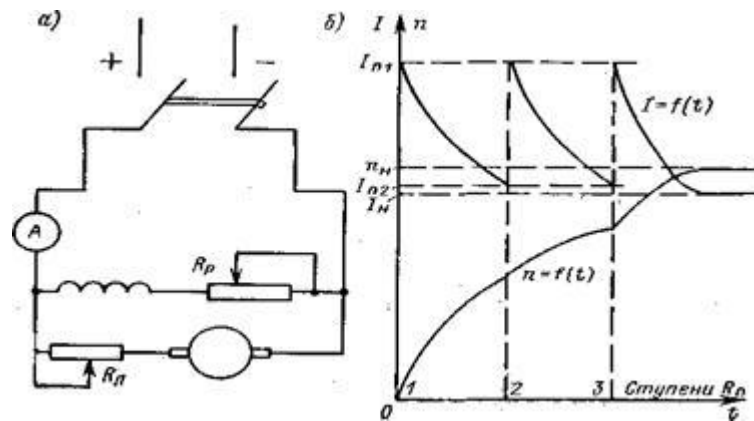


Рисунок 3.5 а) схема пуску електродвигуна б) пускова характеристика

Через те, що пусковий реостат є ступеневим, то і його зміна сили пуску відбудеться ступенями. На рисунку 3.5 зображена схема пуску двигуна постійного струму та його частоти обертання.

Частоту обертання електродвигуна можна регулювати через зміну напруги живлення, а також зміною його магнітного потоку.

Визначити частоту обертання можна з формули:

$$n = (U - I_a \cdot R_a) / (C_e \cdot \Phi), \quad (3.32)$$

При сталому режимі роботи електродвигуна мають місце такі співвідношення:

$$\begin{aligned} U &= E + I_a \cdot (R_a + R_c); \quad I_a = (U - E) / (R_a + R_c); \\ E &= C_e n \Phi; \quad I = I_a + I_f; \\ M &= C_M \cdot \Phi \cdot I_a; \quad n = [U - I_a \cdot (R_a + R_c)] / (C_e \cdot \Phi). \end{aligned} \quad (3.33)$$

3.12 Опис конструкції модуля пересування мобільного робота

На рисунку 3.6 зображено загальний вигляд рухомої платформи мобільного робота у вигляді окремого модуля з гусеничним рушієм.

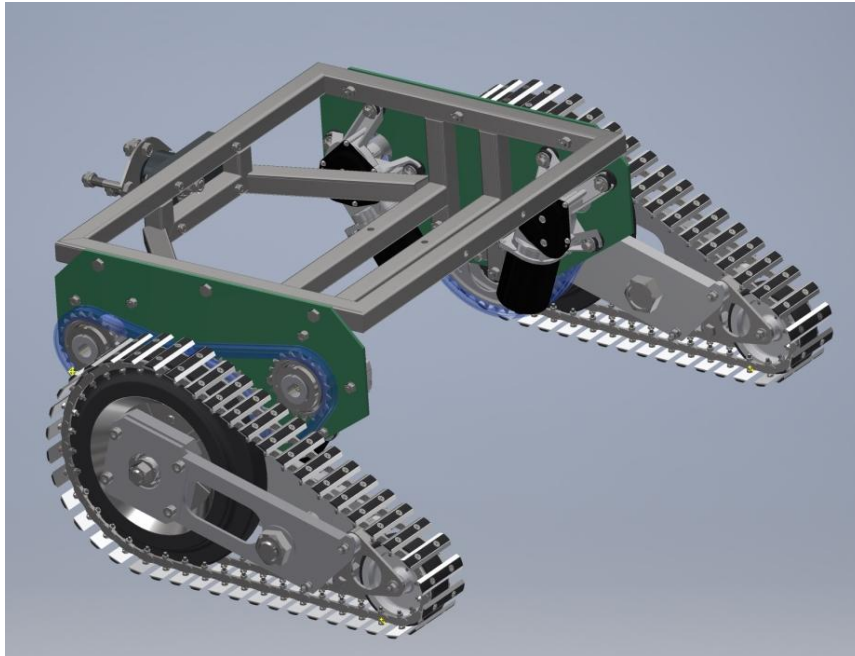


Рисунок 3.6 Модуль з гусеничним рушієм

Рух возика виконується завдяки двом ланцюговим передачам (Рисунок 3.7). Від електродвигуна момент передається на малу зірочку, яка ланцюгом з'єднана з однією із двох великих зірочок, між якими розташована втулка.

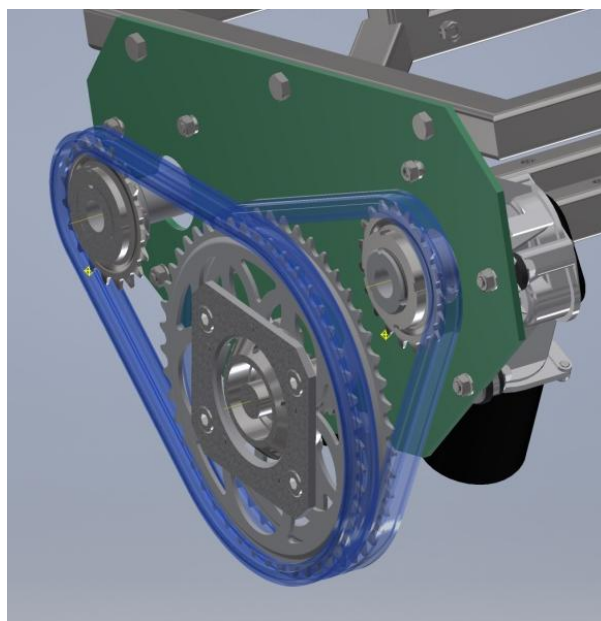


Рисунок 3.7 Система приводу

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ведуче колесо (Рисунок 3.8) розміщене на валу і обертається завдяки двом радіально-упорним підшипникам, та закріплене втулкою на болти.

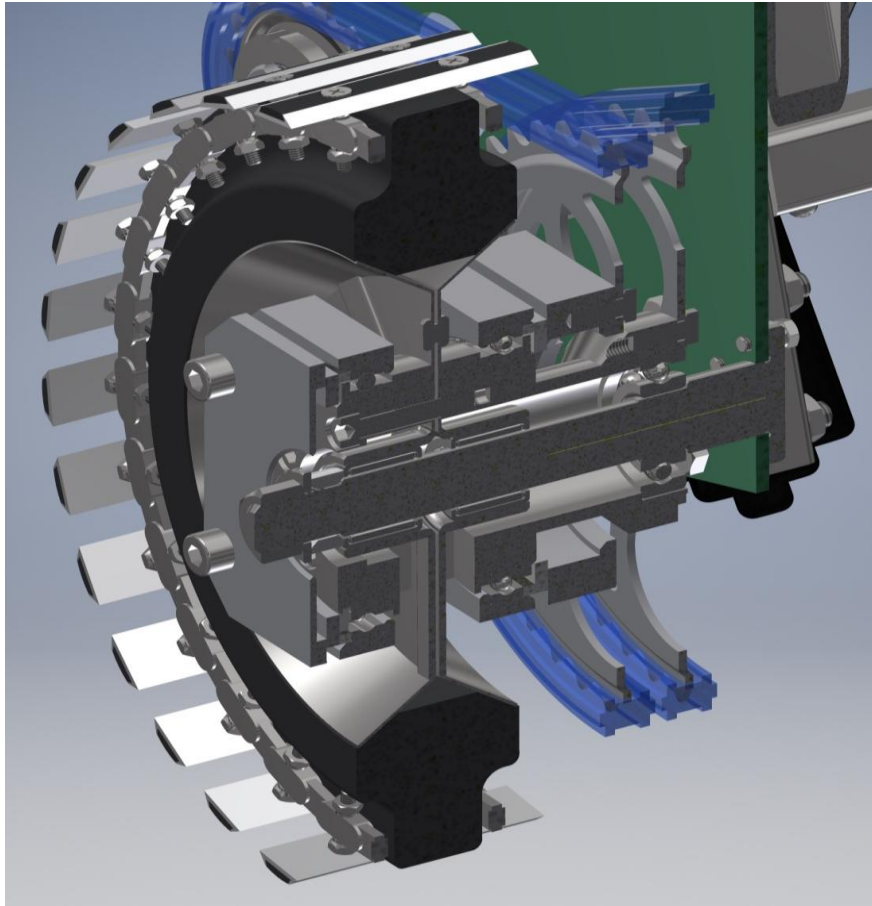


Рисунок 3.8 Розташування ведучого колеса

Натяг гусеничного ланцюга здійснюється завдяки пружині (Рисунок 3.9), що розміщена на фліпері.

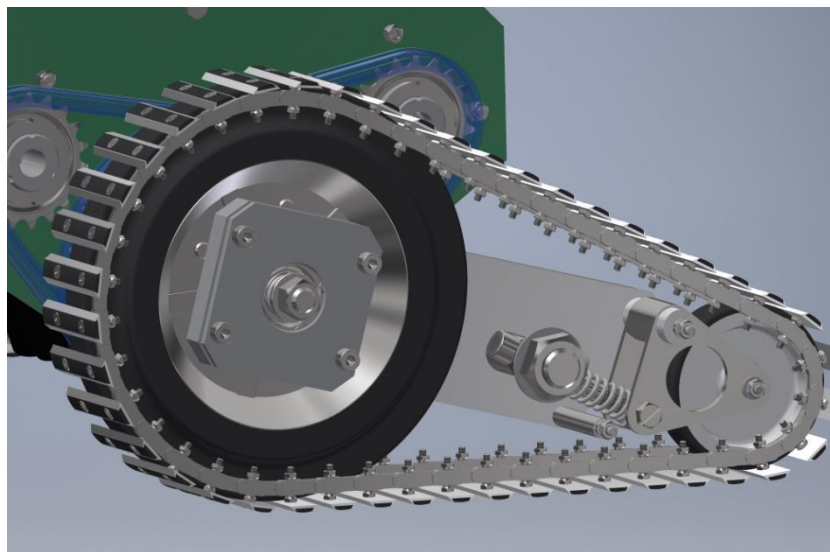


Рисунок 3.9 Система натягу гусеничного ланцюга

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Було розроблено два можливих варіанта кріплення возиків один до одного, а саме кріплення на радіально-упорних підшипниках (Рисунок 3.10) та кріплення на шарову опору(Рисунок 3.11).При проектуванні було використано варіант з підшипниками.

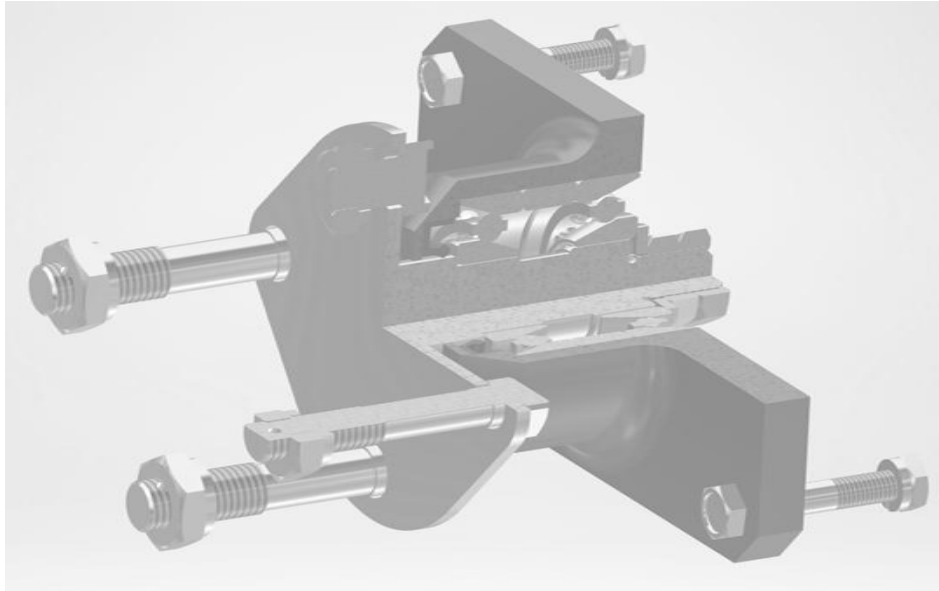


Рисунок 3.10 Кріплення на радіально-упорних підшипниках

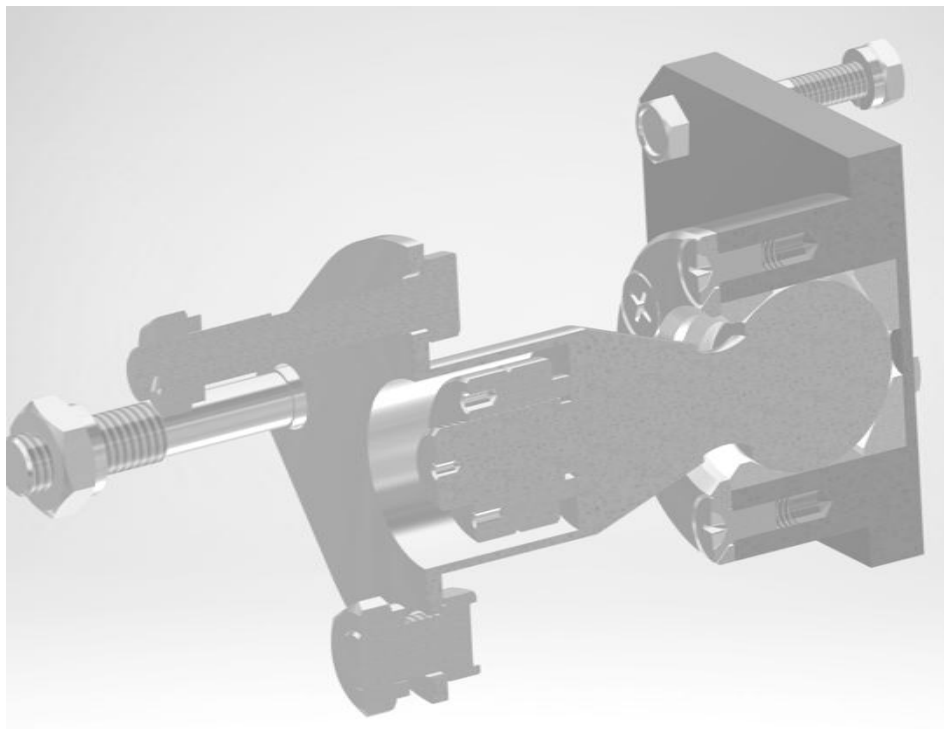


Рисунок 3.11 Кріплення на шаровій опорі

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Також представлено два варіанта конструкції пересування мобільного робота . На рисунку 3.12 зображено варіант робота з гусеничним модулем, а на рисунку 3.13 ми бачимо ,що спереду у нас стоїть гусеничний модуль , а з іншої сторони колісний.

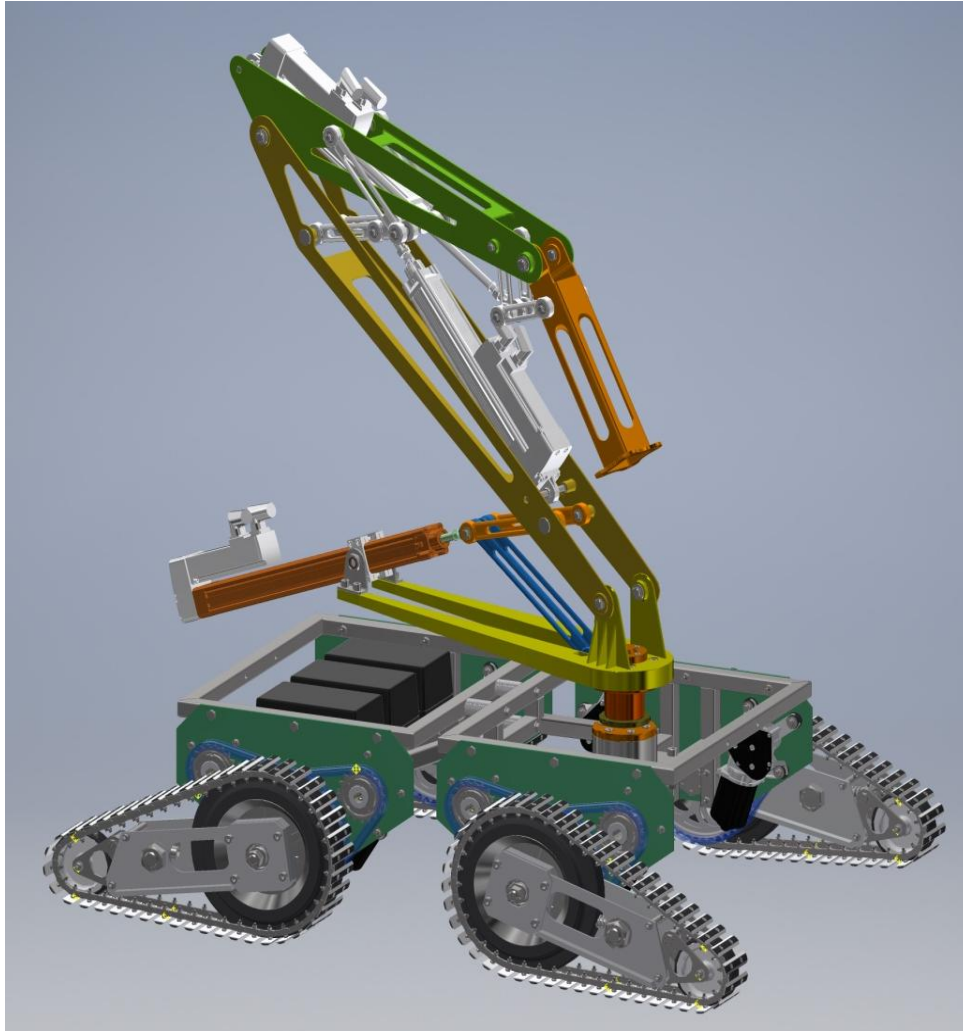


Рисунок 3.12 Мобільний робот з гусеничними модулями

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 3.13 Мобільний робот з комбінованими модулями

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.13 Аналіз напружень вала ведучого колеса

Виконавши аналіз напружень вала ведучого колеса, в Autodesk Inventor ми отримали результати напруження по Мізесу, по зміщенню, коефіцієнту запасу міцності, напруження по всім осям, деформації. На рисунку 3.14 зображено креслення вала, що досліджувався.

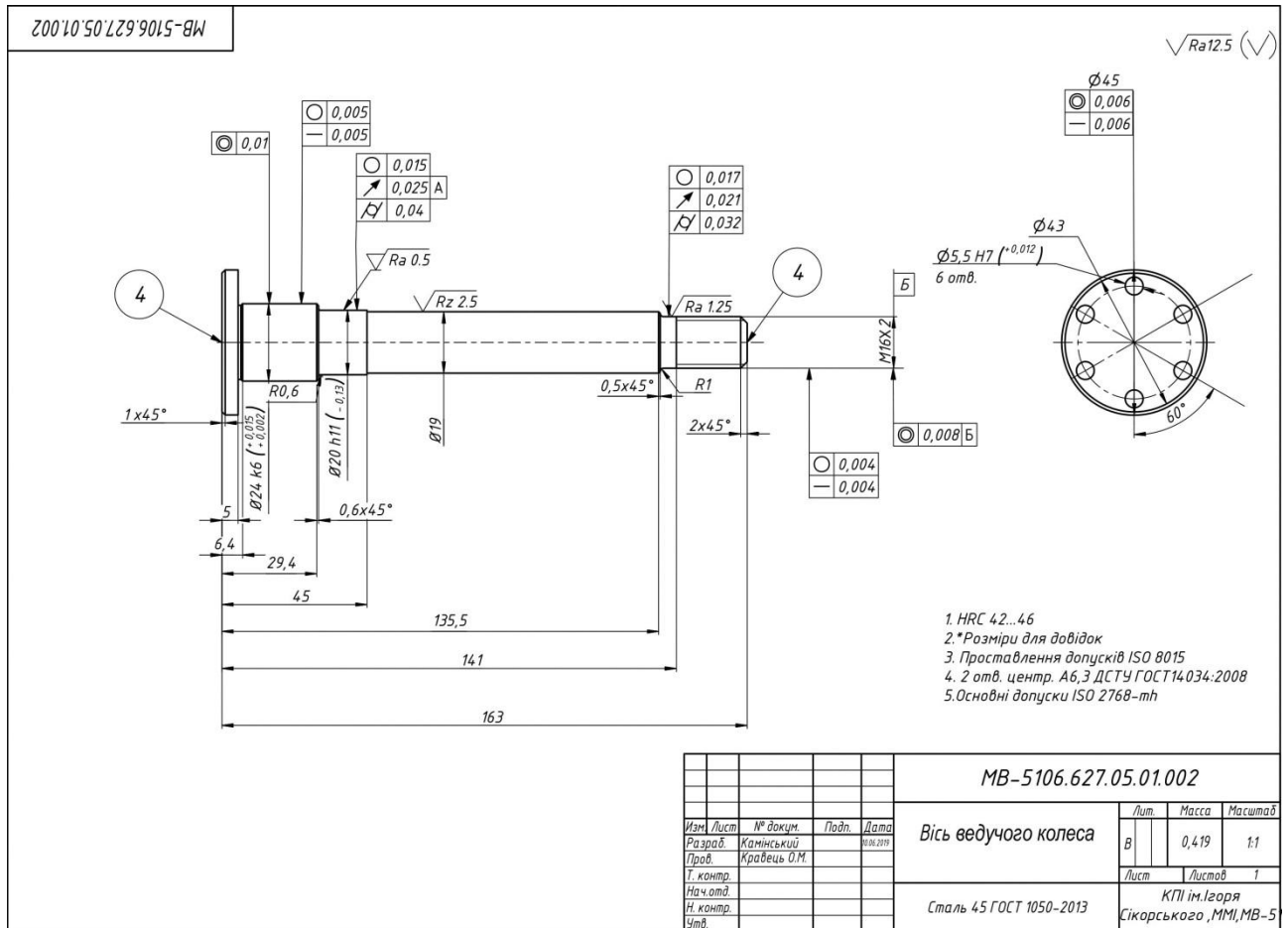


Рисунок 3.14 Креслення вала ведучого колеса

Загальний результат дослідження показано на рисунку 3.15

Для проведення аналізу напружень потрібно поставити опори на деталі, розставити сили ,що діють на та встановити сітку (Рисунок 3.17).

Сили і моменти реакцій в опорах наведено на рисунку 3.16.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

☐ Сила и момент реакции в опорах

Имя опоры	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Идеальная опора:1	2,02252 Н	0,955522 Н	0,51942 Н м	0,00321021 Н м
		-0,978192 Н		0,519388 Н м
		-1,4902 Н		-0,00478573 Н м
Опора:1	311,076 Н	-310,401 Н	222,345 Н м	0,276294 Н м
		20,4771 Н		-222,345 Н м
		0 Н		0 Н м
Опора:2	23,4211 Н	11,2579 Н	0,0203751 Н м	-0,0187875 Н м
		-19,9757 Н		-0,00788381 Н м
		4,77305 Н		-0,000138589 Н м

Рисунок 3.16 Сили і моменти реакцій в опорах

[-] Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	54213,9 мм^3	
Масса	0,419074 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0100633 МПа	643,994 МПа
1-ое основное напряжение	-114,255 МПа	763,042 МПа
3-е основное напряжение	-791,19 МПа	136,327 МПа
Смещение	0,000000177759 мм	1,23573 мм
Коэфф. запаса прочности	0,388202 бр	15 бр
Напряжение XX	-327,175 МПа	352,089 МПа
Напряжение XY	-51,7035 МПа	49,2145 МПа
Напряжение XZ	-31,462 МПа	289,703 МПа
Напряжение YY	-234,854 МПа	235,778 МПа
Напряжение YZ	-154,468 МПа	163,314 МПа
Напряжение ZZ	-667,949 МПа	657,386 МПа
Смещение по оси X	-0,00162684 мм	1,2331 мм
Смещение по оси Y	-0,00221262 мм	0,00219451 мм
Смещение по оси Z	-0,127919 мм	0,127912 мм
Эквивалентная деформация	0,0000000446068 бр	0,00290844 бр
1-ая основная деформация	0,0000000293081 бр	0,00320841 бр
3-я основная деформация	-0,00338965 бр	-0,000000000603264 бр
Деформация XX	-0,000732299 бр	0,000686029 бр
Деформация XY	-0,000327876 бр	0,000312092 бр
Деформация XZ	-0,000199515 бр	0,00183714 бр
Деформация YY	-0,000464998 бр	0,000465567 бр
Деформация YZ	-0,000979553 бр	0,00103565 бр
Деформация ZZ	-0,00260812 бр	0,0025502 бр

Рисунок 3.15 Результати аналізу

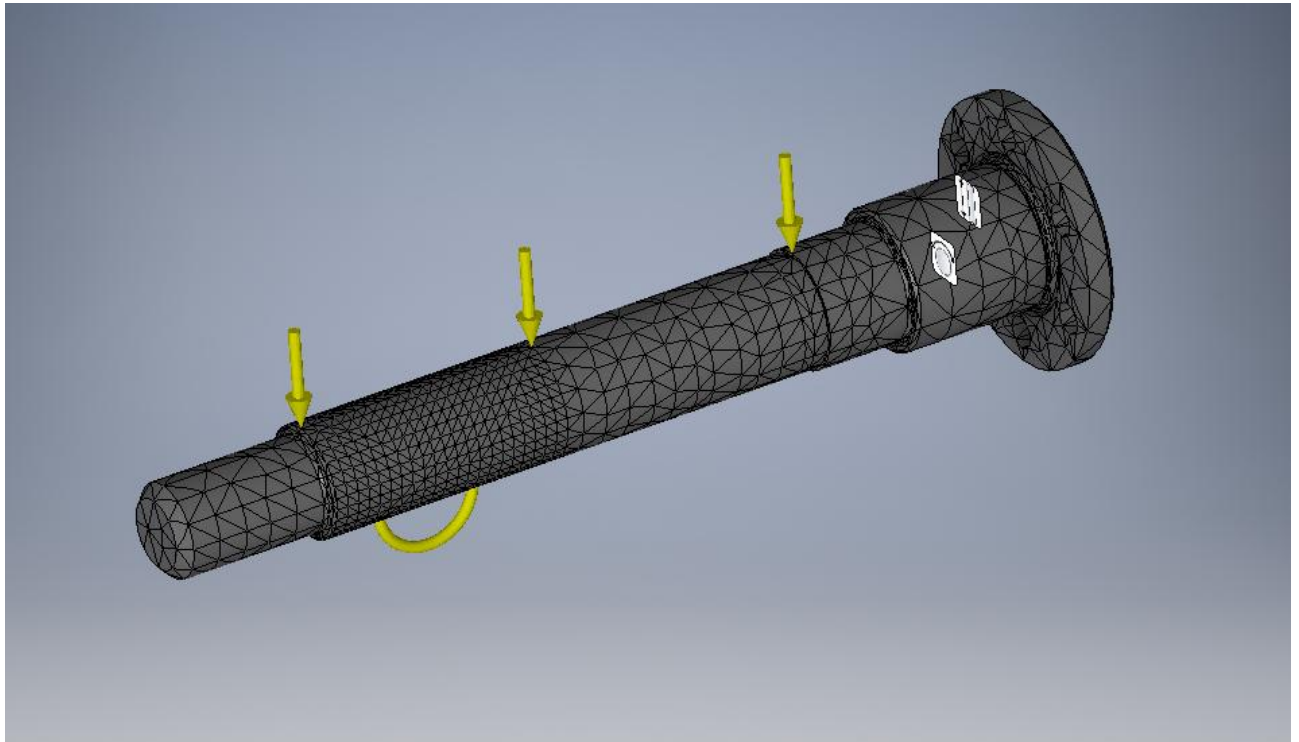


Рисунок 3.17 Сили ,які діють на вал та опори

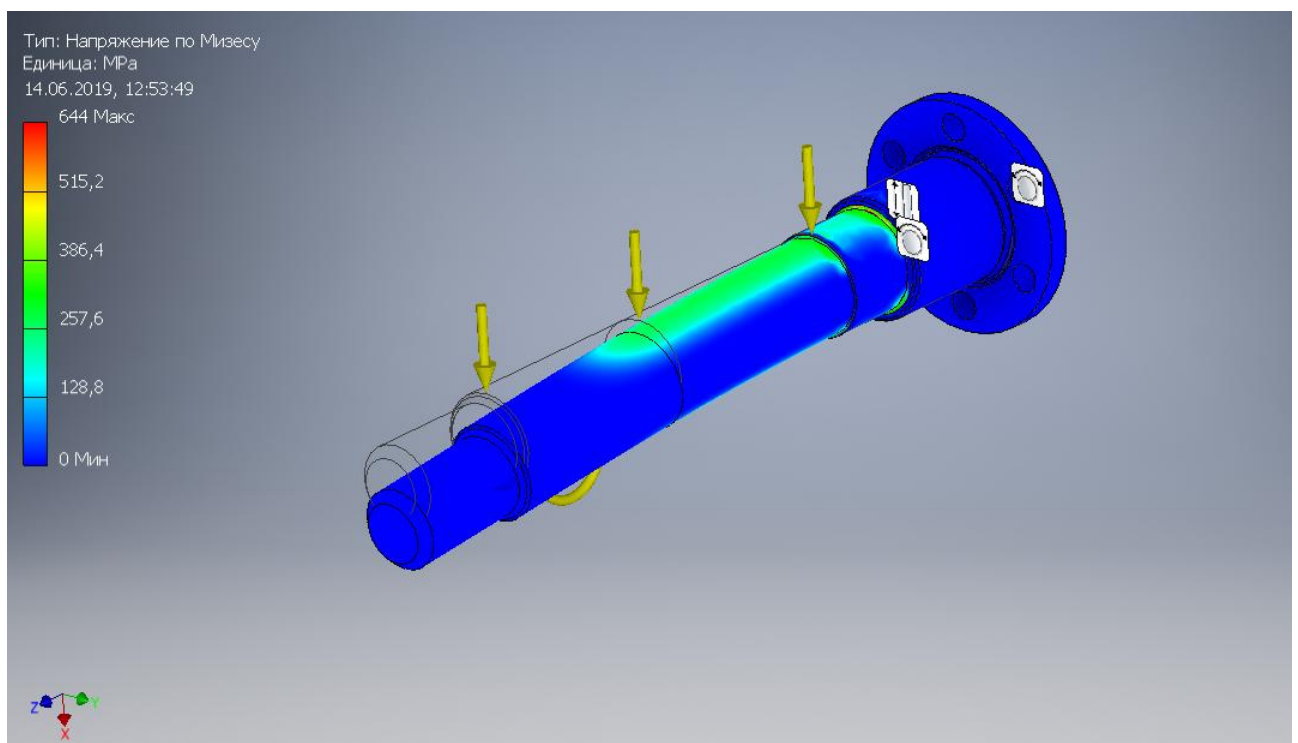


Рисунок 3.18 Напруження по Мізесу

На рисунку 3.19 ми бачимо дослідження на зміщення вала ведучого колеса.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

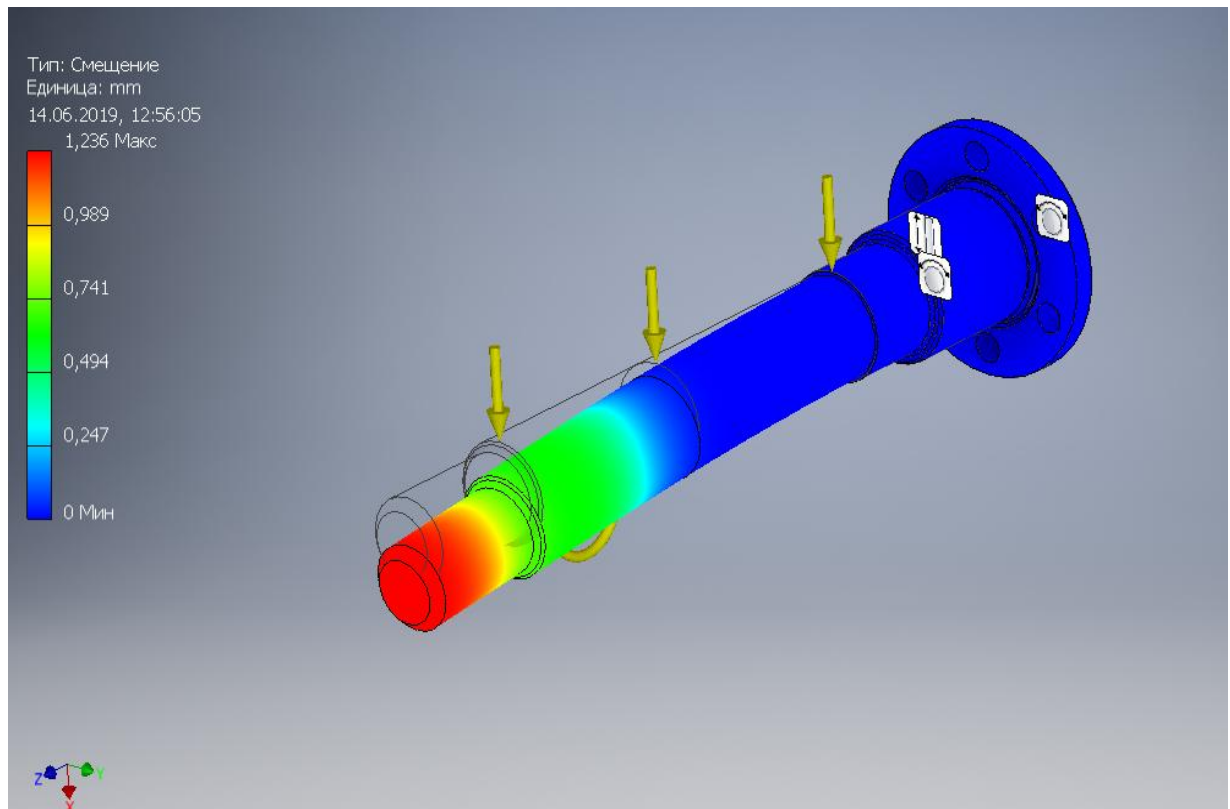


Рисунок 3.19 Зміщення

Рисунок 3.20 показує аналіз на коефіцієнт запасу міцності деталі .

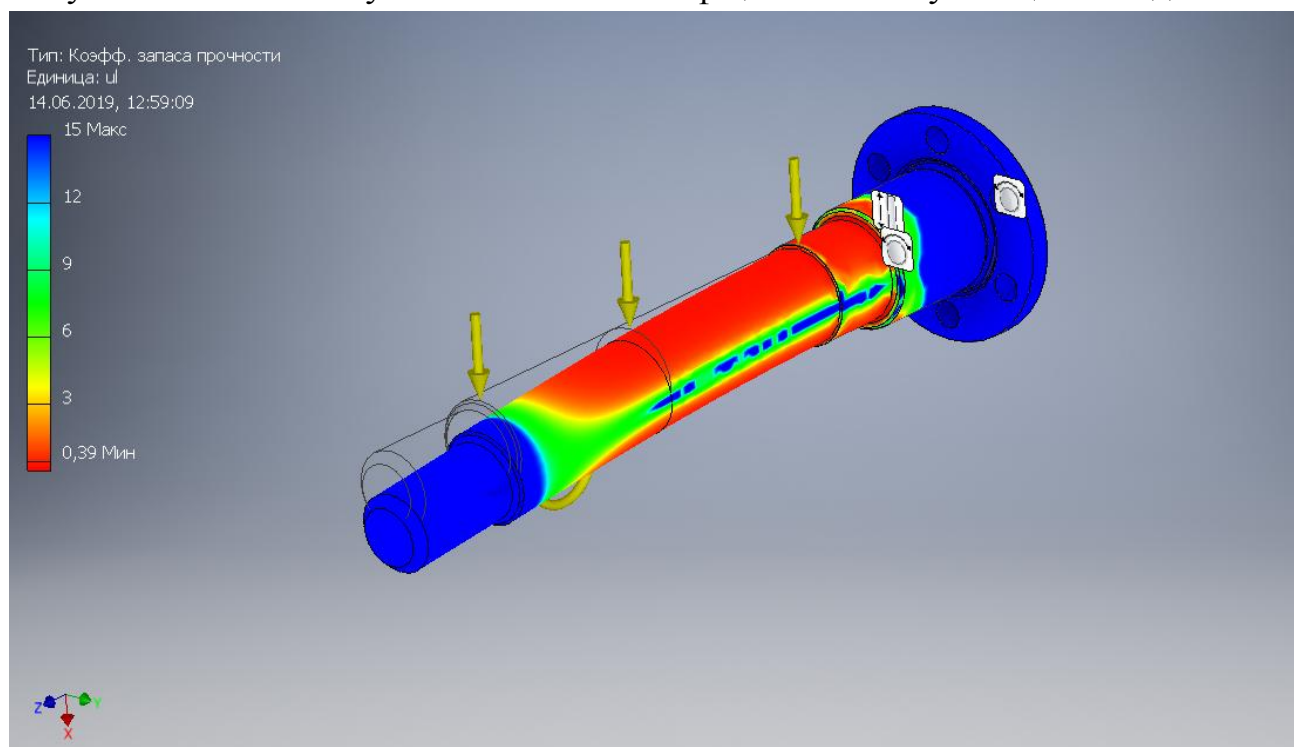


Рисунок 3.20 Коефіцієнт запасу міцності вала

Рисунок 3.21 показує напруження деталі по осі ZZ та рисунок 3.12 де

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

показано деформацію по цій же осі.

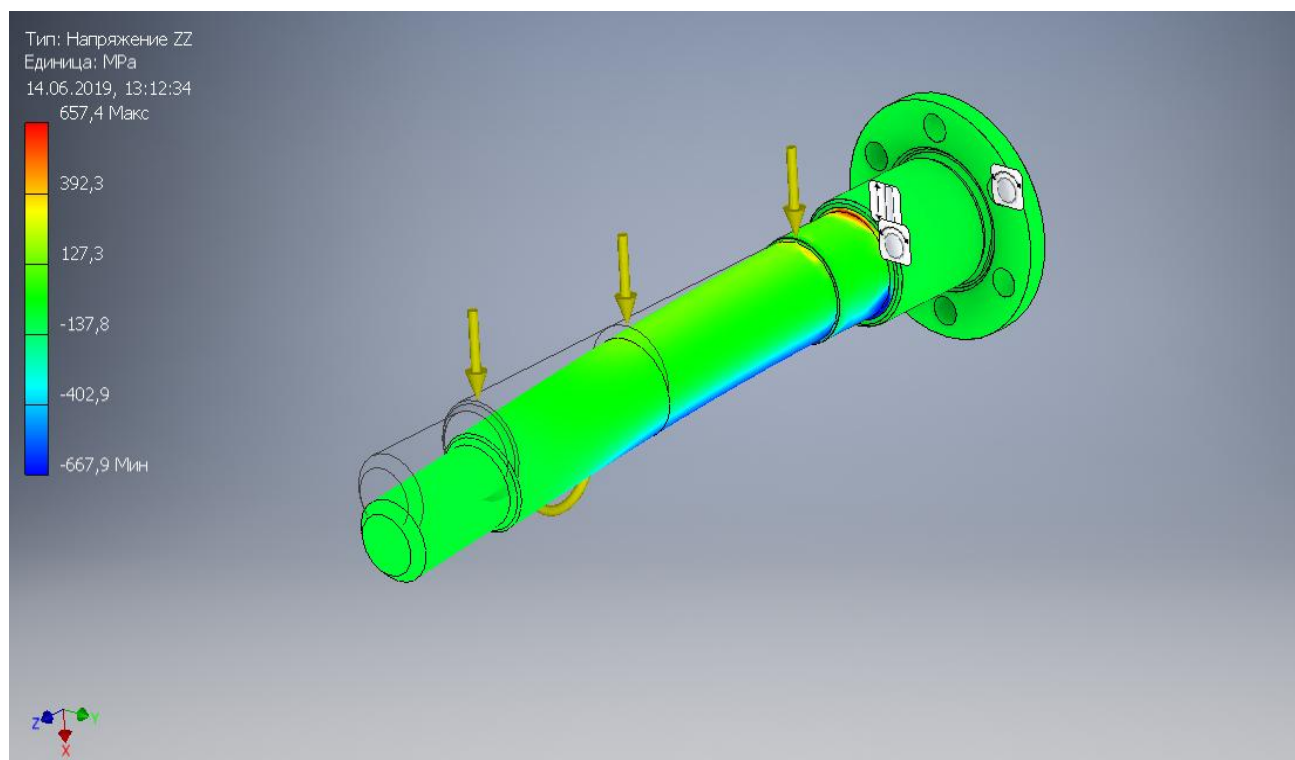


Рисунок 3.21 напруження по осі ZZ

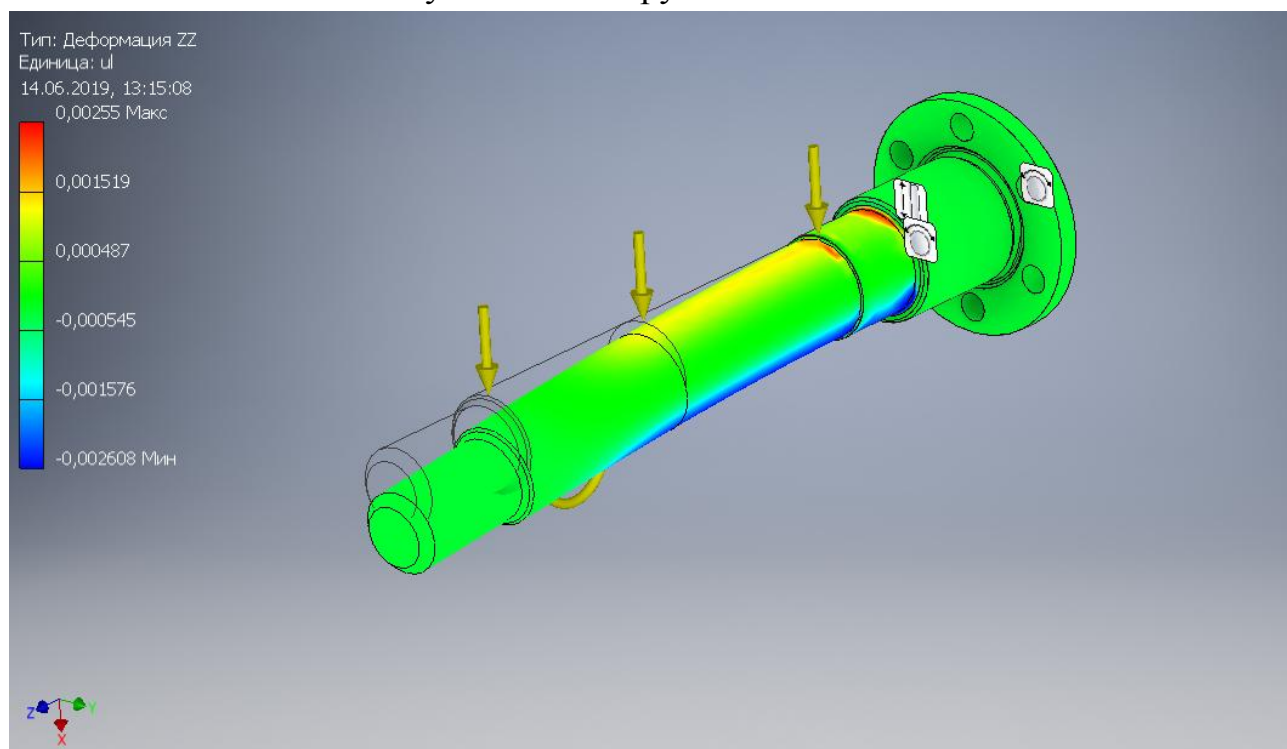


Рисунок 3.22 Деформація по осі ZZ

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Література

1. Андріанов Н.А. Дослідження і діагностування роботів: підручник для вузів / Н.А.Андріанов, Д.С. Бальжанов, А.Я. Погребняк, Н.В. Умнов. - М.: Наука, 1980 - 210 с.
2. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. Том 1 / В.І.Анурьев. - М.: Машинобудування, 1979 - 728 с.
3. Беркман І.Л. Універсальні багатофункціональні маніпулятори: підручник для вузів / І.Л.Беркман. - М.: Вища школа. 1985 - 321 с.
4. Безсонов А.П. Питання механіки рушіїв крокуючих машин: праці Всеросійської конференції з механіки та управління рухом крокуючих машин / А.П. Бес-сонов, Н.В Умнов. - Волгоград. 1988 - 345 с.
5. Богомолів Н.Є. Багатомашинна система управління мобільним роботом: збірник наукових праць всеросійської конференції по робототехнічним системам / Н.Е. Богомолів, Ю.М. Лазутін, В.С. Ярошевський. - Воронеж. 1984 - 326 с.
6. Бріскін Є.С. Про загальну динаміку і поворот крокуючих машин. Проблеми машинобудування і надійності машин. №6, 1997. с. 33-39.
7. Бріскін Е.С. Основи розрахунку крокуючих машин високої опорної прохідності. Частина 1: навчальний посібник / Н.Е Богомолів, Ю.М. Лазутін, В.С. Ярошевський. - Волгоград, 1994 - 113 с.
8. Бріслін Е.С. Тягова динаміка крокуючих машин з ортогональними рушіями. Проблеми машинобудування і надійності машин / Е.С. Бріслін, В.М.Соболев - №3, 1990. с. 28-34.
9. Жога В.В. Дослідження динаміки крокуючого рушія. Удосконалення засобів і метод розрахунку виробів машинобудування: навчальний посібник / В.В.Жога - Волгоград, 1988. - 78 с.

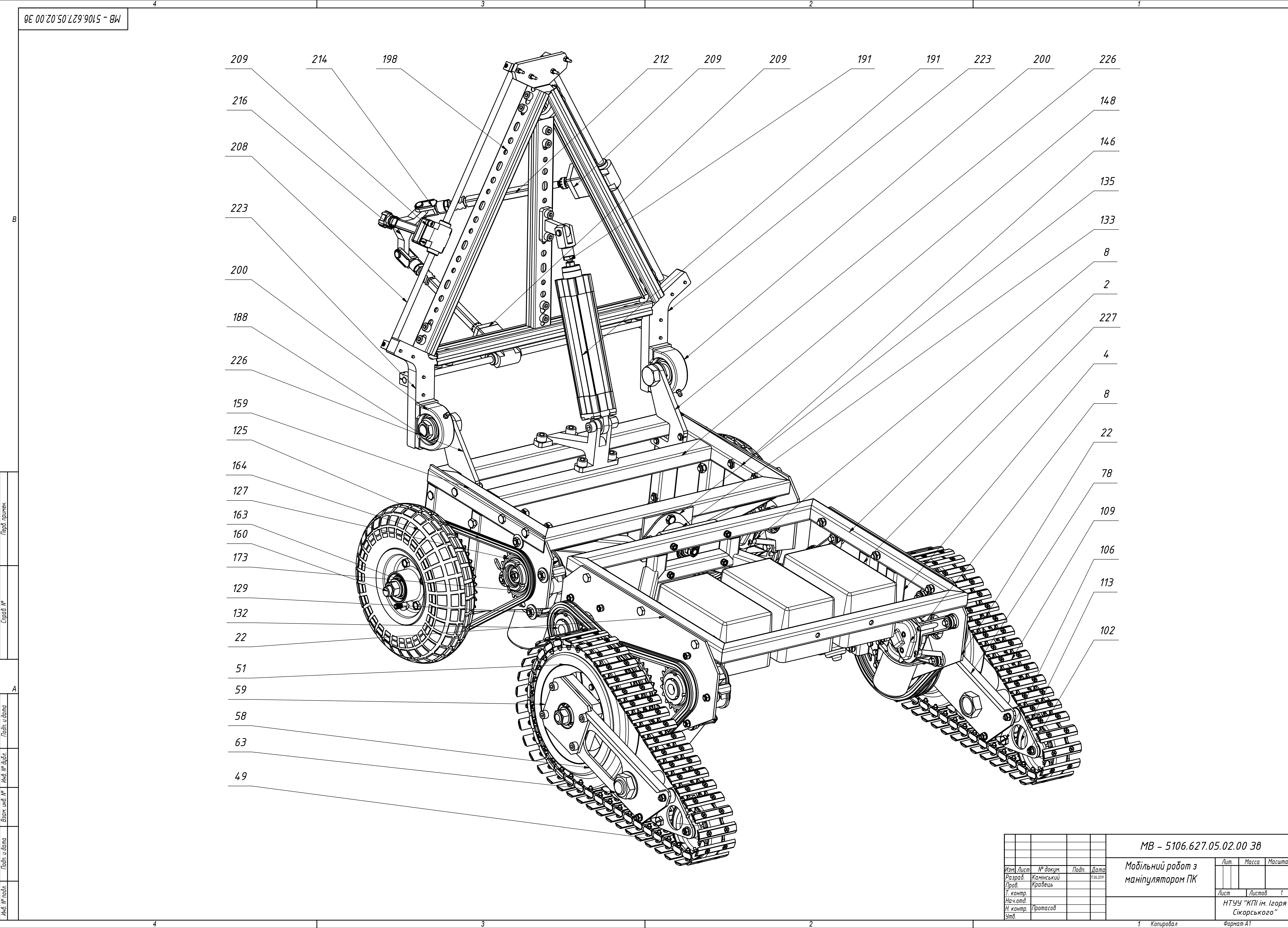
										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- 10.Жога В.В. Система показників якості крокуючих транспортних машин: інженерний журнал / В.В.Жог.а.- №5. - М .: Машинобудування, 1997-142 с.
- 11.Про енергетичну ефективність і управлінні крокуючою машиною ґрунтової прохідності. / Бріскін Є.С., Чернишов В.В. та ін. / доповіді наукової школи-конференції. Мобільні роботи і мехатронні системи. - М.: Інститут механіки МДУ. 1999. с. 89-108.
- 12.Панкратов С.А. Основи розрахунку і проектування металевих конструкцій будівельно-дорожніх машин: підручник для вузів / С.А. Панкратов. - М.: Машинобудування. 1989 - 354 с.
- 13.Проблеми розрахунку і проектування крокуючих машин ґрунтової прохідності. Бріскін Є.С., Вавилин Г.Д. та ін / доповіді наукової школи-конференції. Мобільні роботи і мехатронні системи. - М .: Інститут механіки МГУ. 1999. с. 124-153.
- 14.Промислові роботи в машинобудуванні: альбом схем і креслень / під ред. Ю.М.Соломенцева - М.: Машинобудування, 1987 - 237с.
- 15.Режими різання металів: довідник / під ред. Ю.В. Пороновского та ін. - М.: НИИТ Автопром, 1995 - 456 с.
- 16.Релнев В.І. Комплексна механізація і автоматизація будівельно-монтажних робіт на основі розробки і впровадження в народне господарство будівельних маніпуляторів і роботів: підручник для вузів / В.І.Релнев - Л .: Строй-мздат, 1987 - 24 с.
- 17.Довідник технолога машинобудівника. Том 1. під ред. Косилової А.Г. - М.: Машинобудування, 1972. 694 с.
- 18.Довідник технолога машинобудівника. Том 2. під ред. Косилової А.Г. і Малова А.Н. - М.: Машинобудування, 1972 - 568 с.
- 19.Френкель Г.Ю. Роботизація процесів в будівництві: підручник для вузів / Г.Ю.Френкель. - М.: Буд.видав., 1987 - 173 с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

20. Шнейдер А.Ю. Управління опорними реакціями крокуючого апарату при русі по ґрунтах з різними несучими властивостями: підручник для вузів /А.Ю.Шнейдер, Д.М.Горіневській. - М.: Інститут проблем передачі інформації АН СРСР, 1986 - 236 с.
21. Павлине П.В. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк., 1993 -556 с.
22. Киркач Н.В., Баласанян Р.А.: Расчет и проектирование деталей машин. – Харьков: Основа, 1991 – 257 с.
23. Баласанян Р.А. Атлас деталей машин: Навчальний посібник для технічних вузів. – Х.: Основа, 1996 – 256 с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



MB - 5106.627.05.02.00 3В

Перв. примен.
Справ. №

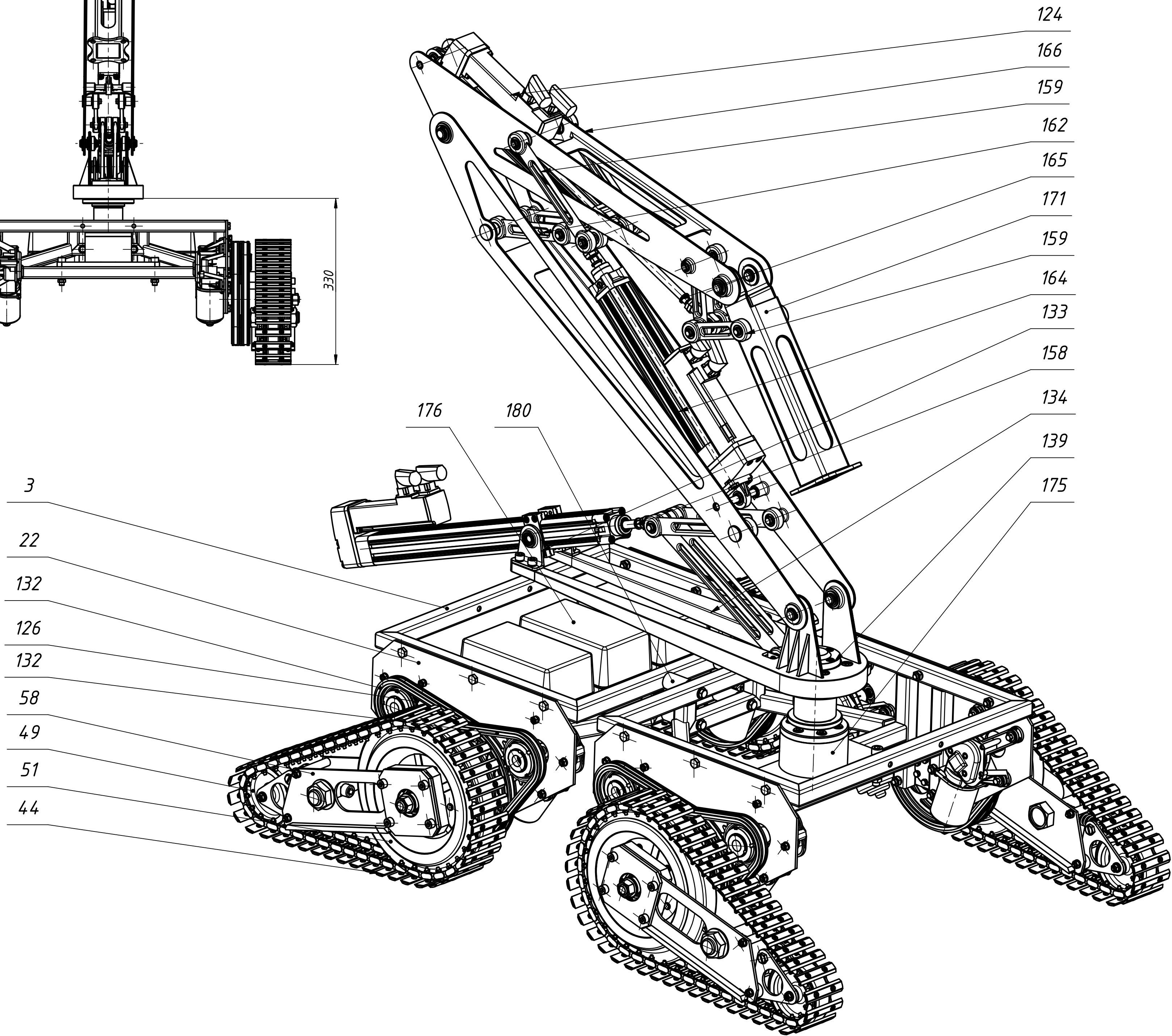
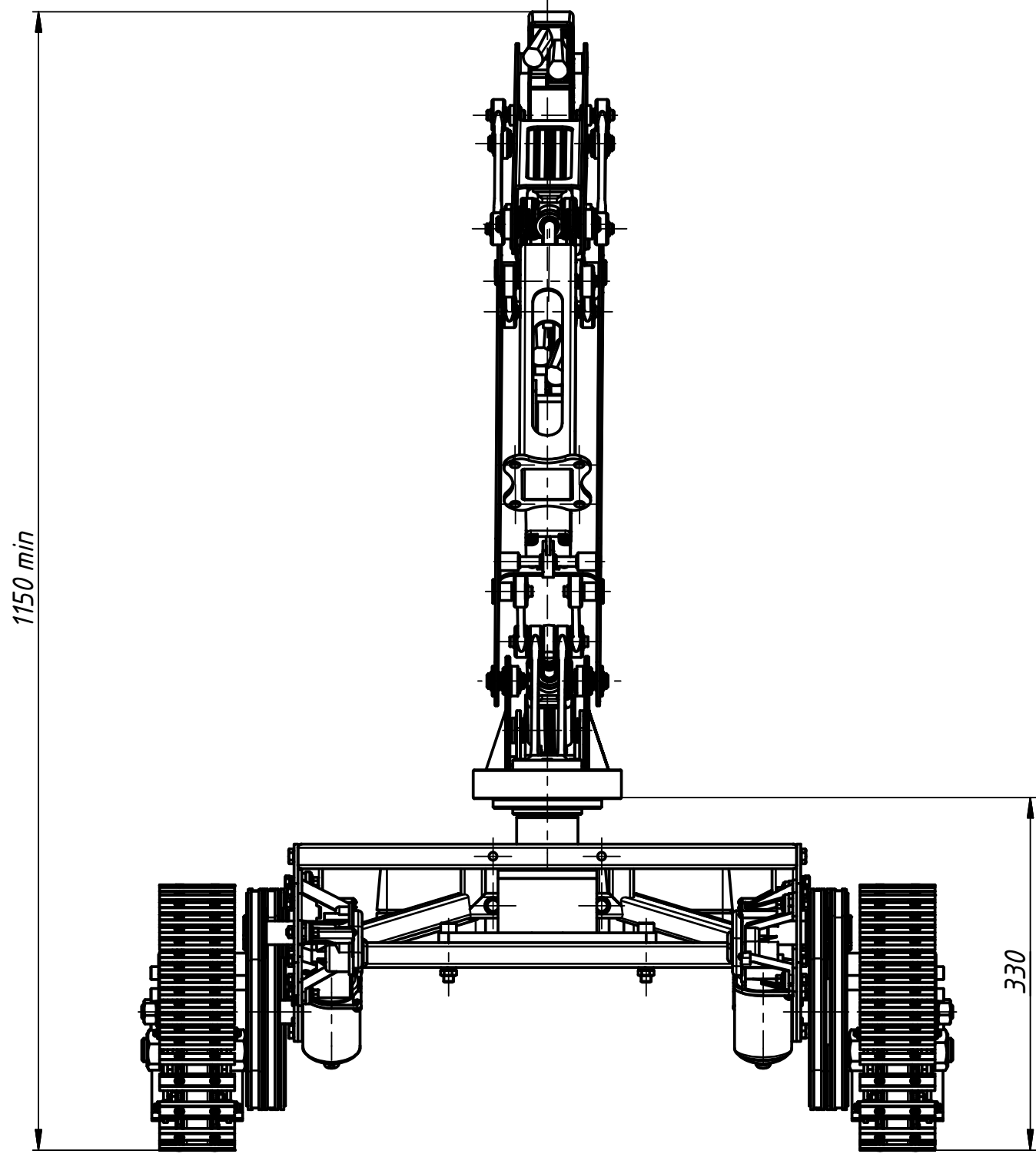
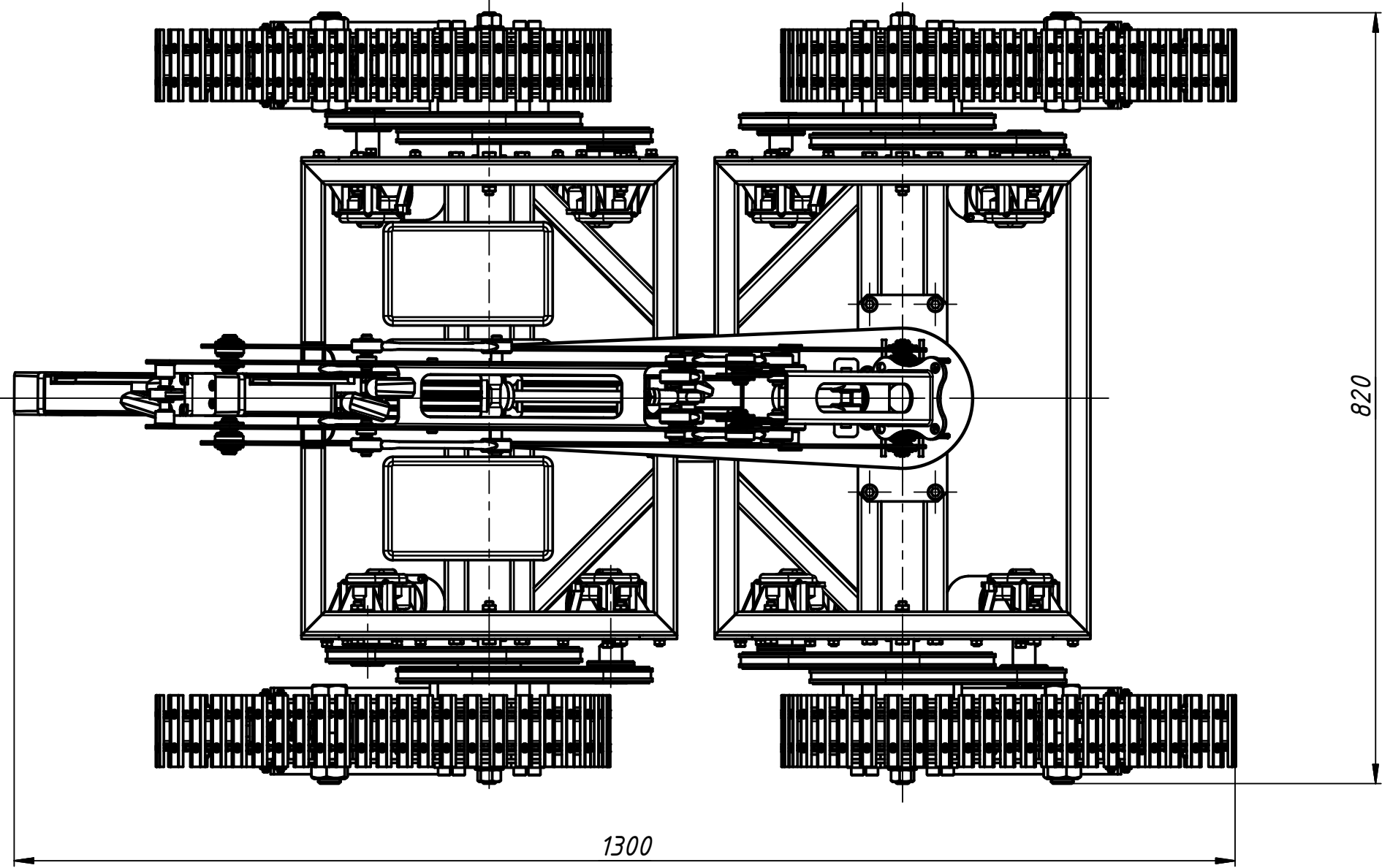
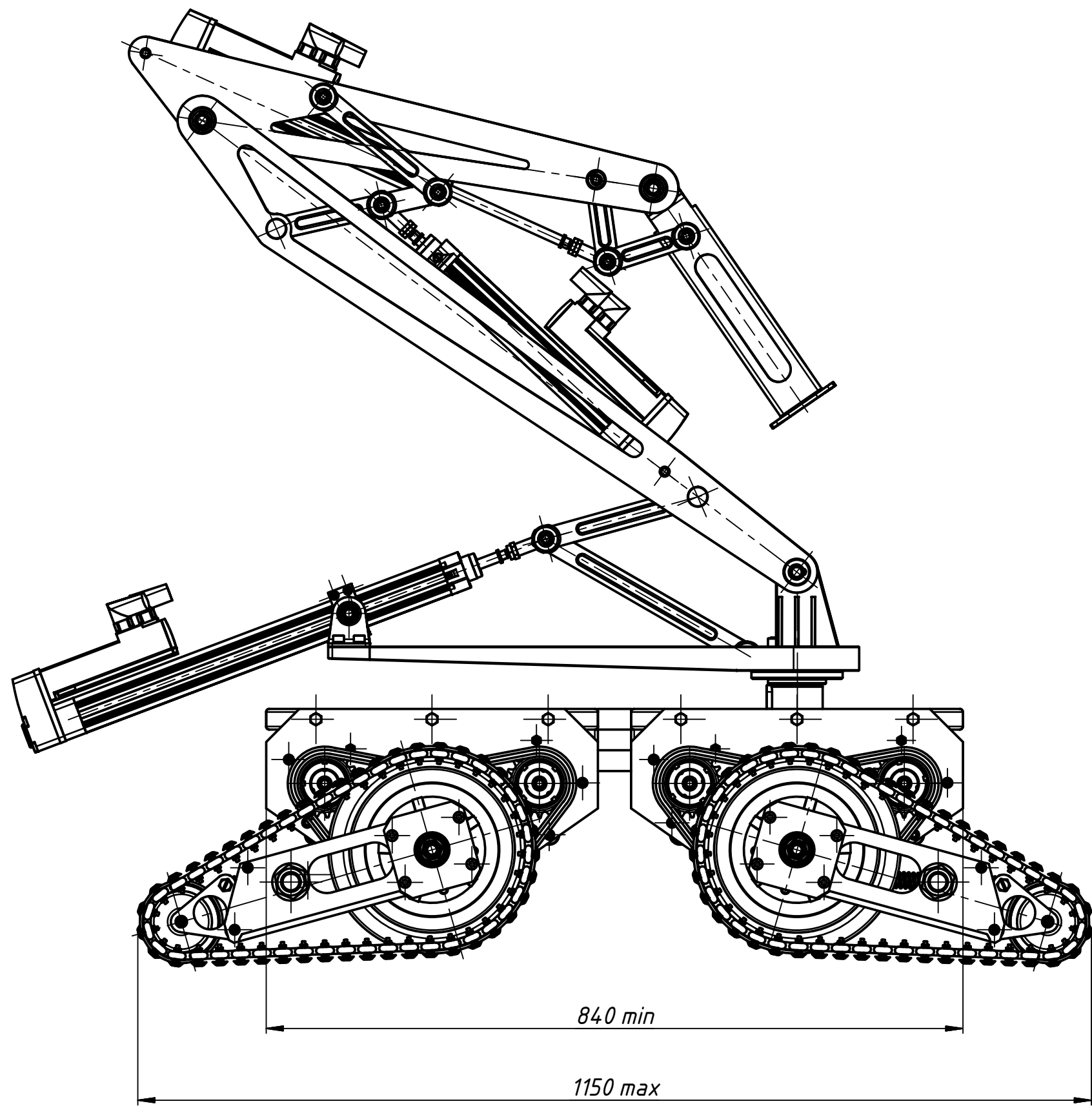
Подп. и дата
Инд. № подл.
Взам. инв. №
Инд. № докл.
Подп. и дата

MB - 5106.627.05.02.00 3В						Мобільний робот з маніпулятором ПК		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Камінський			12.08.2019				
Пров.	Кравець							
Т. контр.						Лист	Листов	1
Нач. отд.						НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"		
Н. контр.	Протасов							
Этв.								

1 Копировал

Формат А1

Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Изм. № подл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Изм. № подл.	



МВ - 5106.627.05.03.00 3В				Мобільний робот з двох модулів		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
Разраб.		Камінський		17.08.2019		
Пров.		Кравець				
Т. контр.					Лист	Листов
Нач. отд.						1
Н. контр.		Протасов			НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"	
Утв.					Формат А1	

В

Перв. примен.

Справ. №

А

Подп. и дата

Изм. № подл.

Взам. инв. №

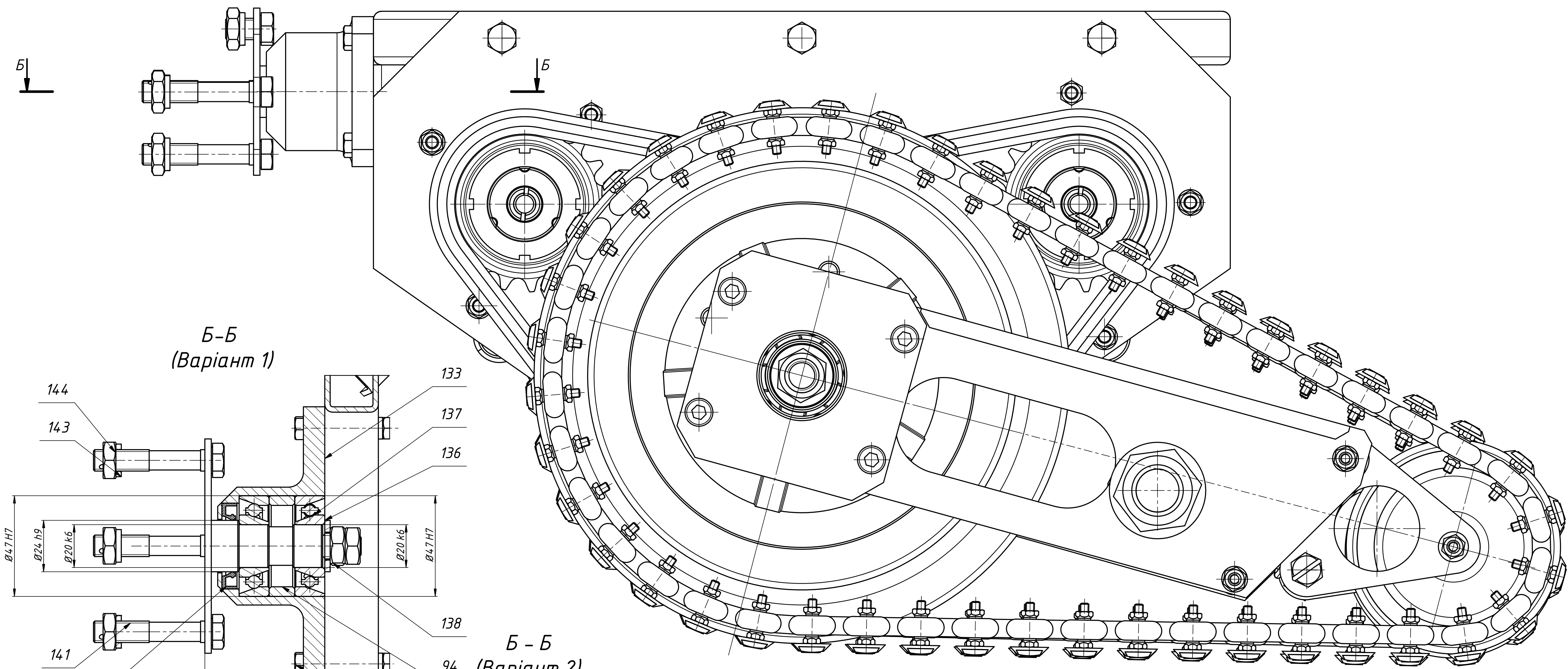
Подп. и дата

Изм. № подл.

Взам. инв. №

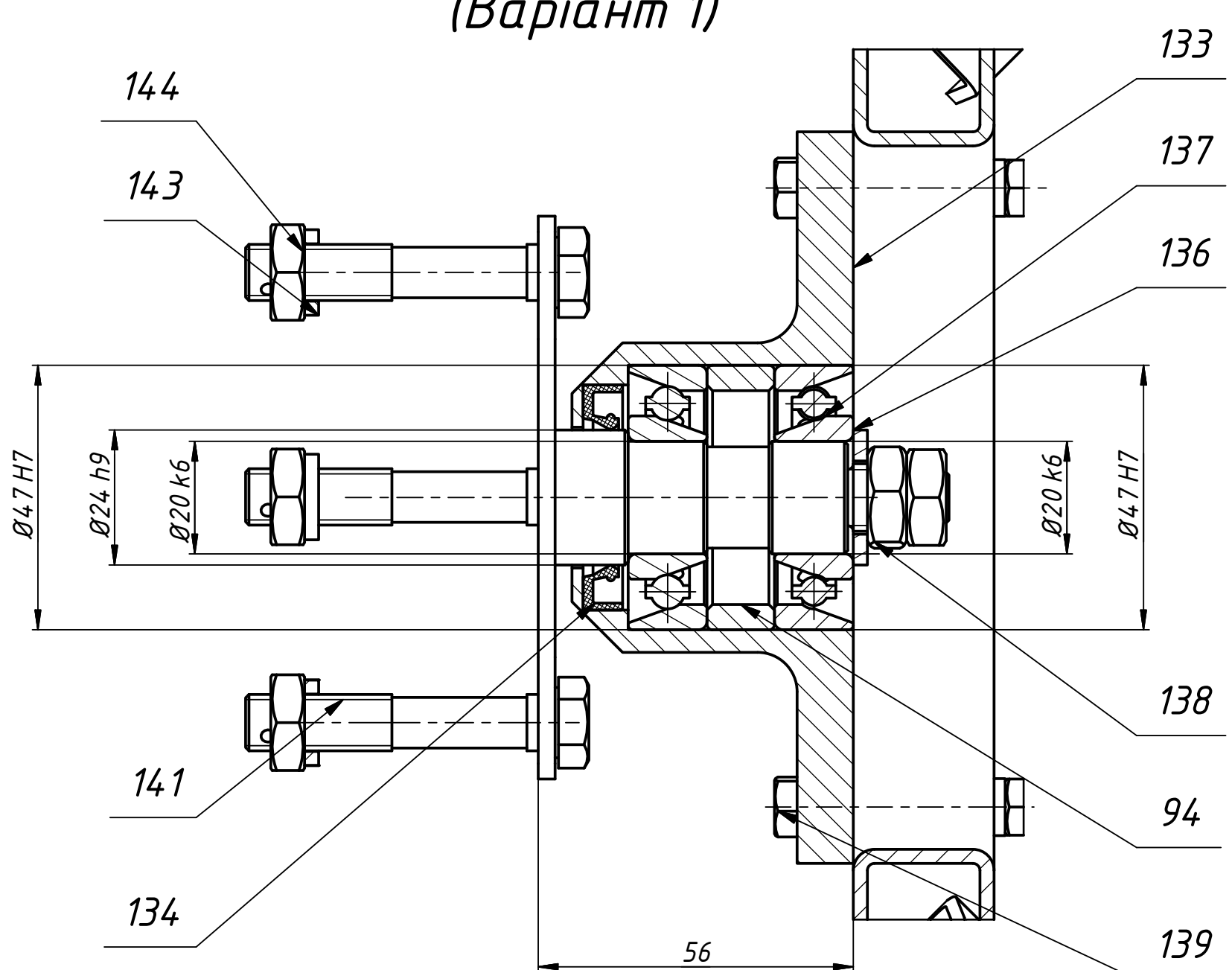
Подп. и дата

Изм. № подл.

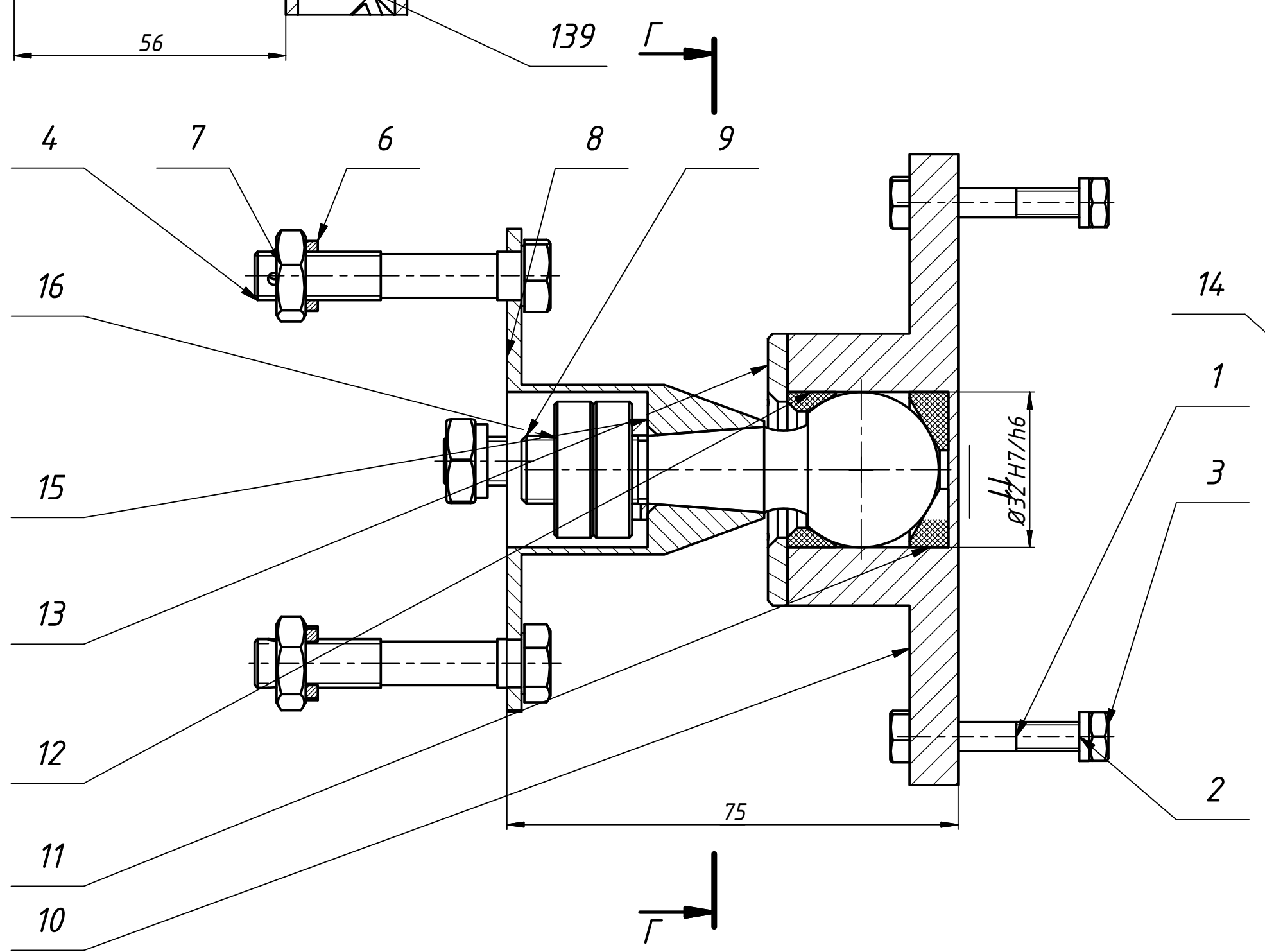


А (Лист 2)
←

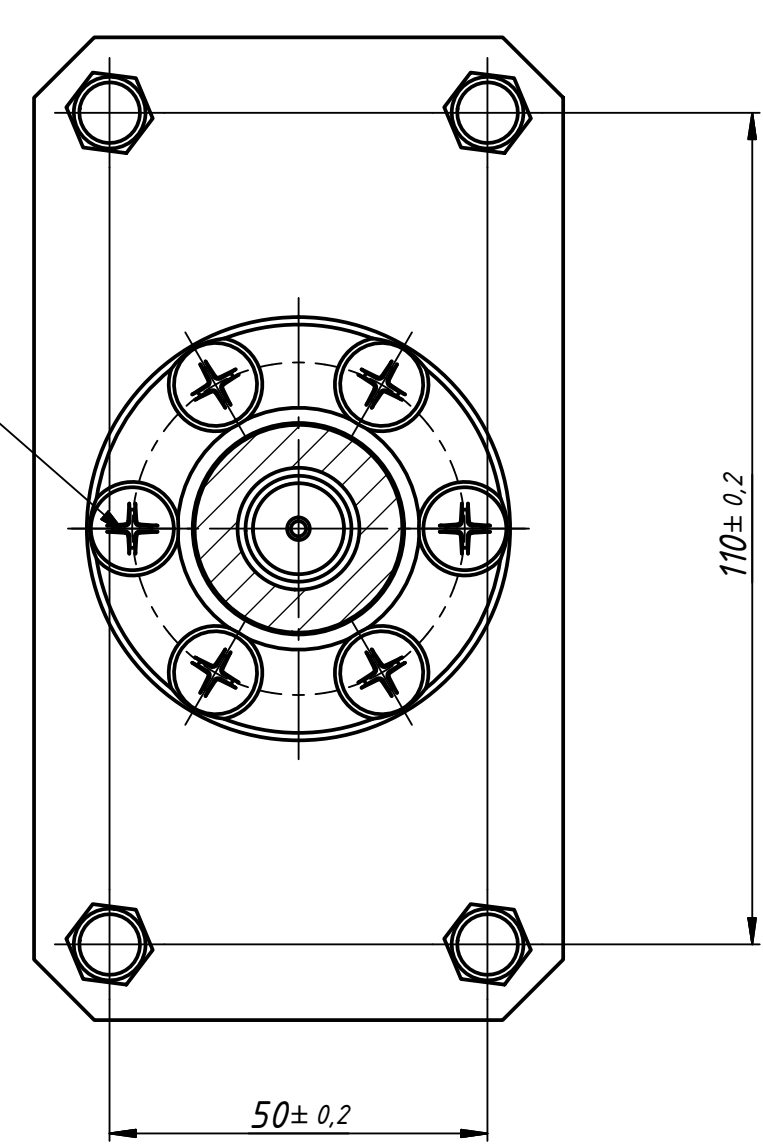
Б-Б
(Вариант 1)



Б - Б
(Вариант 2)



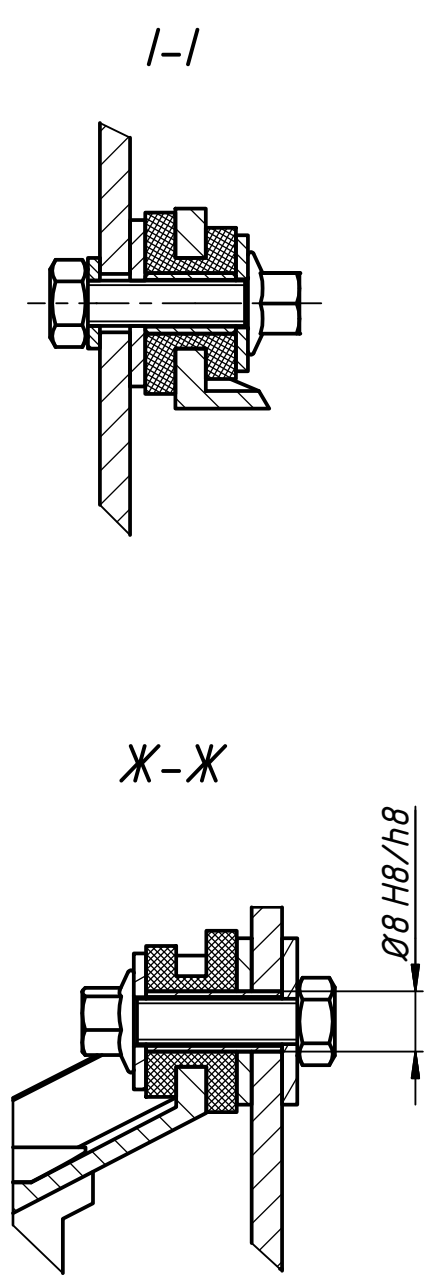
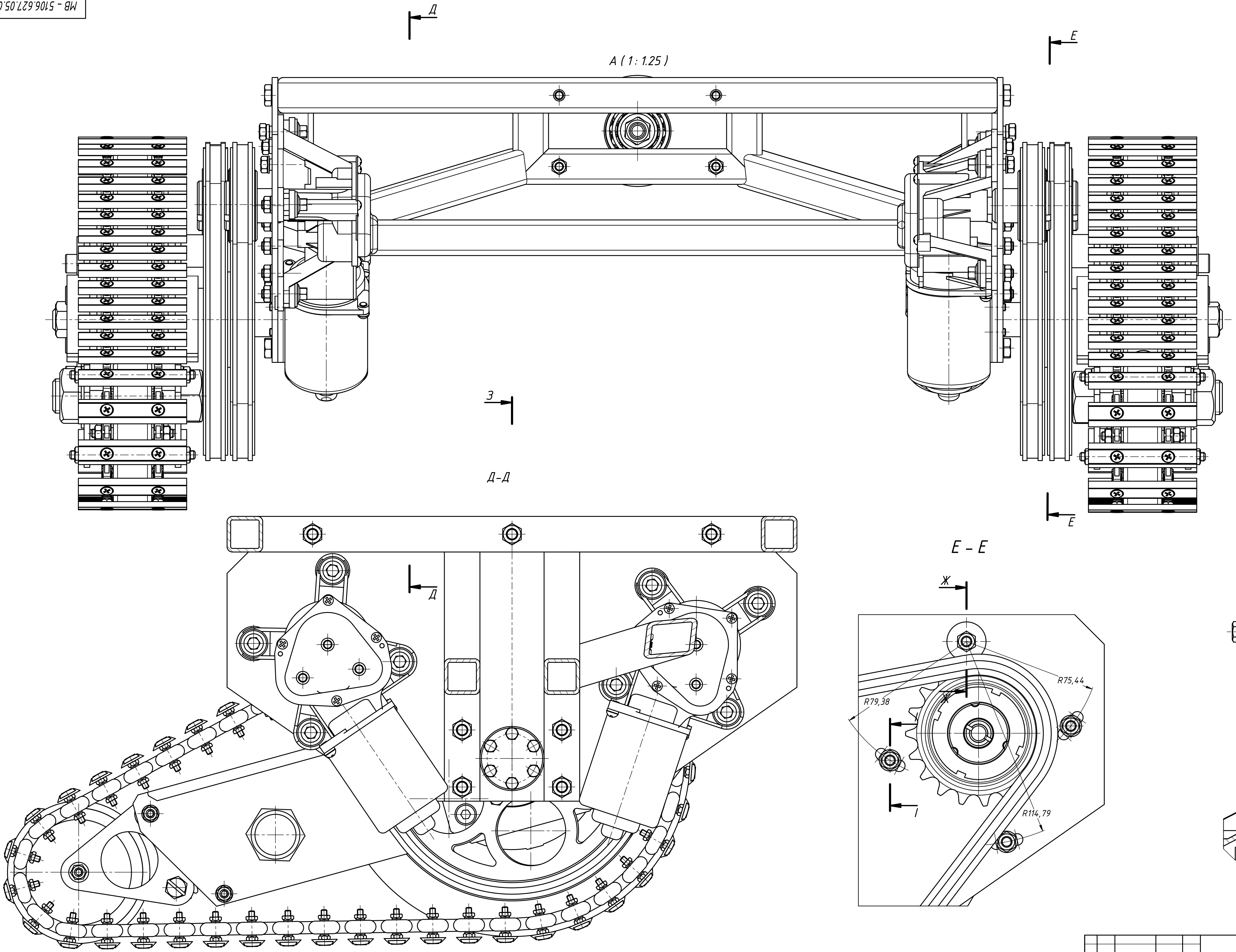
Г-Г



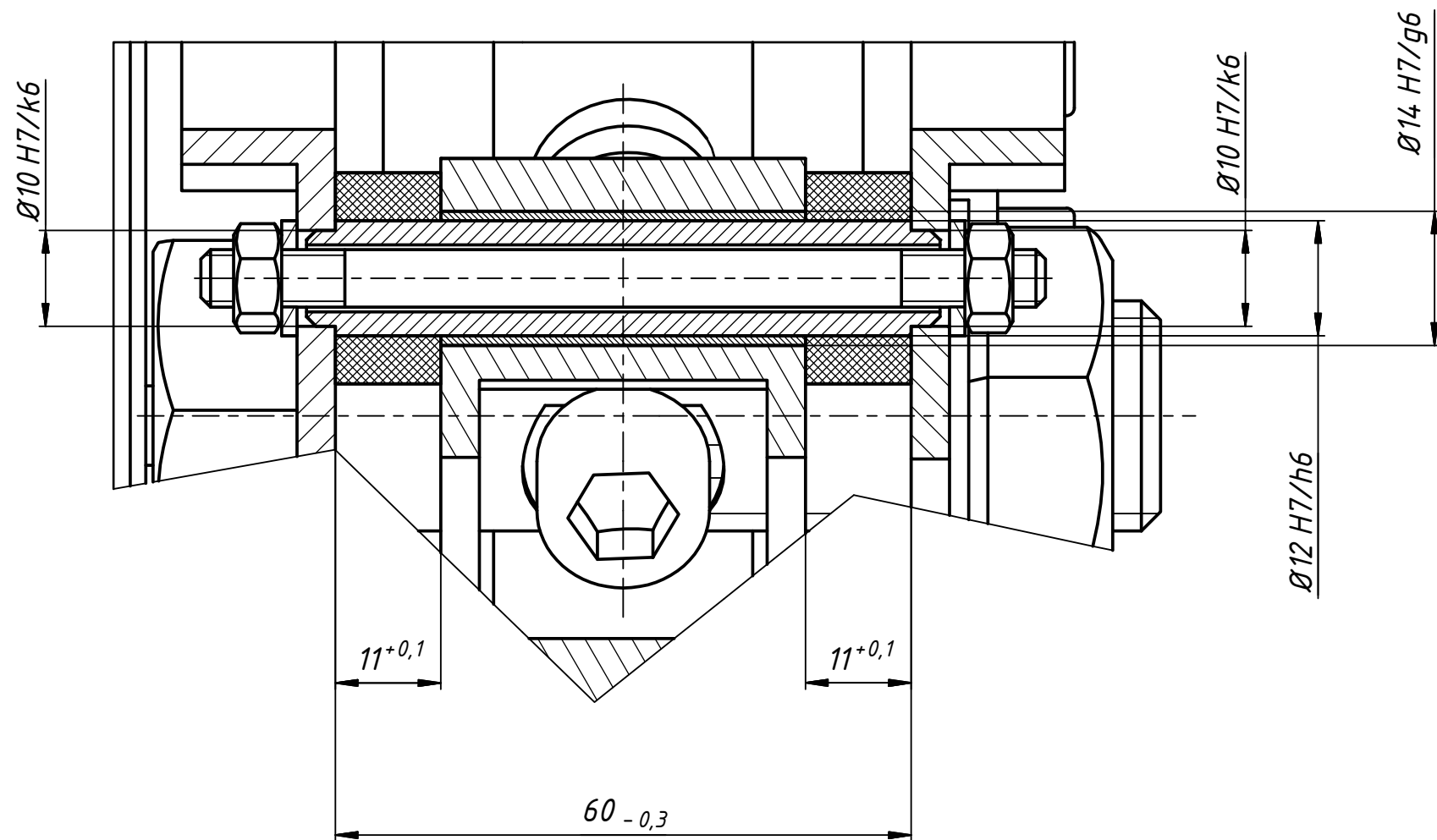
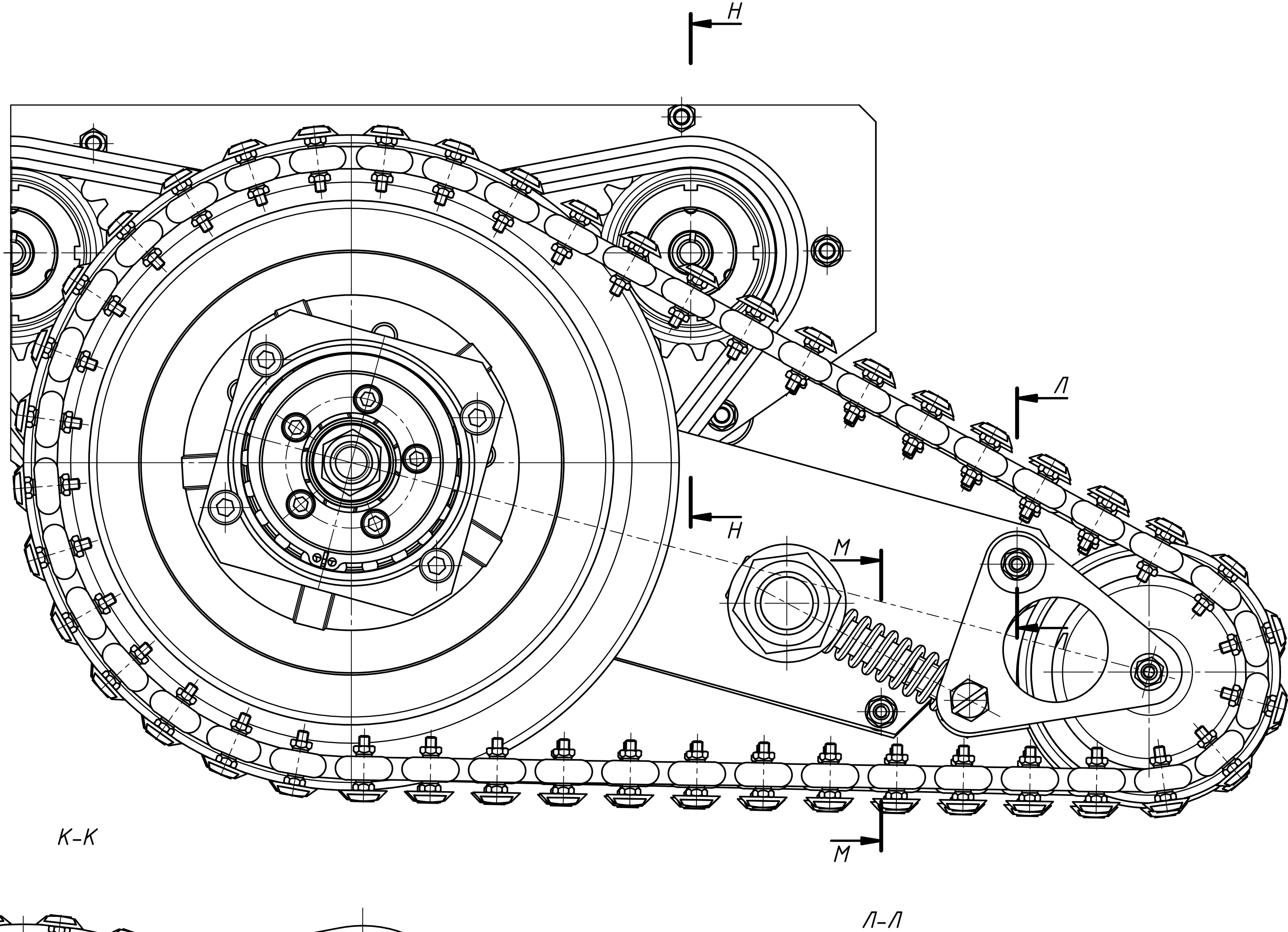
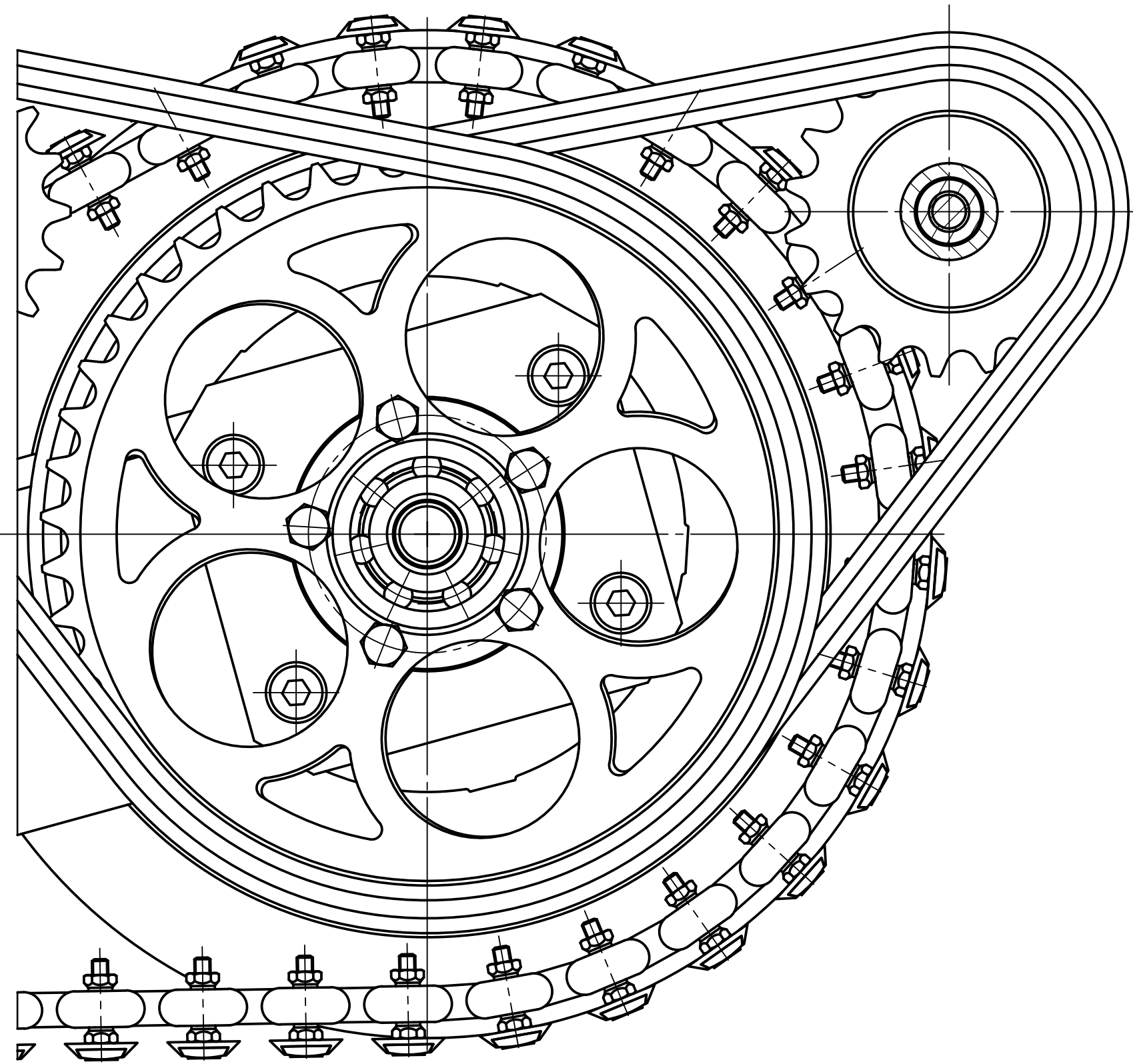
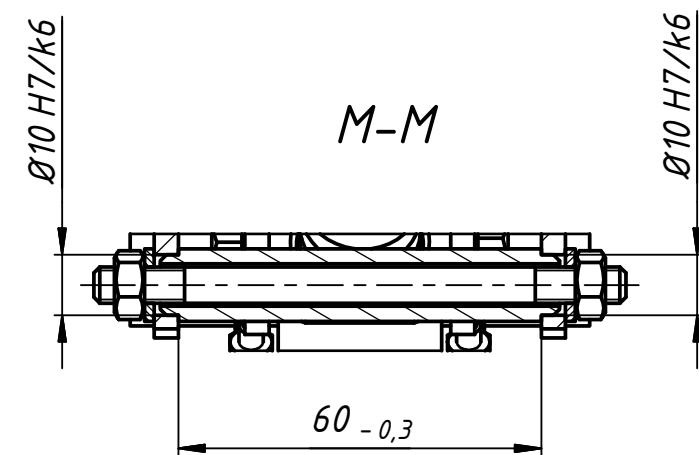
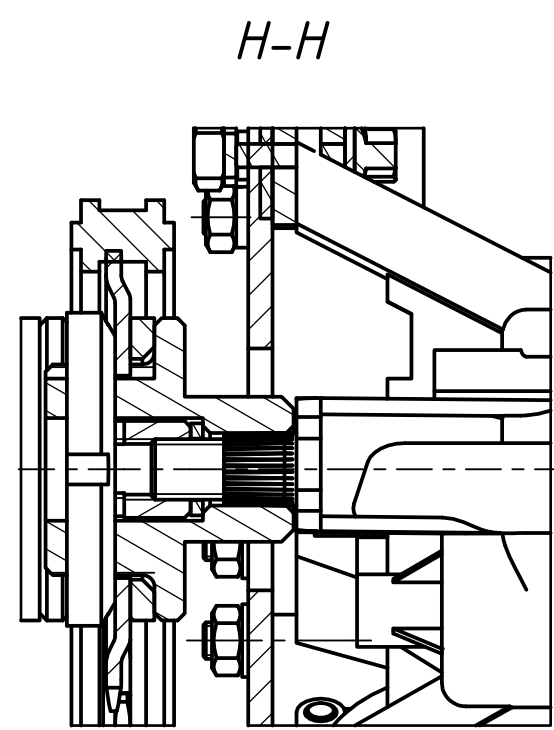
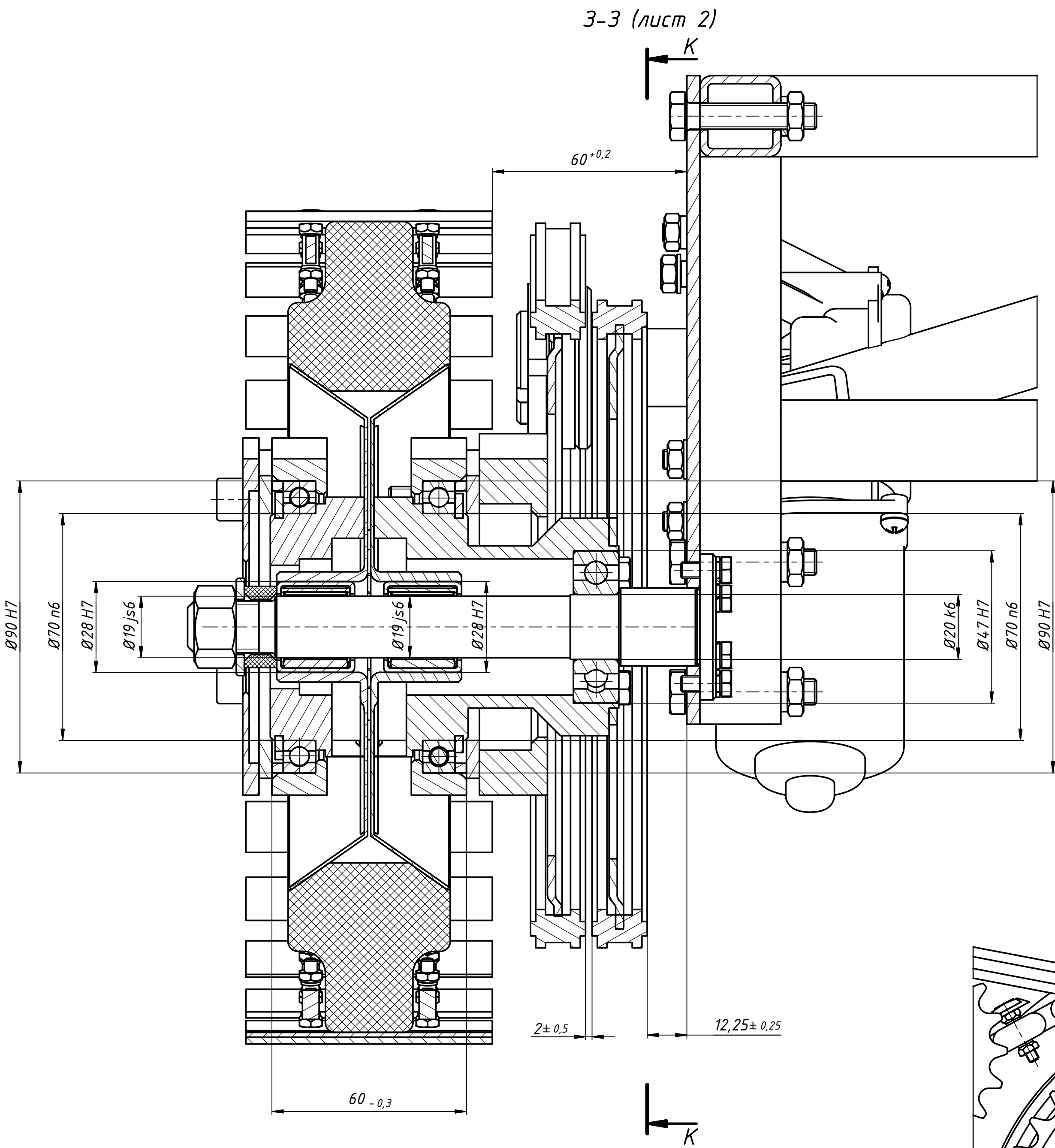
Технічні характеристики

- | | |
|--|-----------|
| 1. Максимальна швидкість переміщення | 3.6 м/хв. |
| 2. Сумарна потужність приводів | 0.26 кВт. |
| 3. Крутний момент привода обертання колеса | 12.5 Н м. |
| 4. Сумарна ємність електричних батарей | 320 В А. |
| 5. Максимальний дорожній просвіт | 120 мм. |

МВ - 5106.627.05.01.00 СК				Модуль переміщення мобільного робота		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Каминський			01.06.2019		
Пров.	Кравець			01.06.2019		
Т. контр.					Листов	3
Нач. отд.					НТУУ "КПІ ім. І.Сікорського"	
Н. контр.	Протасов С.В.				Формат А1	
Утв.					1 Копіював	



МБ - 5106.627.05.01.00 СК				Модуль переміщення мобільного робота		
Лист	Листов	3	Маса	Масштаб	Лист	Листов
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НТУУ "КПІ ім. І.Сікорського"	
Разраб.	Камінський	17.06.2019			Формат А1	
Пров.	Кравець	17.06.2019				
Т. контр.						
Нач. отд.						
Н. контр.	Протасов С.В.					
Этб.						



МБ - 5106.627.05.01.00 СК				Модуль переміщення мобільного робота		
Лист	Листов	3	Лист	Листов	3	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист
Разраб.	Каминский	17.06.2019			Изм.	Лист
Пров.	Кравець	17.06.2019			Изм.	Лист
Т. контр.					Изм.	Лист
Нач. отд.					Изм.	Лист
Н. контр.	Протасов С.В.				Изм.	Лист
Этб.					Изм.	Лист

МБ - 5106.627.05.01.00 СК

Модуль переміщення мобільного робота

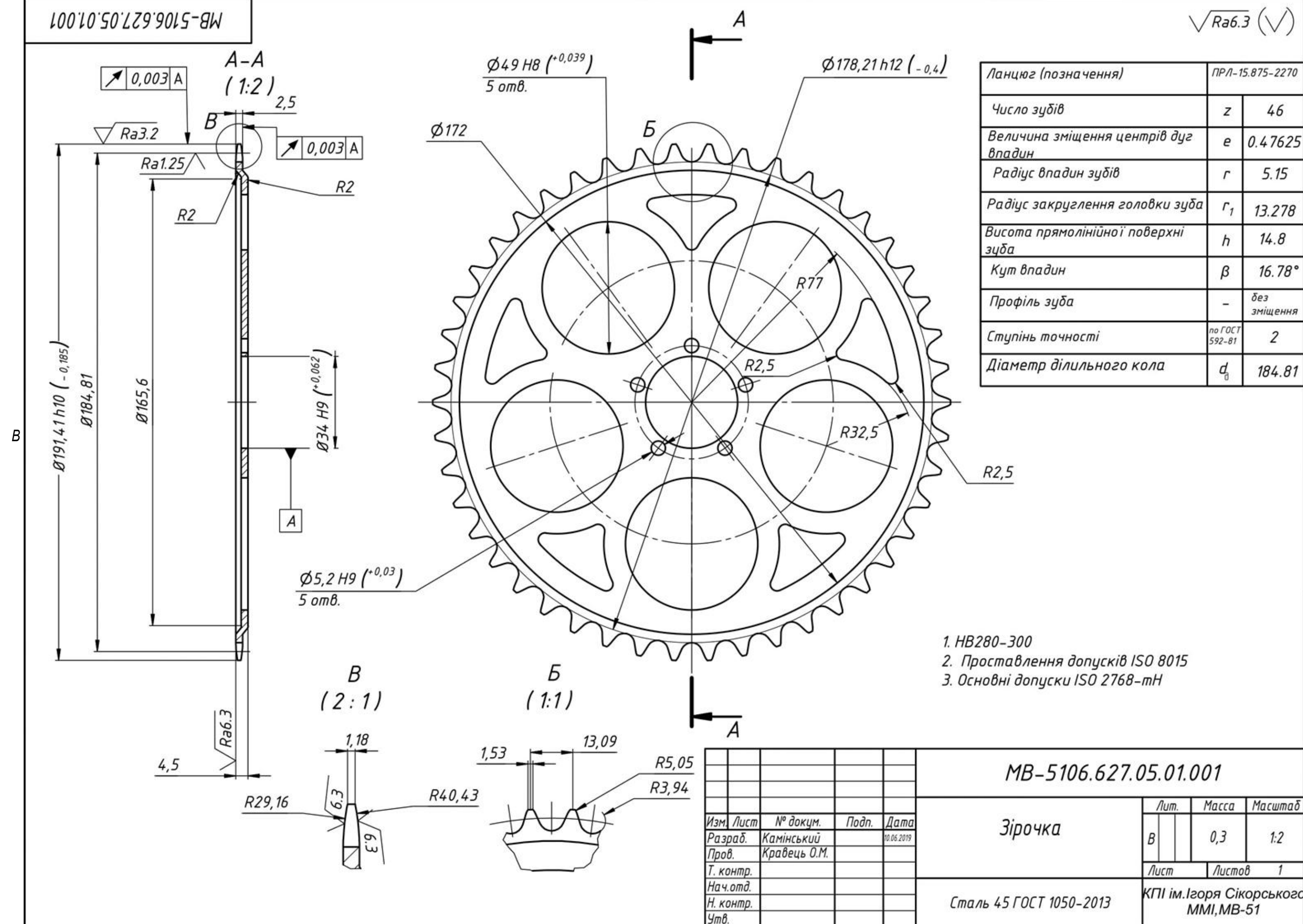
Лист

Листов

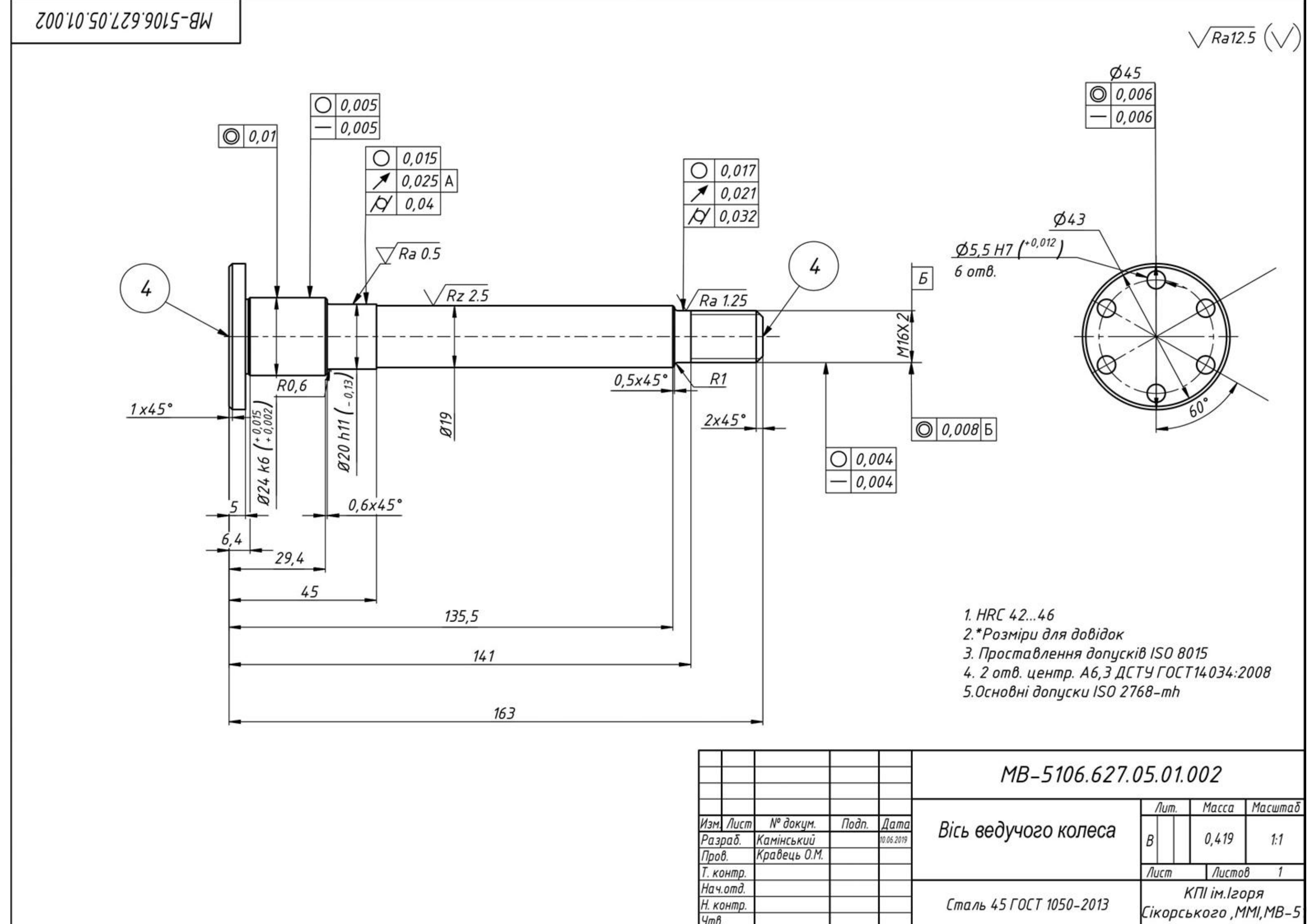
3

ИТЧУ "КПІ ім. І.Сікорського"

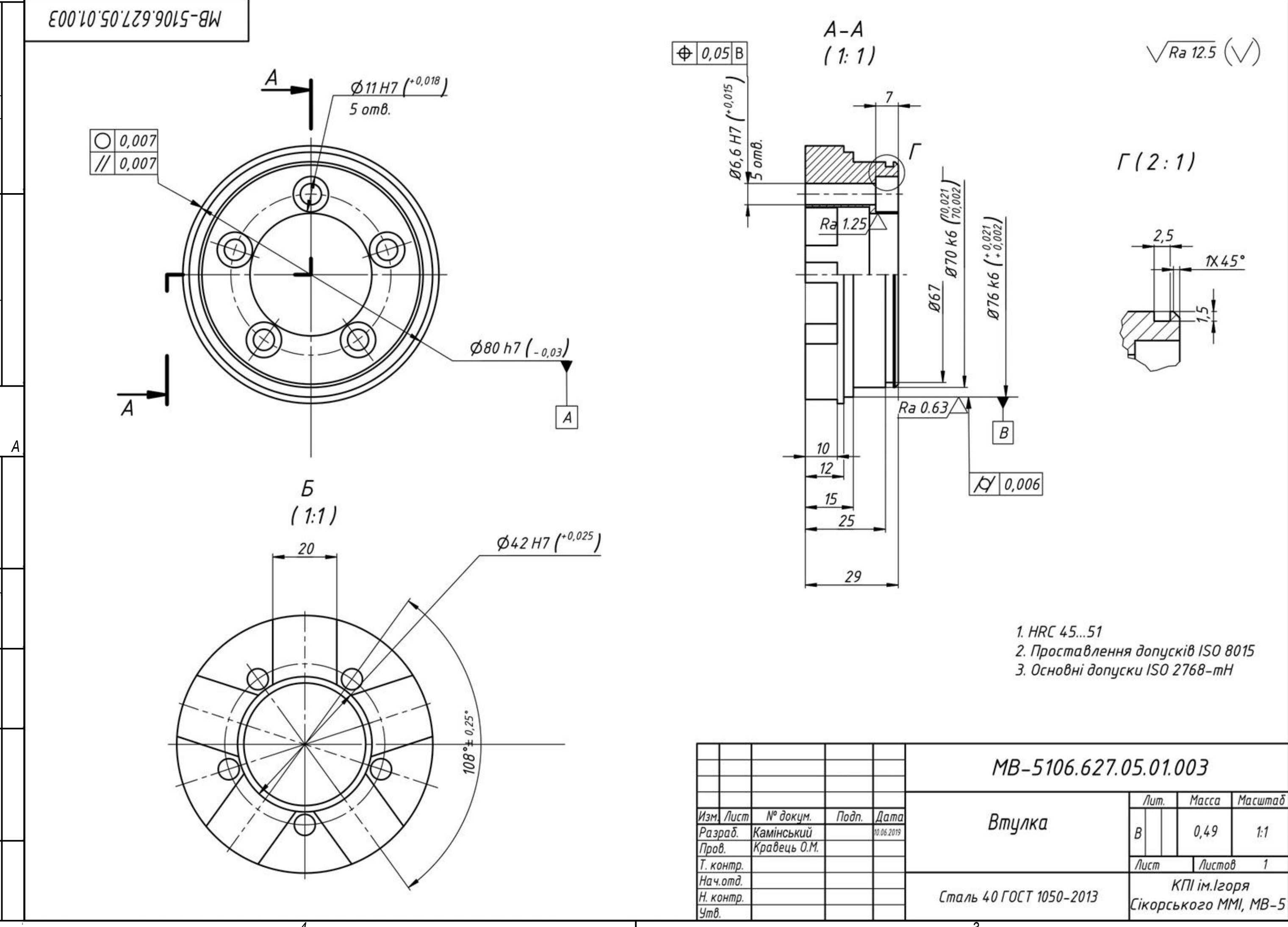
Формат А1



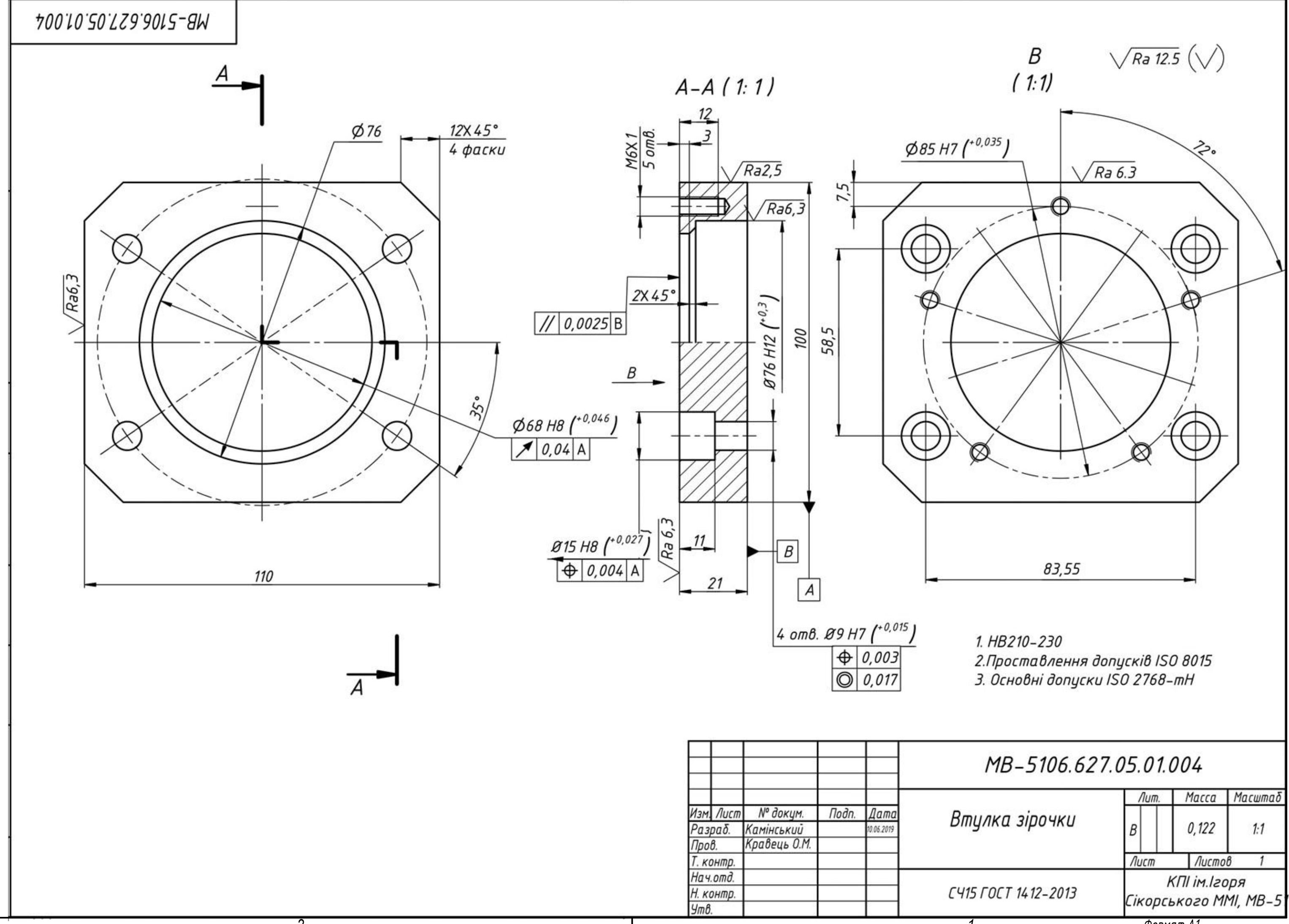
Изм./Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Зіркачка	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Каминський		09.06.2019		В	0,3	1:2
Пров.	Кравець О.М.						
Т. контр.					Лист	Листов	1
Нач. отд.				Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. контр.					ММІ, МВ-51		
Утв.							



Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	<div>Вісь ведучого колеса</div> <div>Сталь 45 ГОСТ 1050-2013</div>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Каминський		09.06.2019		В	0,419	1:1
Пров.		Кравець О.М.				Лист	Листов	1
Т. контр.		Начомд				КПІ ім.Ігоря Сікорського, ММІ, МВ-5		
Н. контр.		Чмд						

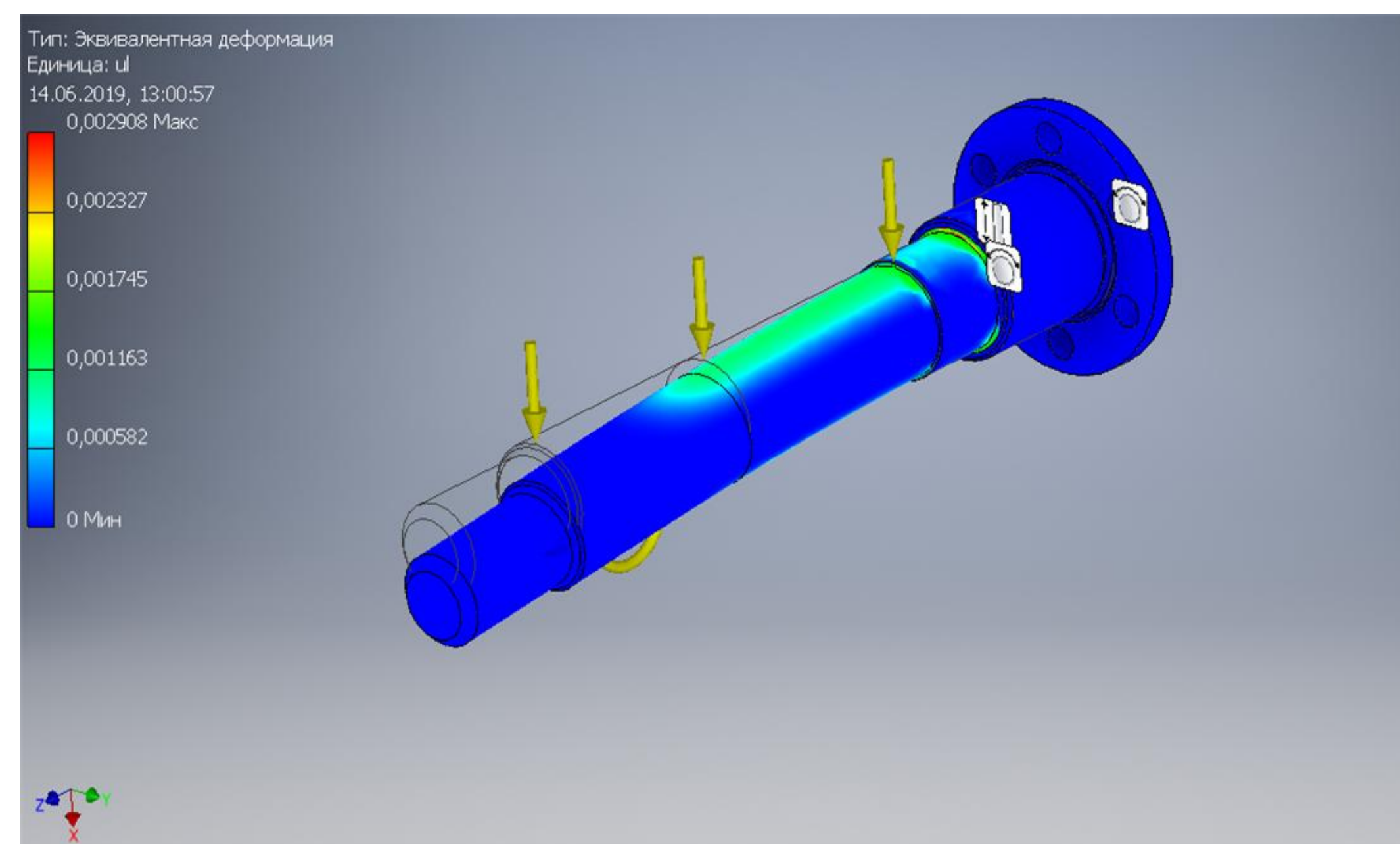
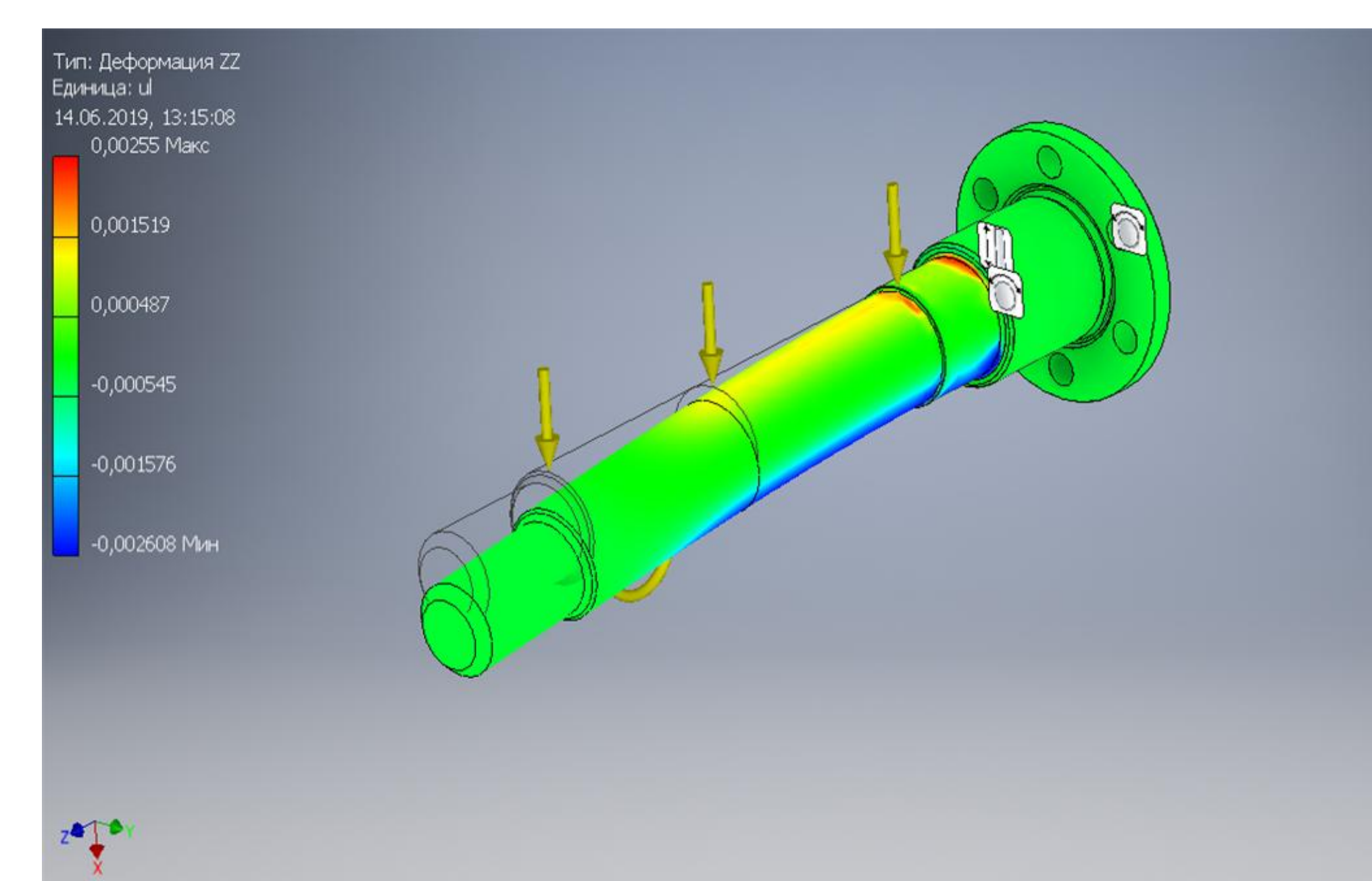
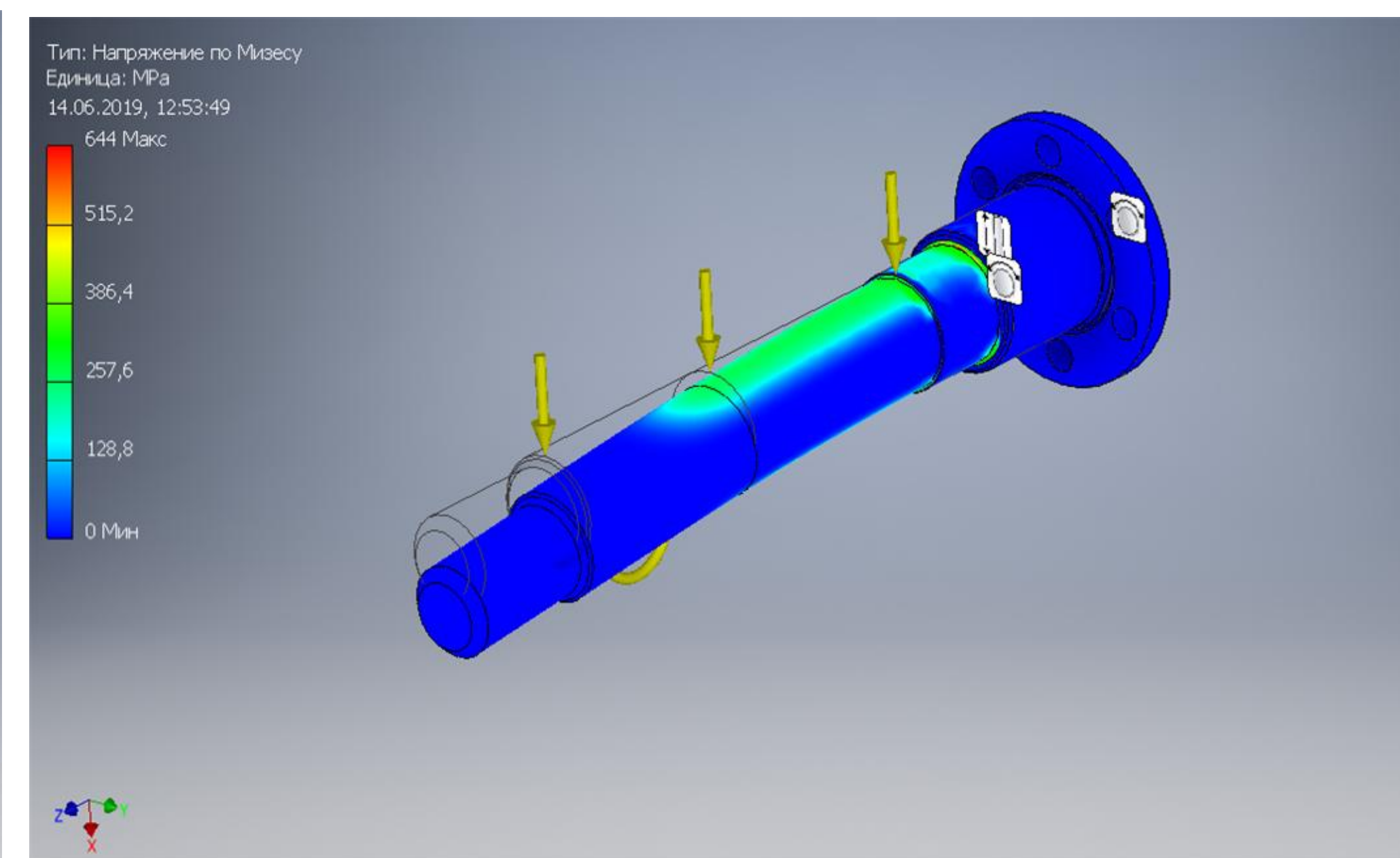
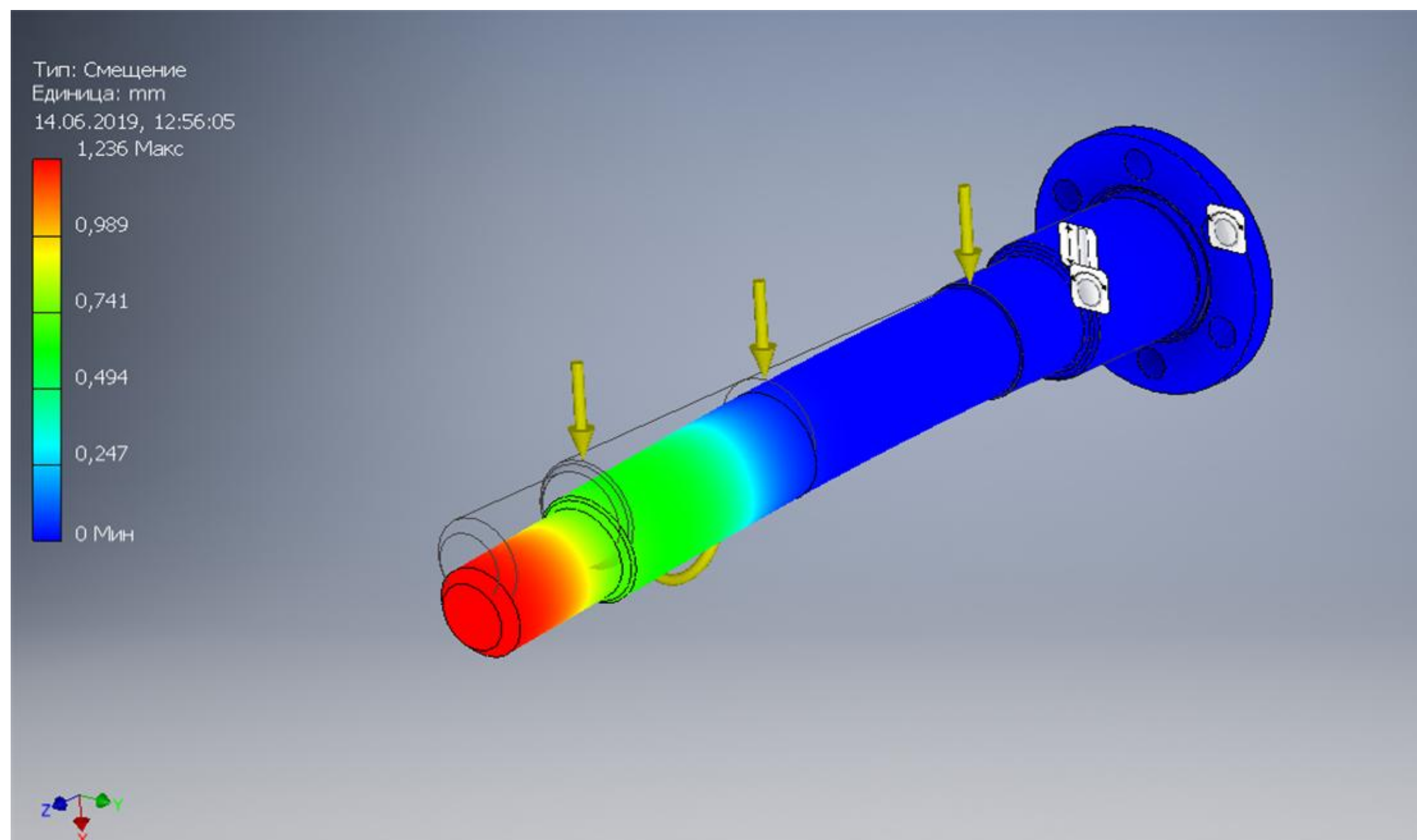
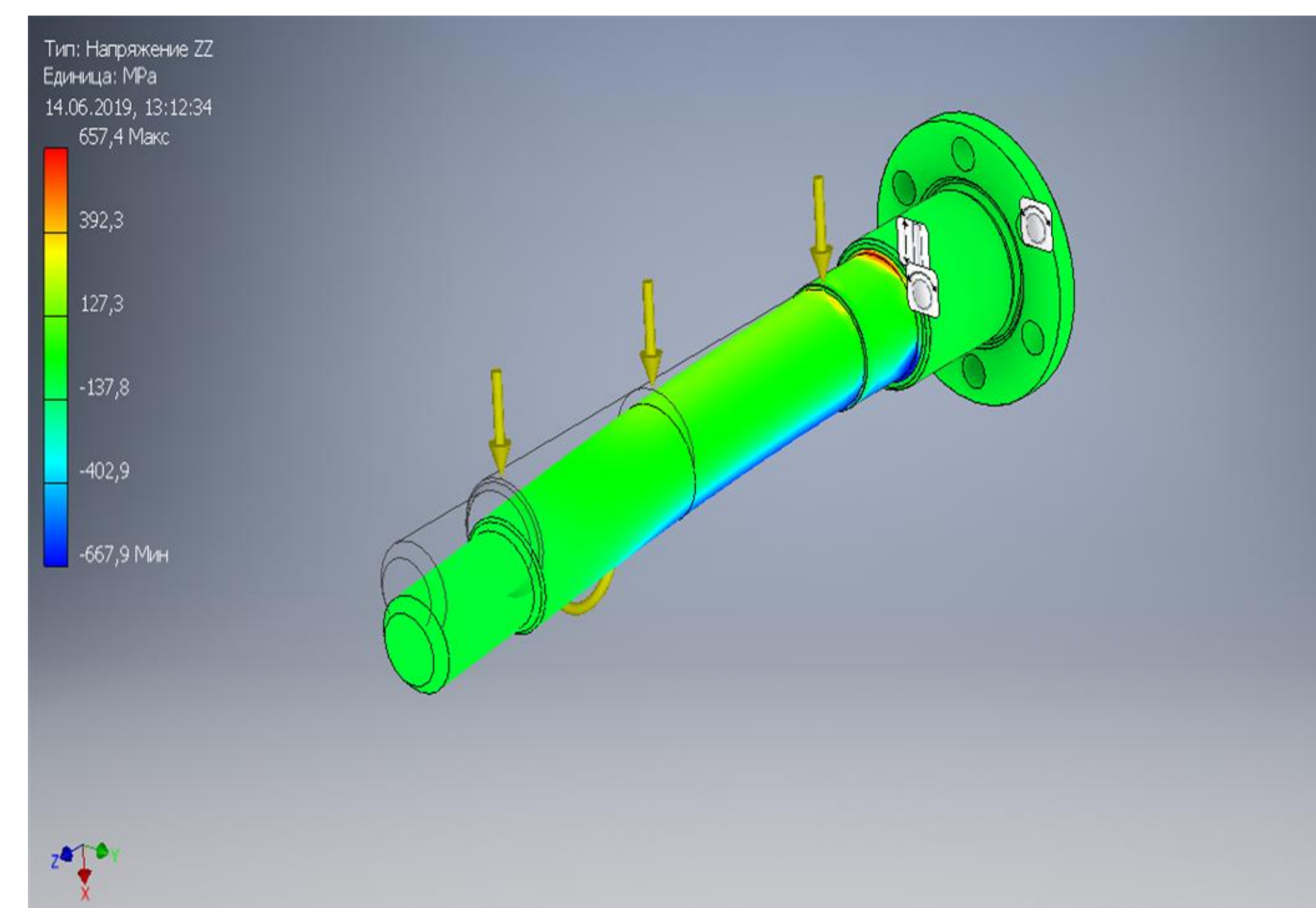
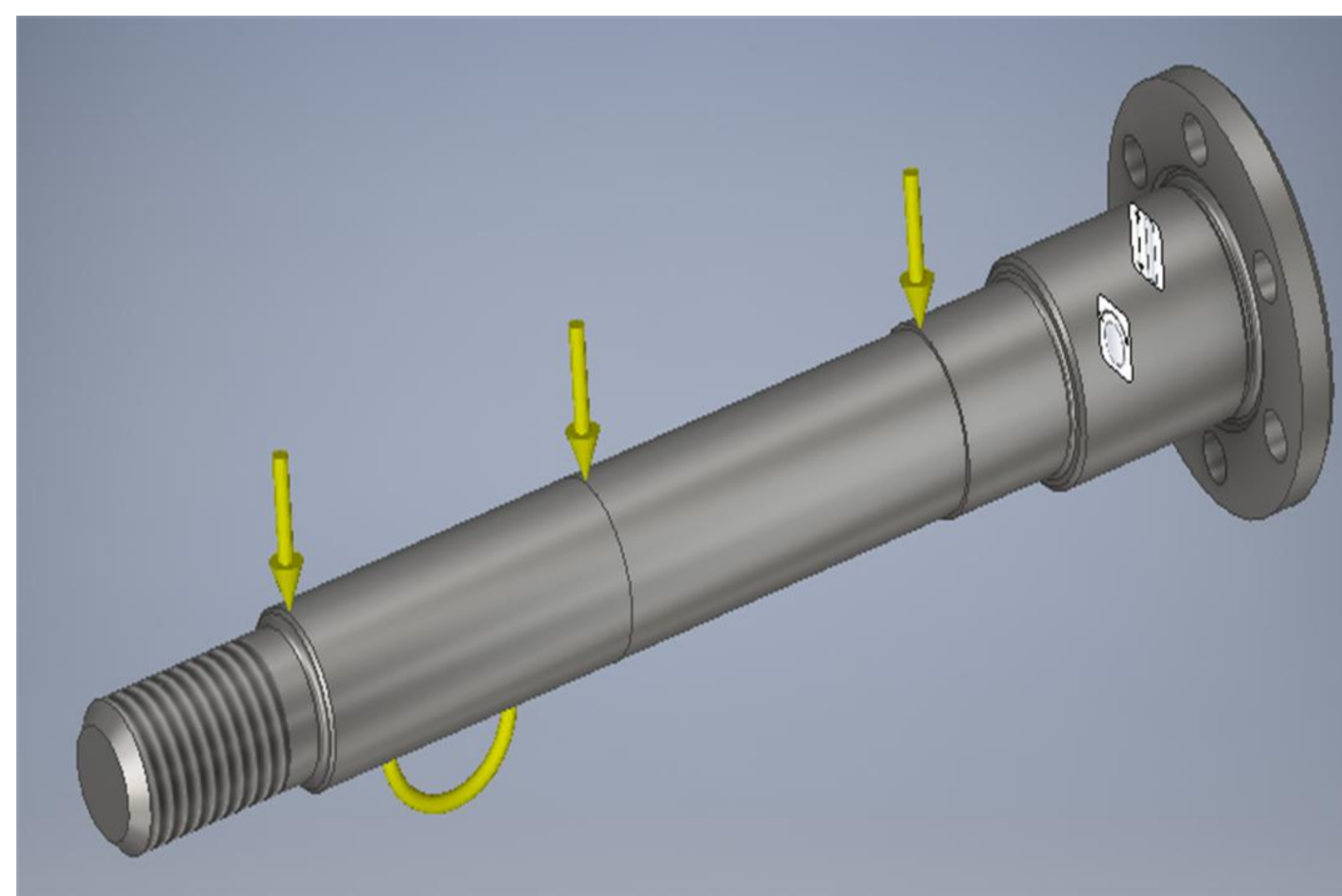
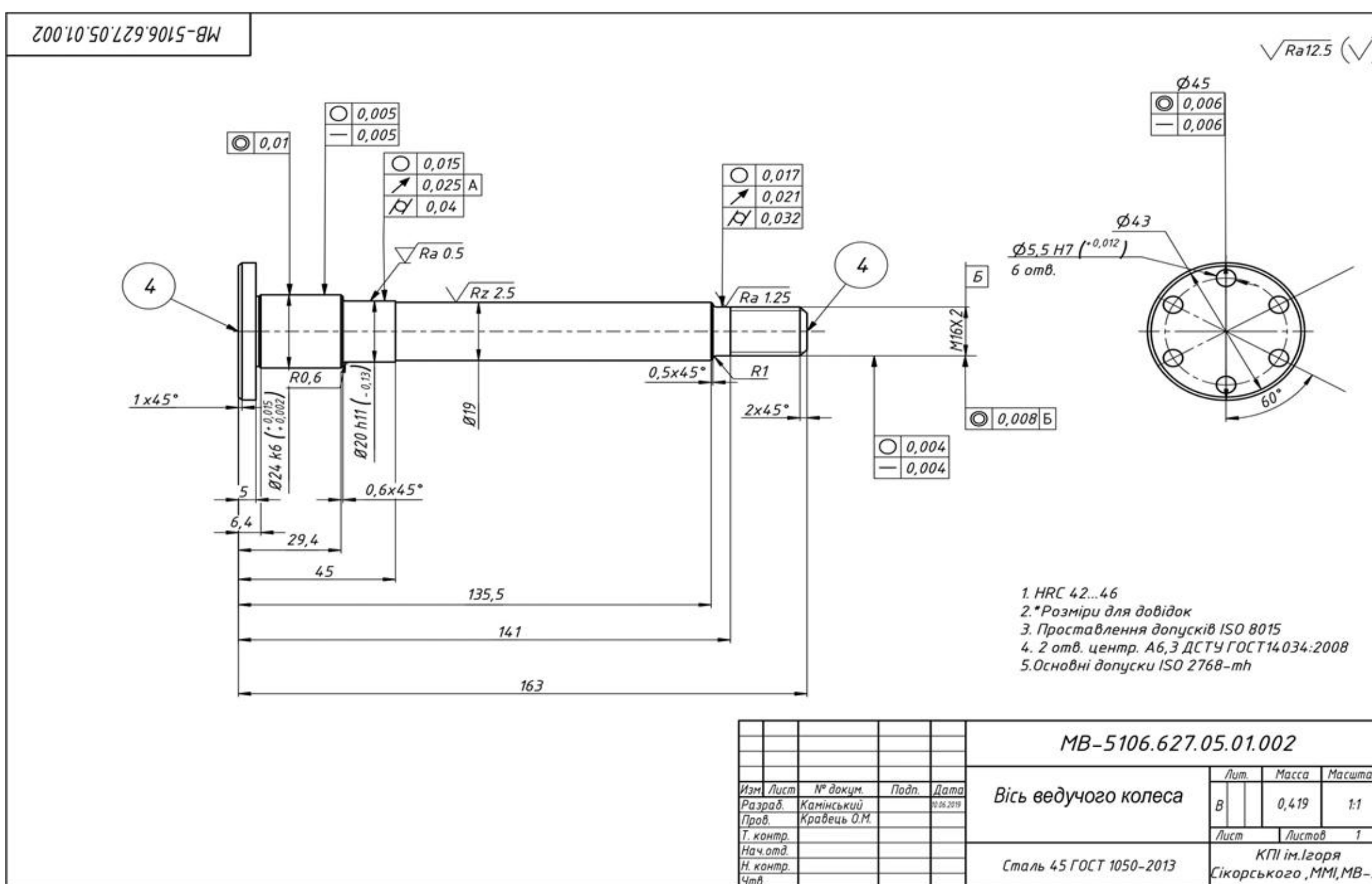


						МВ-5106.627.05.01.003				
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Втулка	Лит.		Масса	Масштаб	
Разраб.		Каминський		06.06.2019		В		0,49	1:1	
Пров.		Кравець О.М.								
Т. контр.						Лист		Листов		1
Нач. отд.						Сталь 40 ГОСТ 1050-2013				
Утв.						КПІ ім.Горького Сікорського ММІ, МВ-5				



						МВ-5106.627.05.01.004				
						Втулка зірочки	Лист.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	В			0,122	1:1	
Разраб.		Каминський		02.06.2019						
Пров.		Кравець О.М.								
							Лист	1		
Т. контр.						С415 ГОСТ 1412-2013	КПІ ім.Горького Сікорського ММІ, МВ-5			
Нач.отд.										
Н. контр.										
Умд.										

Аналіз напружень вала ведучого колеса



Сила и момент реакции в опорах

Имя опоры	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Идеальная опора:1	2,02252 Н	0,955522 Н	0,51942 Н м	0,00321021 Н м
		-0,978192 Н		0,519388 Н м
		-1,4902 Н		-0,00478573 Н м
Опора:1	311,076 Н	-310,401 Н	222,345 Н м	0,276294 Н м
		20,4771 Н		-222,345 Н м
		0 Н		0 Н м
Опора:2	23,4211 Н	11,2579 Н	0,0203751 Н м	-0,0187875 Н м
		-19,9757 Н		-0,00788381 Н м
		4,77305 Н		-0,000138589 Н м

Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	54213,9 мм ³	
Масса	0,419074 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0100633 МПа	643,994 МПа
1-ое основное напряжение	-114,255 МПа	763,042 МПа
3-е основное напряжение	-791,19 МПа	136,327 МПа
Смещение	0,000000177759 мм	1,23573 мм
Коэфф. запаса прочности	0,388202 бр	15 бр
Напряжение XX	-327,175 МПа	352,089 МПа
Напряжение XY	-51,7035 МПа	49,2145 МПа
Напряжение XZ	-31,462 МПа	289,703 МПа
Напряжение YY	-234,854 МПа	235,778 МПа
Напряжение YZ	-154,468 МПа	163,314 МПа
Напряжение ZZ	-667,949 МПа	657,386 МПа
Смещение по оси X	-0,00162684 мм	1,2331 мм
Смещение по оси Y	-0,00221262 мм	0,00219451 мм
Смещение по оси Z	-0,127919 мм	0,127912 мм
Эквивалентная деформация	0,0000000446068 бр	0,00290844 бр
1-ая основная деформация	0,0000000293081 бр	0,00320841 бр
3-я основная деформация	-0,00338965 бр	-0,00000000603264 бр
Деформация XX	-0,000732299 бр	0,000686029 бр
Деформация XY	-0,000327876 бр	0,000312092 бр
Деформация XZ	-0,000199515 бр	0,00183714 бр
Деформация YY	-0,000464998 бр	0,000465567 бр
Деформация YZ	-0,000979553 бр	0,00103565 бр
Деформация ZZ	-0,00260812 бр	0,0025502 бр