

Тема научно-исследовательской части:

Оценка требуемой емкости тяговой аккумуляторной батареи транспортного средства с комбинированной энергоустановкой последовательного типа категории N3.

Цель:

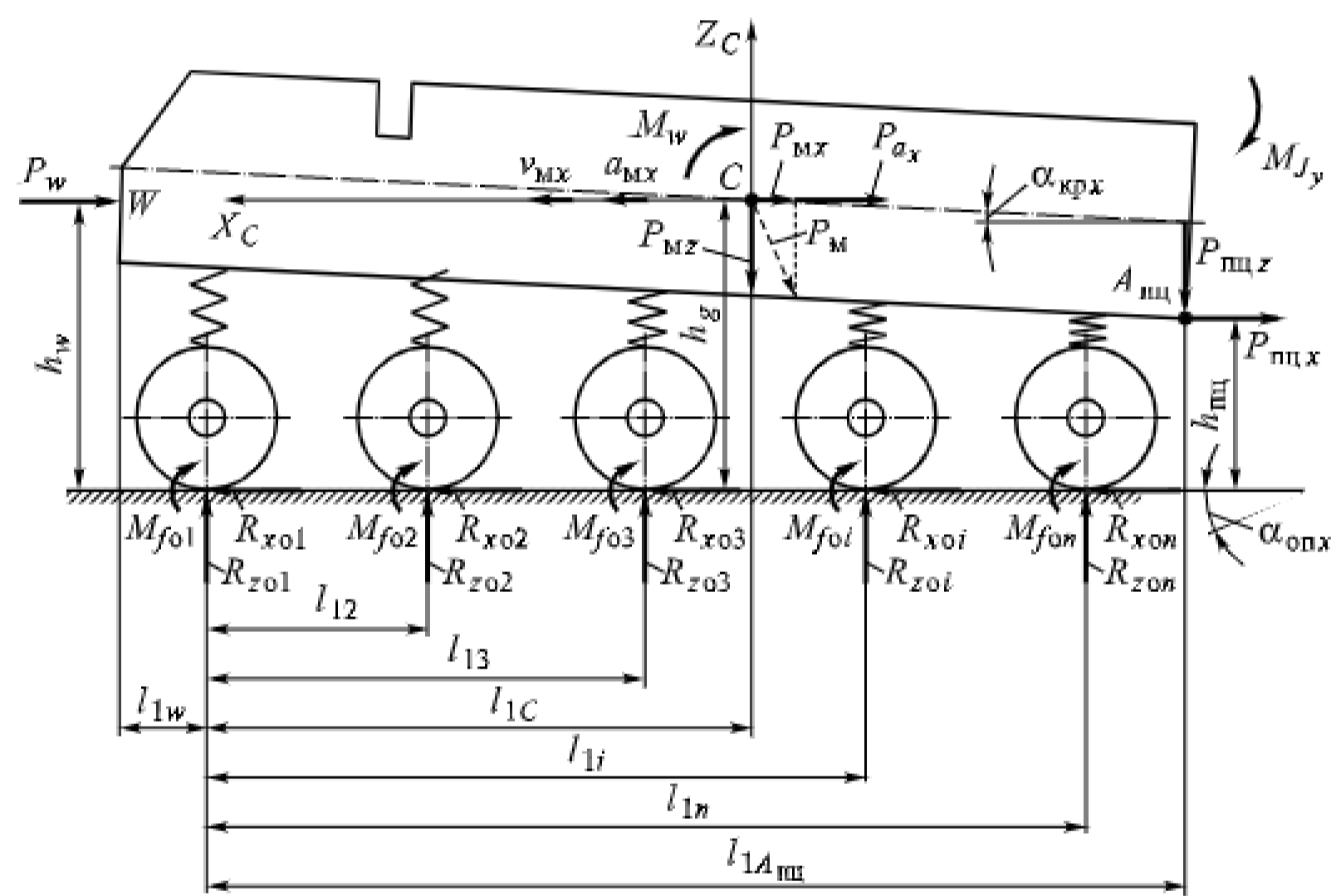
получение метода оценки емкости ТАБ на исследуемом транспортном средстве.

Задачи:

- 1) разработать имитационную математическую модель движения транспортного средства;
- 2) выбрать типовой ездовой цикл движения рассматриваемого транспортного средства;
- 3) определение критериев для оценки емкости ТАБ;
- 4) выполнение оценки требуемой емкости ТАБ.

1. Математическая модель движения транспортного средства

Расчетная схема:



Уравнение движения автомобиля:

$$m_M a_{Mx} = R_{x1} + R_{x2} + R_{x3} + P_{wx} + P_{Mx}$$

Проекция силы тяжести КМ на ось x:

$$P_{Mx} = -m_M * g * \sin(\alpha_{опх})$$

Проекция силы аэродинамического сопротивления на ось x:

$$P_{wx} = -\text{sign}(v_{Mx} - v_{wx}) * (v_{Mx} - v_{wx})^2 * 0,5 * \rho_w * c_w * F_{лоб} \quad P_{Mz} = -m_M * g * \cos(\alpha_{опх}).$$

Текущая скорость КМ:

$$v_{Mx} = \int_0^t a_{Mx} dt$$

Перемещение КМ:

$$x_M = \int_0^t v_{Mx} dt$$

Продольные реакции на i-ой оси в пятне контакта автомобиля с опорной поверхностью:

$$R_x = k_{Rx} * R_z * (-\text{sign}(v_s))$$

Коэффициент продольной реакции:

$$k_{Rx} = \varphi * (1 - e^{-\frac{s}{s_0}})$$

Коэффициент скольжения:

$$\begin{cases} s = \min\left(1, \frac{|v_s|}{v_{Mx}}\right) \text{ при } v_{Mx} > 0,01 \\ s = \min\left(1, \frac{2 * |v_s|}{0,01 + \frac{v_{Mx}^2}{0,01}}\right) \text{ при } v_{Mx} \leq 0,01 \end{cases}$$

Скорость скольжения в пятне контакта:

$$v_s = v_{Mx} - \omega_k * r_{k0}$$

Допущение:

$$R_{z2} = R_{z3} = \frac{R_{z23}}{2}$$

Вертикальная реакция на заднюю пару осей:

$$R_{z23} = 2 * \left(\frac{a_{Mx} * m_M * h_g + M_w - P_{Mz} * l_{1c} - P_{Mx} * h_g}{l_{12} + l_{13}} + \frac{-P_{wx} * h_w - P_{Mz} * f_{ш23} * r_{k0}}{l_{12} + l_{13}} \right)$$

Вертикальная проекция силы тяжести КМ:

$$P_{Mz} = -m_M * g * \cos(\alpha_{опх}).$$

Коэффициент сопротивления качению колес:

$$f_{ш2} = f_{ш0} + 6 * 10^{-6} * (r_{k0} * \omega_{k2})^2$$

Вертикальная реакция в пятне контакта первой оси КМ:

$$R_{z1} = P_{Mz} - 2 * R_{z2}$$

Угловая скорость колес i-ой оси:

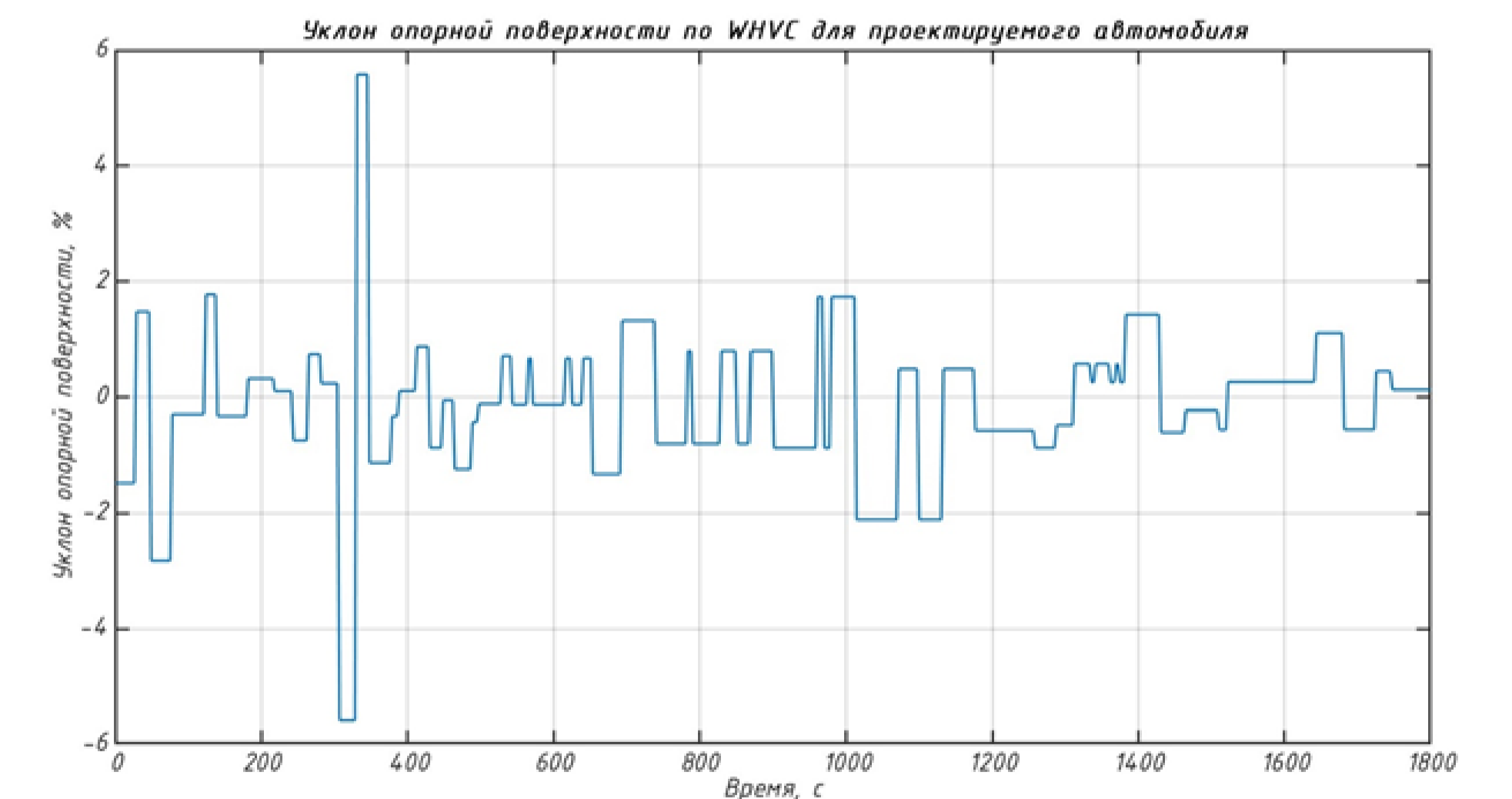
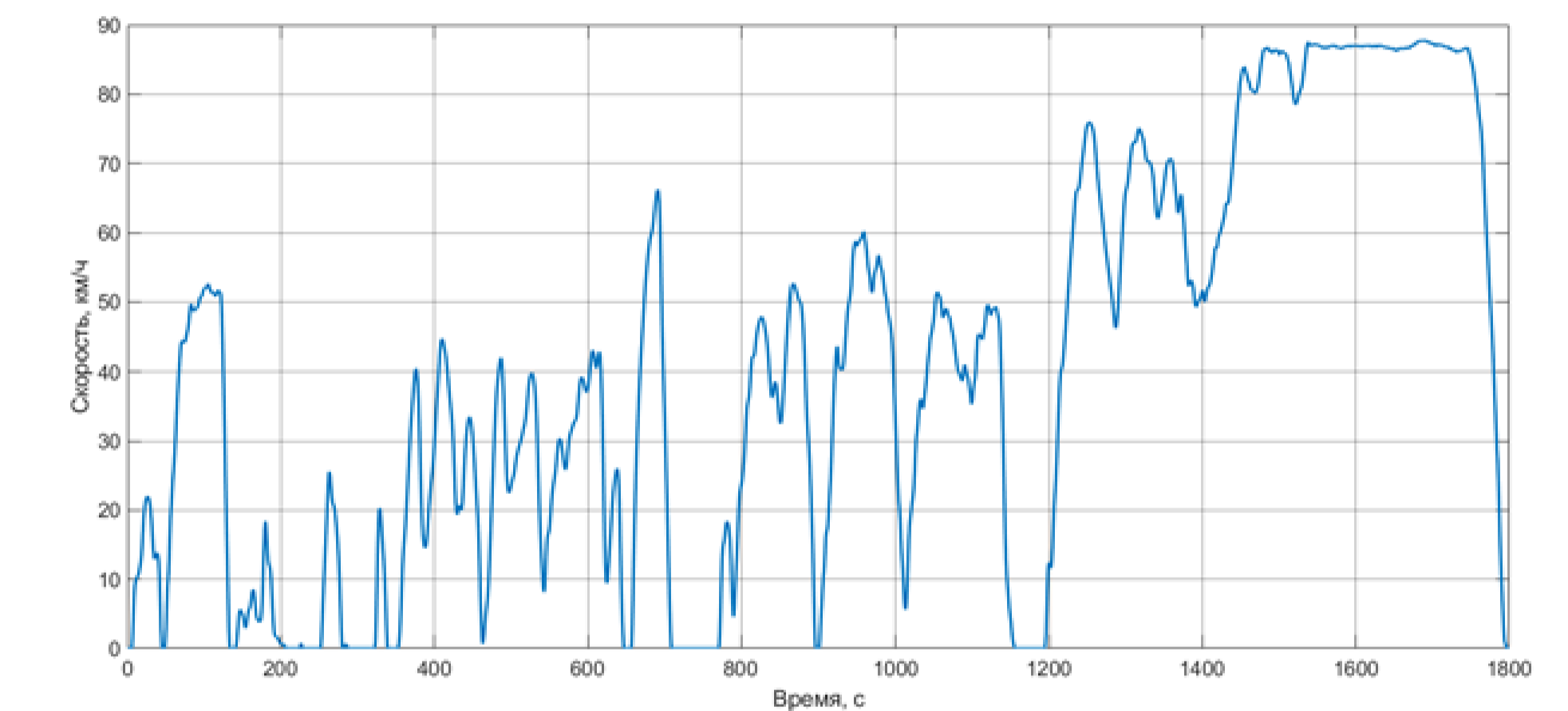
$$\omega_{ki} = \int_0^t \varepsilon_{ki} dt$$

Угловое ускорение колес i-ой оси:

$$\varepsilon_{ki} = \frac{M_{ki} - \text{sign}(\omega_{ki}) * r_{k0} * f_{шi} * R_{zi}}{J_k * n_{ki} + 2 * J_{ТЭД} * u_{Тр}^2}$$

2. Выбранный типовой ездовой цикл - WHVC

World Harmonized Vehicle Cycle - Согласованный во всем мире цикл движения транспортных средств



Показатель ездового цикла	Значение
Средняя скорость, км/ч	40,14
Максимальная скорость, км/ч	87,8
Максимальное ускорение, м/с ²	1,594
Максимальное замедление, м/с ²	1,731
Пройденный путь, км	20,07
Время тестирования, с	1800

Выпускная квалификационная работа				Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Научно-исследовательская часть	-	
Разраб.	Экз.	Знаком.	Проф.	Учред.			
Проб.	Бузычов						
Т.контр.							
Н.контр.	Прохаров						
Учб.							
						Лист 1	Листов 2
						МГТУ им. Н.Э. Баумана	

3. Критерии оценки емкости ТАБ для последовательного гибрида

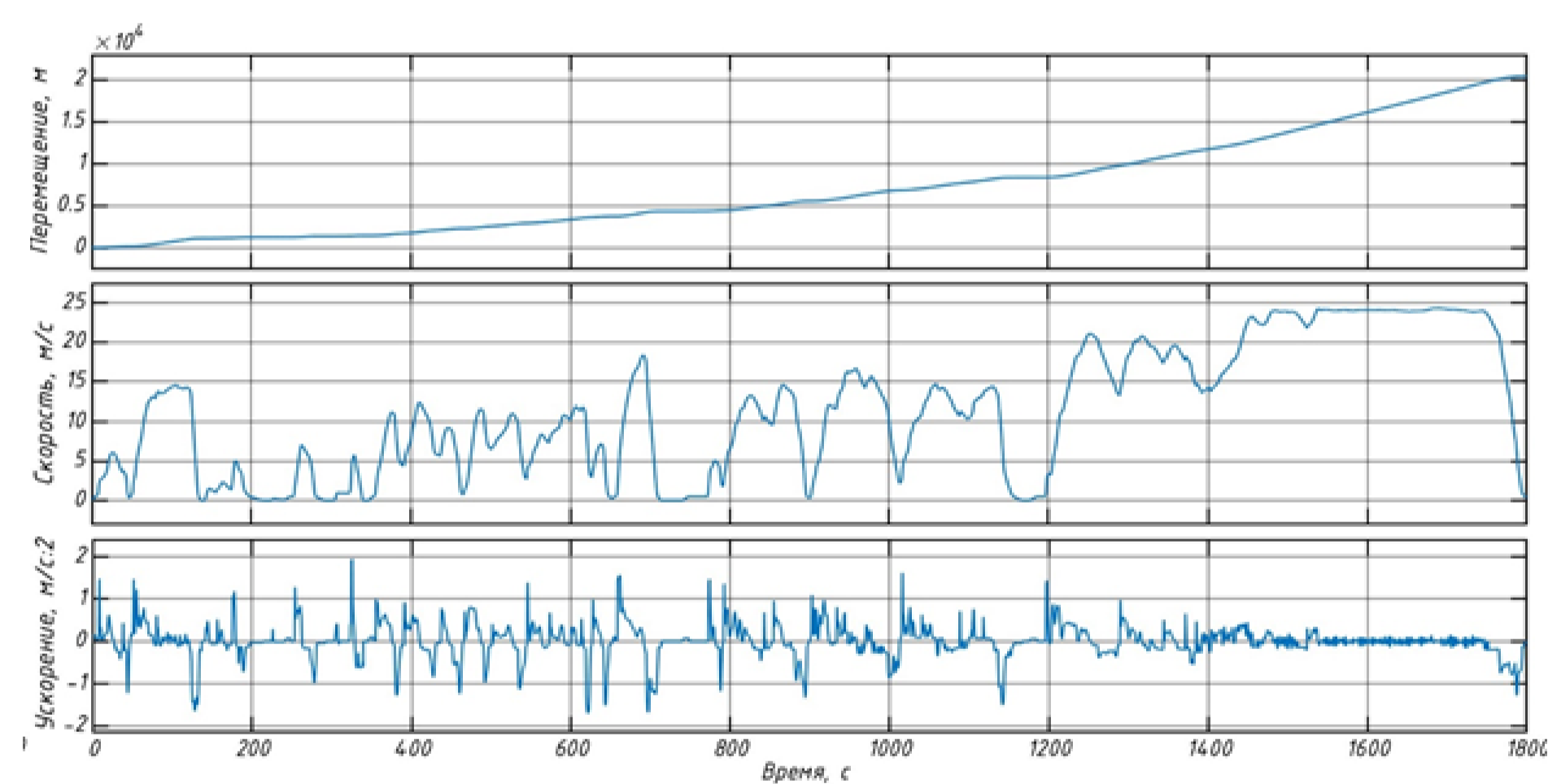
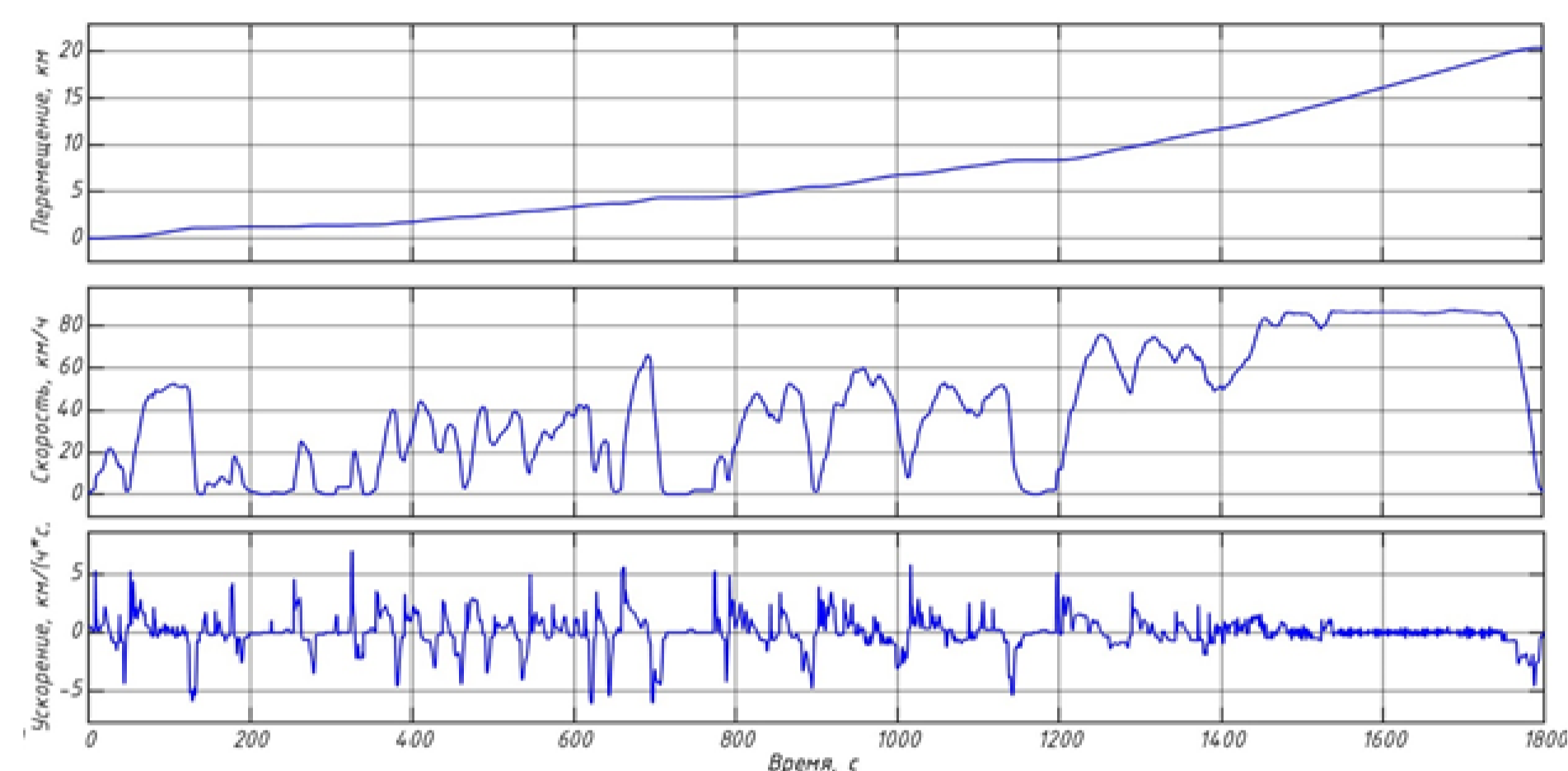
Первый критерий:

$$P_{ТАБ} \geq \frac{P_{Эд\ max}}{\eta_{Эд}} - P_{Ген}$$

Второй критерий:

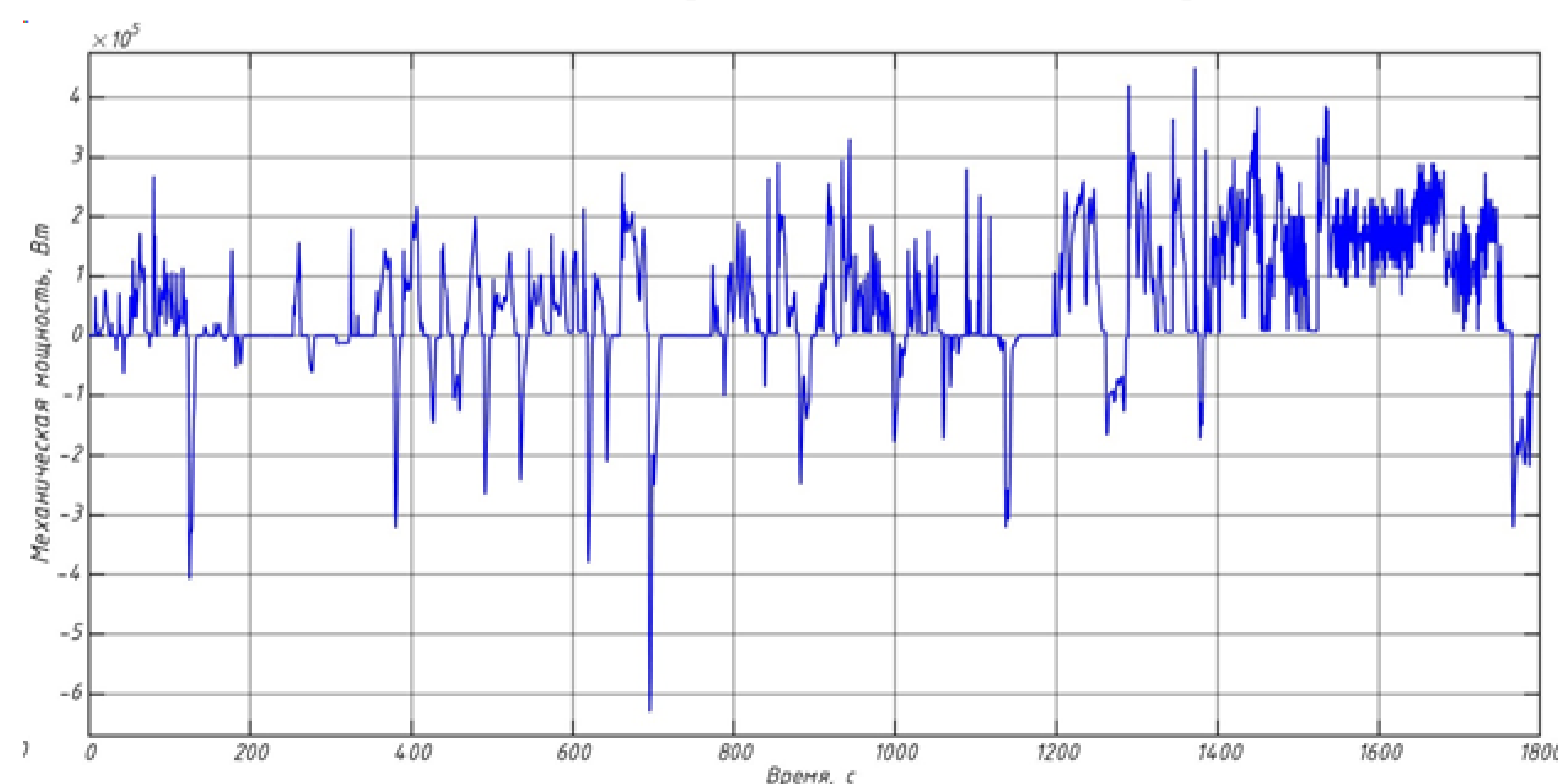
$$E_{ТАБ} = \frac{\Delta E_{max}}{SOC_{max} - SOC_{min}}$$

3. Оценка требуемой емкости ТАБ исследуемого ТС



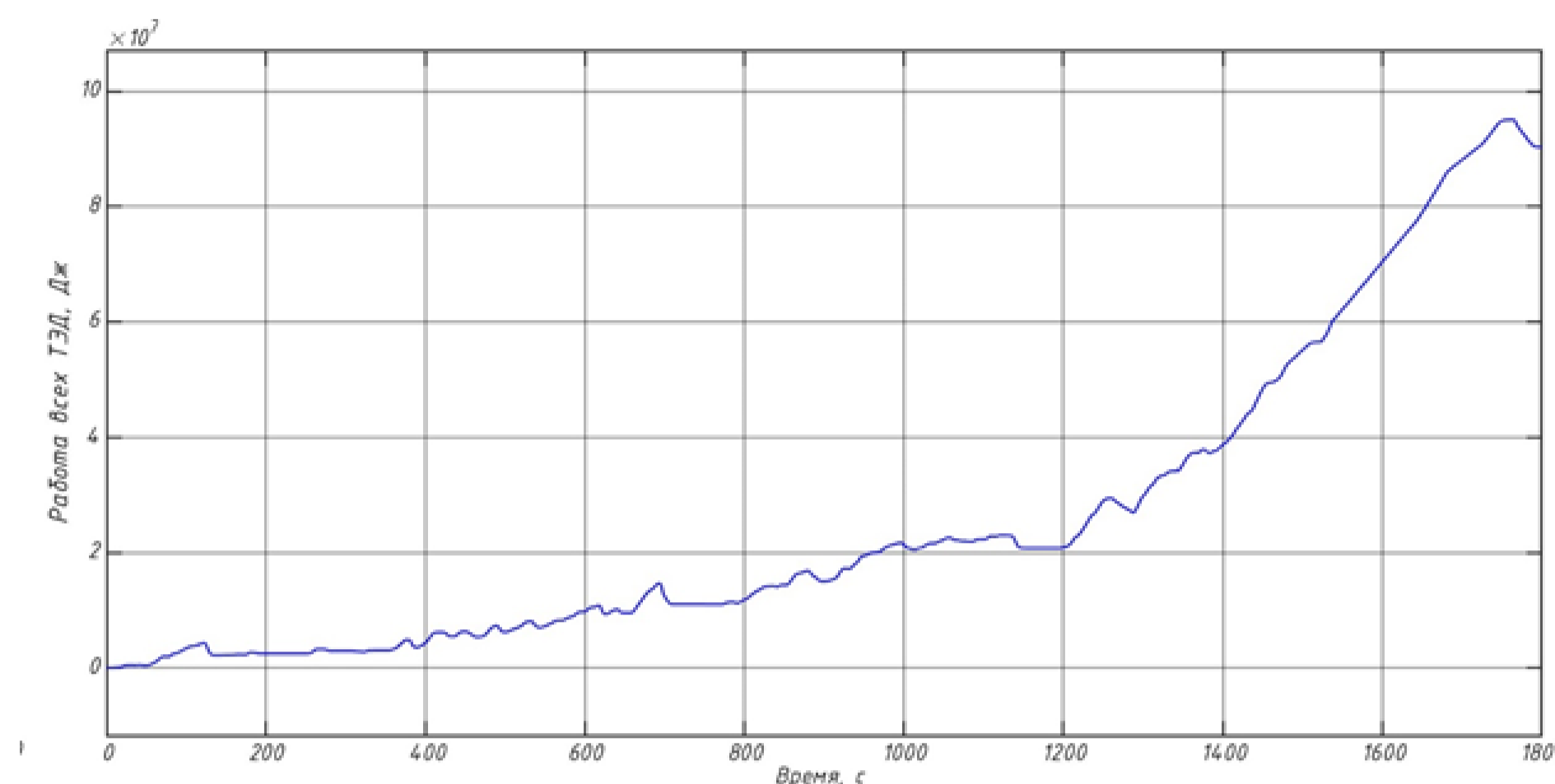
Механическая мощность, выдаваемая суммарно всеми ТЭД:

$$P_{ТЭД\ мех} = M_{ТЭД2} * \omega_{к2} * u_{тр} + M_{ТЭД3} * \omega_{к3} * u_{тр}$$



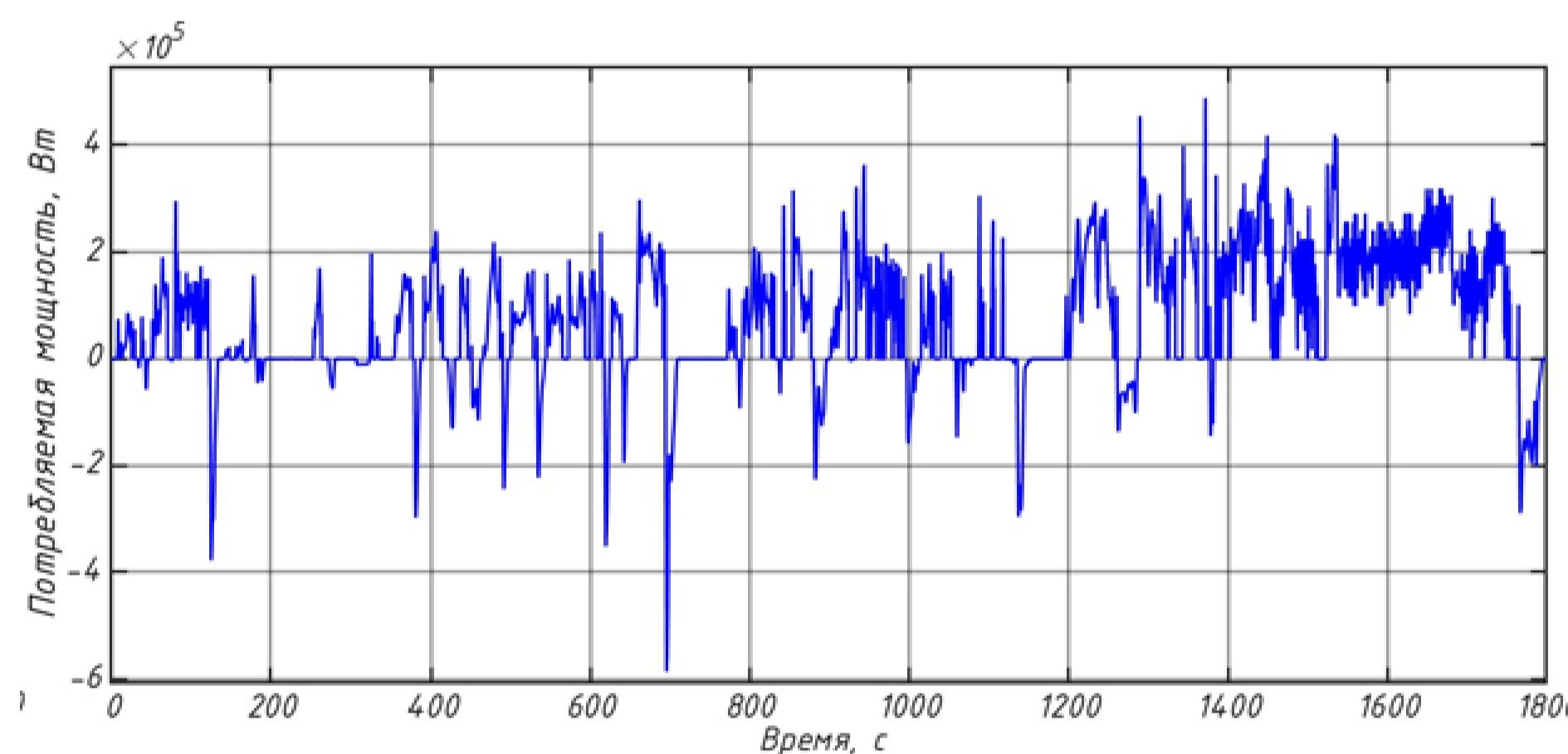
Механическая работа, совершаемая суммарно всеми ТЭД

$$A_{ТЭД\ мех} = \int_0^{1800} P_{ТЭД\ мех} dt$$



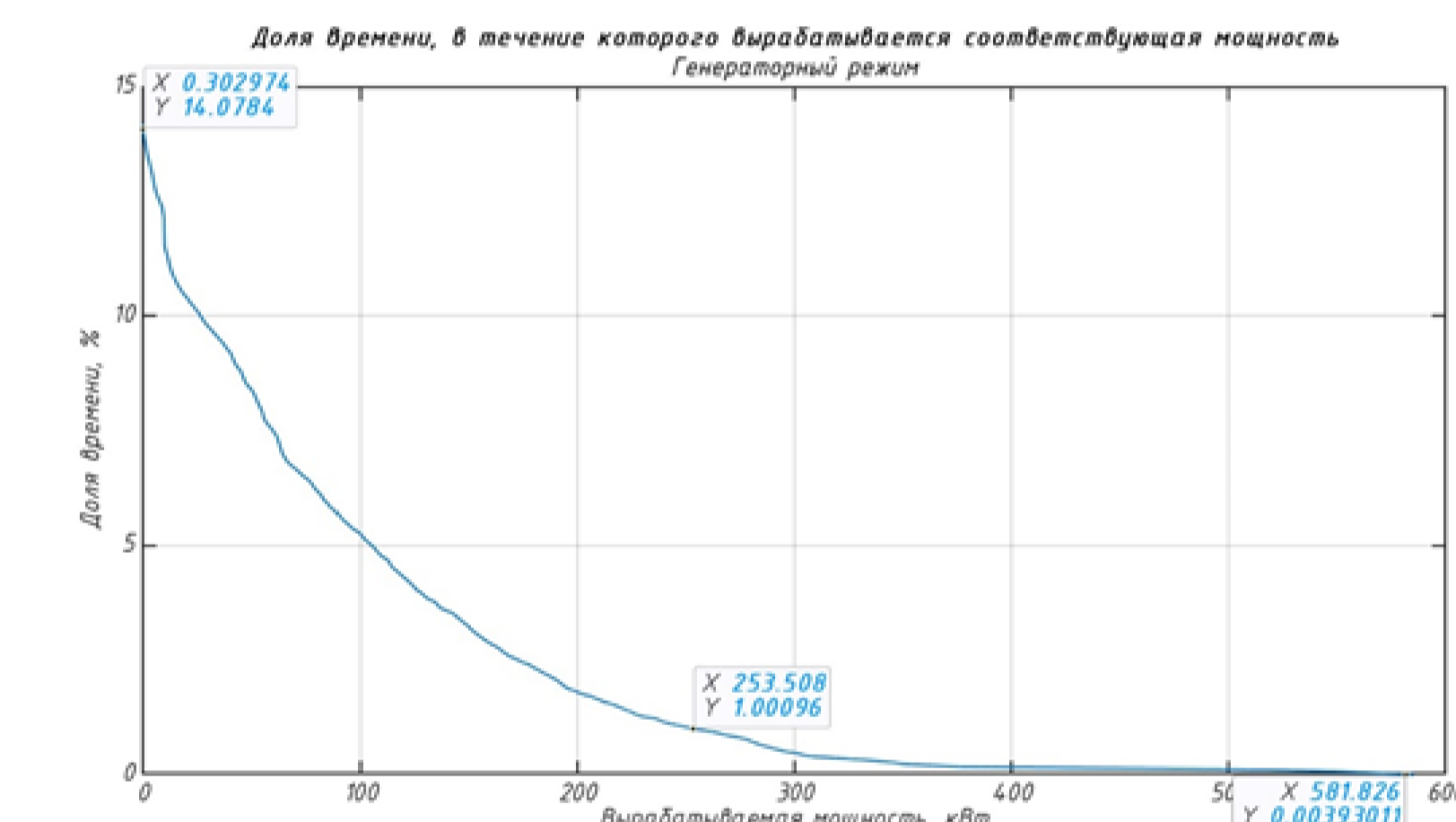
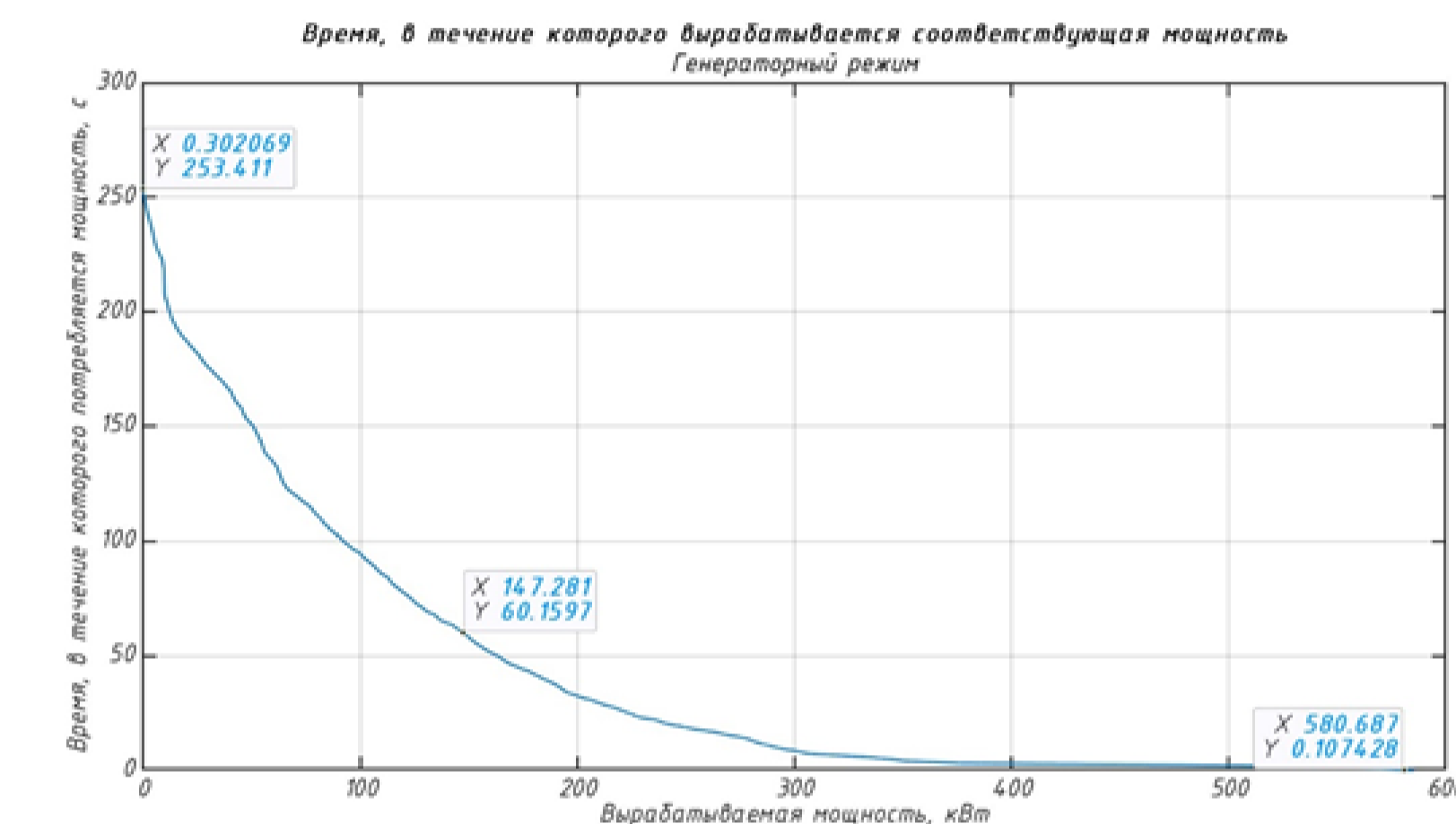
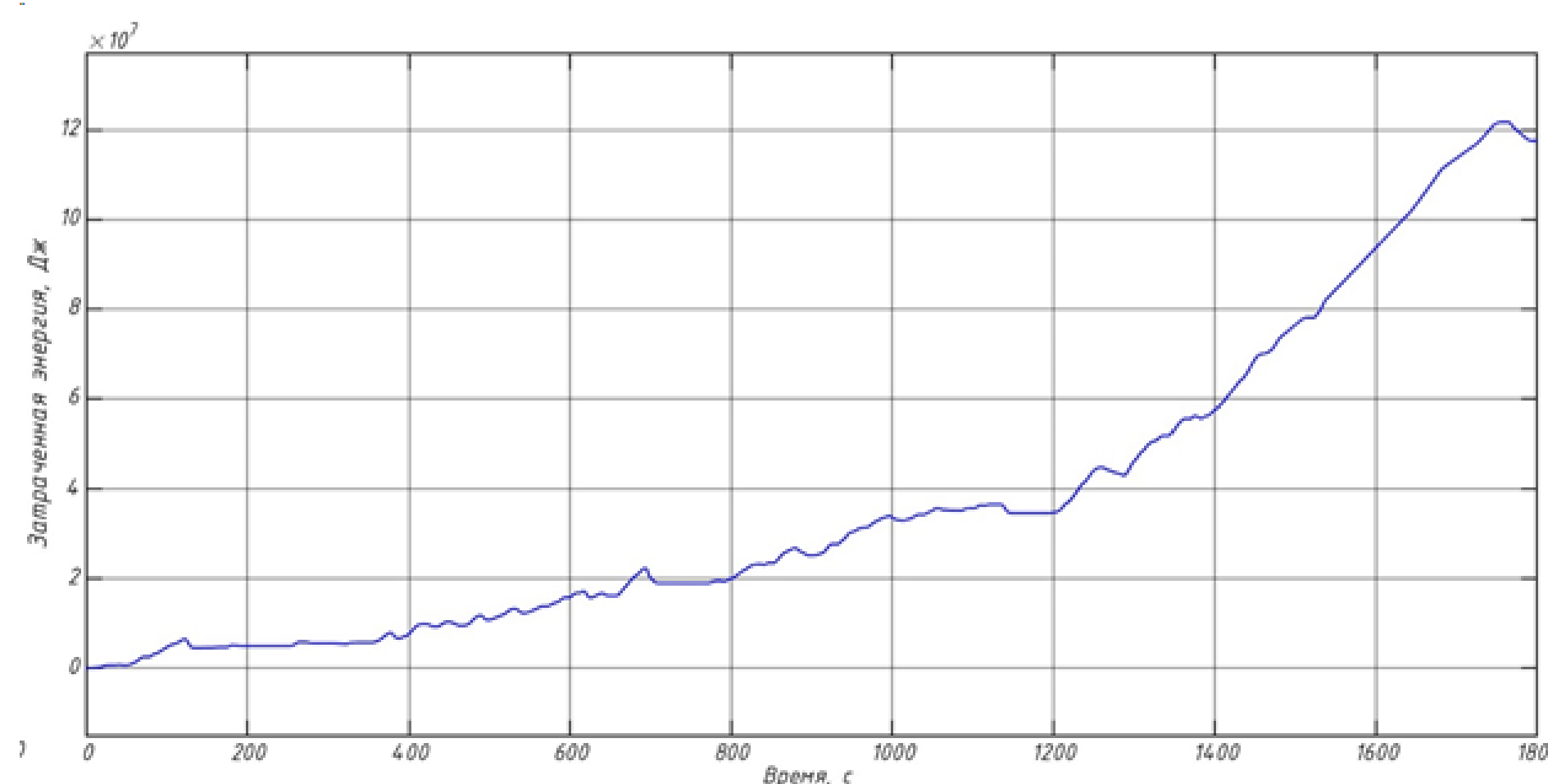
Потребляемая электрическая мощность всеми ТЭД

$$P_{потреб} = P_{ТЭД\ мех2} / (\eta_{эл} * \eta_{ТЭД2}) + P_{ТЭД\ мех3} / (\eta_{эл} * \eta_{ТЭД3})$$



Затраченная электрическая энергия всеми ТЭД

$$E_{потреб} = \int_0^{1800} P_{потреб} dt$$



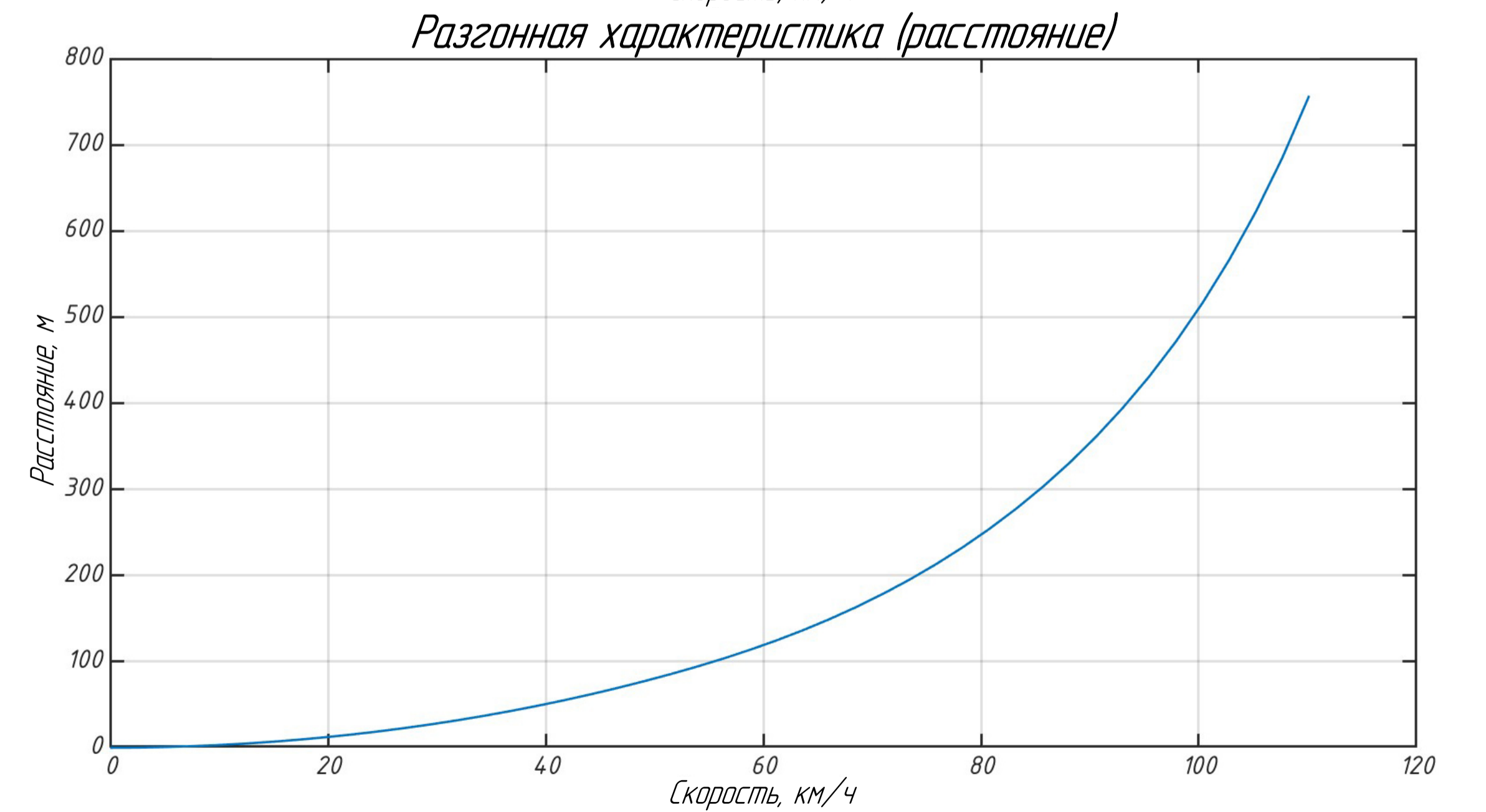
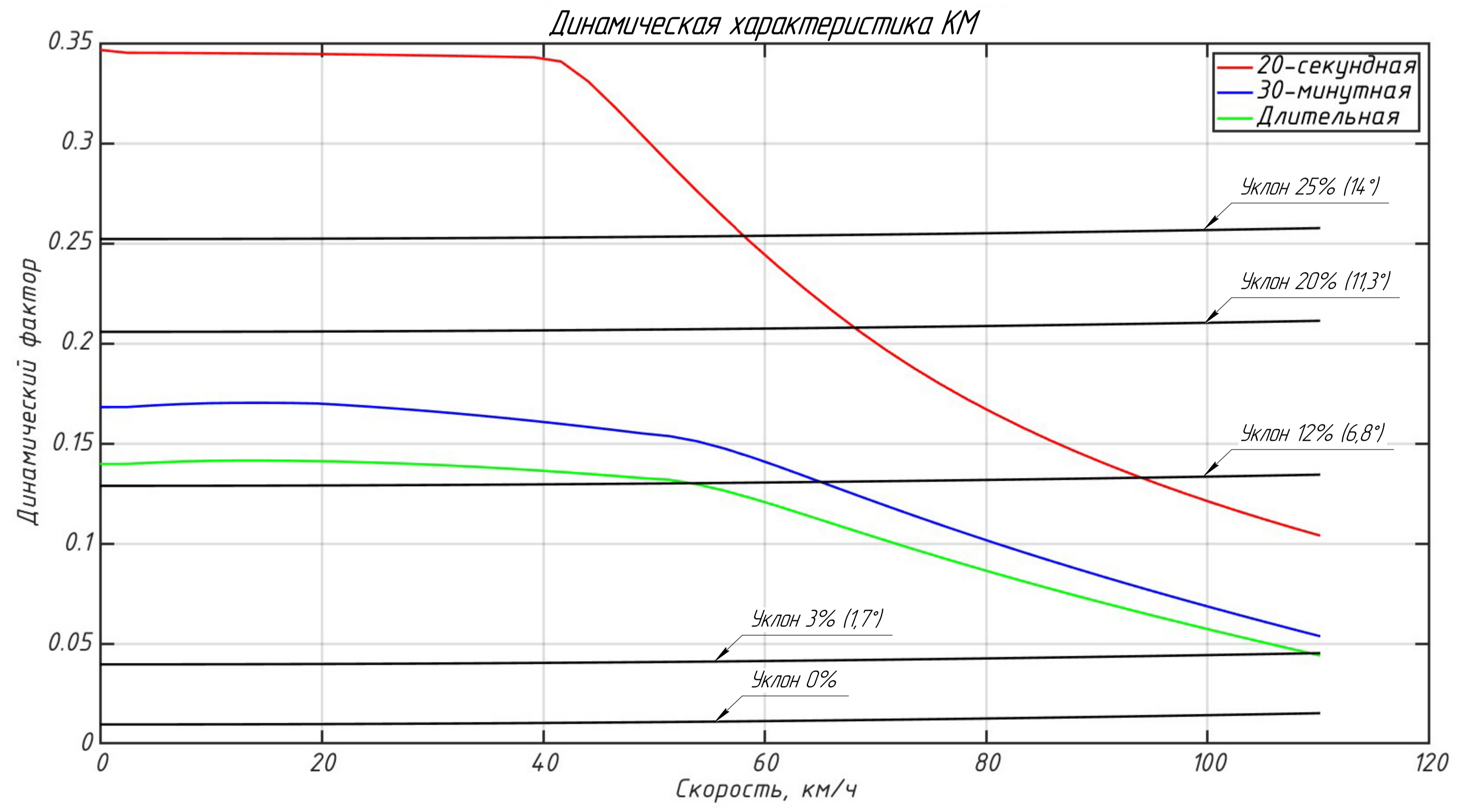
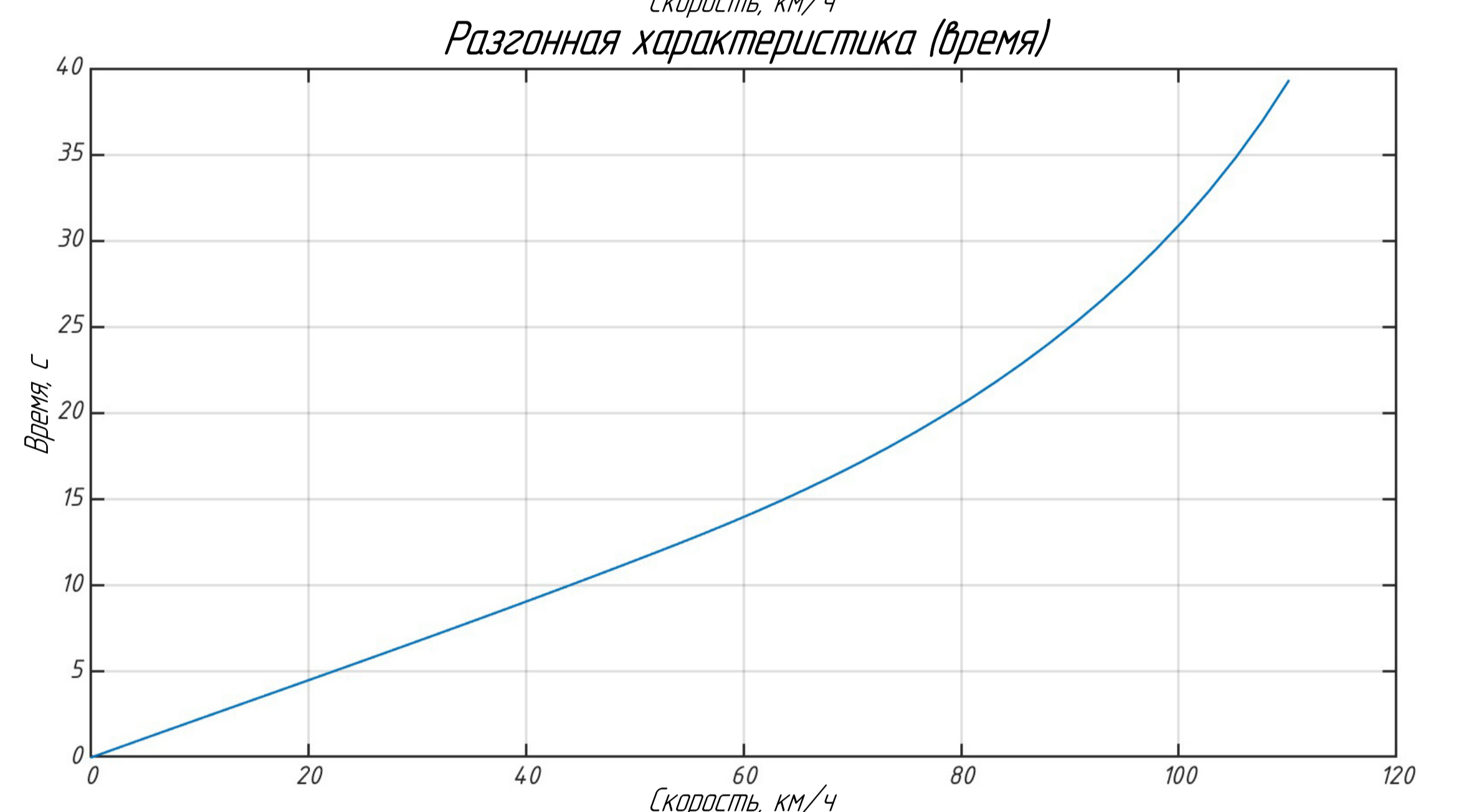
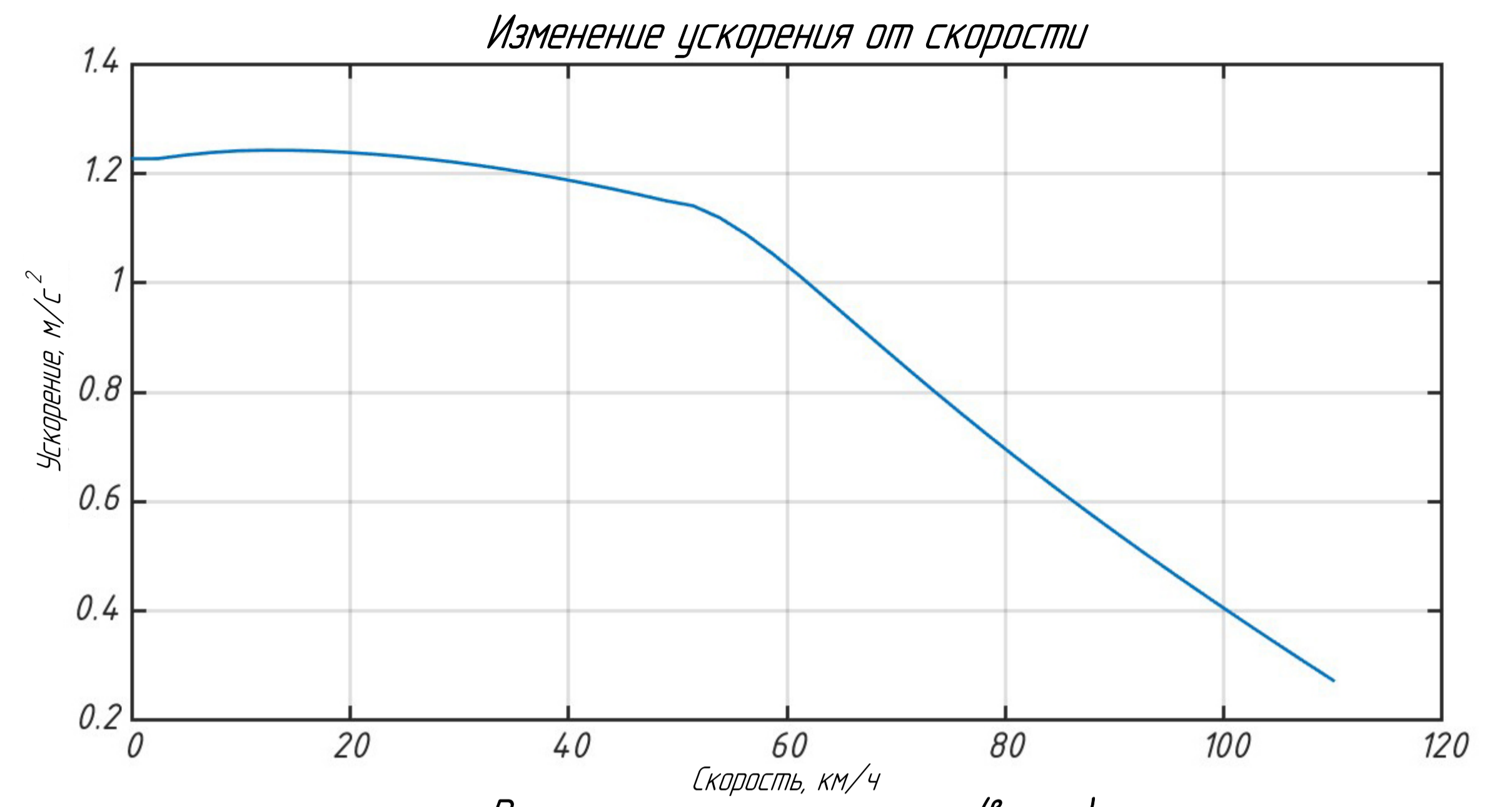
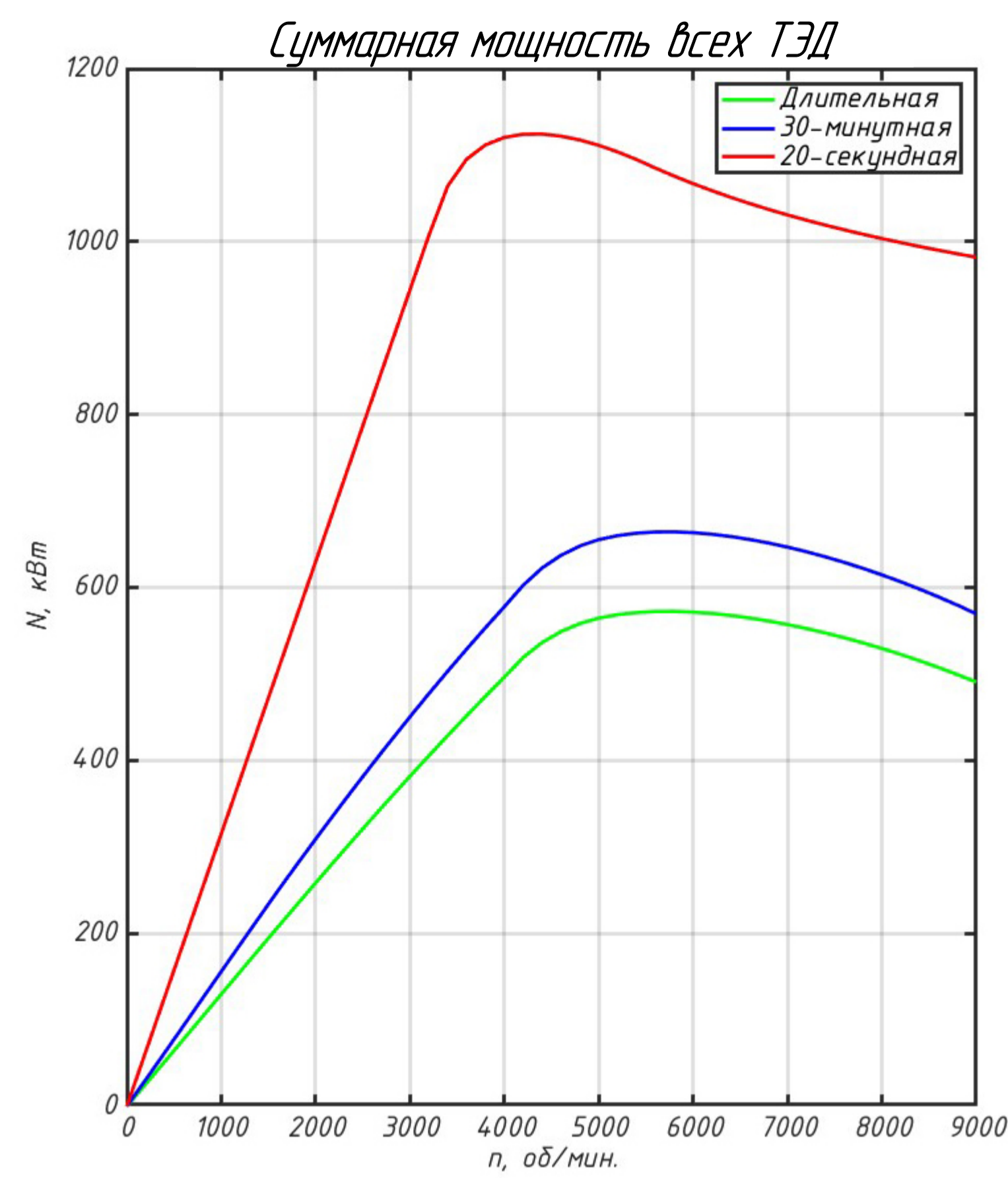
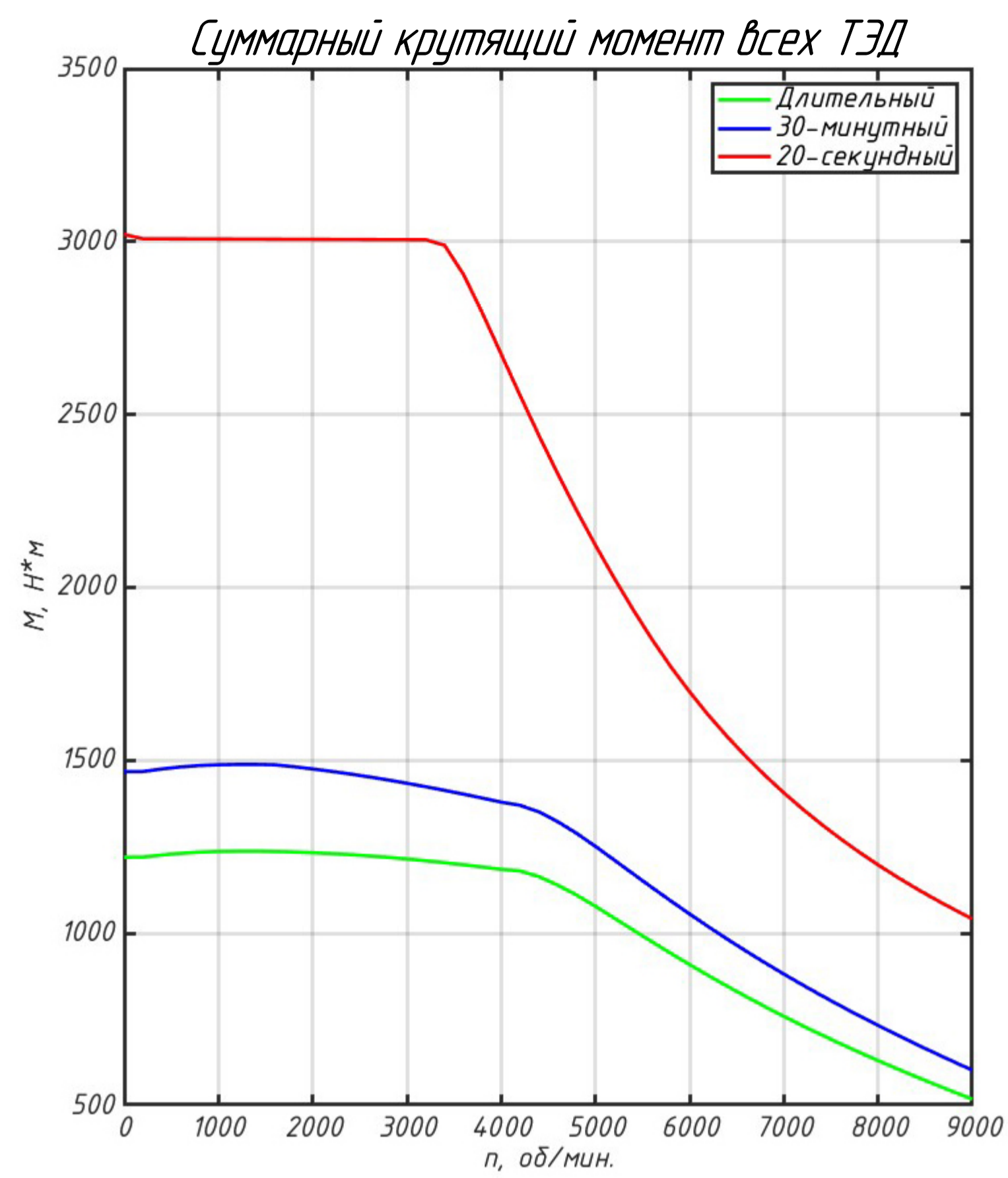
$$P_{потреб_кратковрем_ТЭД} = \frac{N_{ТЭД} * P_{20сек} * k_{использования}}{\eta_{ТЭД} * \eta_{электрооборуд}}$$

$$P_{разряда_долговрем_ТАБ} \geq P_{потреб_долговрем_ТЭД} - P_{Ген_долговрем}$$

$$P_{разряда_кратковрем_ТАБ} \geq P_{потреб_кратковрем_ТЭД} - P_{Ген_кратковрем}$$

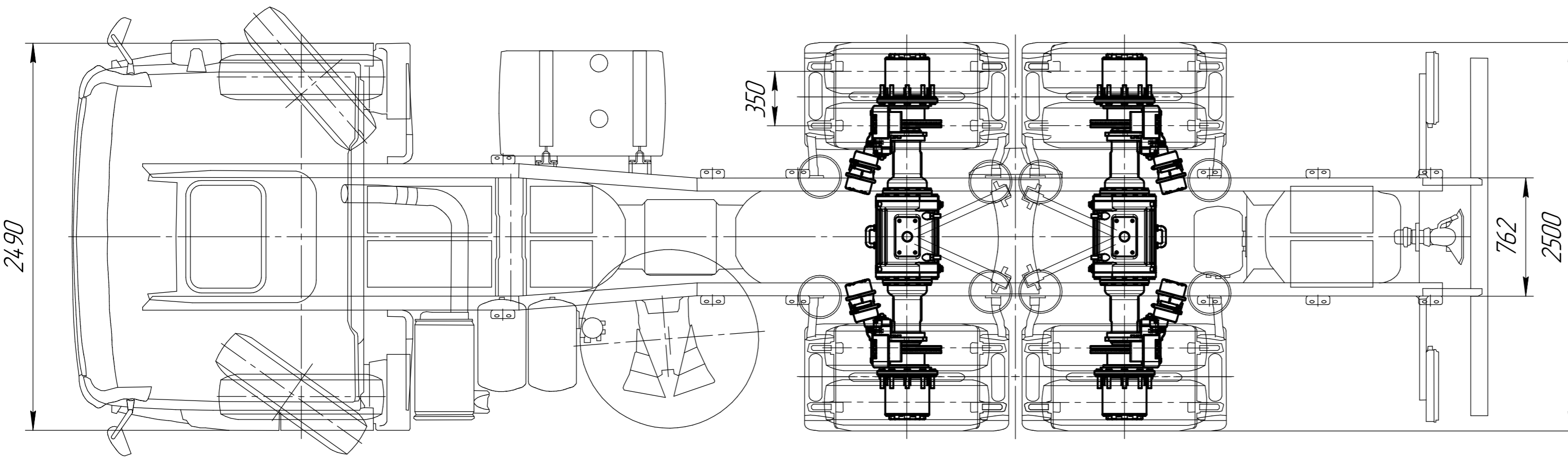
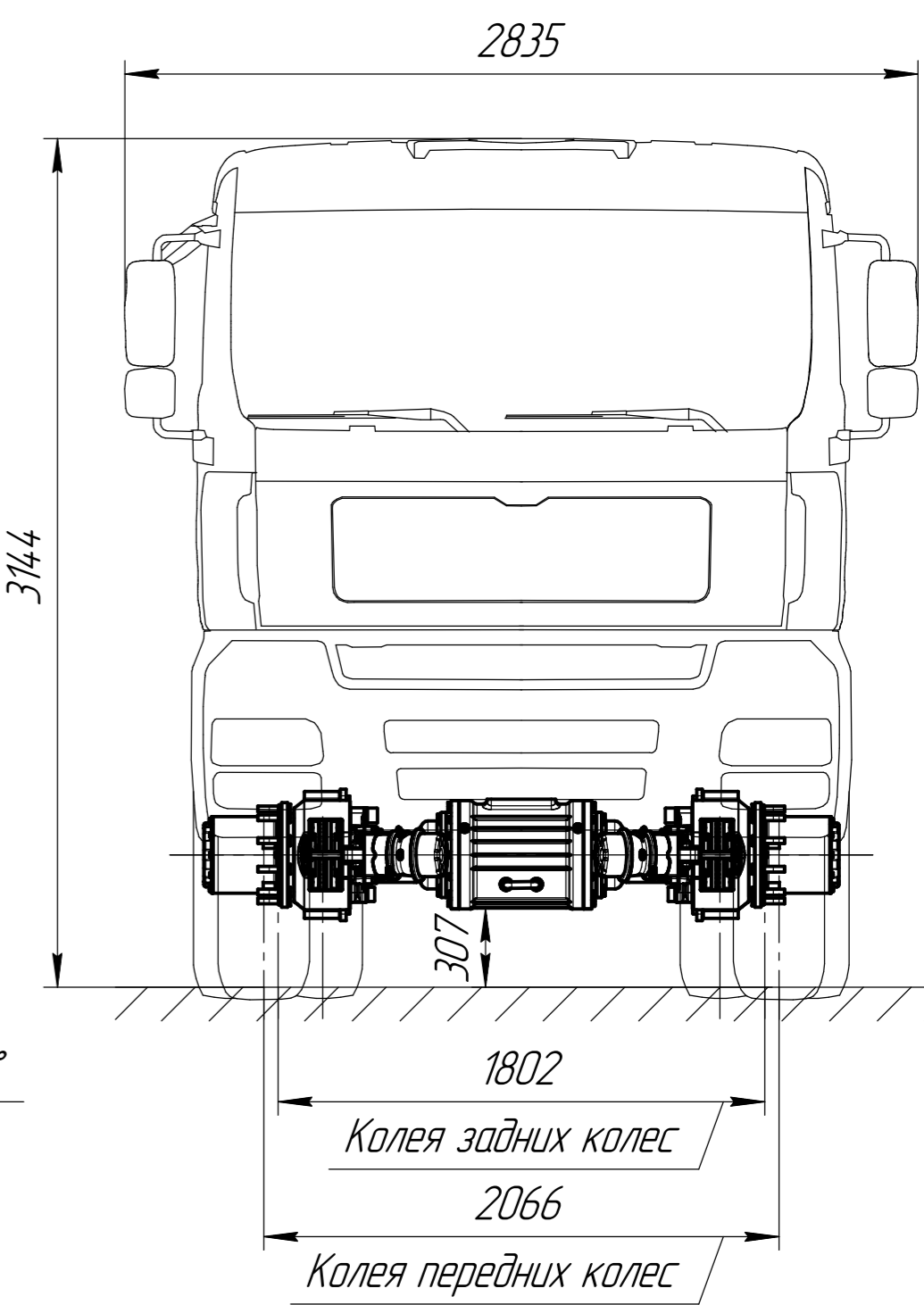
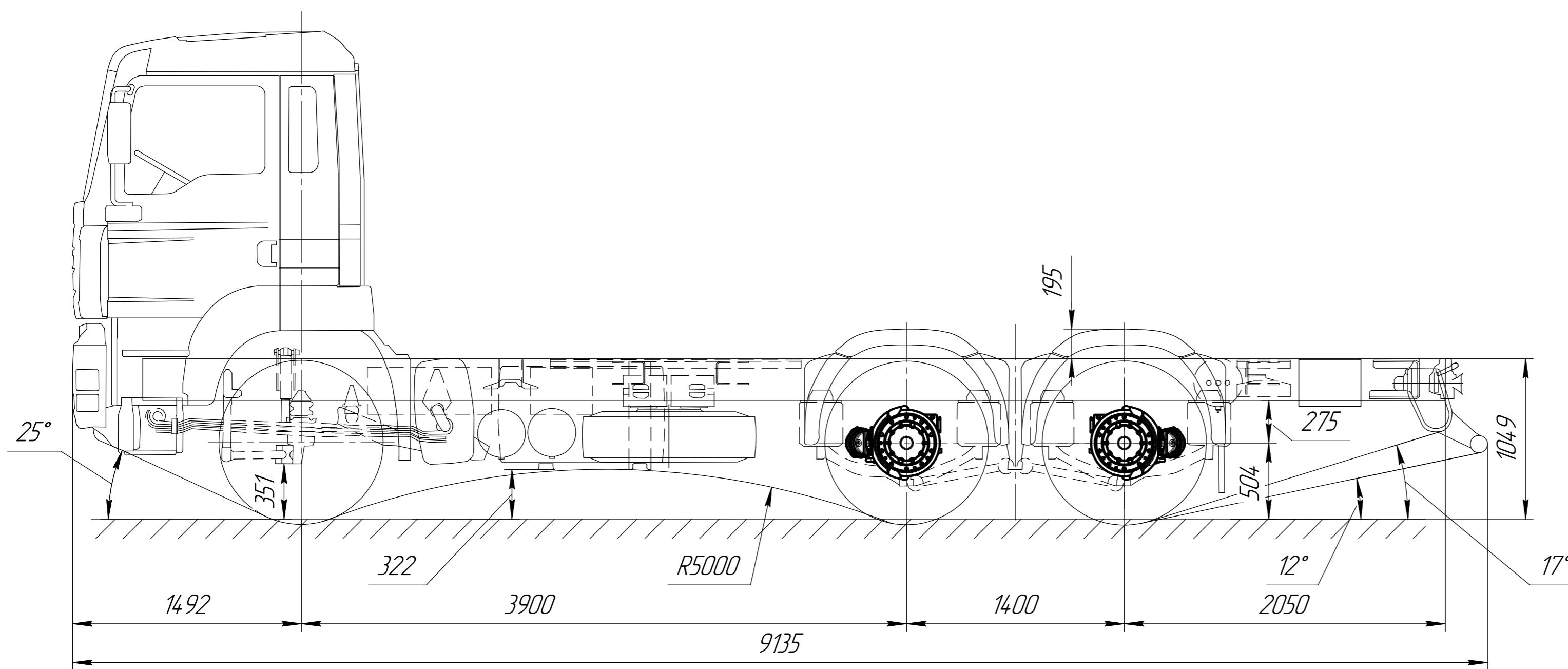
$$\left\{ \begin{array}{l} C \geq \frac{P_{разряда_долговрем_ТАБ}}{C_{rate_разряда_долговрем} * U_{ТАБ}} \\ C \geq \frac{P_{разряда_кратковрем_ТАБ}}{C_{rate_разряда_кратковрем} * U_{ТАБ}} \\ C \geq \frac{P_{заряда_долговрем_ТАБ}}{C_{rate_заряда_долговрем} * U_{ТАБ}} \\ C \geq \frac{P_{заряда_кратковрем_ТАБ}}{C_{rate_заряда_кратковрем} * U_{ТАБ}} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} C \geq \frac{132 * 10^3}{2,5 * 650} \\ C \geq \frac{252 * 10^3}{7 * 650} \\ C \geq \frac{147 * 10^3}{2,5 * 650} \\ C \geq \frac{254 * 10^3}{7 * 650} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} C \geq 82 \text{ A} * \text{ч} \\ C \geq 56 \text{ A} * \text{ч} \\ C \geq 91 \text{ A} * \text{ч} \\ C \geq 56 \text{ A} * \text{ч} \end{array} \right.$$

$$P_{max} = C_{rate} * U_{ТАБ} * C$$



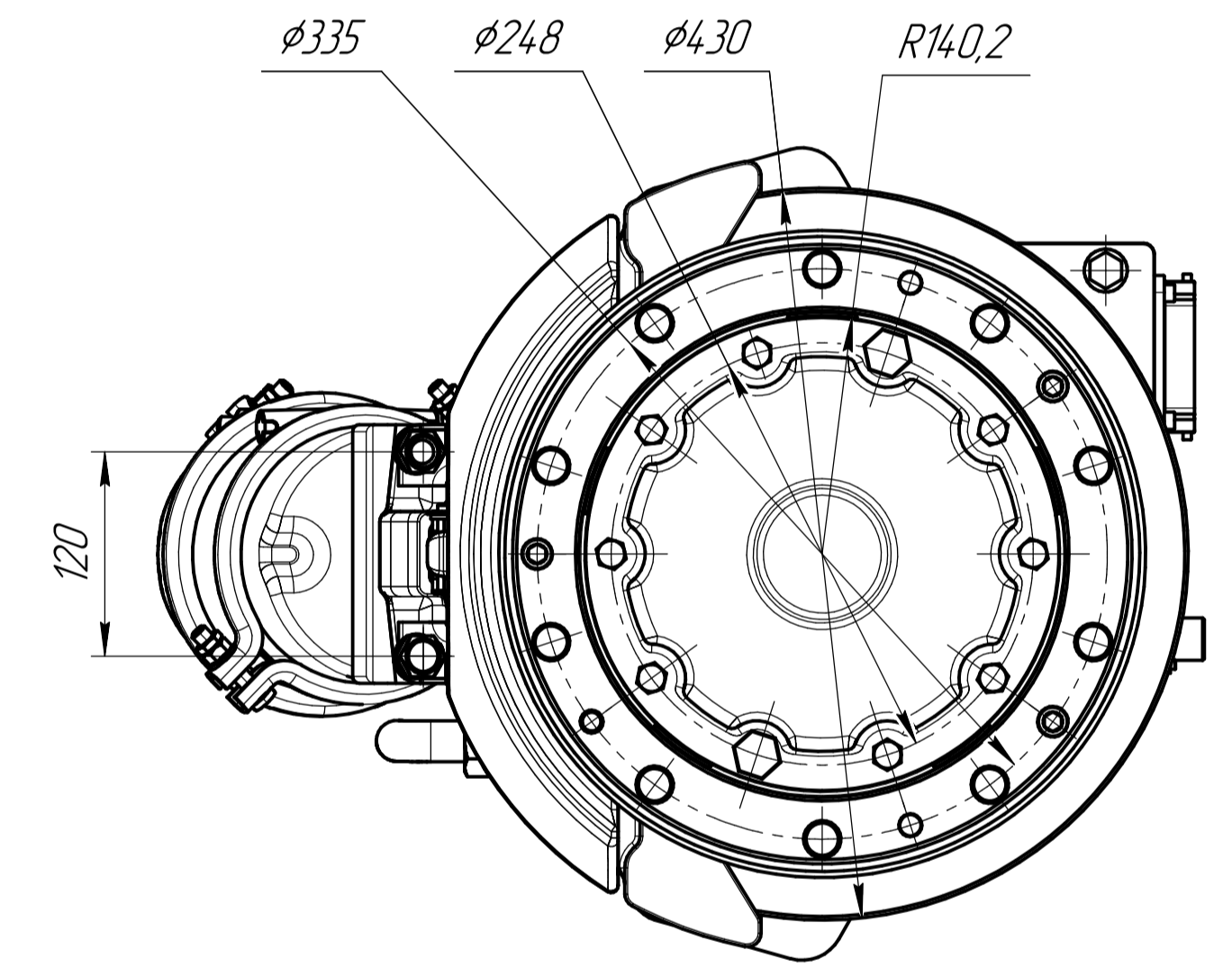
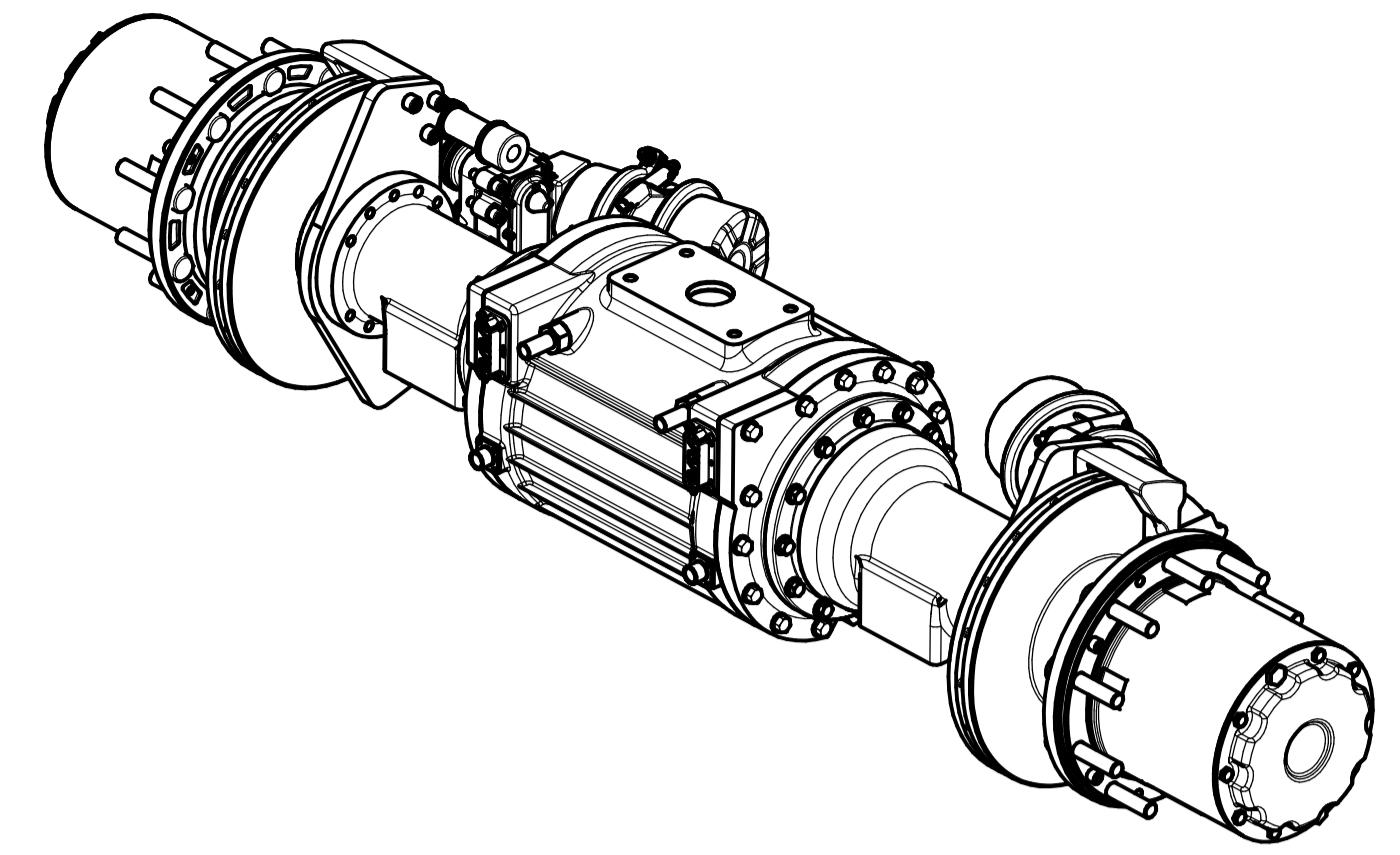
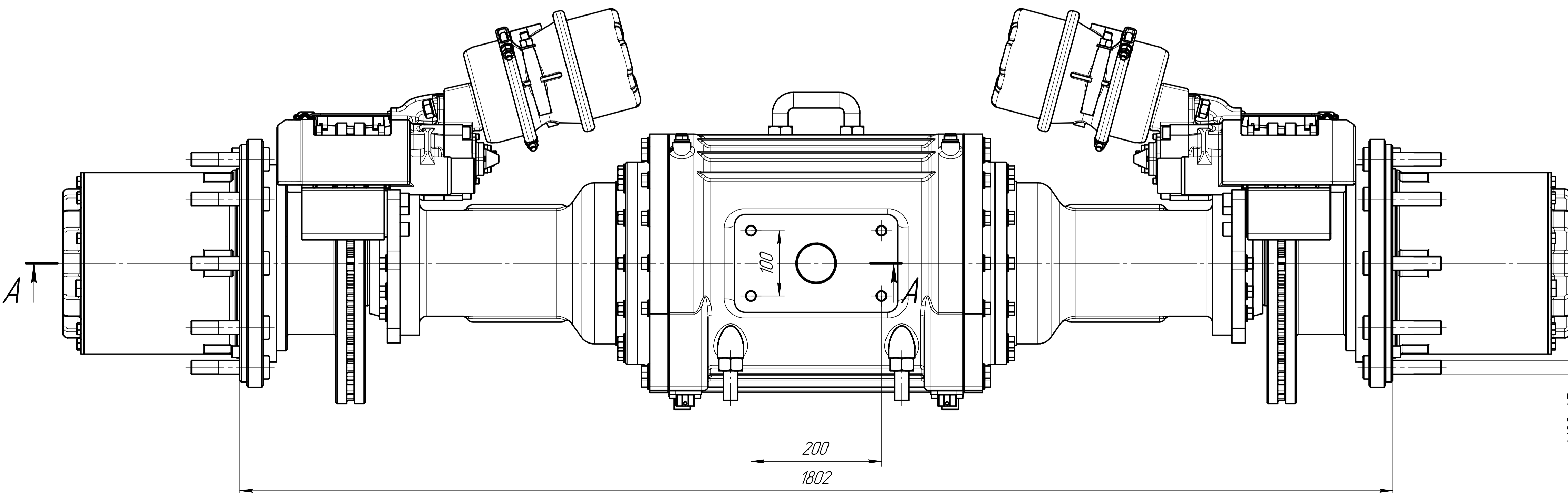
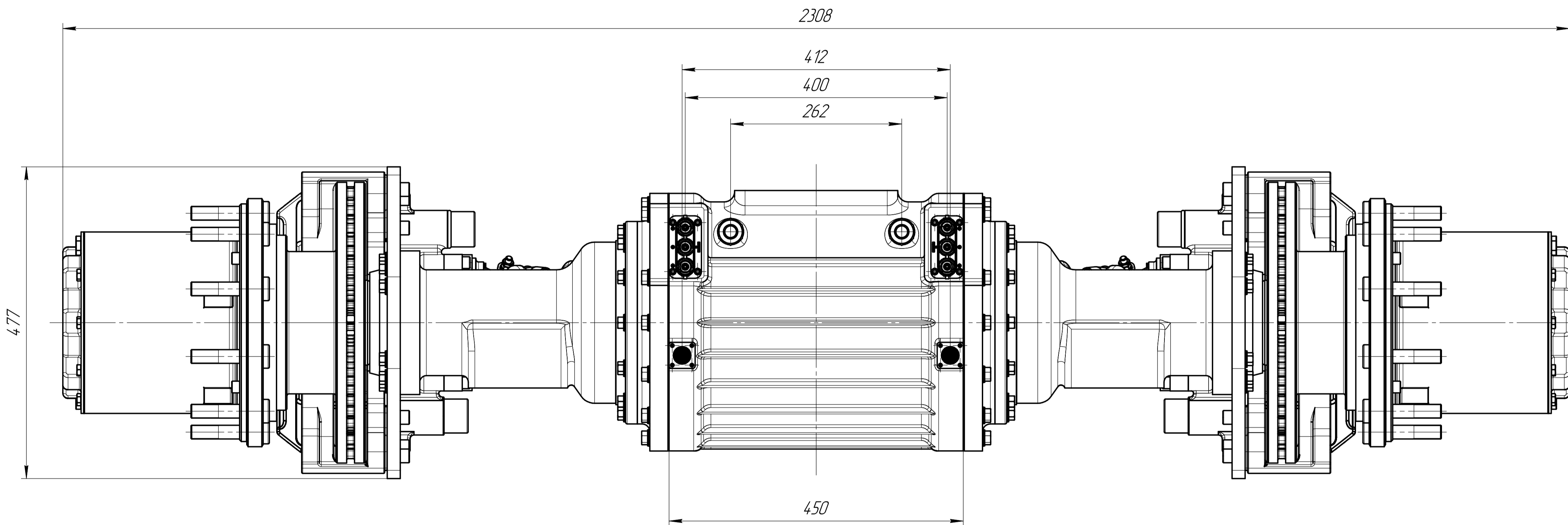
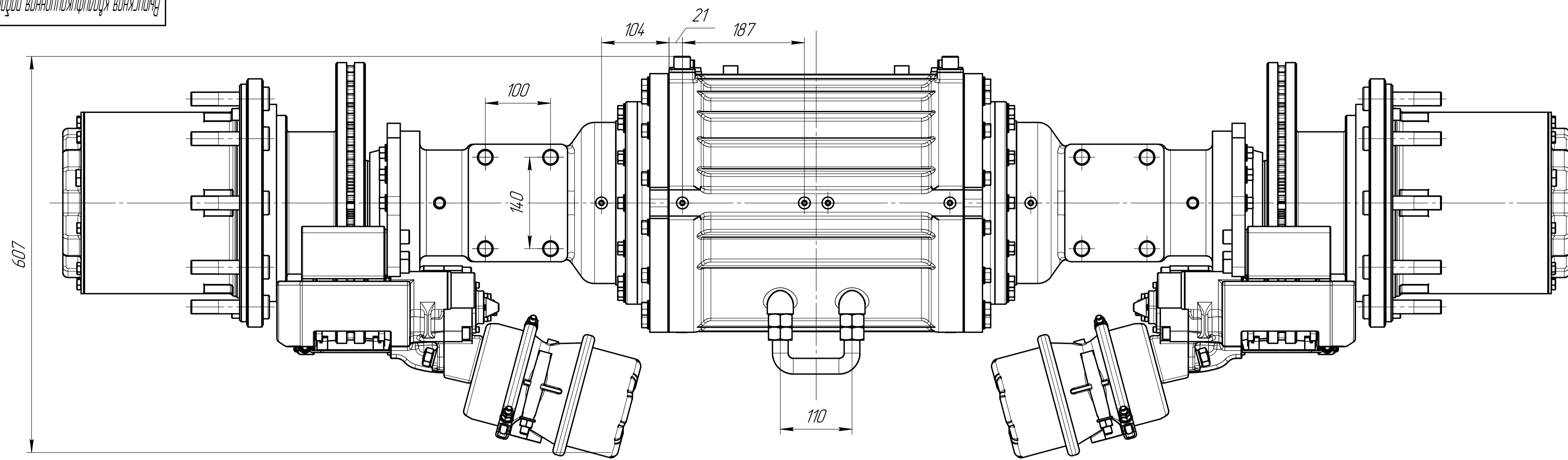
Выпускная квалификационная работа				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Тягово-динамический расчет	-
Разраб.	Эраносян					-
Проб.	Лактехов					
Т.контр.						
Н.контр.	Прохаров					
Утв.						
					Лист	Листов 1
					МГТУ им. Н.Э. Баумана	

Перв. подмен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.



- Технические характеристики:**
- Колесная формула 6x4.
 - Снаряженная масса m=10150 кг.
 - Полная масса m=26000 кг.
 - Распределение полной массы:
 - на передний мост 7650 кг.
 - на задние мосты 18350 кг.
 - Грузоподъемность 15850 кг.
 - Максимальная скорость v=110 км/ч.
 - Характеристики электродвигателя:
 - макс. длительная мощность 145 кВт.
 - макс. длительный момент 310 Н*м.
 - макс. кратковременный момент 755 Н*м.
 - макс. частота вращения 9000 об/мин.
 - Передача моста – двухступенчатая разнесенная.
 - Общее передаточное число 16,00.
 - Шины 315/80 R22.5.
- Технические требования**
Размеры для справок.

				Выпускная квалификационная работа				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Общий вид автомобиля	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Эрнэсаян						26000	1:25
Проб.	Лахтёхов				Чертеж общего вида	Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.	Прохоров				МГТУ им. Н.Э. Баумана			
Утв.					Копировал Формат А2			



- Технические характеристики:*
1. Грузоподъемность 11500 кг.
 2. Передаточное отношение:
первая ступень 4,00;
вторая ступень 4,00;
общее 16,00.
 3. Тип электродвигателей СДПМ.
 4. Характеристики электродвигателя:
максимальная длительная мощность 145 кВт;
максимальный длительный момент 310 Н*м;
максимальный кратковременный момент 755 Н*м;
максимальная частота вращения 9000 об/мин.
 5. Шины 315/80 R22.5
 6. Колесные диски 9.00x22.5
 7. Дорожный просвет 307 мм.
 8. Собственная масса 1055 кг.

Технические требования
Размеры для справок.

				Выпускная квалификационная работа		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Лист	Масса	Масштаб
		Эронасян			1055	1:4
		Лактехов		Лист	1	Листов
		Прохоров				3
		Чиб		МГТУ им. Н.Э. Баумана		
				Копировал		
				Формат А1		

A-A (1:1)

$z_1=20$
 $m=3,75$
 $\beta=16^\circ$

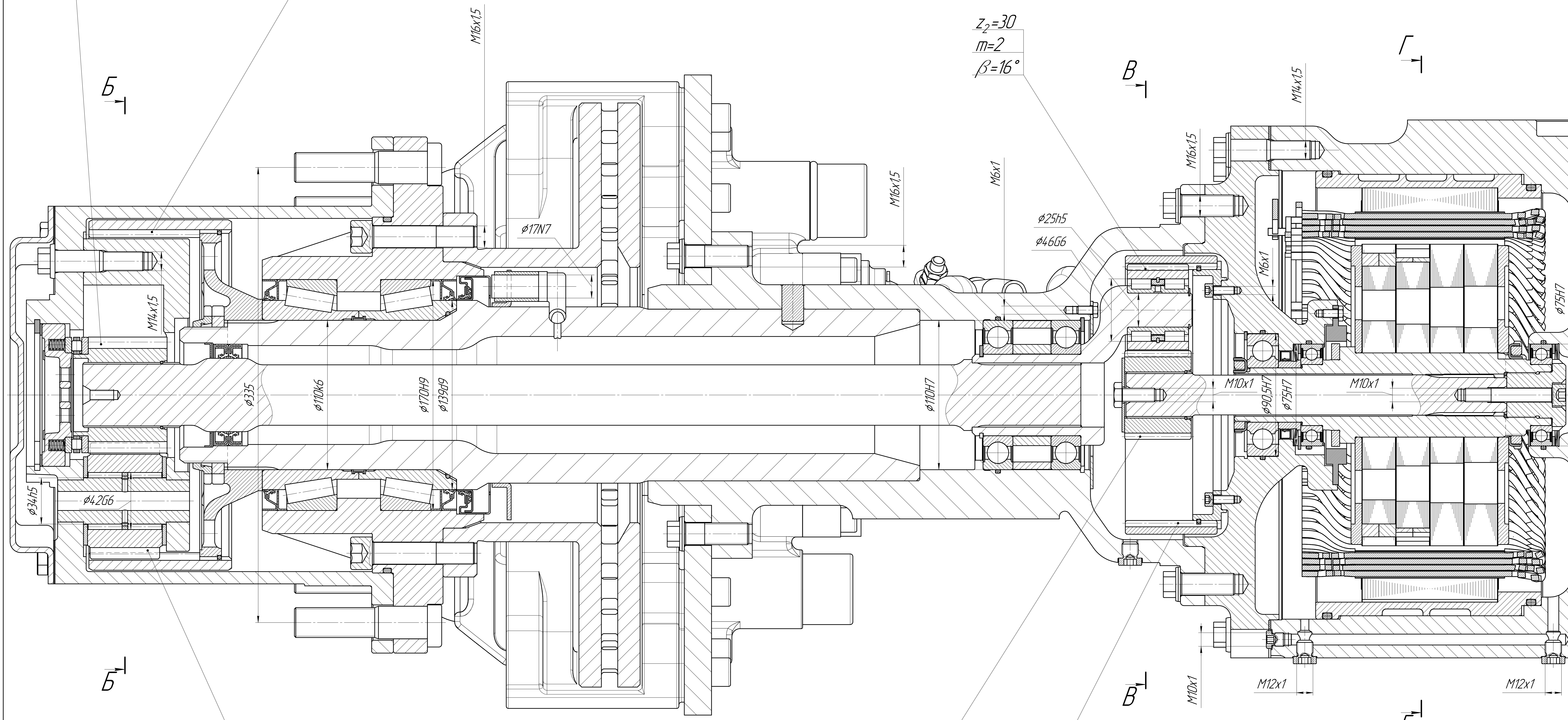
$z_3=60$
 $m=3,75$
 $\beta=16^\circ$

$z_2=30$
 $m=2$
 $\beta=16^\circ$

$z_1=30$
 $m=2$
 $\beta=16^\circ$

$z_3=90$
 $m=2$
 $\beta=16^\circ$

$z_2=20$
 $m=3,75$
 $\beta=16^\circ$



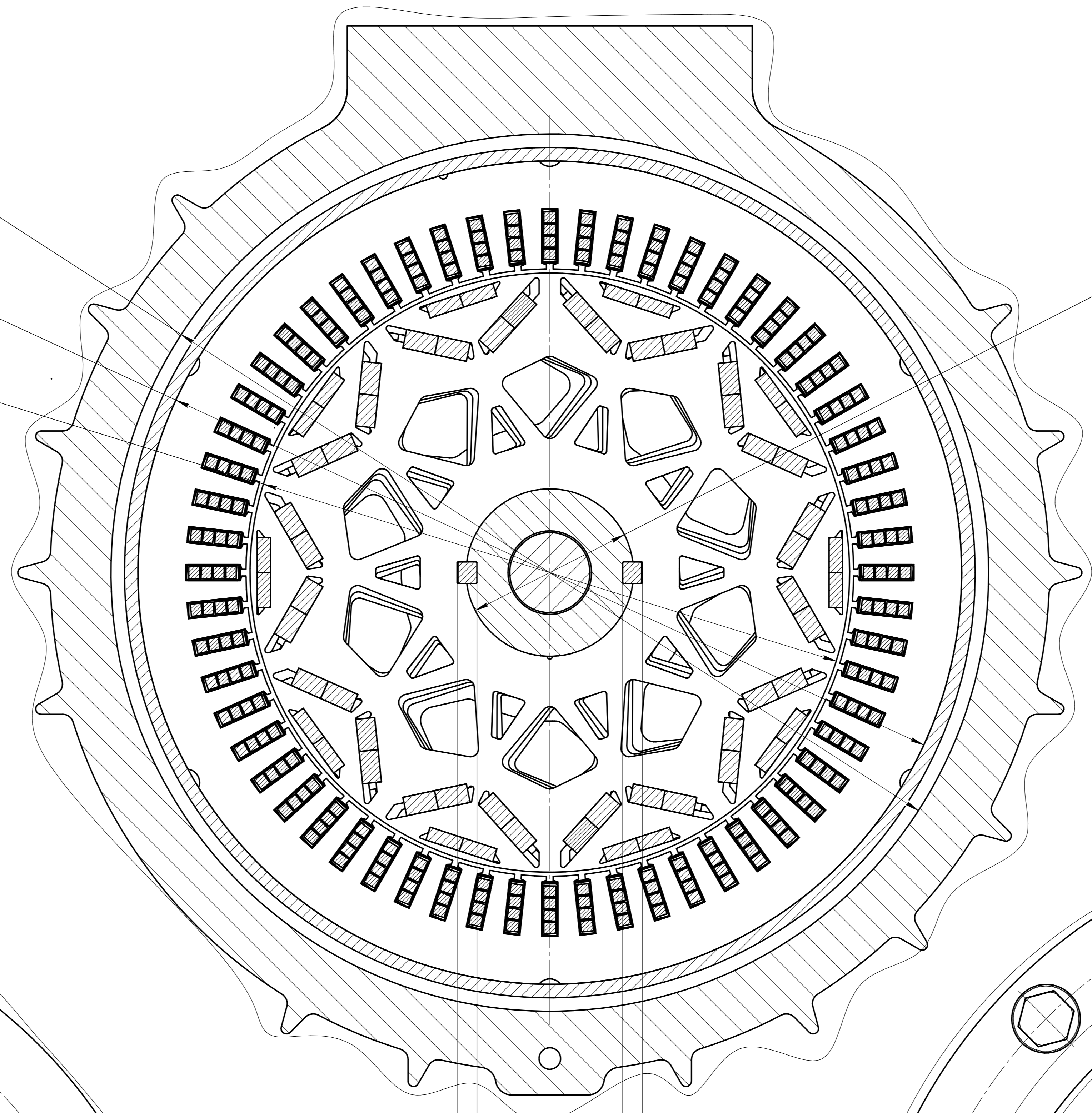
Г-Г (1:1)

φ325

φ305

φ222

φ62k6



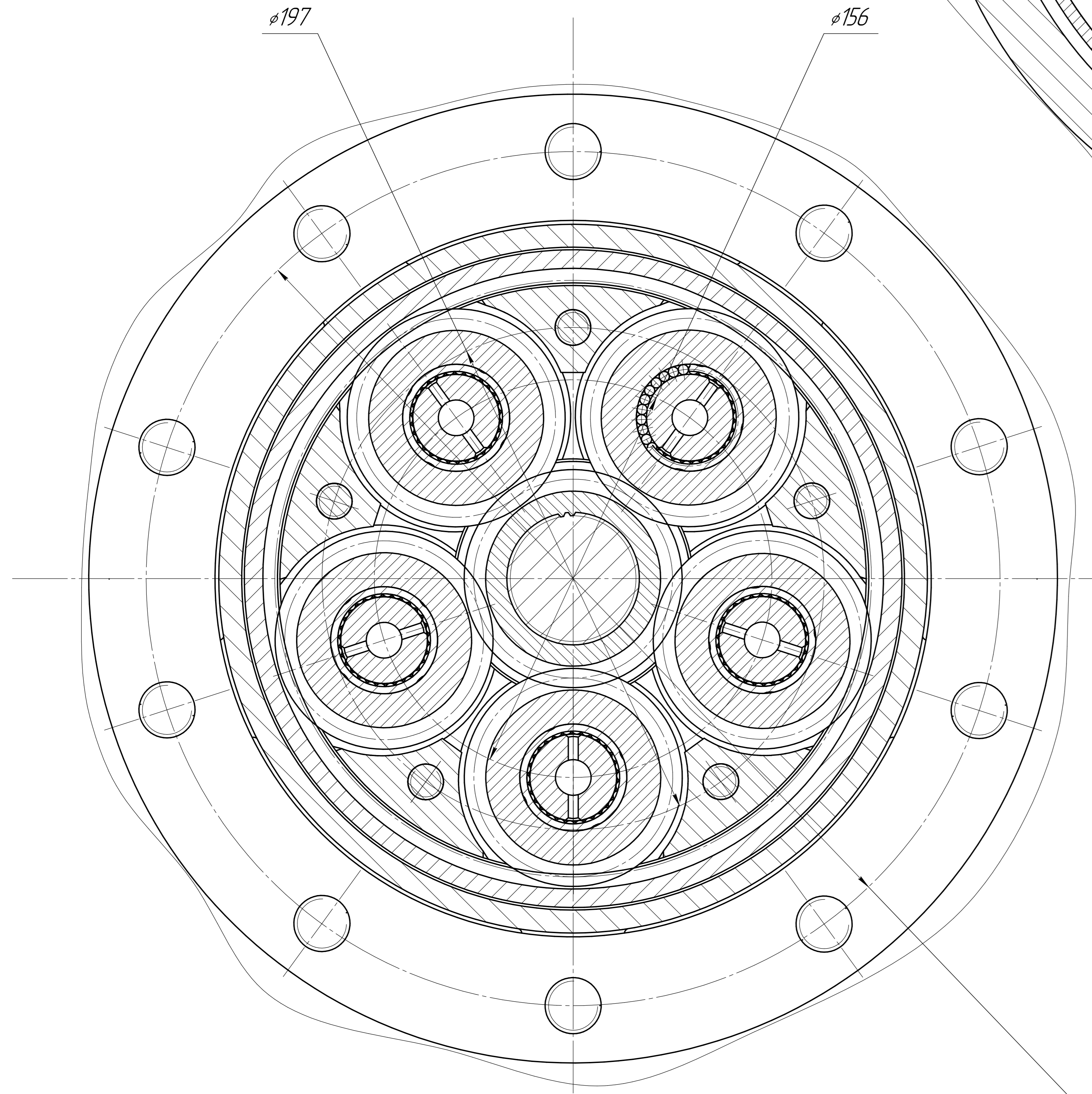
Б-Б (1:1)

φ197

φ156

54

68,6



В-В (1:1)

98

75

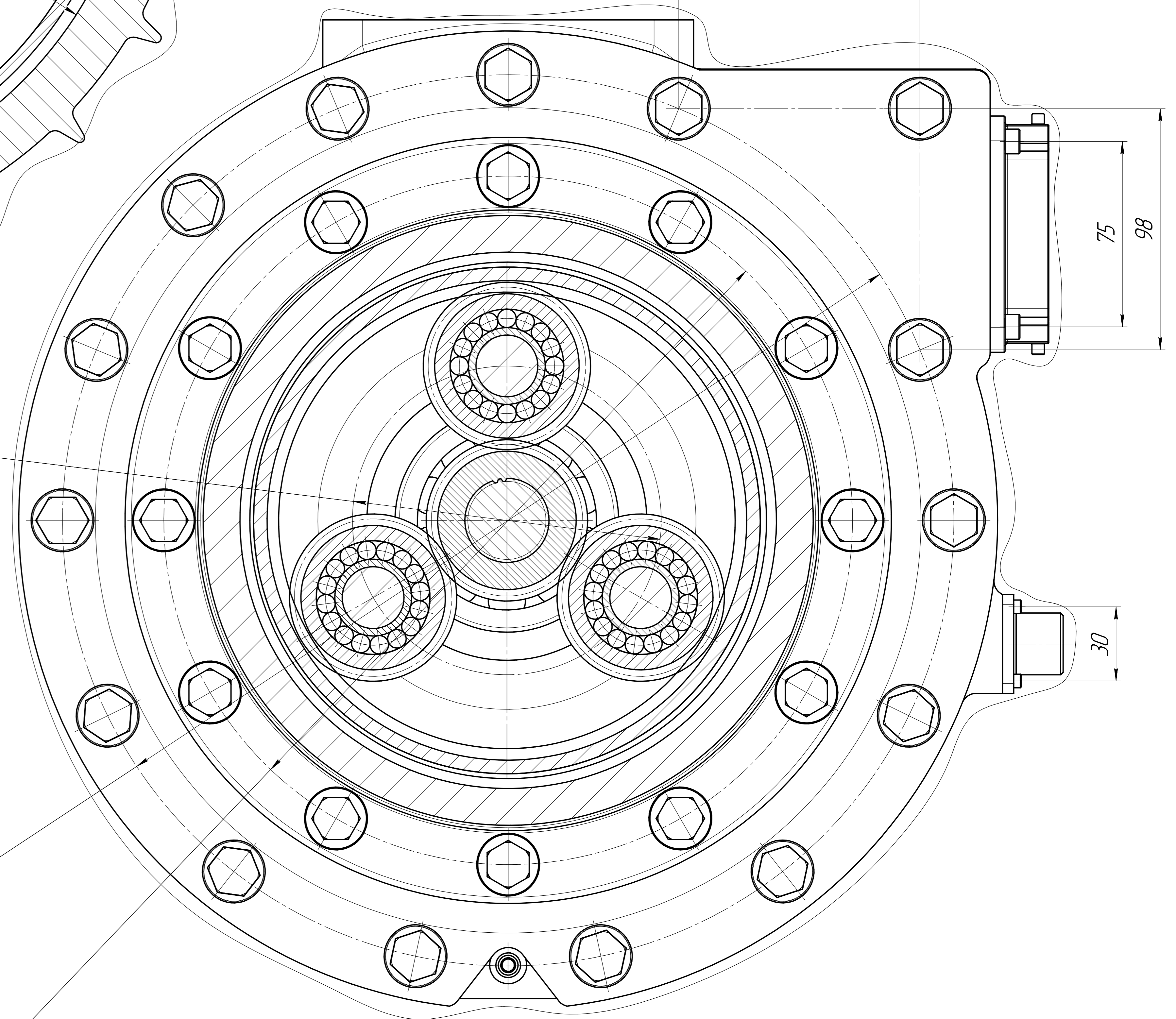
98

30

φ125

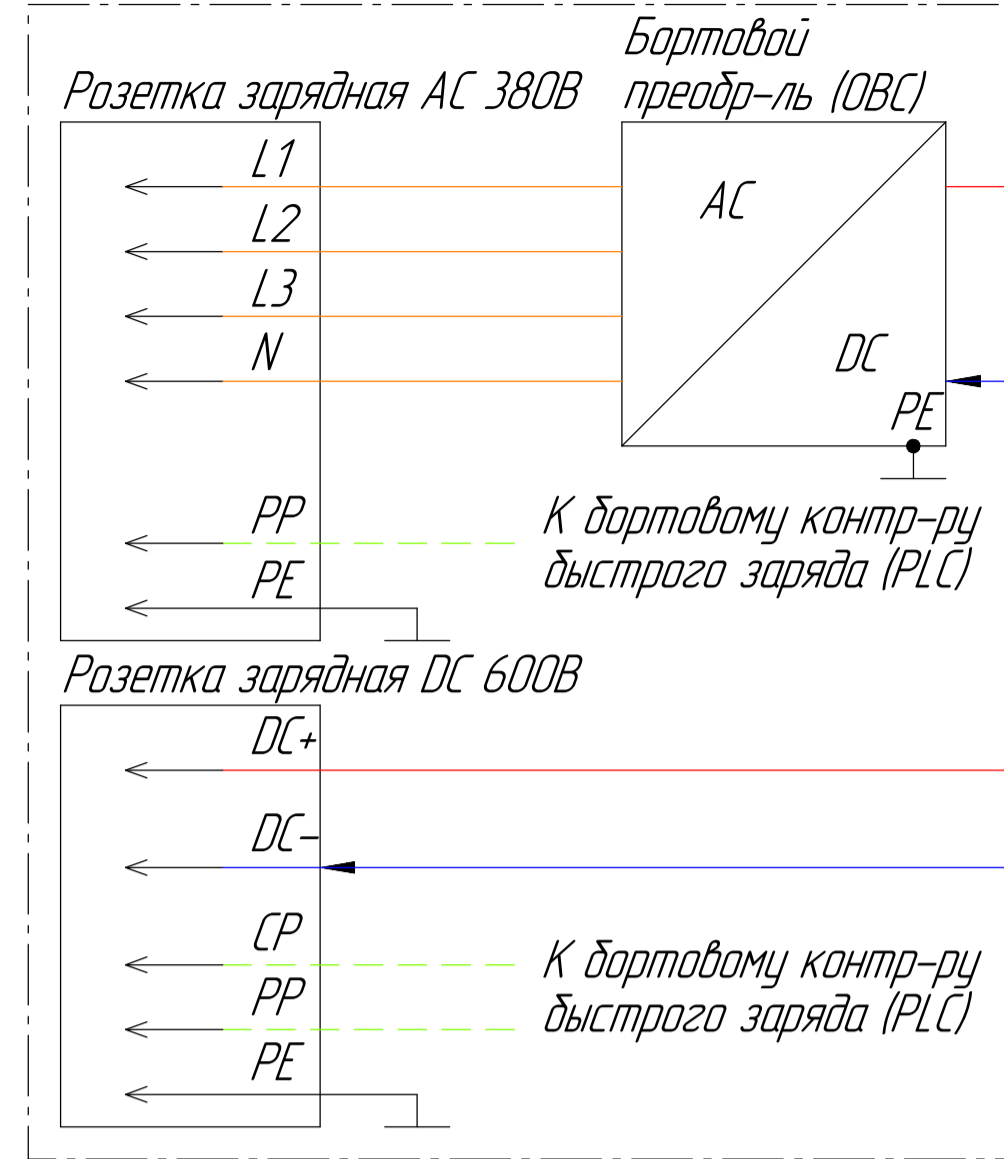
φ360

φ278

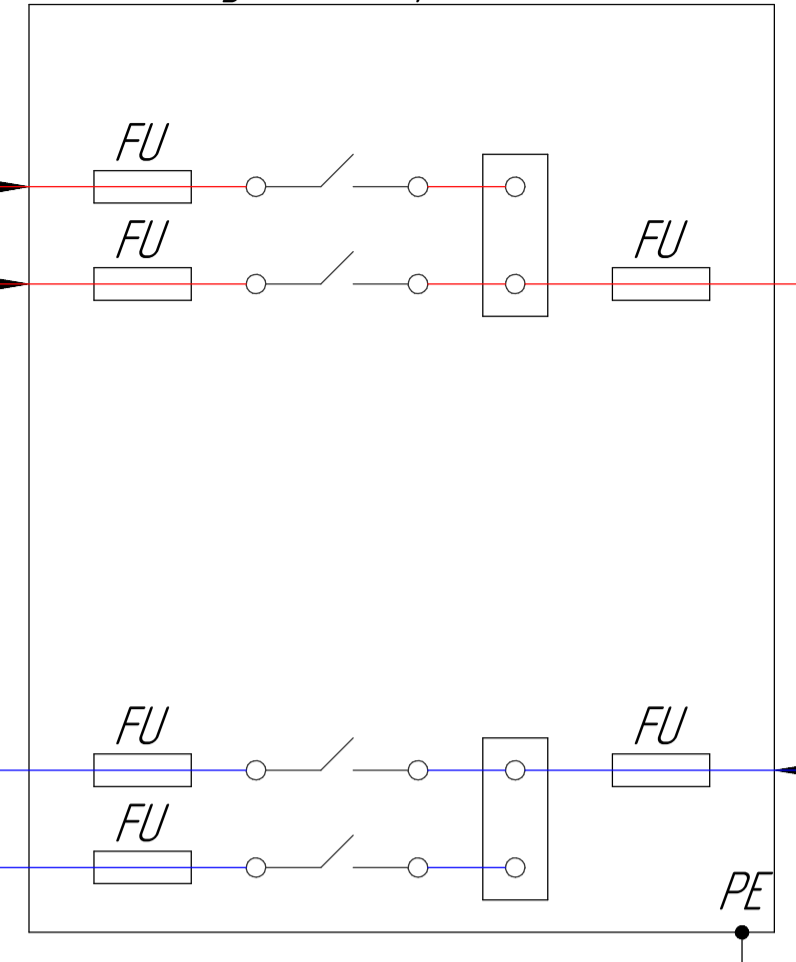


φ335

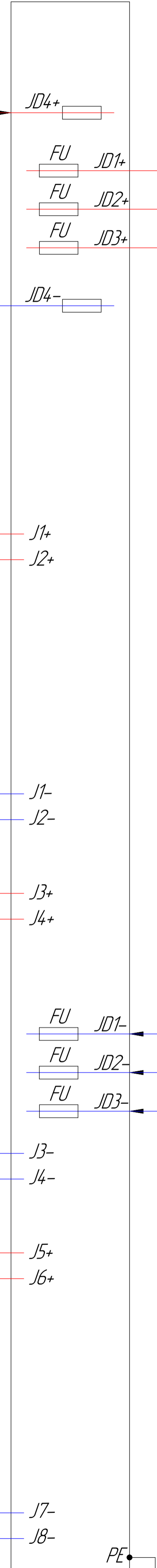
Система зарядки пистолетного типа



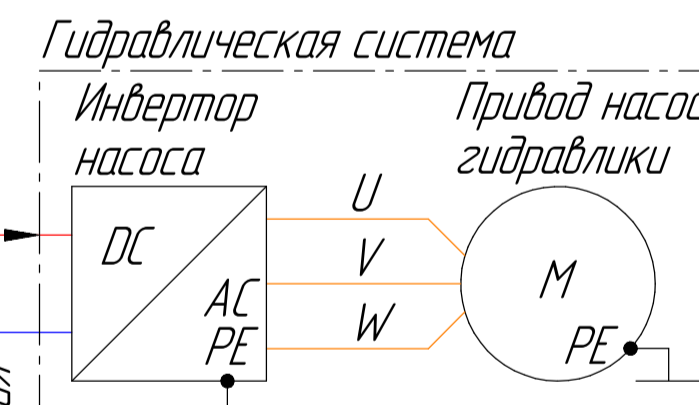
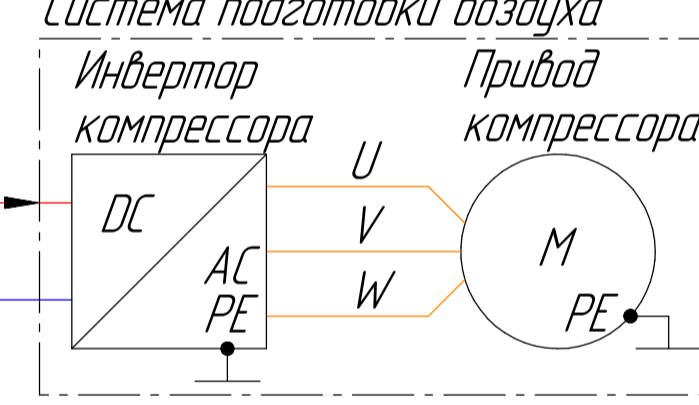
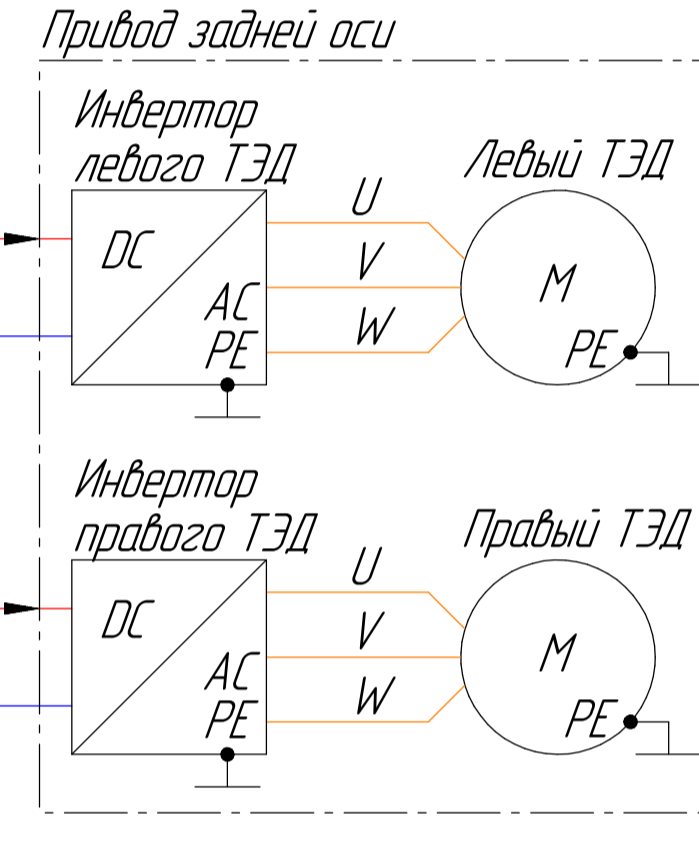
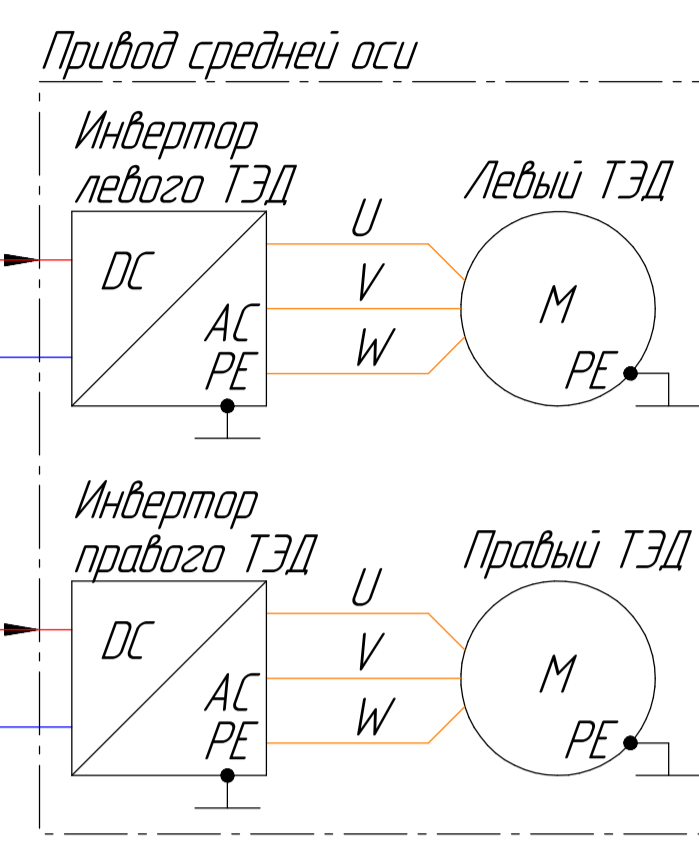
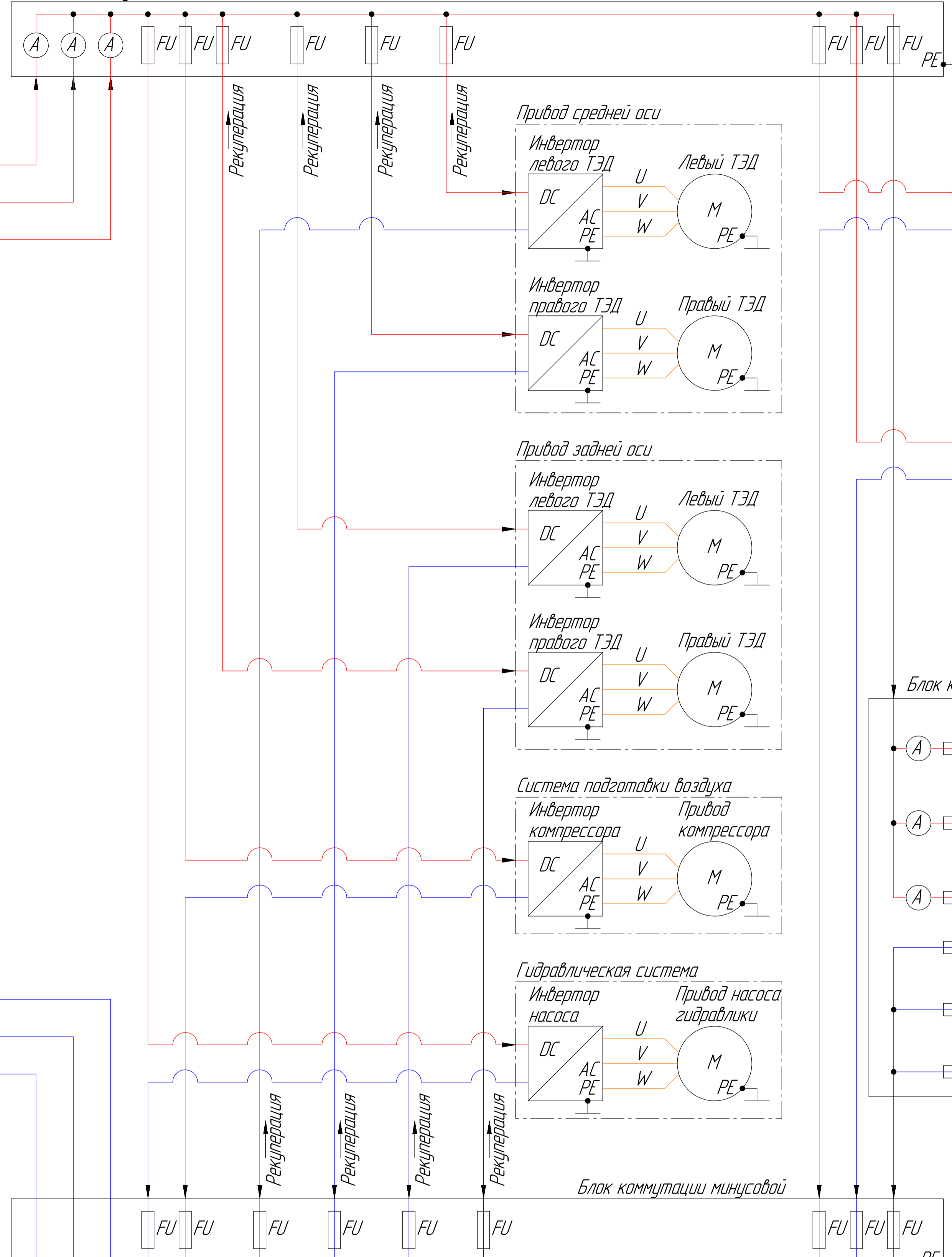
Блок коммутации заряда



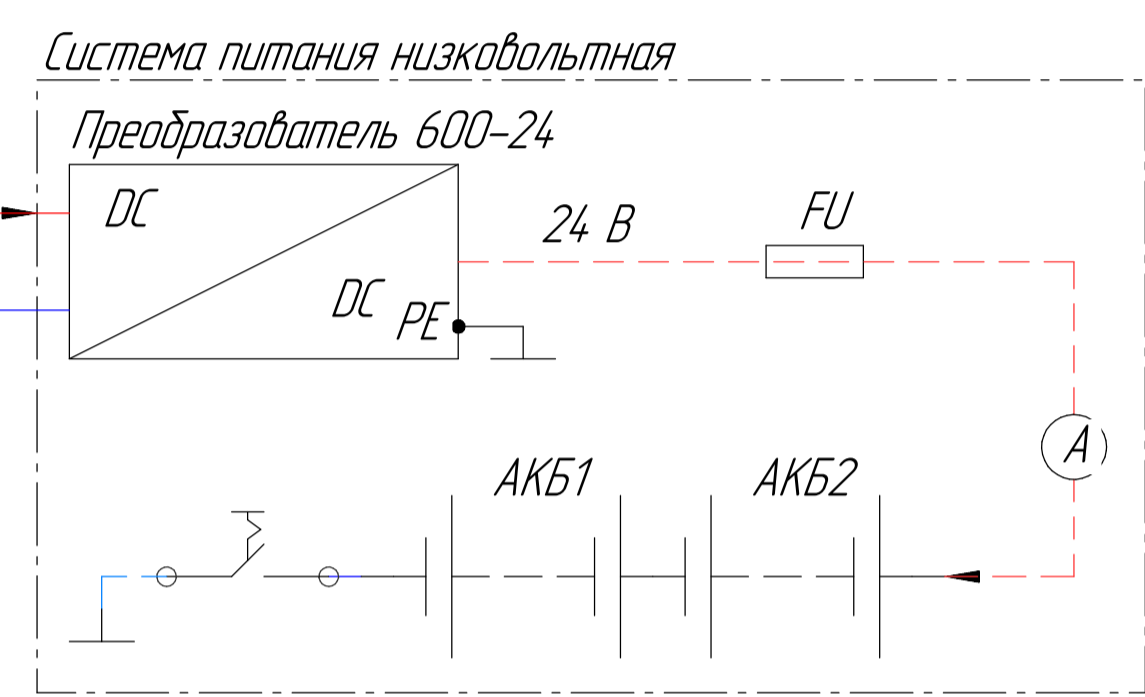
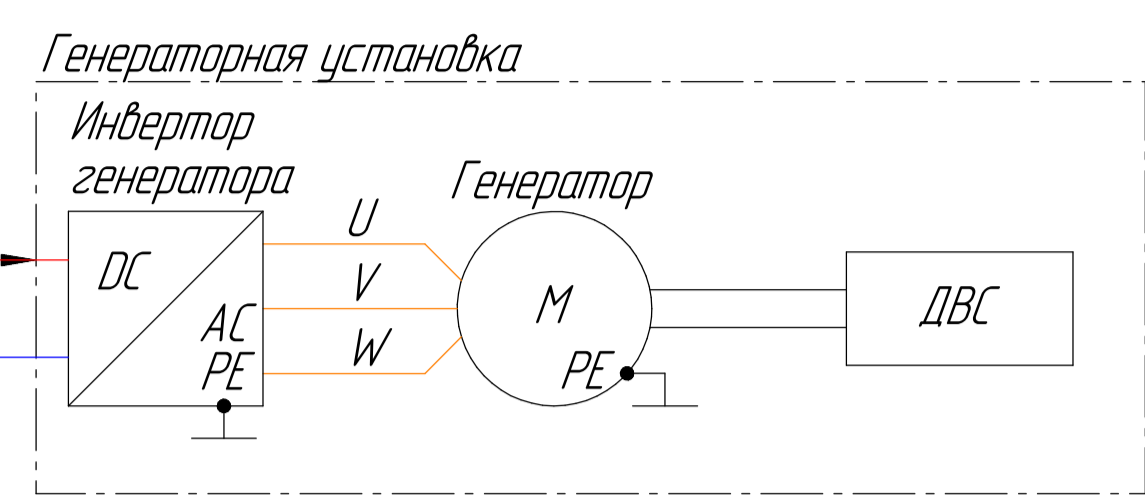
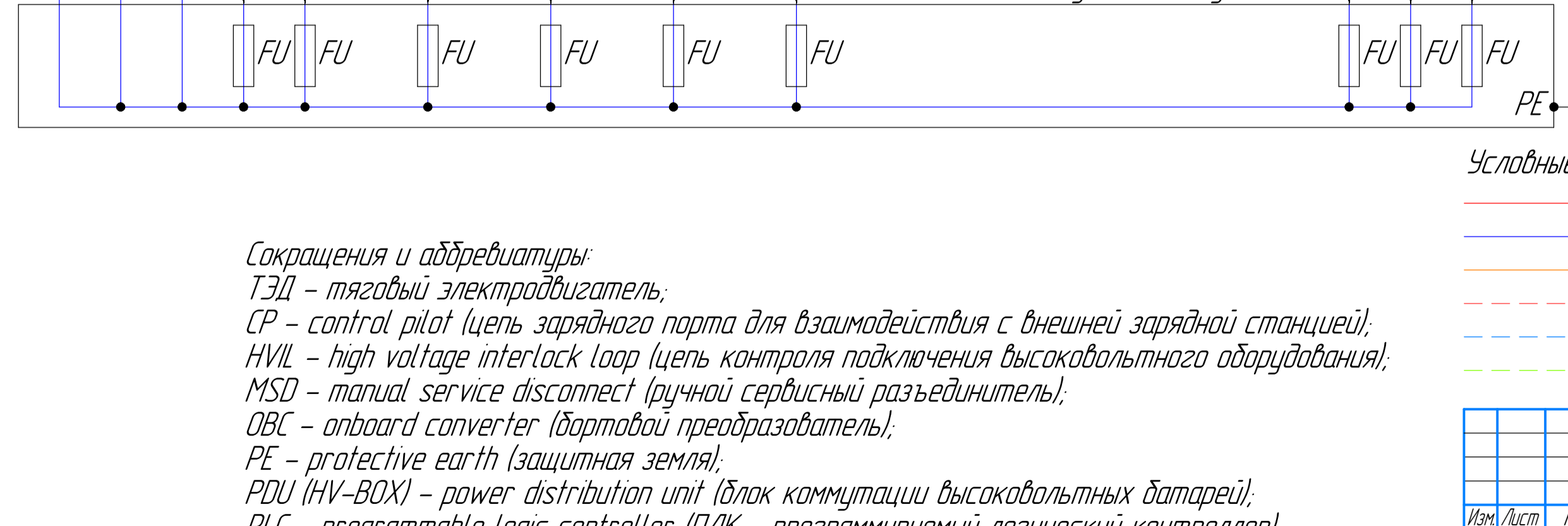
PDU (HV Box)



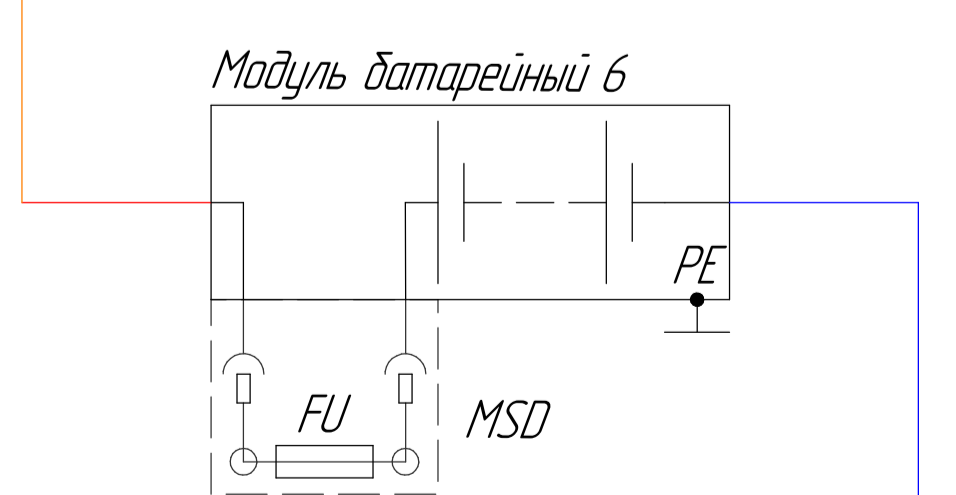
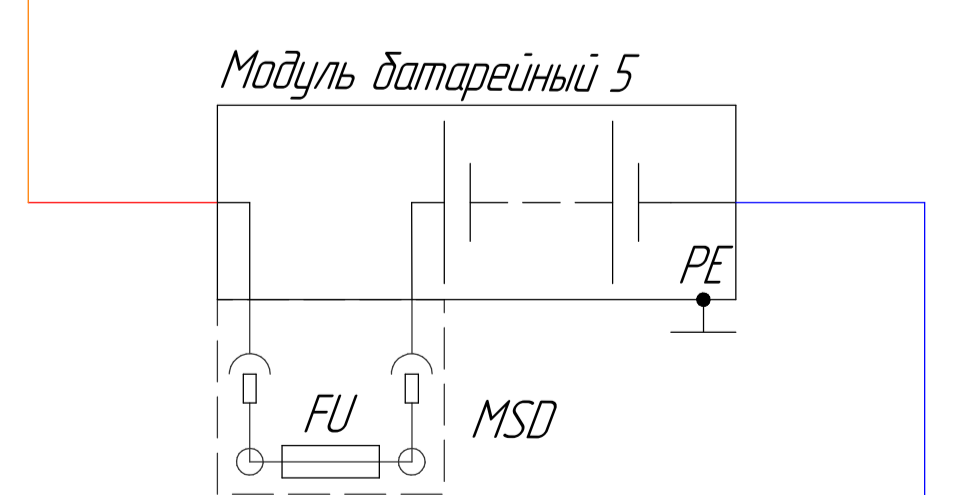
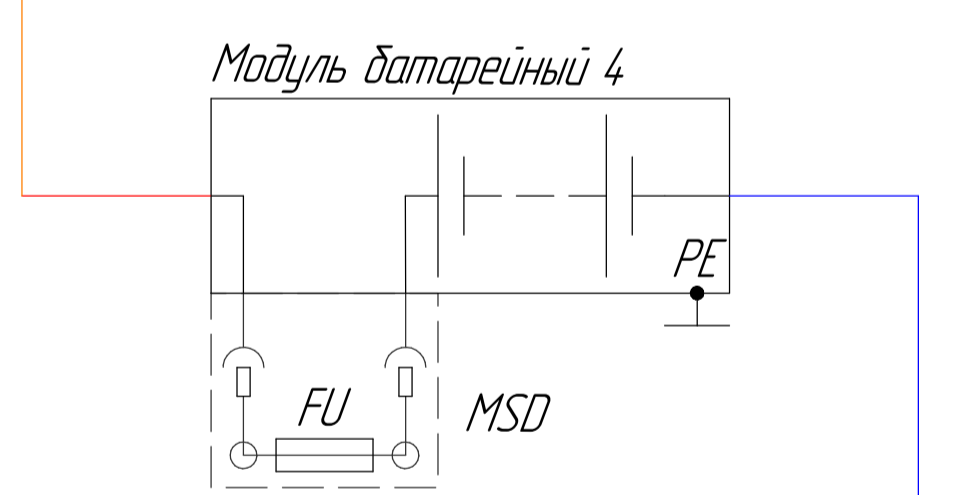
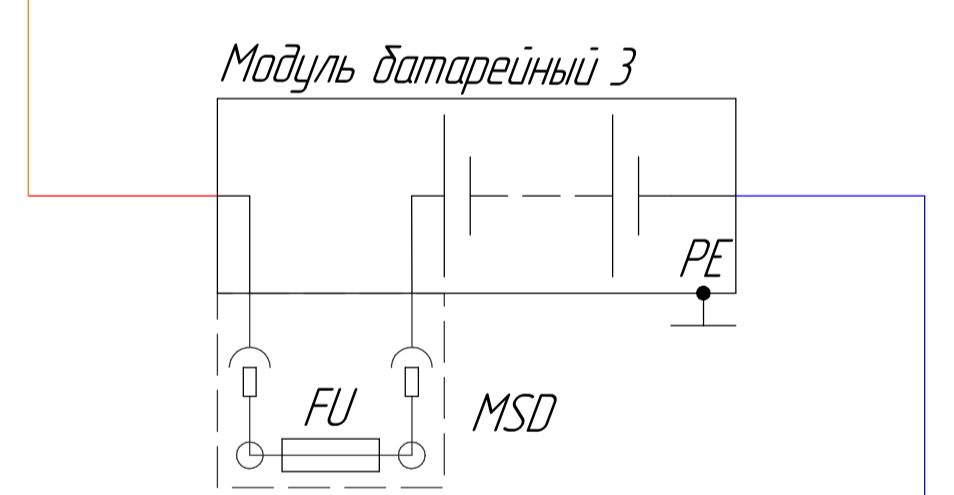
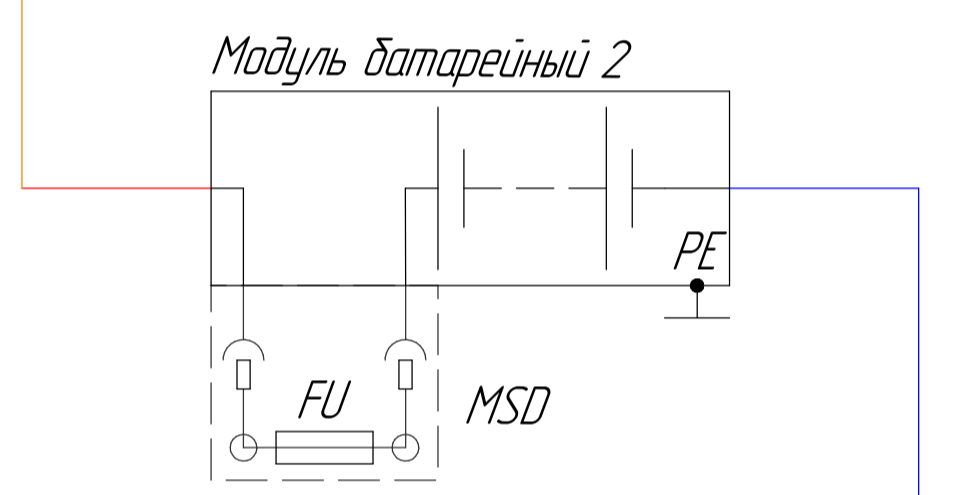
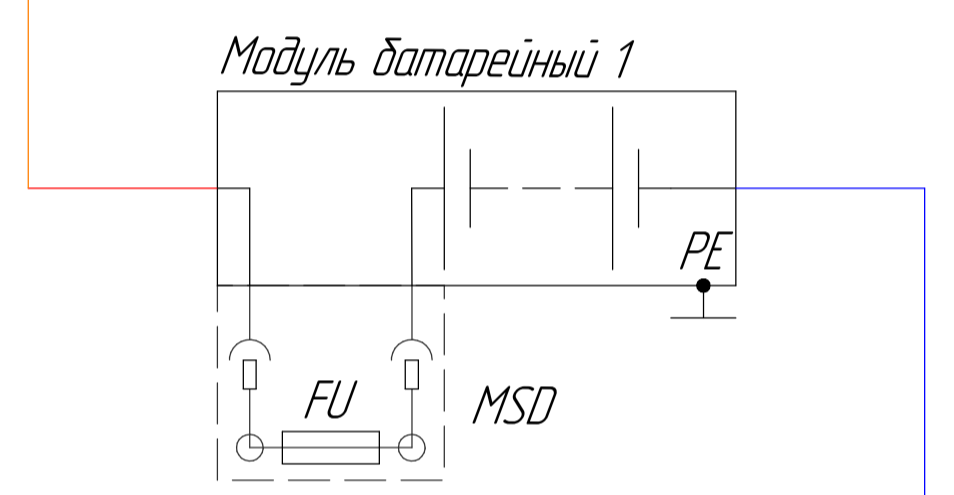
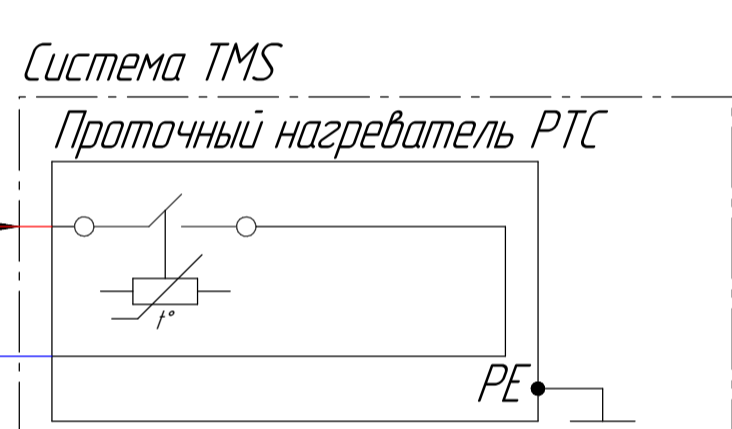
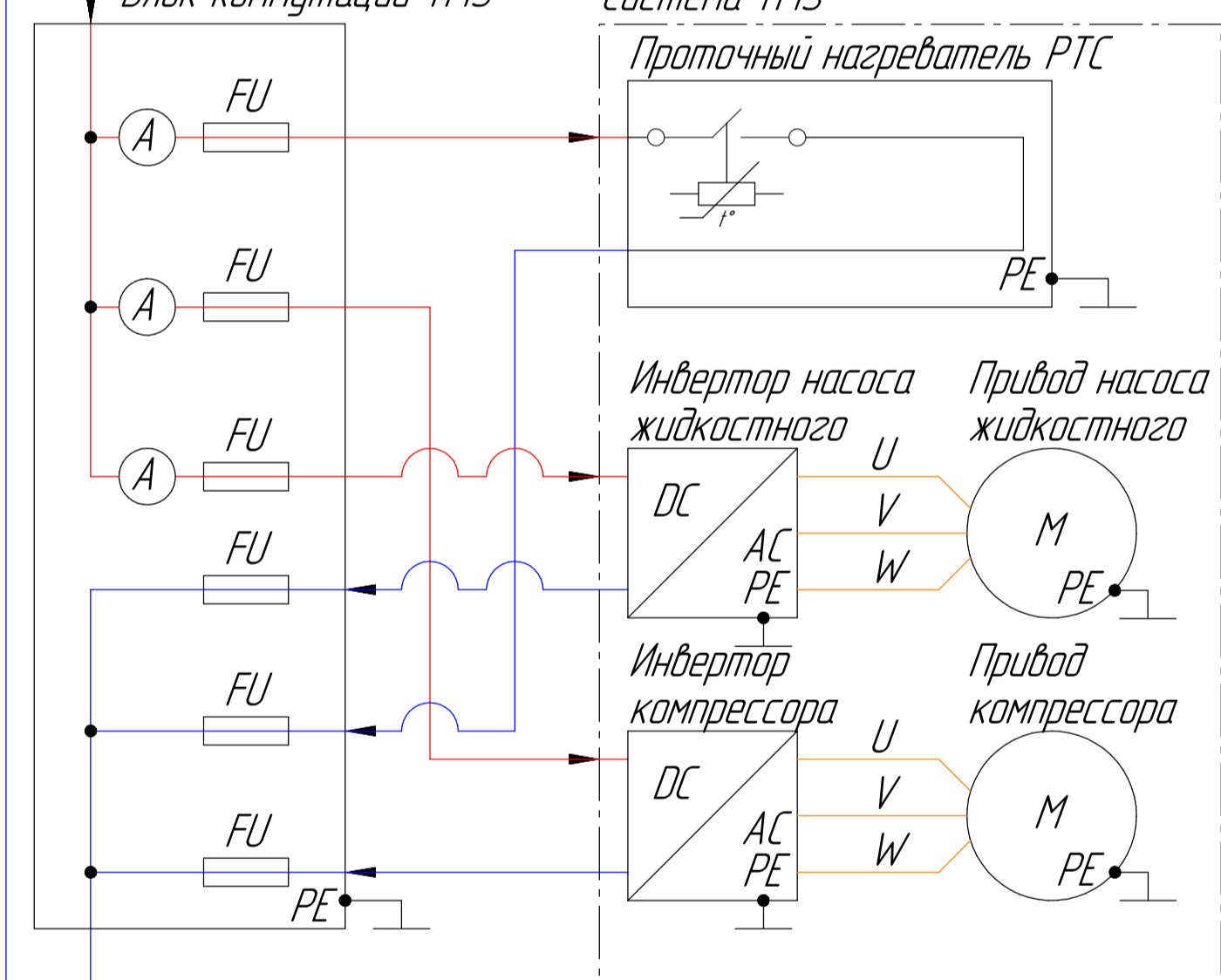
Блок коммутации плюсовой



Блок коммутации минусовой



Блок коммутации TMS



- Условные обозначения:
- высоковольтные линии DC+ (600 В)
- высоковольтные линии DC- (600 В)
- высоковольтные линии AC
- низковольтные линии DC+ (24 В)
- низковольтные линии DC- (24 В)
- цепи CP и PP зарядного порта

Сокращения и аббревиатуры:
ТЭД - тяговый электродвигатель;
CP - control pilot (цель зарядного порта для взаимодействия с внешней зарядной станцией);
HVIL - high voltage interlock loop (цель контроля подключения высоковольтного оборудования);
MSD - manual service disconnect (ручной сервисный разъединитель);
OBC - onboard converter (двухнаправленный преобразователь);
PE - protective earth (защитная земля);
PDU (HV-BOX) - power distribution unit (блок коммутации высоковольтных батарей);
PLC - programmable logic controller (ПЛК - программируемый логический контроллер);
PP - proximity pilot (цель зарядного порта диагностики подключения зарядного кабеля);
PTC - positive temperature coefficient (положительный температурный коэффициент);
TMS - thermal management system (система термостатирования).

Выпускная квалификационная работа

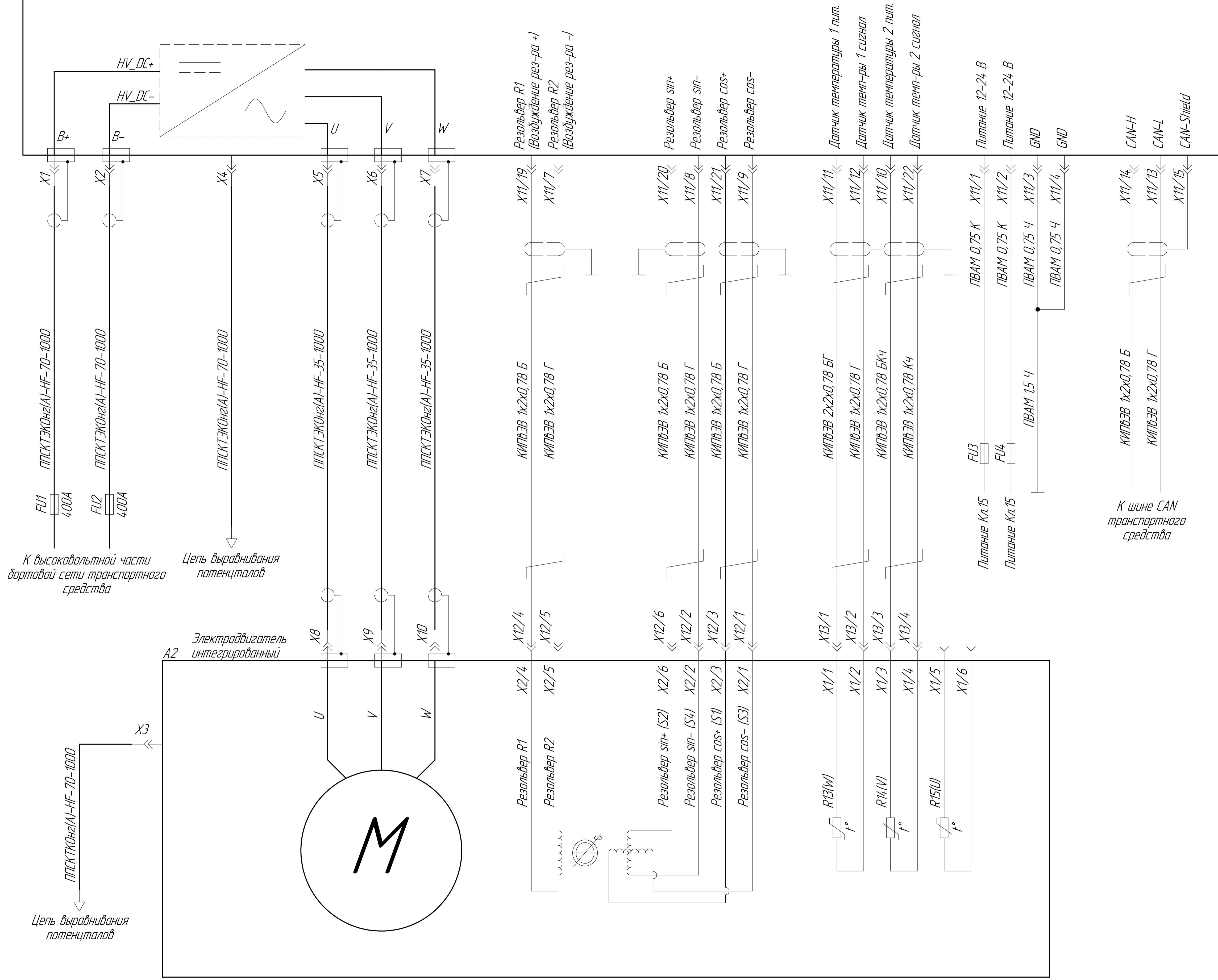
Table with columns for document details: Изм. Лист, № докум., Подп., Дата, Разработ, Экономия, Провод, Сосисин, Т.контр., Исполн, Прохоров, Утв, Лист, Масса, Масштаб, Листов, 1, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Изм. №, дата, Подп. и дата, Возм. инв. №, Инв. №, дата, Подп. и дата

A1 Инвертор электродвигателя



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Инвертор электродвигателя	1	
A2	Электродвигатель интегрированный	1	
X1, X2	Наконечник ТМЛс 70-10	2	
X3, X4	Наконечник ТМЛс 70-12	2	
X5-X7	Наконечник ТМЛс 35-8	3	
X8-X10	Наконечник ТМЛс 70-10	3	
X11	Колодка гнездовая 776164-1	1	
X12, X13	Колодка штыревая 282234-3-1	2	
FU1, FU2	Предохранитель SIBA 90 320 20,400	2	
FU3, FU4	Предохранитель ПР-5	2	

Лист 1 из 1
 Дата: _____
 Автор: _____
 Проверил: _____
 Утвердил: _____

Выпускная квалификационная работа				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Лист		
Разраб.	Званская				-	-
Проб.	Соснин					
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Прохаров					
Учб.						

Тяговое электрооборудование
 Схема электрическая принципиальная
 МГТУ им. Н.Э. Баумана
 Формат А1

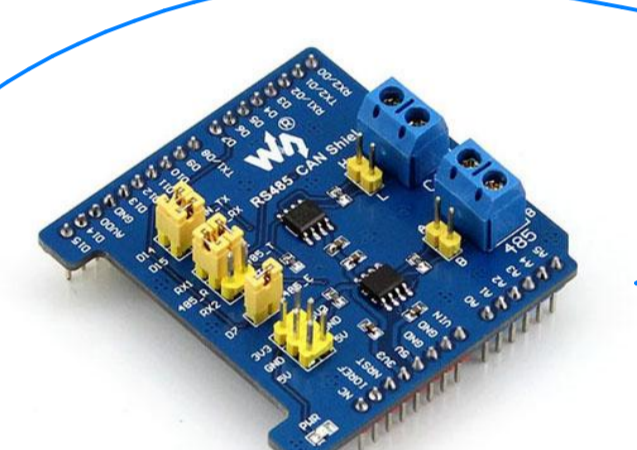
Устройства ввода

Исполнительные устройства



Лабораторный источник питания (настроить на 12 В)

+12В GND ИП



RS485/CAN Shield

Интерфейс RS485

Питание платы RS485/CAN

CAN-шина

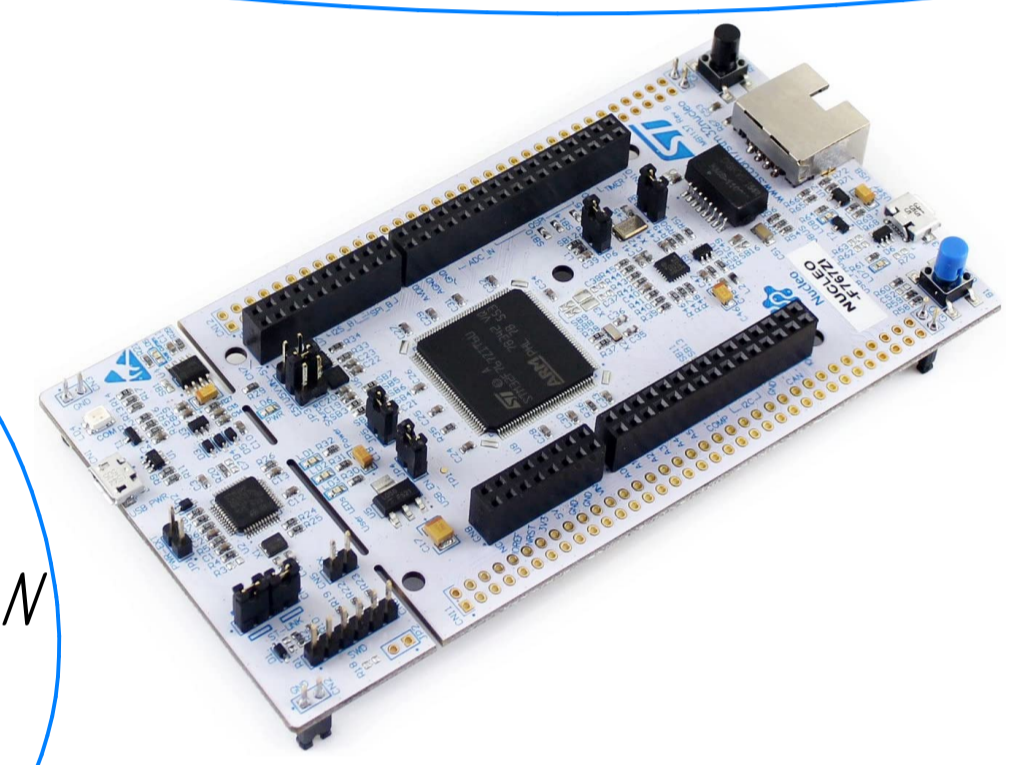


CAN-Transceiver cable

Питание CAN-модуля



Щит National Instruments (Data Acquisition System) с установленным на него модулем CAN



Плата системы управления STM32 NUCLEO-F767ZI

Устройства вывода

Прошивка, отладка через USB
Питание платы через USB



Персональный компьютер с установленной программой LabView

Витая пара (патч-корд UTP)



16-кнопочная клавиатура Digilent PmodKYPD

Питание клавиатуры

Цифровые сигналы



Потенциометр

Питание потенциометра

Аналоговый сигнал

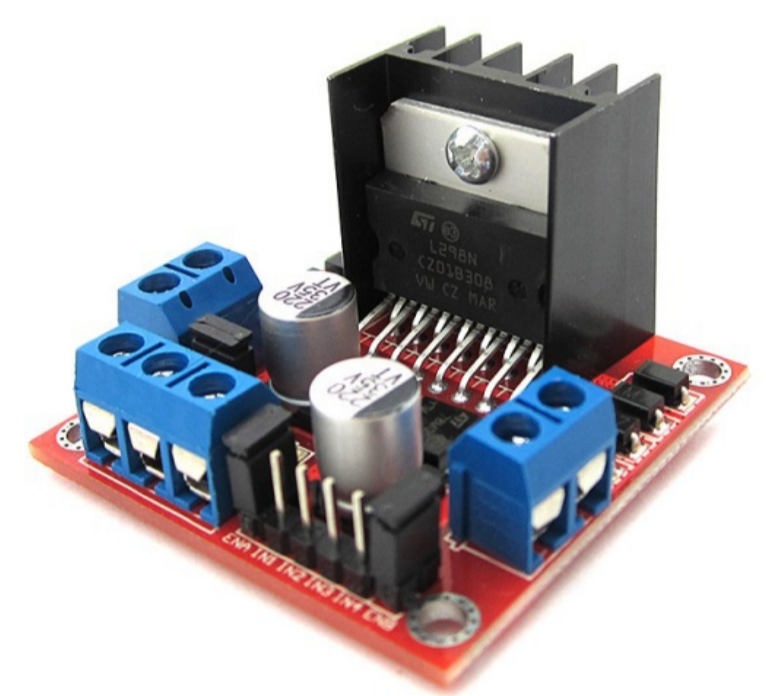


ИК-датчик расстояния Sharp GP2Y0A21YK0F

Аналоговый сигнал

Питание ИК-датчика

Управляющий ШИМ (частота вращения)
GND



Драйвер электродвигателя L298N

+12В GND ИП

Питание э/д



Коллекторный электродвигатель постоянного тока

Выпускная квалификационная работа									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Масштаб	Лит.	Масса	Масштаб	
								-	-
Разраб.		Эрнаниян							
Проб.		Соснин							
Т.контр.									
Н.контр.		Прохаров							
Утв.									
Макет системы управления движением автомобиля							Лист	Листов	1
Схема электрическая условно-структурная									
							МГТУ им. Н.Э. Баумана		