

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

На тему «Стенд для испытаний генераторов. Снятие характеристик генератора»

Студент

И.Ю. Гусев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Л.А. Черепанов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

ст. преподаватель О.А. Головач

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Тема дипломного проекта: «Стенд для испытаний генераторов. Снятие характеристик генератора». Главная цель научно-исследовательской работы – снятие характеристик автомобильного генератора переменного тока, их обработка и обоснование.

Дипломный проект содержит 74 страниц пояснительной записки, 20 рисунков, 30 таблиц, введения, конструкторской и исследовательской части, списка из 20 источников, 9 чертежей на листах А1.

В основной части уделяется особое внимание важности электрооборудования в автомобиле. Изучается история появления автомобильных генераторов, их типов, преимуществ и недостатков, изменения их технических характеристик вплоть до современных моделей.

В исследовательской части диплома проводится подробное знакомство со стендами, для испытаний автомобильных генераторов. Сравниваются их технические характеристики и задачи. Разрабатывается порядок работы на стенде ТГУ и требования техники безопасности. С помощью стенда проводится научно-исследовательская работа по определению характеристик автомобильного генератора переменного тока: внешняя, токоскоростная, скоростная регулировочная, а также их наглядная демонстрация на графиках зависимостей.

Затраты на проведение данной научно-исследовательской работы составили 44253,79 руб.

Abstract

Theme of the graduation project: “Test bench for generators. Removing the characteristics of the generator. The main goal of the research work is to take the characteristics of an automobile current generator, their processing and justification.

The diploma project contains 74 pages of an explanatory note, 20 drawings, 30 tables, instructions, design and research parts, a list of 20 sources, 9 drawings on A1 sheets.

In the main part, special attention is paid to the features of electrical equipment in the car. The history of the appearance of automotive generators, their types, advantages and disadvantages, changes in their technical characteristics up to modern models are being studied.

The research part of the diploma describes in detail acquaintance with the stands for testing automotive generators. Their technical characteristics and tasks are compared. The order of work at the TSU stand and safety requirements are being developed. With the help of the stand, a research work was collected on the characteristics of the automobile generator of the consumed current: high, current-speed, high-speed adjustment, as well as a visual demonstration of the dependency graph.

The cost of carrying out this research work of the protocol is 44253.79 rubles.

Содержание

Введение	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Назначение автомобильных генераторов. Общие сведения. Принцип работы	7
1.2 Типы автомобильных генераторов. Преимущества и недостатки	7
1.3 Неисправности генератора	10
2 Конструкторская часть	12
2.1 Тягово – динамический расчёт автомобиля LADA 2170	12
3. Исследовательская часть	34
3.1 Стенды для испытаний генераторов	34
3.2 Работа на стенде	39
3.3 Снятие характеристик генератора переменного тока	40
3.3.1 Определение внешней характеристики	40
3.3.2 Определение скоростной регулировочной характеристики	42
3.3.3 Определение токоскоростной характеристики	46
4. Безопасность и экологичность объекта	49
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика стенда для испытаний автомобильных генераторов	49
4.2 Идентификация профессиональных рисков	52
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	52
4.4 Разработка и использование средств индивидуальной защиты	53
4.5 Обеспечение электробезопасности при работе на стенде	54
4.6 Обеспечение пожарной безопасности при работе на стенде	54

4.7 Экологическая безопасность при работе на стенде	56
5. Экономическое обоснование и эффективность научно-исследовательской работы	58
5.1 Определение содержания и списка мероприятий для выполнения научно-исследовательской работы	59
5.2 Определение трудоёмкости и суммарной длительности НИР	60
5.3 Определение ранних и поздних сроков свершения события и оптимизация сетевого трафика	64
5.4 Определение суммарных затрат на проведение НИР	69
Заключение	72
Список используемых источников	73
Приложение А Тяговый расчёт	75
Приложение Б Спецификация	83

Введение

Каждый день общество сталкивается с явлением, которое называется электричество. Оно настолько тесно связано с ежедневной жизнедеятельностью человека, что порой воспринимается нами как нечто обыденное и понятное. Мобильные телефоны, персональные компьютеры, бытовые приборы и техника, приборы освещения, различные компактные устройства - лишь малая часть системы связанной с электричеством. В данную систему входит также и автомобили.

Отрасль автомобилестроения является одной из ведущих направлений развития в мировой экономике. Электрооборудование автомобиля представляет из себя совокупность подсистем, включающую более 90 изделий, общей стоимостью примерно 30-35% стоимости автомобиля, а суммарная длина проводки в автомобиле может достигать значений в 500 – 600 метров. Система электроснабжения автомобиля, в которую входит: генератор, регулятор напряжения, АКБ и потребители, предназначена для постоянной и бесперебойной выработки электрической энергии, её сохранении и питании всех установленных и дополнительных потребителей.

Главным устройством вырабатывающим электричество в автомобиле является – автомобильный генератор. Генераторы играют огромную роль в автономной работе всех потребителей электрической энергии в автомобиле. Для испытаний автомобильных генераторов переменного тока и испытаний других электрических устройств применяются специально разработанные технические стенды. Стенды различаются по своим техническим характеристикам, внешним видом, а также стоимостью. У каждого из них имеются как очевидные достоинства, так и недостатки, о которых мы поговорим в данной научно-исследовательской работе.

Данная научно-исследовательская работа, посвящена характеристикам автомобильного генератора – их определению и научному обоснованию.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение автомобильных генераторов. Общие сведения.

Принцип работы

Автомобильный генератор – устройство, преобразующее механическую энергию вращения, в электрическую энергию постоянного или переменного тока.

Автомобильный генератор используется для питания электрических потребителей автомобиля (автомобильных фар, аудиосистемы, системы зажигания, встроенного бортового компьютера, дополнительных потребителей), а также для зарядки аккумулятора.

Принцип выработки электрического тока генератором основан на явлении электромагнитной индукции. Электромагнитная индукция (ЭМИ) – явление возникновения электрического тока (электрического поля), в результате изменения количества силовых линий магнитного поля в неподвижном контуре или движении контура в неподвижном магнитном поле. Изменение электродвижущей силы (ЭДС) в контуре, пропорциональна изменению скорости магнитного поля на поверхности, ограниченной данным контуром. В данном случае возникающий электрический ток, который также называют индукционным током.

1.2 Типы автомобильных генераторов. Преимущества и недостатки

Отрасль автомобилестроения и электротехники всегда существовали опираясь друг на друга. На заре массового распространения автомобилей возникала необходимость в развитии новейших методов производства электрооборудования для эффективной и устойчивой работы всех систем автомобиля. По мере совершенствования активной, пассивной и

экологической безопасности автомобиля, также совершенствуется и его электрооборудование, приборы и устройства. В современном автомобильном производстве применяются самые передовые технологии создания и сборки, отдельных узлов и агрегатов.

Все автомобильные генераторы принято разделять на две большие категории:

- генераторы постоянного тока,
- генераторы переменного тока,

Прежде чем поведи речь о генераторах постоянного тока, хотелось бы указать на тот факт, что человечеству на рассвете отрасли автомобилестроения, хоть и было известно о явлении переменного тока, однако в полной мере, с заданной эффективностью и безопасностью, общество пользоваться им просто не умело.

На первых серийных моделях автомобилей применялись генераторы постоянного тока, которые выпускались преимущественно до 60-х годов 20 века. Они имели следующий принцип работы. На статоре генератора находилась обмотка возбуждения. При подачи напряжения на полюса обмотки возникает постоянное магнитное поле. Электрический ток снимается с обмотки ротора генератора, который вращается в постоянном магнитном поле, через два контактных полукольца. Обмотка ротора и обмотка статора соединены параллельно. В данном случае возникает пульсирующий однополярный электрический ток.

К недостаткам данных типов генераторов принято относить:

- большая масса и габариты,
- необходимость постоянного контроля и обслуживания,
- частый выход из строя щёточно-коллекторного узла,
- небольшой ресурс,

После 1960-х годов, автомобилестроение характеризовалось значительным увеличением срока службы автомобилей. Снижались

эксплуатационные затраты на обслуживание и ремонт автомобилей. Повышалась их надёжность и комфорт. В связи с этим, возникала необходимость в постоянном совершенствовании конструкции автомобильного генератора; его мощности, срока службы, максимальной частоты вращения, уменьшении его габаритных размеров исходя из возможностей размещения в подкапотном пространстве. Учитывая малый срок службы, низкую надёжность щёточно-коллекторного узла, больших габаритов, генераторы постоянного тока в автомобилях 40-50-х и начала 60-х годов постепенно начинали отставать от требований, которые предъявлялись к новым автомобилям.

Благодаря открытиям таких великих учёных как П.Н. Яблочков, Н. Тесла, М.О. Доливо-Добровольский, чей вклад в развитие электрического тока, в частности переменного, трудно переоценить; человечеству стали доступны асинхронные двигатели переменного тока, трёхфазные системы электроснабжения, трансформаторы, радиотехника и многое другое. Общество начало понимать неоспоримые преимущества устройств работающих на переменном токе. В частности, это коснулось и автомобильных генераторов, вырабатывающих переменный ток.

Стали появляться первые генераторы переменного тока. Следует упомянуть, тот факт, что к названию «генераторы переменного тока» стоит относиться условно, поскольку на самом деле, исходя из особенностей конструкции такой вид генератора действительно вырабатывал переменный ток, однако все потребители в системах автомобиля, в том числе аккумуляторная батарея, всё также работают на постоянном токе. Успешное применение данных генераторов, обусловлено достижениями науки того времени, в частности встроенным в его конструкцию полупроводниковым выпрямителем, который как раз и питал постоянным током все потребители в автомобиле.

К преимуществам генератора переменного тока относят:

- уменьшение в 1,8..2,5 раза массы генератора при той же мощности, а также расхода меди в 3 раза;
- большая максимальная мощность генератора;
- простота обслуживания и ремонта;
- большая надежность и повышенный срок службы;

Данный вид генератора имеет следующий принцип работы. На ротор генератора, имеющий обмотку возбуждения, через медно-графитовые щётки (регулятор напряжения) на контактные кольца, подводится электрический ток. Возникает первичное постоянное магнитное поле, взаимодействующее с обмоткой статора. Статор имеет три обмотки, соединенные «звездой» или «треугольником». После чего ток, снимаемый со статора, выпрямляется полупроводниковыми диодами и становится постоянным пульсирующим. В последующем, выпрямленный ток, поступает в электрическую сеть автомобиля.

1.3 Неисправности генератора

Современные автомобили хоть и имеют большой ресурс эффективной эксплуатации, после длительного использования неизбежно сталкиваются с выходом из строя отдельных узлов и агрегатов. Некоторые из них требуют длительных ремонтных работ и полной замены выведенного из строя узла, другие ограничиваются незначительным ремонтом.

К частым неисправностям, возникающим в автомобиле в процессе эксплуатации, относят неисправности в электрооборудовании. В современных автомобилях, ввиду ограниченного подкапотного пространства, а также стремлением максимально охладить работающий на предельных частотах вращения генератор, автопроизводители устанавливают его как можно ниже, ближе к земле.

В связи с этим, в генератор попадают частицы пыли, дорожного полотна и стёртых шин. Кроме того, на пересечённой местности в генератор часто попадают мелкие камни, щебёнка и другие предметы. Все эти факторы, негативно сказываются на эффективной работе генератора и зачастую приводят к его поломкам или выходу из строя отдельных элементов.

Распространённые неисправности генератора:

- износ токосъёмных щёток,
- износ токосъёмных колец,
- выход из строя регулятора напряжения,
- выход из строя выпрямителя,
- разрушения или износ подшипников,
- повреждения проводов питания потребителей,

2 Конструкторская часть

2.1 Тягово – динамический расчёт автомобиля LADA 2170

«Исходные данные для расчета:

Компоновочная схема автомобиля	Переднеприводный
Длина	4350мм
Ширина	1680мм
Высота	1420мм
Масса в снаряженном состоянии	1088кг
Шины	185/65R14
Коэффициент сопротивления качению	0,012
Коэффициент аэродинамического сопротивления	0,32
Коэффициент уклона i	0,30
Максимальная скорость км/ч.»[12]	180

«Расчёт исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:» [12]

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}}(n) + m_{\text{б}} \quad (1)$$

«где,

m_a – снаряженная масса автомобиля

m_0 – снаряженная масса автомобиля

$m_{\text{ч}}$ – 75 кг масса человека

n – число пассажиров, включая водителя

$m_{\text{б}}$ – вес багажа по 10 кг на 1 пассажира

$$m_a = 1088 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1513 \text{ кг}$$

Нагрузка по осям

Нагрузка на заднюю ось 40%» [12]

«Нагрузка на переднюю ось 60%» [12]

$$m_1 = 1513 \cdot 0,60 = 907,8 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1513 \cdot 0,40 = 605,2 \text{ кг}$$

«Подбор шин» [12]

$$r_{ст} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (2)$$

$$\frac{H}{B} = 0,65 \text{ мм}$$

«На дорогах с твердым покрытием $r_{см} \approx r_{\partial} \approx r_k$ » [12]

$$r_{см} = 0,5 \cdot 0,3556 + 0,65 \cdot (0,185 \cdot 0,65) = 0,276 \text{ м}$$

«Коэффициент обтекаемости» [12]

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2} \quad (3)$$

$$\rho = 1,293$$

$$k = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,21$$

«Лобовая площадь» [12]

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r$$

$$F = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,9 \text{ м}^2$$

«КПД трансмиссии автомобиля примем» [12] $\eta_{тр} = 0,92$

«Коэффициент сопротивления качению» [12]

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{2000} \right) \quad (4)$$

$$V = \frac{180 \cdot 1000}{3600} = 50 \text{ м/с}$$

$$f = 0,01 \left(1 + \frac{50^2}{2000} \right) = 0,027$$

«2. Определение передаточного числа главной передачи» [12]

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{max}}{V_{max}} \quad (5)$$

$$n_{max} = 5600 \text{ об/мин}$$

$$\omega_{max} = \frac{5600 \cdot \pi}{30} = 586,43 \text{ рад/с}$$

$$U_k = 0,78$$

$$U_0 = \frac{0,276}{0,78} \cdot \frac{586,43}{50} = 4,15$$

«3. Расчет внешней скоростной характеристики» [12]

«Мощность двигателя при максимальной скорости» [12]

$$N_v = \frac{1}{\eta_{тр}} \left(G_a \cdot \psi_v \cdot V_{max} + \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot F \cdot V_{max}^3 \right) \quad (6)$$

$$G_a = m_a \cdot g$$

$$G_a = 1513 \cdot 9,81 = 14842,53 \text{ Н}$$

$$\psi_v = f$$

$$N_v = \frac{1}{0,92} \left(14842,53 \cdot 0,027 \cdot 50 + \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} \cdot 1,9 \cdot 50^3 \right) =$$

$$= 75145 \text{ Вт}$$

«Максимальная мощность двигателя» [12]

$$N_{max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (7)$$

$$a = b = c = 1$$

$$\lambda = \frac{\omega_{max}}{\omega_N}$$

«Принимаем $\lambda = 1,15$ » [12]

$$\omega_N = \frac{\omega_{max}}{\lambda}$$

$$\omega_N = \frac{586,43}{1,15} = 509,94 \text{ рад/сек}$$

$$N_{max} = \frac{75145}{1 \cdot 1,15 + 1 \cdot 1,15^2 - 1 \cdot 1,15^3} = 78965 \text{ Вт}$$

«Внешняя скоростная характеристика» [12]

$$N_e = N_{max} \left(a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right) \quad (8)$$

«Для построения кривой эффективного момента двигателя применим формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (9)$$

Выбрав 7 значений в диапазоне $\omega_{min} \dots \omega_{max}$, рассчитаем зависимости. Результаты расчётов представлены в таблице 1.» [12]

Таблица 1 - Результаты

«n, об/мин	800	1600	2400	3200	4000	4800	5600
w	83,78	167,55	251,33	335,1	418,88	502,66	586,43
Ne	14754,72	31669,19	48646,52	63582,11	74378,62	78932,97	75145,1
M	176,11	189,01	193,55	189,74	177,57	157,03	128,14» [12]

На рисунке 1 представлены графики внешней характеристики

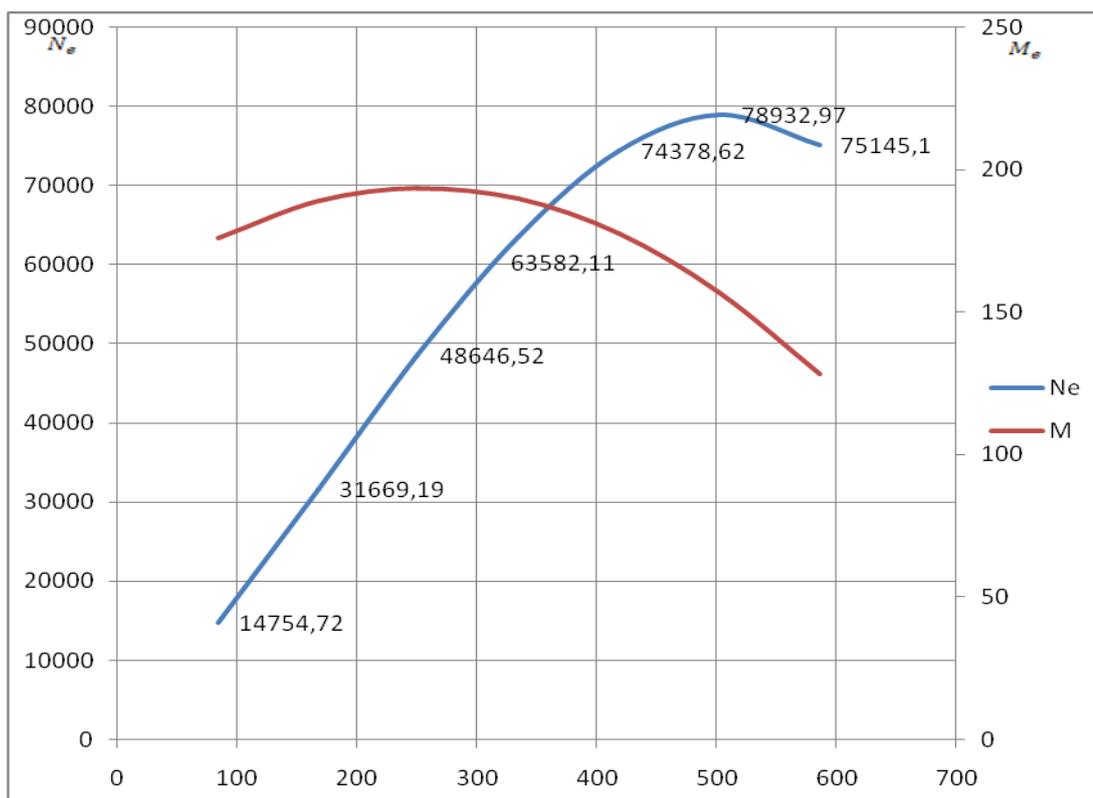


Рисунок 1 - Внешняя скоростная характеристика двигателя

«4. Определение передаточных чисел коробки передач

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max}, \quad \text{или } U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (10)$$

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \leq G_{\text{сц}} \cdot \varphi, \quad \text{или } U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (11)$$

$$G_{\text{сц}} = m_1 \cdot G_1 = 907,8 \cdot 9,81 = 8905,52$$

$$m_1 = 0,9$$

$$\varphi = 0,7$$

$$G_{\text{сц}} = 8905,52 \cdot 0,9 = 8014,97 \text{ Н}$$

$$U_1 \geq \frac{14842,53 \cdot (0,3 + 0,012) \cdot 0,276}{193,55 \cdot 0,92 \cdot 4,15} = 1,73$$

$$U_1 \leq \frac{8014,97 \cdot 0,7 \cdot 0,276}{193,55 \cdot 0,92 \cdot 4,15} = 2,1$$

Примем $U_1 = 2,0$

$$U_2 = \sqrt[3]{U_1^2} = 1,59$$

$$U_3 = \sqrt[3]{U_1} = 1,28$$

$$U_4 = 1$$

$$U_5 = 0,78$$

$$U_{3X} = 1,2 \cdot U_1 = 2,4$$

Расчеты скорости автомобиля для каждой передачи

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_n}$$

Данные представлены в таблице 2

Таблица 2 - Расчет скорости

п, об/мин	I	II	III	IV	V
800	2,79	3,50	4,46	5,57	7,14
1600	5,57	7,01	8,91	11,14	14,29
2400	8,36	10,51	13,37	16,71	21,43
3200	11,14	14,02	17,83	22,29	28,57
4000	13,93	17,52	22,29	27,86	35,72
4800	16,71	21,03	26,74	33,43	42,86
5600	19,50	24,53	31,20	39,00	50,00» [12]

«5. Тяговый баланс автомобиля

Уравнение тягового баланса

$$P_T = P_D + P_B + P_{\text{и}} \quad (12)$$

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{\text{TP}}}{r_k} \quad (13)$$

Сила тяги на ведущих колесах для каждой передачи

(14)

Сила сопротивления дороги

$$P_D = G_a \cdot \psi \quad (15)$$

$$\psi = i + f, \text{ т.е.}$$

$$\psi = i + f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right)$$

Сила сопротивления воздуха

$$P_B = \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2}{2} \quad (16)$$

Рассчитаем тяговую силу на ведущих колесах автомобиля. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты расчетов

n, об/мин	I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6
800	4872	3874	3045	2436	1900
1600	5229	4157	3268	2615	2039
2400	5355	4257	3347	2677	2088
3200	5249	4173	3281	2625	2047

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
4000	4913	3906	3070	2456	1916
4800	4344	3454	2715	2172	1694
5600	3545	2818	2216	1773	1399

Расчёты силы сопротивления представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Сила сопротивления

n, об/мин	P_B	P_D	
800	20	178	198
1600	82	193	275
2400	183	223	406
3200	326	252	578
4000	509	297	806
4800	733	341	1074
5600	998	401	1399

На рисунке 2 представлены графики тягового баланса автомобиля.

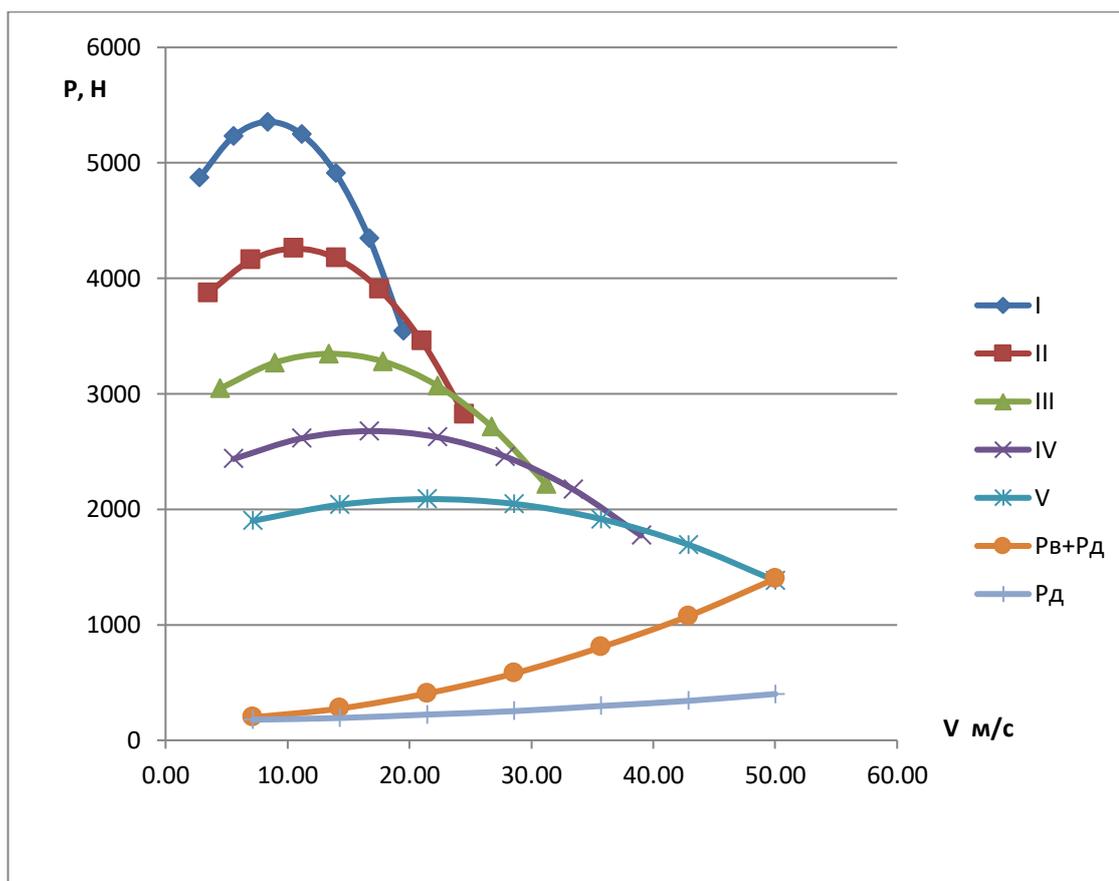


Рисунок 2 - Тяговый баланс автомобиля

Результаты расчётов сопротивления воздуха на каждой передаче представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов

I		II		III		IV		V	
$v, \text{ м/с}$	$P_{в}$								
2,79	3	3,50	5	4,46	8	5,57	12	7,14	20
5,57	12	7,01	20	8,91	32	11,14	50	14,29	82
8,36	28	10,51	44	13,37	71	16,71	111	21,43	183
11,14	50	14,02	78	17,83	127	22,29	198	28,57	326
13,93	77	17,52	122	22,29	198	27,86	310	35,72	509
16,71	111	21,03	176	26,74	285	33,43	446	42,86	733
19,50	152	24,53	240	31,20	388	39,00	607	50,00	998»[12]

б. «Динамическая характеристика автомобиля

Динамический фактор на соответствующей передаче.» [12]

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (17)$$

«Расчёты динамического фактора представлены в таблице 6.» [12]

«Таблица 6 - Динамический фактор» [12]

«n, об/мин	I	II	III	IV	V
800	0,328	0,261	0,205	0,163	0,127
1600	0,351	0,279	0,218	0,173	0,132
2400	0,359	0,284	0,221	0,173	0,128
3200	0,350	0,276	0,212	0,163	0,116
4000	0,326	0,255	0,194	0,145	0,095
4800	0,285	0,221	0,164	0,116	0,065
5600	0,229	0,174	0,123	0,079	0,026» [12]

На рисунке 3 представлены графики динамического фактора.

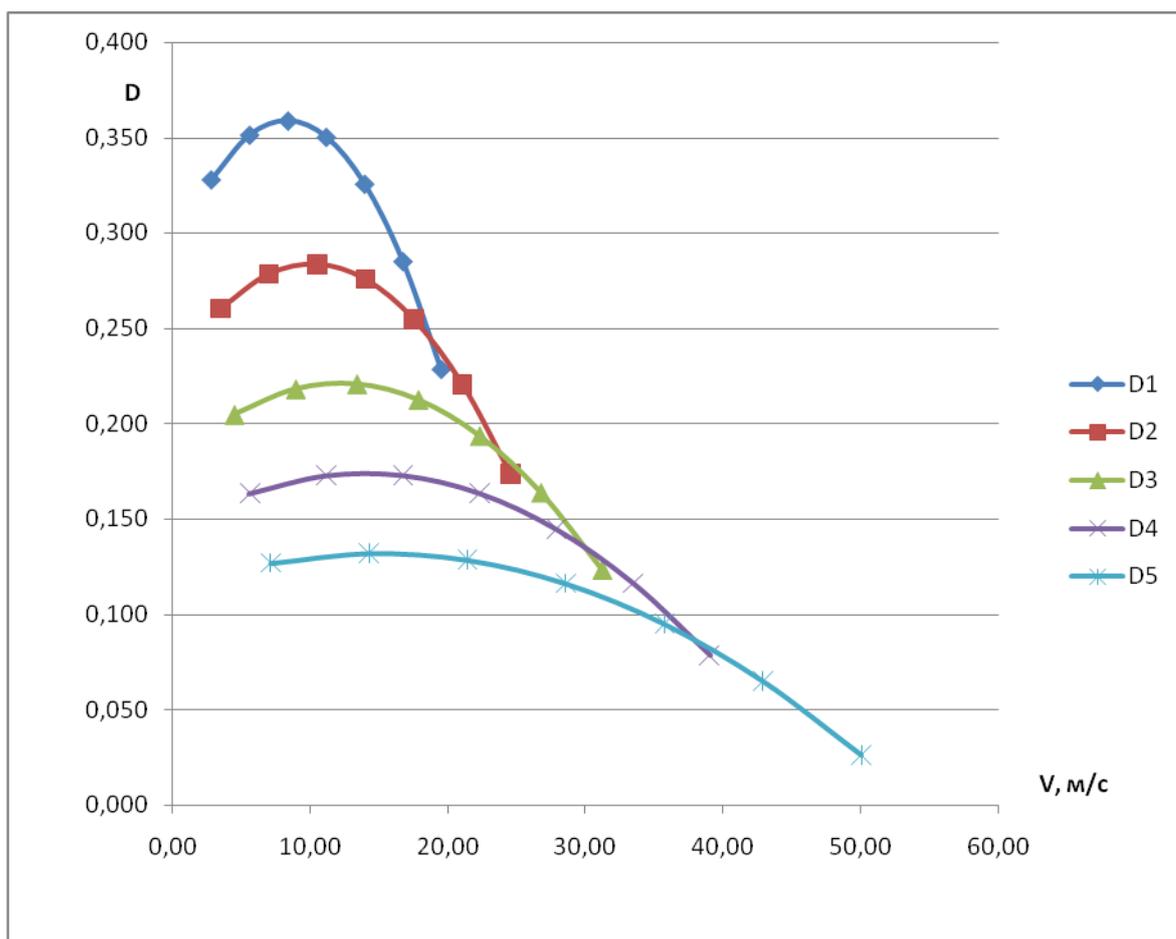


Рисунок 3 - Динамический фактор

«7. Разгон автомобиля

Ускорение

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{вр}} \quad (18)$$

Коэффициент учета вращающихся масс:

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр}^2 + I_K) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (19)$$

$U_{тр} = U_0 \cdot U_k$ – передаточное число трансмиссии

Коэффициент вращающихся масс:

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (20)$$

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,04$$

Расчёт коэффициента вращающихся масс на каждой передаче представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Коэффициент вращающихся масс

I	II	III	IV	V
1,20	1,14	1,10	1,08	1,06

Коэффициент сопротивления качению на каждой передаче

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right)$$

$$f_0 = 0,012$$

Расчёты коэффициента сопротивления представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Коэффициент сопротивления качению

n, об/мин	I	II	III	IV	V
800	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
1600	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013
2400	0,012	0,013	0,013	0,014	0,015
3200	0,013	0,013	0,014	0,015	0,017
4000	0,013	0,014	0,015	0,017	0,020
4800	0,014	0,015	0,016	0,019	0,023
5600	0,014	0,016	0,018	0,021	0,027

Расчёты ускорения автомобиля на каждой передаче представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Ускорения автомобиля

п, об/мин	I	II	III	IV	V
800	2,58	2,14	1,71	1,37	1,05
1600	2,77	2,29	1,83	1,45	1,09
2400	2,83	2,33	1,85	1,45	1,05
3200	2,76	2,26	1,77	1,35	0,91
4000	2,56	2,07	1,59	1,16	0,69
4800	2,22	1,77	1,31	0,89	0,38
5600	1,75	1,36	0,94	0,52	0,16

На рисунке 4 представлены графики ускорения автомобиля.

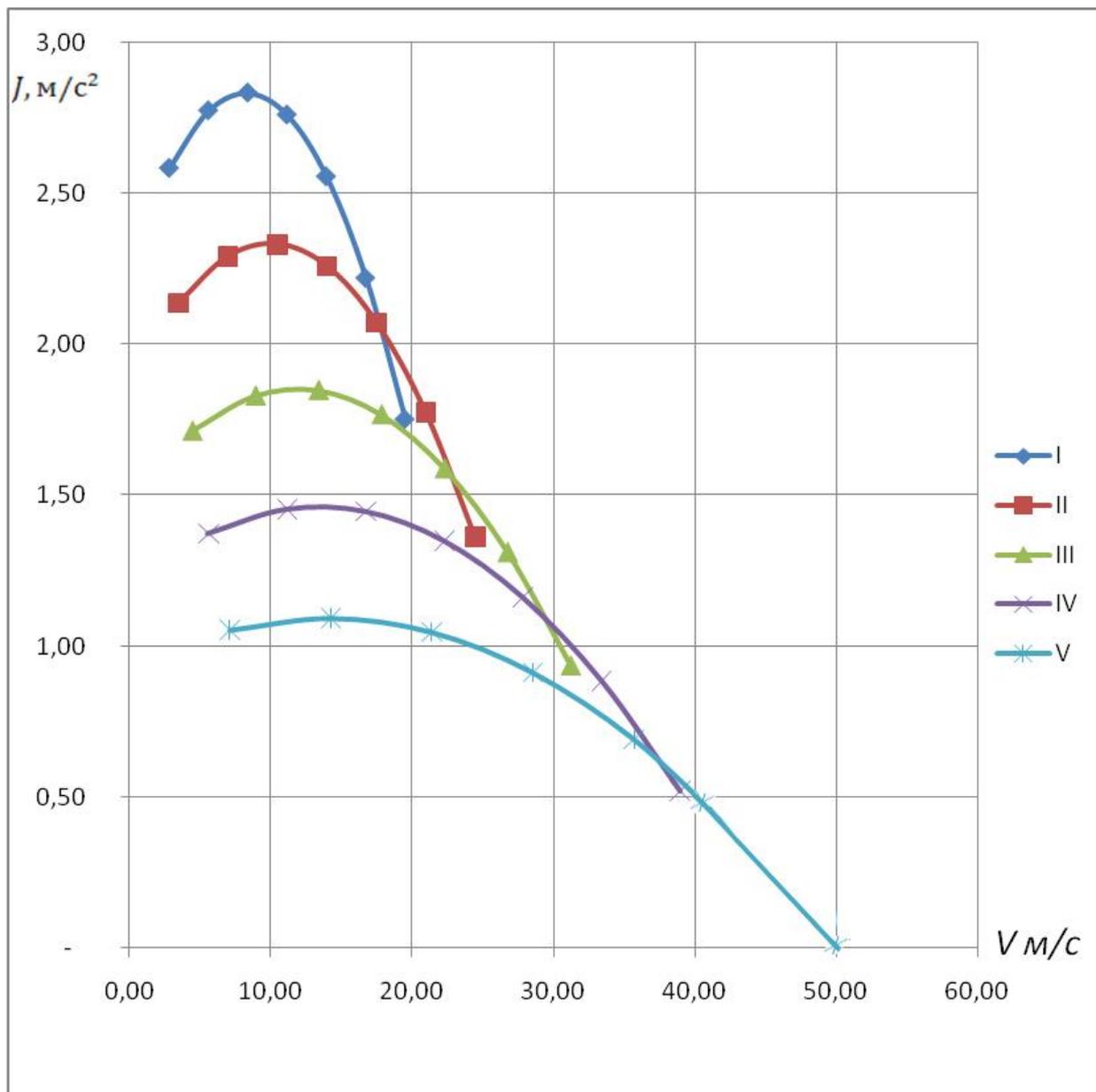


Рисунок 4 - Ускорения автомобиля

Рассчитаем обратные ускорения

$$V=(0,8\dots 0,9)V_{\max}.$$

Расчёты обратных ускорений представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Обратные ускорения

п, об/мин	I	II	III	IV	V
800	0,39	0,47	0,58	0,73	0,95
1600	0,36	0,44	0,55	0,69	0,91
2400	0,35	0,43	0,54	0,69	0,95
3200	0,36	0,44	0,57	0,74	1,10
4000	0,39	0,48	0,63	0,86	1,44
4800	0,45	0,56	0,76	1,13	2,60
5600	0,57	0,74	1,07	1,92	5,00» [12]

На рисунке 5 представлены графики обратных ускорений автомобиля.

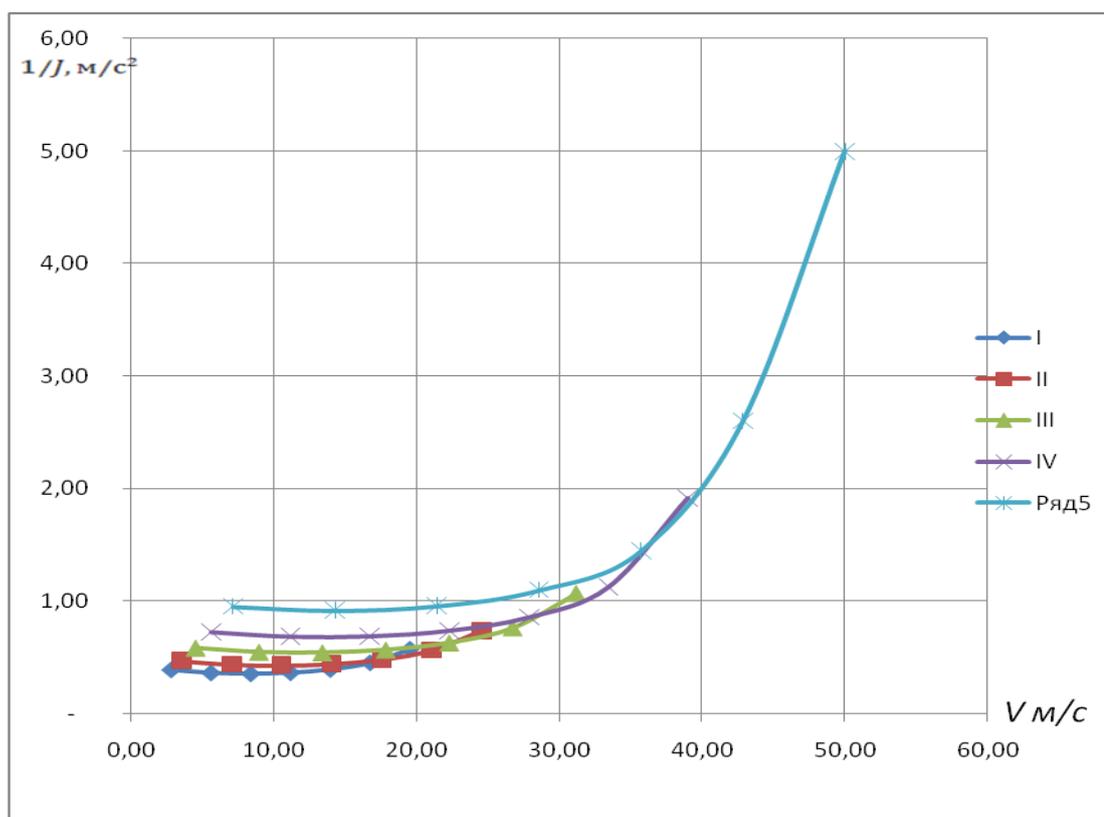


Рисунок 5 - Обратные ускорения автомобиля

«8. Время и путь разгона автомобиля» [12]

$$v_{\text{мин}} = 2,79 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{макс}} = 50 \text{ м/с}$$

$$50 - 2,79 = 47,21$$

$$47,21/8 = 5,90$$

«Определим из графика обратных ускорений величину $1/J$ » [12]

$$t = 0,35 \cdot 5,90 = 2,07 \text{ с}$$

$$t = (0,3 \cdot 5,90) + 2,07 = 3,84 \text{ с}$$

$$t = (0,45 \cdot 5,90) + 3,84 = 6,49 \text{ с}$$

$$t = (0,7 \cdot 5,90) + 6,49 = 10,62 \text{ с}$$

$$t = (1,1 \cdot 5,90) + 10,62 = 17,11 \text{ с}$$

$$t = (1,8 \cdot 5,90) + 17,11 = 27,74 \text{ с}$$

$$t = (2,95 \cdot 5,90) + 27,74 = 45,14 \text{ с}$$

$$t = (5 \cdot 5,90) + 45,14 = 74,65 \text{ с}$$

Расчёты времени разгона представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Время разгона

«Диапазон скоростей, м/с	Время, с	
0 - 8,69	2,07	0,35
0 - 14,59	3,84	0,3
0 - 20,49	6,49	0,45
0 - 26,40	10,62	0,7
0 - 32,30	17,11	1,1
0 - 38,20	27,74	1,8
0 - 44,10	45,14	2,95
0 - 50,00	74,65	5» [12]

На рисунке 6 представлен график времени разгона автомобиля.

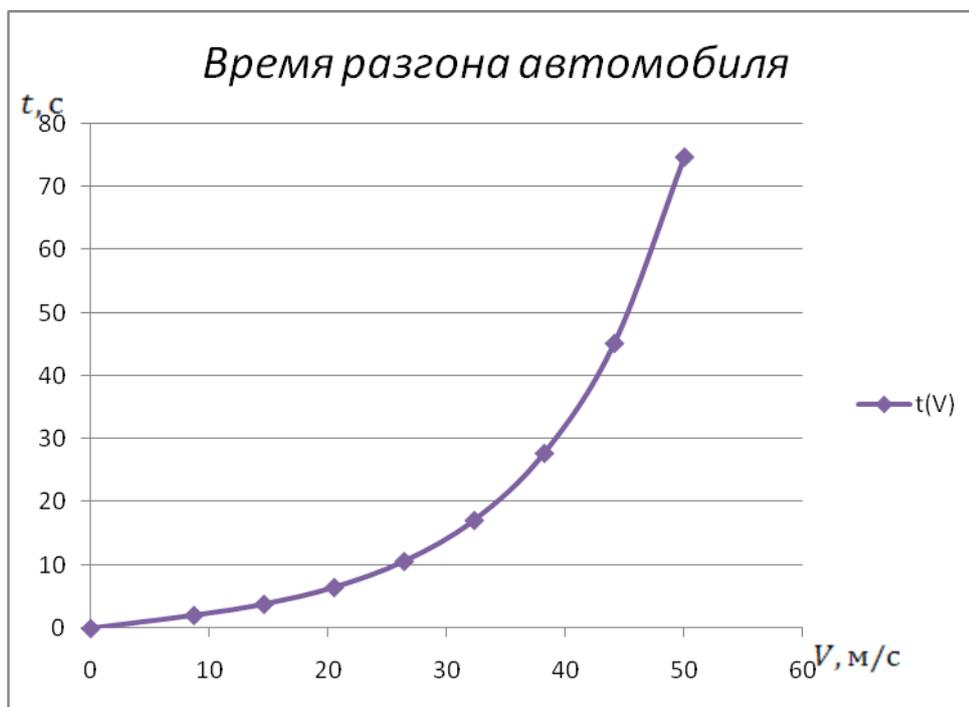


Рисунок 6 – Время разгона автомобиля

$$v_{cp} = \frac{8,69}{2} = 4,35 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(14,59 - 8,69)}{2} + 8,69 = 11,64 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(20,49 - 14,59)}{2} + 14,59 = 17,54 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(26,40 - 20,49)}{2} + 20,49 = 23,44 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(32,30 - 26,40)}{2} + 26,40 = 29,35 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(38,20 - 32,30)}{2} + 32,30 = 35,25 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(44,10 - 38,20)}{2} + 38,20 = 41,15 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(50,0 - 44,10)}{2} + 44,10 = 47,05 \text{ м/с}$$

« t возьмем из таблицы» [12]

$$S = v_{cp} \cdot \Delta t$$

$$S_1 = 4,35 \cdot 2,07 = 9 \text{ м}$$

$$S_2 = 11,64 \cdot (3,84 - 2,07) + 9 = 29,6 \text{ м}$$

$$S_3 = 17,54 \cdot (6,49 - 3,84) + 29,6 = 76,1 \text{ м}$$

$$S_4 = 23,44 \cdot (10,62 - 6,49) + 76,1 = 172,9 \text{ м}$$

$$S_5 = 29,35 \cdot (17,11 - 10,62) + 172,9 = 363,4 \text{ м}$$

$$S_6 = 35,25 \cdot (27,74 - 17,11) + 363,4 = 738,1 \text{ м}$$

$$S_7 = 41,15 \cdot (45,14 - 27,74) + 738,1 = 1454,1 \text{ м}$$

$$S_8 = 47,05 \cdot (74,65 - 45,14) + 1454,1 = 2842,5 \text{ м}$$

Результаты для построения графиков путь разгона представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Путь разгона автомобиля

	«S, м	Время, с
0 - 8,69	9	2,07
0 - 14,59	29,6	3,84
0 - 20,49	76,1	6,49
0 - 26,40	172,9	10,62
0 - 32,30	363,4	17,11
0 - 38,20	738,1	27,74
0 - 44,10	1454,1	45,14
0 - 50,00	2842,5	74,65» [12]

На рисунке 7 представлен путь разгона автомобиля.



Рисунок 7 – Путь разгона автомобиля

На рисунке 8 представлен график интенсивности разгона.

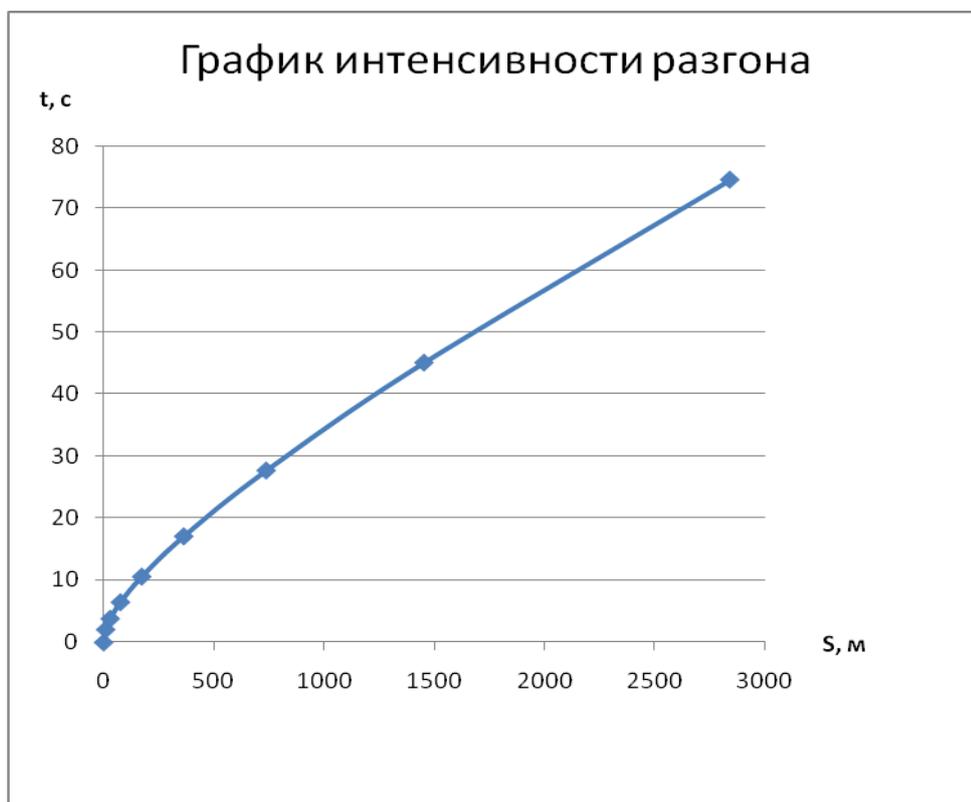


Рисунок 8 – График интенсивности разгона

«9. Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{\Pi} + N_B + N_{и} \quad (21)$$

$$N_f = P_f \cdot V$$

$$N_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot V$$

$$N_B = P_B \cdot V$$

$$N_{и} = P_{и} \cdot V$$

$$N_{д} = P_{д} \cdot V = N_f + N_{\Pi}$$

Расчёты мощностного баланса представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Мощностной баланс

$v, м/с$	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50,00
$N_e, кВт$	14754,72	31669,19	48646,52	63582,1	74378,62	78932,97	75145,1
$N_m, кВт$	13574,34	29135,65	44754,80	58495,5	68428,33	72618,33	69133,49
$N_g, кВт$	142,87	1171,45	3921,59	9314,48	18179,16	31415,55	49901,44
$N_{\delta}, кВт$	1272,32	2756,48	4771,05	7209,29	10602,13	14631,16	20038,08
$N_g + N_{\delta}$	1415,18	3927,94	8692,64	16523,7	28781,29	46046,71	69939,52
$(N_g + N_{\delta}) / N_m$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01» [12]

На рисунке 9 представлены графики мощностного баланса автомобиля.

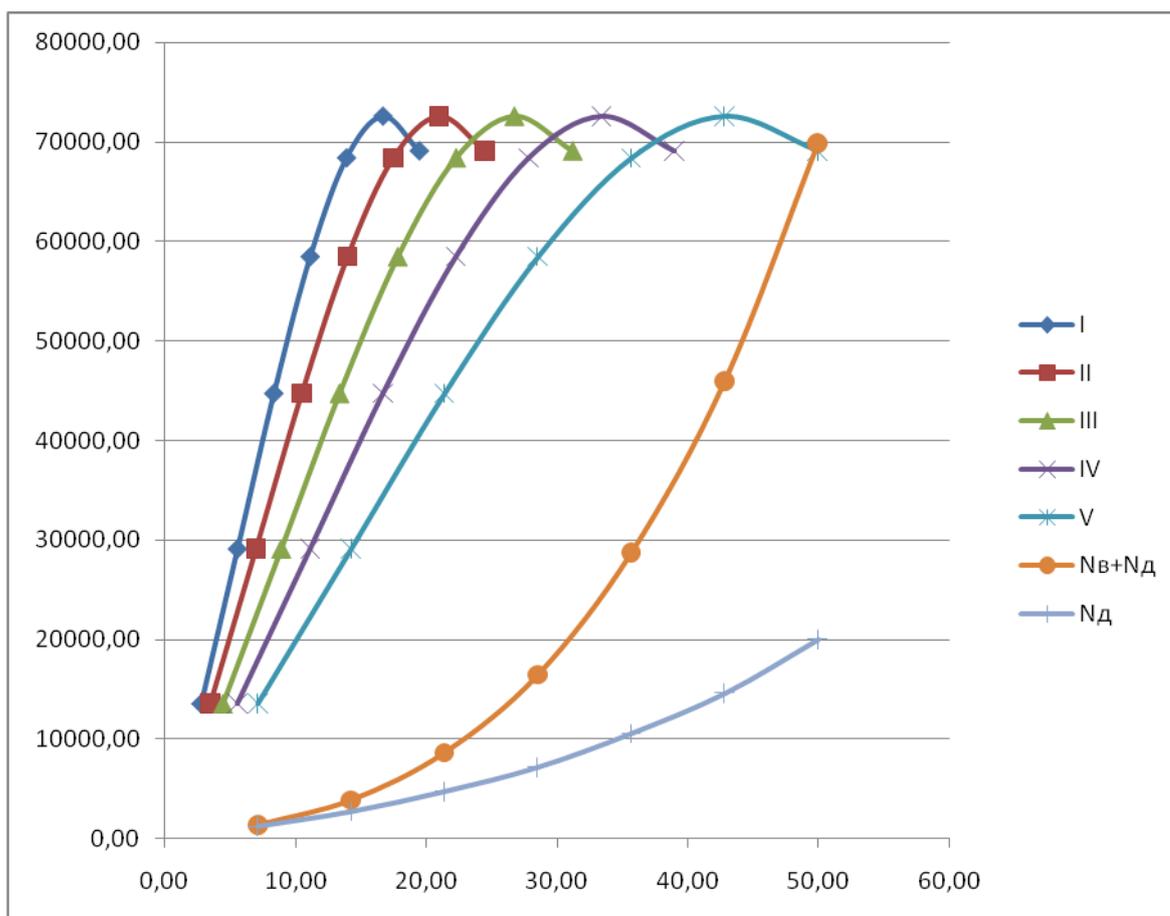


Рисунок 9 - Мощностной баланс автомобиля

«10. Топливно-экономическая характеристика

$$q_{\Pi} = \frac{k_{\text{СК}} \cdot k_{\text{И}} \cdot (P_{\text{Д}} + P_{\text{И}}) \cdot g_{\text{emin}} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{\text{T}} \cdot \eta_{\text{ТР}}} \quad (22)$$

« g_{emin} минимальный эффективный расход топлива

Принимаем равным 340 г/кВт ч

ρ_{T} - плотность топлива

Принимаем равной 0,72 кг/л

Коэффициенты $k_{\text{СК}}$ и $k_{\text{И}}$ определяем по графикам.» [12]

Расчёты топливно-экономической характеристики представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Топливо-экономическая характеристика автомобиля

$V, \text{ м/с}$	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50,00
$\frac{\omega_e}{\omega_N}$	0,16	0,33	0,49	0,66	0,82	0,99	1,15
$k_{ск}$	1,12	1,03	0,99	0,97	0,96	1,01	1,11
$(N_B+N_D)/N_m$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01
$k_{и}$	2,50	2,45	2,00	1,55	1,25	0,95	1,00
$q_{п}$	8,70	10,88	12,60	13,64	15,17	16,17	24,35» [12]

На рисунке 10 представлены графики топливно-экономической характеристики.

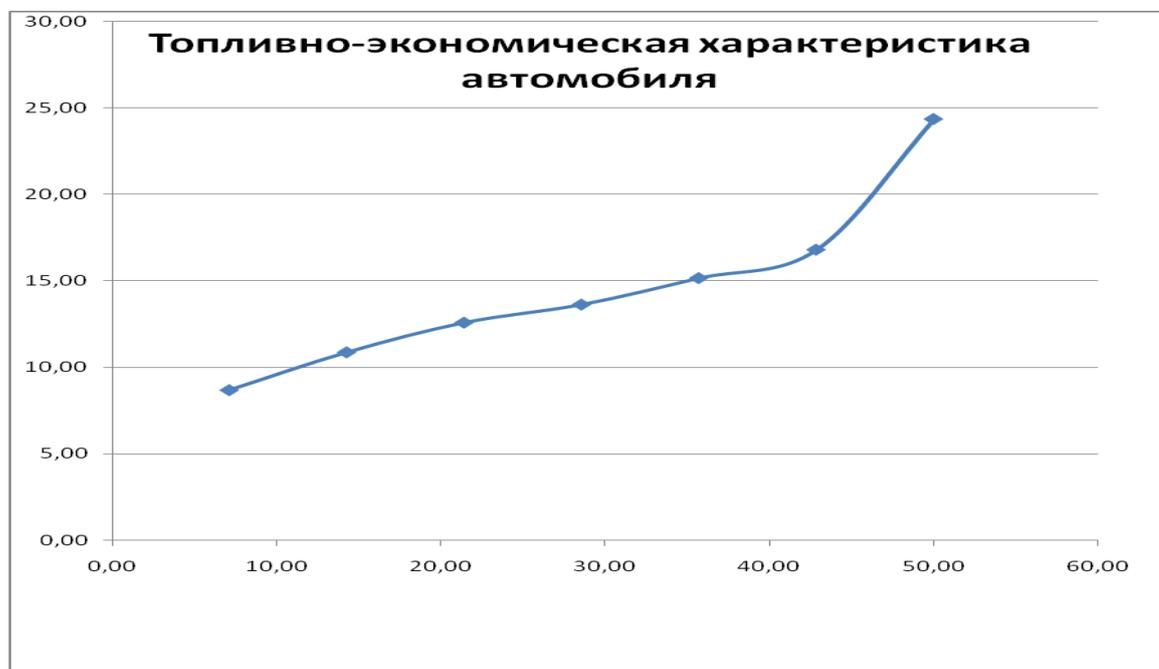


Рисунок 10 – Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Графики тягового расчёта представлены в приложении А.

3. Исследовательская часть

3.1 Стенды для испытаний генераторов

Для проверки работоспособности и снятия характеристик генераторов, используется множество стендов. Они отличаются по стоимости, массе, эффективности и в зависимости от требуемых задач, могут использоваться как целыми научно-исследовательскими отделами, владельцами малого и среднего бизнеса (мастерские, станции технического обслуживания), так и кафедрами различных институтов.

На рисунке 11 представлен стенд Э-250-2, который используется для испытаний автомобильного генератора и стартера.



Рисунок 11 – Стенд Э-250-02 для испытаний генераторов и стартеров

На рисунке 12 представлен другой вид стенда Э-250-02.



Рисунок 12 – Стенд Э-250-02 для испытаний генераторов и стартеров

Данный стенд является глубокой модернизацией известного стенда Э-242. Э-250-02 оснащен современным цифровым устройством, наглядно демонстрирующим режим работы контрольного стенда. Помимо контроля за автомобильным генератором и стартером, также способен регулировать другое электрооборудование: реле-регулятор, обмотку ротора, транзисторов, резисторов и других электрических приборов. Данный вид стенда отличается высокой точностью и скоростью обработки данных. Режим проверки устройства максимально приближен к условиям эксплуатации. Способен работать на различных режимах: имитируемая скорость – 0-120 км/ч, частота вращения ротора генератора (стартера) – 0-10000 об/мин, имеет большие габариты и значительную массу – 400 кг. Такие стенды дорогие и экономически невыгодны малым предприятием, поэтому в большинстве случаев данный вид стенда используют большие концерны и их научно-

исследовательские отделы.

На рисунке 13 представлен испытательный стенд Junior test bench (JTB).



Рисунок 13 – Испытательный стенд Junior test bench (JTB)

Junior test bench – это универсальный и небольшой стенд, использующийся для ускоренных испытаний автомобильных генераторов и стартеров небольшой мощности. Как правильно используется в различных мастерских и станциях технического обслуживания автомобилей. Благодаря

своим небольшим размерам, имеется возможность установки на различные поверхности, в различных местах. Выгодно отличается от рассмотренного выше стенда (Э – 250-02) своей стоимостью, массой и габаритами, однако уступает в точности определения характеристик, имитируемой скорости, и частоте вращений ротора генератора. Испытательный стенд Junior test bench также способен работать со стартерами автомобилей.

На кафедре проектирование и эксплуатация автомобилей института машиностроения Тольяттинского государственного университета, в рамках другой научно-исследовательской работы был разработан и сконструирован стенд для испытаний и снятия характеристик автомобильных генераторов (рисунок 14):

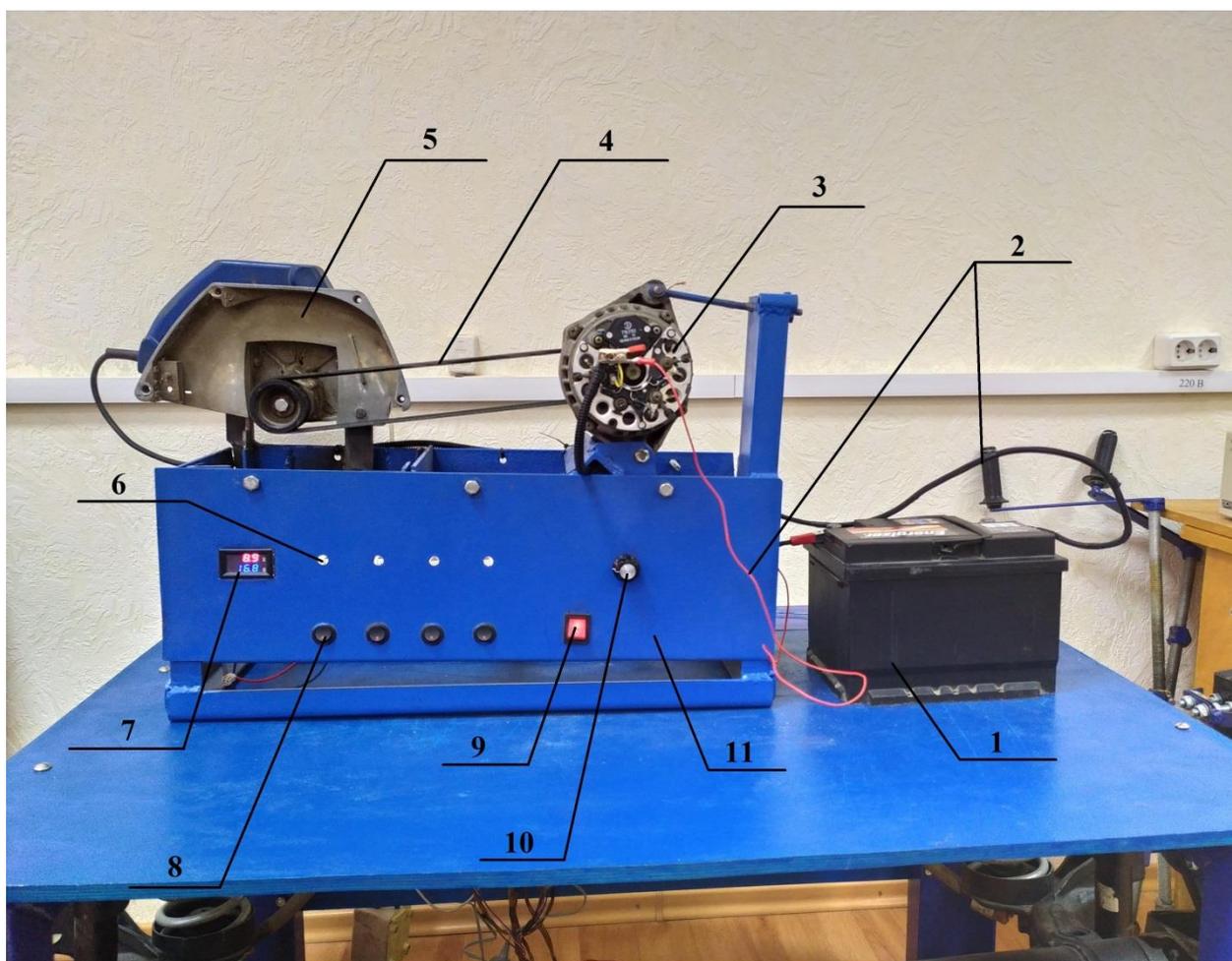


Рисунок 14 – Стенд для испытаний автомобильного генератора

- аккумуляторная батарея,
- провода с зажимами,
- автомобильный генератор переменного тока,
- приводной ремень,
- электродвигатель,
- лампы накаливания (нагрузка),
- электронное табло с показаниями,
- выключатели,
- главный выключатель,
- маховик изменения частоты вращения,
- корпус,

Стенд представляет из себя жёсткий сварной корпус (11), на котором установлены автомобильный генератор (3) и электродвигатель (5). Электродвигатель (5) представляет собой обыкновенную дисковую пилу, имитирующую коленчатый вал двигателя. Передачу крутящего момента между шкивами электродвигателя и генератора, с передаточным отношением 1 к 1 осуществляет приводной ремень (4). В корпусе стенда также установлены: электронное табло с показаниями измерительных приборов (7), 4 лампы накаливания (6), выступающие в роли нагрузки, 4 выключателя (8), маховик с помощью которого регулируется частота вращения шкива электродвигателя (10) и главный выключатель (9). Для создания тока возбуждения в генераторе используется аккумуляторная батарея (1), которая подключена в электрическую цепь проводами с зажимами (2).

В рамках данной научно-исследовательской работы, посвященной характеристикам автомобильного генератора переменного тока – их определению и научному обоснованию, определение характеристик будет производиться с помощью данного стенда.

Спецификация стенда представлена в приложении Б.

3.2 Работа на стенде

В ходе эксплуатации стенда для испытаний генератора автомобиля, возникает вероятность поражения электрическим током, поэтому к работе допускаются студенты, которые показали твёрдые и полные познания в электротехнике и устройстве стенда.

Перед снятием характеристик необходимо убедиться в исправности испытательного стенда, для чего:

- при выключенном питании осмотреть внешний вид стенда, следить за тем, чтобы подвижные части не имели трещин, сколов, мёртвых ходов и иных нарушений, которые во время штатной эксплуатации могут привести к неисправности или травме человека;
- убедиться в надёжном креплении всех частей и механизмов на корпусе стенда;
- убедиться в необходимом уровне натяжения приводного ремня, его посадки на шкивах;
- убедиться в правильности подключения аккумуляторной батареи к системе;

При подключении к системе через провода аккумуляторной батареи, на электронном табло должны появиться показания измерительных приборов (вольтметра и амперметра). Питание электродвигателя осуществляется от сети электроснабжения 220 вольт. Перед подключением электродвигателя к сети, необходимо убедиться в том, что маховик изменения частоты находится в крайнем левом положении. В данном положении вращение передаваться не будет. При повороте маховика по часовой стрелке, возрастает частота вращения шкива электродвигателя и как следствие, частота вращения ротора генератора. Стенд исправен и готов к работе.

3.3 Снятие характеристик генератора переменного тока

При конструировании генераторов, исходя из задач и требований предъявляемых заказчиком, а также требований, которые диктуют современные правила безопасности автомобильного транспорта; возникает необходимость в определении и научном обосновании характеристик автомобильного генератора переменного тока. Полученные характеристики сравниваются и изучаются исследователями: на их основе принимаются решения о разработке или совершенствовании тех или иных автомобильных генераторов.

К основным характеристикам генераторов переменного тока относят:

- внешнюю,
- скоростную регулировочную,
- токоскоростную,

3.3.1 Определение внешней характеристики

Внешняя характеристика представляет из себя зависимость выходного напряжения (U_r) от силы тока (I_r), при постоянной частоте вращения ротора генератора ($n = \text{const}$). Данная характеристика может быть определена как при генераторе с независимым возбуждением, так и при генераторе с самовозбуждением.

Рассмотрим порядок определения внешней характеристики:

- подключаем аккумуляторную батарею к системе;
- подключаем электродвигатель в сеть;
- увеличиваем число оборотов ротора генератора до тех пор, пока генератор не будет вырабатывать достаточно энергии, для питания всех потребителей и заряда аккумуляторной батареи;

- на электронном табло снимаем показания вольтметра и амперметра;
- при неизменных оборотах подключаем в сеть нагрузку (лампу) и снимаем показания измерительных приборов;
- при неизменных оборотах подключаем ещё одну нагрузку (лампу) и снимаем показания измерительных приборов;
- повторяем действия описанные в пункте 6, до получения всех необходимых результатов;

Результаты полученных представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Внешняя характеристика автомобильного генератора переменного тока при независимом возбуждении

Кол-во ламп	0	1	2	3	4
$U_r, В$	14	13,2	12,3	10	2,1
$I_r, А$	0	6,67	12,34	18	25

По полученным данным, строим наглядный график зависимости напряжения генератора к силе тока, при постоянной частоте (рисунок 15):

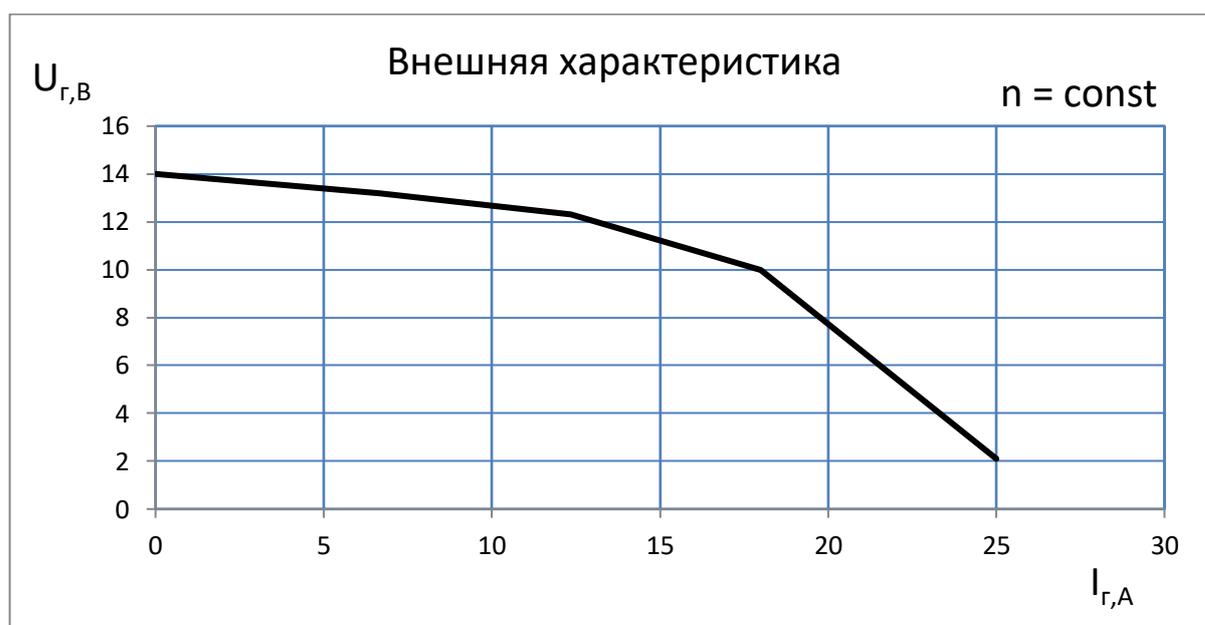


Рисунок 15 – Внешняя характеристика генератора переменного тока с независимым возбуждением

На рисунке 4 по оси абсцисс отмечены показания амперметра, на оси ординат - показания вольтметра. Анализируя данный график, можно прийти к выводу, что при подключении всё большего количества потребителей выходное напряжение генератора падает. В свою очередь выходной ток, при подключении всё большего количества потребителей растёт.

Снижение выходного напряжения происходит по нескольким причинам, в числе которых:

- падение напряжения в активном и индуктивном сопротивлениях обмоток «звезды» или «треугольника»;
- антимагнитного действия реакции ротора генератора и уменьшении магнитного потока в зазоре;
- снижения разности потенциалов на цепи выпрямителя;

Обработав данные, которые получены в результате исследования, можно сделать вывод о максимальном значении выходного тока (исходя из внешних условий), который может обеспечиваться при заданном или регулируемом значении напряжения.

3.3.2 Определение скоростной регулировочной характеристики

Скоростная регулировочная характеристика представляет из себя зависимость силы тока в цепи обмотки ротора генератора (I_p) от частоты вращения генератора, при постоянном напряжении генератора (U_T).

Данная характеристика определяется при разных значениях тока на выходе генератора (I_T). Для наглядного изучения полученной характеристики, принято решение определить данную характеристику по трём значениям тока нагрузки: номинальному (4 лампы), минимальному и токе нагрузки равном половине номинального (2 лампы).

Для получения минимального значения тока в цепи обмотки ротора

генератора, необходимо чтобы ток нагрузки был минимальный, а обороты ротора генератора – максимальны.

Рассмотрим порядок определения значение тока в обмотке ротора генератора, при минимальном значении тока нагрузки:

- подключаем аккумуляторную батарею к системе;
- подключаем электродвигатель в сеть;
- отключаем все потребители на выходе генератора;
- подключаем амперметр для определения силы тока в обмотке возбуждения ротора генератора;
- увеличиваем число оборотов ротора генератора до тех пор, пока на амперметре не будет определяться максимальное значение силы тока (3А);
- выписываем показания амперметра и частоты вращения генератора;
- увеличивая частоту вращения генератора до максимальных ($n \approx 6000$), повторяем действия описанные в пункте б, до получения всех необходимых данных.

Результаты полученных данных представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Значение тока в обмотке ротора генератора, при минимальном значении тока нагрузки

$n, \text{мин}^{-1}$	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
$I_p, \text{А}$	3	2	1,45	1,12	0,93	0,75	0,57	0,42	0,33

Рассмотрим порядок определения значение тока в обмотке ротора генератора, при номинальном значении тока нагрузки:

- подключаем аккумуляторную батарею к системе;
- подключаем электродвигатель в сеть;
- подключаем в сеть нагрузку (лампу) для получения номинального значения тока нагрузки;

- подключаем амперметр для определения силы тока в обмотке возбуждения ротора генератора;
- увеличиваем число оборотов ротора генератора до тех пор, пока на амперметре не будет определяться максимальное значение силы тока (3А);
- выписываем показания амперметра и частоты вращения генератора;
- увеличивая частоту вращения генератора до максимальных ($n \approx 6000$), повторяем действия описанные в пункте 6, до получения всех необходимых данных;

Результаты полученных данных представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Значение тока в обмотке ротора генератора, при номинальном значении тока нагрузки

$n, \text{ мин}^{-1}$	2500	3000	3500	4000	5000	6000
$I_p, \text{ А}$	3	2,58	2,19	1,91	1,55	1,37

Рассмотрим порядок определения значение тока в обмотке ротора генератора, при значении тока нагрузки равным половине номинального:

- подключаем аккумуляторную батарею к системе;
- подключаем электродвигатель в сеть;
- подключаем в сеть нагрузку (лампы) для получения тока нагрузки равного половине номинального;
- подключаем амперметр для определения силы тока в обмотке возбуждения ротора генератора;
- увеличиваем число оборотов ротора генератора до тех пор, пока на амперметре не будет определяться максимальное значение силы тока (3А);
- выписываем показания амперметра и частоты вращения генератора;
- увеличивая частоту вращения генератора до максимальных ($n \approx 6000$),

повторяем действия описанные в пункте 6, до получения всех необходимых данных;

Результаты полученных данных представлены в таблице 18.

Таблица 18 - Значение тока в обмотке ротора генератора, при значении тока нагрузки равным половине номинального

$n, \text{ мин}^{-1}$	1750	2250	2750	3250	3750	4250	5250	6000
$I_p, \text{ А}$	3	2,29	1,82	1,51	1,25	1,05	0,84	0,71

По полученным данным, строим наглядный график зависимости силы тока в цепи обмотки ротора генератора (I_p) от частоты вращения генератора, при постоянном напряжении генератора (рисунок 16):

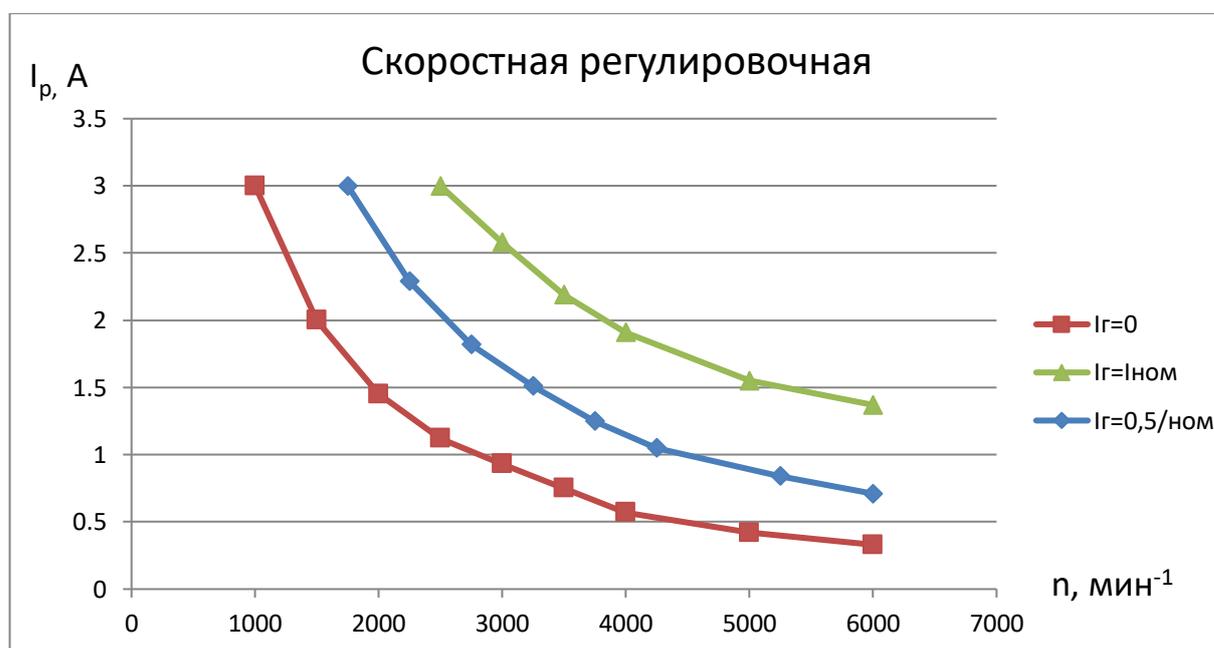


Рисунок 16 – Скоростная регулировочная характеристика

На рисунке 5 по оси абсцисс отмечена частота вращения ротора генератора, на оси ординат – показания амперметра в цепи обмотки ротора генератора. Таким образом, анализируя данные графики, можно прийти к выводу, что скоростную регулировочную характеристику необходимо

определять при разных значениях выходного тока (тока нагрузки). Разные значения силы тока на выходе позволяют, более точно определить значения силы тока, которая возникает в цепи обмотки ротора генератора. Например, изучая полученные графики скоростной регулировочной характеристики, можно наглядно и точно определить диапазон изменения силы тока в цепи обмотки ротора генератора, при разных значениях выходного тока и постоянном напряжении.

3.3.3 Определение токоскоростной характеристики

Токоскоростная характеристика имеет, пожалуй, определяющее значение при разработке, создании и модернизации автомобильных генераторов переменного тока. Данная характеристика представляет из себя зависимость выходного тока генератора (I_r), от частоты вращения ротора генератора (n) при постоянном напряжении на выходе генератора.

Рассмотрим порядок определения токоскоростной характеристики генератора:

- подключаем аккумуляторную батарею к системе;
- подключаем электродвигатель в сеть;
- увеличиваем число оборотов ротора генератора до тех пор, пока сила выходного тока не станет отличной от нуля;
- на электронном табло снимаем показания амперметра и показания частоты вращения ротора генератора;
- увеличивая частоту вращения генератора до максимальных ($n \approx 6000$), повторяем действия описанные в пункте 4, до получения всех необходимых данных;

Результаты полученных данных представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Скоростная регулировочная характеристика автомобильного генератора переменного тока

$n, \text{мин}^{-1}$	2000	2200	2700	3200	4000	4500	5000	5500	6000	8000
$I_r, \text{А}$	0	20,11	38,23	51,71	63,38	69,14	73,77	76,46	77,91	80

По полученным данным, строим наглядный график зависимости выходного тока генератора (I_r), от частоты вращения ротора генератора (n) при постоянном напряжении на выходе генератора (рисунок 17):

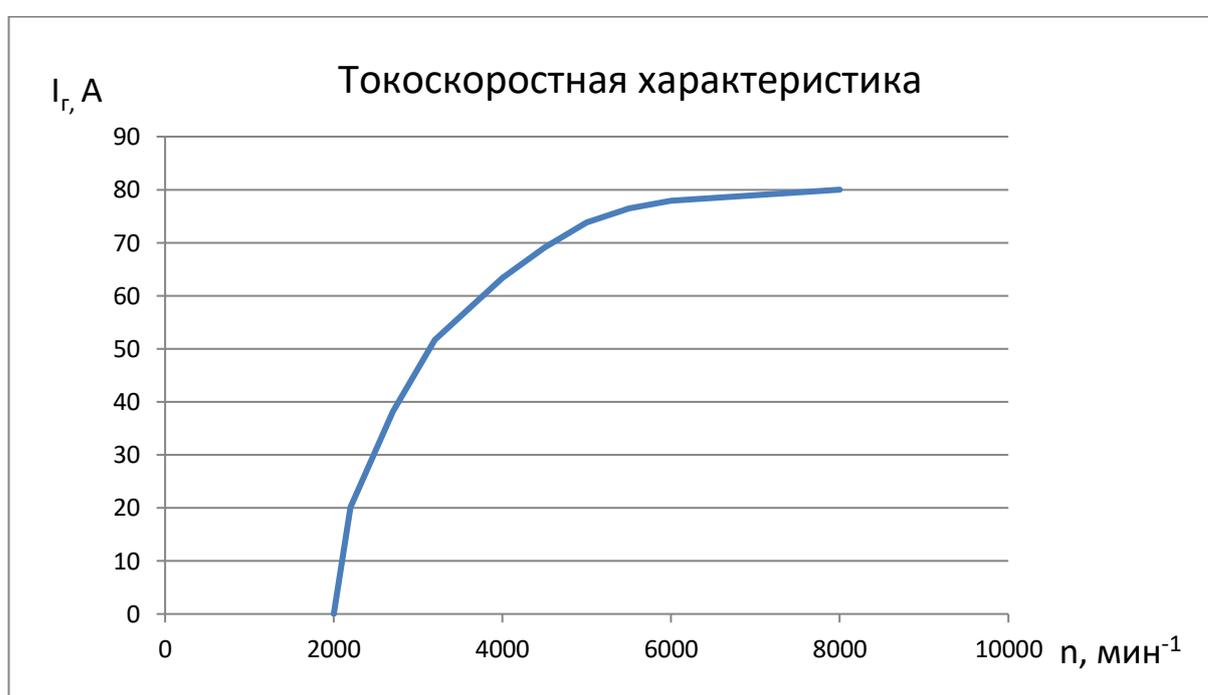


Рисунок 17 – Токоскоростная характеристика автомобильного генератора переменного тока

На рисунке 6 по оси абсцисс отмечена частота вращения ротора генератора, на оси ординат – показания выходного тока генератора.

Полученная в данном исследовании токоскоростная характеристика, считается одной из наиболее показательных характеристик и является определяющей для выбора и усовершенствования того или иного автомобильного генератора переменного тока.

На основе полученного графика зависимостей, можно сделать несколько выводов: по мере увеличения числа оборотов, выходной ток генератора увеличивается всё медленнее, асимптотически стремясь к какому-то предельному значению; участвовавший в исследовании генератор имеет максимальную величину выходного тока, примерно равной 80 А, при частоте вращения равной 6000 об/мин.

Все современные автомобильные генераторы переменного тока имеют свойство к самоограничению максимального выходного тока. Прежде всего это связано с тем, что с увеличением частоты вращения якоря генератора, а следовательно и увеличения частоты вращения индуцированного в обмотке статора переменного тока, увеличивается индуктивное сопротивление на якоре генератора, пропорционально квадрату числа витков в фазе.

Выводы по разделу

Подводя итоги данного раздела, хотелось бы обратить внимание на то, как важна в развитии того или иного проекта исследовательская часть. В данном разделе были сняты, обработаны, и построены графики основных характеристик генератора переменного тока. На основе графиков данных характеристик получена исчерпывающая информация о технических характеристиках данного генератора переменного тока. На основе полученных исследований, можно выбирать стратегию дальнейшего развития всего электрооборудования автомобиля.

4. Безопасность и экологичность объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика стенда для испытаний автомобильных генераторов

К работе на стенде допускаются студенты, показавшие твёрдые и полные знания электротехники и устройства стенда. Перед работой, преподавателям необходимо убедиться в работоспособности и вменяемости студента: его знаний и умений в обращении со стендом. «В целях охраны труда следует проводить инструктаж рабочих и служащих по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и другим правилам охраны труда.

Существует несколько видов инструктажа. Был проведен вводный инструктаж, который обязаны пройти все вновь поступающие на предприятие, а также командированные и учащиеся, прибывшие на практику.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей на протяжении рабочей смены надо устанавливать регламентированные перерывы. Для работников участка с учетом их категории работы и уровня тяжести следует установить регламентированные перерывы через два часа от начала рабочей смены и через 1,5÷2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы.» [10]

Стенд и рабочее место представлен на рисунке 18:

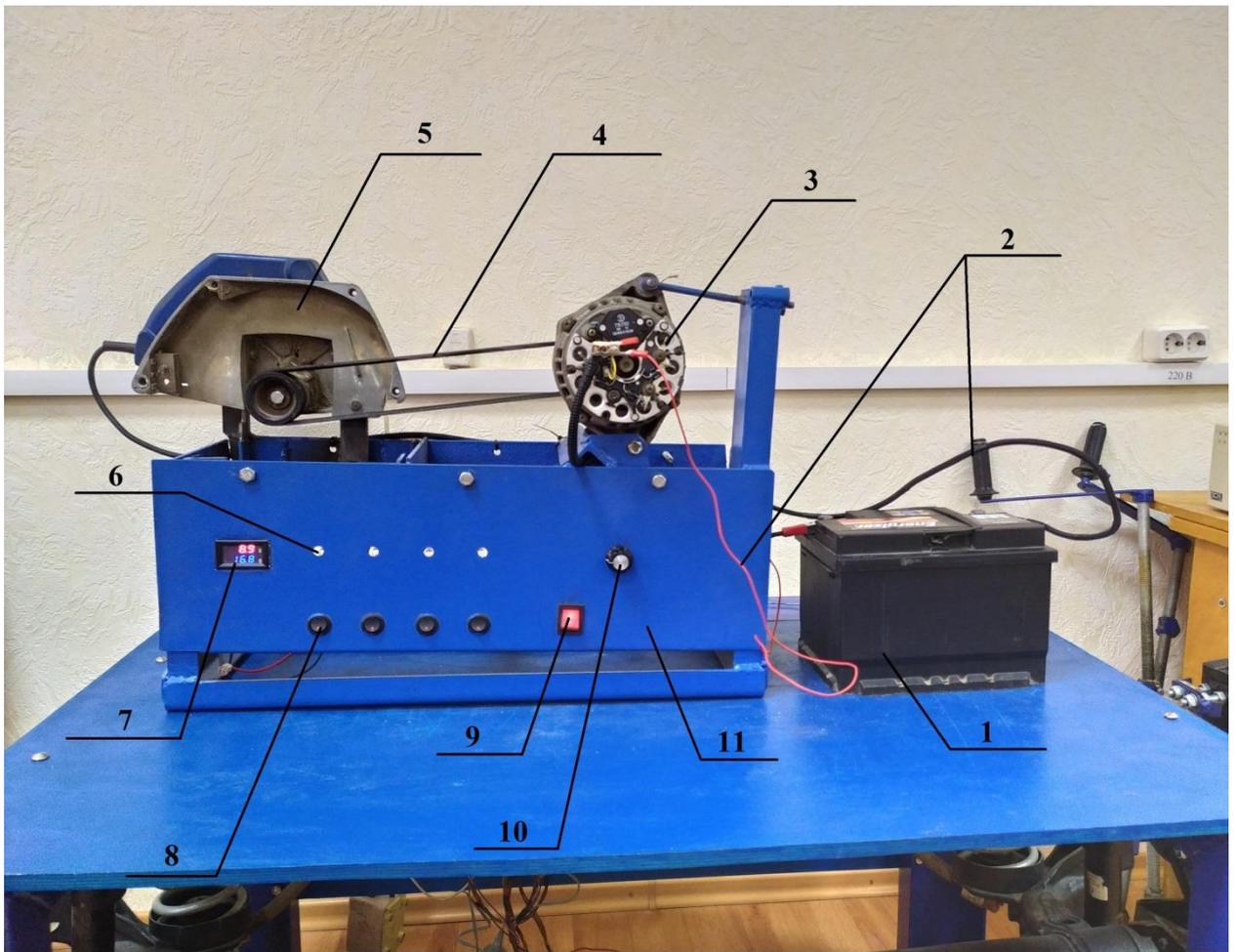


Рисунок 18 – Стенд для испытаний автомобильного генератора

- аккумуляторная батарея,
- провода с зажимами,
- автомобильный генератор переменного тока,
- приводной ремень,
- электродвигатель,
- лампы накаливания (нагрузка),
- электронное табло с показаниями,
- выключатели,
- главный выключатель,
- маховик изменения частоты вращения,
- корпус,

Стенд представляет из себя жёсткий сварной корпус (11), на котором установлены автомобильный генератор (3) и электродвигатель (5). Электродвигатель (5) представляет собой обыкновенную дисковую пилу, имитирующую коленчатый вал двигателя. Передачу крутящего момента между шкивами электродвигателя и генератора, с передаточным отношением 1 к 1 осуществляет приводной ремень (4). В корпусе стенда также установлены: электронное табло с показаниями измерительных приборов (7), 4 лампы накаливания (6), выступающие в роли нагрузки, 4 выключателя (8), маховик с помощью которого регулируется частота вращения шкива электродвигателя (10) и главный выключатель (9). Для создания тока возбуждения в генераторе используется аккумуляторная батарея (1), которая подключена в электрическую цепь проводами с зажимами (2).

В рамках данной научно-исследовательской работы, посвященной характеристикам автомобильного генератора переменного тока – их определению и научному обоснованию, определение характеристик будет производиться с помощью данного стенда.

Для работы на стенде необходимы следующие предметы:

- мультиметр,
- испытуемый генератор,
- провода с клеммами,
- аккумуляторная батарея,

При работе на стенде ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- отвлекаться и вступать в посторонние разговоры, при подключенном стенде к сети 220вольт;
- иметь мешковатую выпирающую одежду и распушенные рукава;
- прикасаться к подвижным частям до момента их полной остановки;

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В процессе написания научно-исследовательской работы, а также в процессе работы на исследовательском стенде, были выявлены следующие факторы профессионального риска (таблица 20):

Таблица 20 – Идентификация профессиональных рисков

Вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Снятие характеристик генератора 94.3701	Поражение электрическим током	Напряжение 220 В
	Ожоги при соприкосновении с сильно нагретыми деталями стенда	Сильно нагретые в процессе работы узлы и механизмы исследовательского стенда
	Травмы нанесённые вращающимися частями стенда	Подвижные части или части которые приходят в подвижность при работе на стенде
	Тряска, излишние шумы и вибрации	Работа узлов и деталей стенда, при соприкосновении друг с другом
	Недостаточная освещенность рабочего места	Работа в учебном классе, недостаток приборов освещения

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Выше были идентифицированы и рассмотрены факторы профессионального риска. В процессе работы и написания научно-исследовательской работы, основываясь на строгих правилах нормативно правовых документов, были разработаны методы частичного или полного снижения влияние данных профессиональных рисков (таблица 21):

Таблица 21 – Методы устранения влияния опасных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты студента
1	2	3
Поражение электрическим током	Проверить всю проводку на наличие повреждений, в процессе работы со стендом периодически проверять кабеля и отключать электрические приборы, чтобы избежать перегрева	Прорезиненные перчатки, прорезиненная обувь, спец. костюмы, защитные очки и др.
Ожоги при соприкосновении с сильно нагретыми деталями стенда	Засечь очаги наиболее сильного нагрева, принять меры для ограничения доступа к данным местам или методы для охлаждения участков	
Травмы нанесённые вращающимися частями стенда	Не допускать к работе на стенде студентов с распущенными волосами, имеющих мешковатую, сильно выпирающую одежду и распущенные рукава	
Тряска, излишние шумы и вибрации	Использовать демпферы и другие ЭВО материалы в процессе работы на стенде	
Недостаточная освещенность рабочего места	Изучить освещенность рабочего места, принять меры для установки дополнительных источников света	

4.4 Разработка и использование средств индивидуальной защиты

В процессе работы на стенде для испытаний автомобильных генераторов необходимо строго следить за правильным и рациональным использованием средств индивидуальной защиты студента. Для сохранения здоровья студента при работе на стенде необходимо применять: защитный фартук, защитные очки, прорезиненные перчатки, обувь на резиновой подошве, наушники или беруши.

Для уменьшения влияния вредных и опасных производственных факторов предложены следующие мероприятия:

- проверить все кабеля на наличие повреждений, в процессе работы со стендом, периодически проверять проводку и отключать электрические приборы чтобы избежать перегрева;

- проверить освещенность помещения, оно должно быть достаточным и равномерным;
- использовать демпферы и другие ЭВО материалы для уменьшения шумов и вибраций;

4.5 Обеспечение электробезопасности при работе на стенде

«По степени опасности поражения электрическим током помещение относится ко 2 классу(помещения с повышенной опасностью), так как на участке возможно прикосновение работающих к электрооборудованию и металлоконструкциям или инженерному оборудованию имеющему связь с землёй. К этой группе помещений относятся механические цеха и участки с нормальной температурой, влажностью без выделения пыли, но с токопроводящими полами.

В качестве средств защиты от поражения электрическим током необходимо использовать:

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитному заземлению подлежат металлические части электроустановок, доступные для соприкосновения с ними человека и не имеющие других видов защиты.» [10]

4.6 Обеспечение пожарной безопасности при работе на стенде

В результате проведения работ на стенде в классе необходимо предусмотреть возможные факторы возникновения пожара (таблица 22):

Таблица 22 – Идентификация классов и факторов возгораний

Объект, место	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Рабочий класс, кабинет	Стенд ТГУ для испытаний автомобильного генератора	Класс Е	Пламя и искры, выделения ядовитых соединений	Горение пластмассы, краски на стенах, обшивки и другого материала, находящегося под электрическим напряжением, образование токсичных веществ

Для создания необходимой пожарной безопасности в помещении необходимо иметь в наличии следующие виды средств пожаротушения (таблица 23):

Таблица 23 – Виды средств для обеспечения пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения»	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [3]
Огнетушитель	Пожарные автомобили	Пожарные гидранты	Пожарная сигнализация	Огнетушители	Защитный экран, СИЗ органов дыхания	Пожарный топор, лом, багор, крюк, лопата, устройство для резки воздушной линии	01 или 112

«Помещение участка относится к категории « В » по взрывопожарной и пожарной безопасности, т.к. в нем находятся сгораемые вещества (краска).» [9]

«При возгорании в таких помещениях необходимо использовать в зависимости от класса пожара огнетушащие средства: класс «Е»

(электроустановки) – порошковые огнетушители вместимостью 2(2)л; хладоновые огнетушители вместимостью 2 (3) л; углекислотные огнетушители вместимостью 5 (8)л , класс «А» (твердые горючие материалы) и «В» (плавящиеся при нагревании материалы) - пена, порошки, распылённая вода. При тушении пожара класса «В» могут быть использованы стационарные автоматические установки пожаротушения.» [9]

«Помещение оборудовано охраннопожарной сигнализацией, извещающей органы пожарной охраны (предприятия, города) о пожаре и месте его возникновения - обеспечивается автоматической (при помощи датчиков-извещателей) или неавтоматической (нажатием кнопки) пожарной сигнализацией, а также при помощи радио- и телефонной связи.» [10]

4.7 Экологическая безопасность при работе на стенде

В процессе работы на стенде для испытаний автомобильных генераторов переменного тока не было выявлено негативных экологических факторов, оказывающих влияние на внешнюю среду. Вредные выбросы в процессе штатной работы не образуются в виду того, что стенд работает на электричестве. Утилизация отработанных агрегатов и веществ выполняется с возможно более эффективным использованием переработанных материалов во вторсырье. Электрическое излучение и магнитное излучение является пренебрежимо малыми и не оказывают негативного влияния на человека и другие электроприборы.

Шумы и вибрации возникающие в процессе использования стенда легко устранимы и ограничены в рамках рабочего кабинета.

Выводы по разделу

В разделе «Безопасность и экологичность объекта» были рассмотрены конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики стенда для испытаний автомобильных генераторов. Проведён анализ полученных профессиональных рисков, разработаны методики для уменьшения или полного исключения факторов профессионального риска. Во время работы со стендом используются средства индивидуальной защиты органов зрения человека, частей тел. На рабочем месте проанализированы риски возникновения очагов возгорания, созданы методы для борьбы с пожаром и минимизацию рисков получения травм при работе на стенде.

По полученным данным, можно сделать вывод о безопасном и экологичном использовании данного стенда.

5. Экономическое обоснование и эффективность научно-исследовательской работы

Автомобильная отрасль занимает значительную часть экономик развитых государств. Ежегодно множество исследовательских отделов автомобильной промышленности, специализирующихся на создании безрельсовых транспортных средств (автомобилей, мотоциклов и др.), принимают меры для уменьшения затрат на производство. Исследуются экономические зависимости слоёв общества имеющих разные степени дохода, разрабатываются алгоритмы снижения затрат на всех участках производства, совершенствуются отдельные узлы и агрегаты, проводятся сравнения с другими автопроизводителями.

Электрооборудование автомобиля, является одной из систем готового продукта и влияет на конечную стоимость автомобиля. Постоянно ведутся работы по совершенствованию электрооборудования, повышения его надёжности, пожароустойчивости, соблюдением мер активной, пассивной и экологической безопасности. Всё вышперечисленное подтверждает необходимость создания образцов лабораторного (учебного) оборудования, которое выступает также для проведения НИР и НИОКР.

В рамках данного дипломного проекта потребовалось определить экономическую эффективность и обоснование затрат на научно-исследовательскую деятельность проведённую с помощью стенда для испытаний автомобильных генераторов.

5.1 Определение содержания и списка мероприятий для выполнения научно-исследовательской работы

Экономическая эффективность – это конечное значение, которое определяется в соотношении результатов полученных человеком, к соотношению всех затрат на проведение тех или иных научных работ или затрат возникающих во время их производства. Оно предполагает как можно большую прибыль от рынка при минимальных затратах на производство.

Выполняя данный дипломный проект возникла необходимость как в строгой и точной разработке мероприятий исследований, так и в разработке последовательности каждого этапа этих исследований. В научно-исследовательской деятельности необходимо в строгой последовательности придерживаться разработанных мероприятий для сохранения должного уровня экономической эффективности всего проекта. В таблице 24, приведён список разработанных мероприятий при выполнении НИР.

Таблица 24 - Список проводимых мероприятий при выполнении НИР

Стадии проведения исследований	Этапы НИР	Состав выполняемых работ
1	2	3
Преддипломная стадия	Оформление первых страниц, введения, поиск дополнительного оборудования	1. Оформление задания НИР
		2. Глубокий анализ задач. Поиск источников информации
Теоритическая часть	Выполнение теоритической части научного исследования	3. Анализ автомобильных генераторов
		4. Изучения технических характеристик и конструкции стенда
		5. Разработка мер безопасности при исследованиях на стенде

Продолжение таблицы 24

Стадии проведения исследований	Этапы НИР	Состав выполняемых работ
1	2	3
Практическая (экспериментальная) часть	Выполнение исследований НИР, разработка чертежей, выполнение плановых работ и методик	6. Выполнение тягово-динамического расчёта автомобиля
		7. Определение внешней характеристики
		8. Определение скоростной регулировочной характеристики
		9. Определение токоскоростной характеристики
		10. Расчёт экономической эффективности НИР
Заключительная часть	Обработка, обобщение и оформление полученных данных. Общий вывод	11. Оформление полученных характеристик
		12. Оформление заключения мер безопасности проекта
		13. Оформление заключения экономической эффективности НИР
		14. Оформление пояснительной записки к дипломному проекту

5.2 Определение трудоёмкости и суммарной длительности НИР

«В настоящее время трудоёмкость проведения научно-исследовательской работы (НИР) в большинстве случаев определяется экспериментальным путём или по эмпирическим формулам, полученным и выведенным в результате проведения эксперимента. Основой такого метода определения трудоёмкости является то, что трудоёмкость (НИР) представляется как функция от длительности цикла её проведения и количества участников.»[4]

$$T = f \times (D_{\text{ц}} \times P) \quad (23)$$

«Где $D_{\text{ц}}$ – длительность цикла выполнения научно-исследовательской работы, дни;

Р – количество участников, участвующих при выполнении НИР.»[5]

«Определение трудоёмкости выполнения каждой работы проводим на основании системы экспериментальных оценок и, как правило, методе трёх оценок (T_{min} , T_{max} , $T_{ож}$). Одновременно производим распределение исполнителей по всем видам работ и определение длительности цикла выполнения этапов и всей работы с учётом принятой численности исполнителей.

Ожидаемую трудоёмкость при выполнении каждой работы ($T_{ож}$) определяем по формуле 1.1:»[4]

$$T_{ож} = \frac{(3T_{min} + 2T_{max})}{5} \quad (24)$$

«Где T_{min} – оптимистическая оценка трудоёмкости;

T_{max} – пессимистическая оценка трудоёмкости.

Ожидаемая трудоёмкость выполнения каждого этапа определяется как сумма трудоёмкости выполнения входящих в данный этап работ.

Зная ожидаемую трудоёмкость выполнения работ и этапов, определяем длительность цикла их выполнения с учётом численности задействованных исполнителей по формуле 1.2:»[4]

$$T_{ц} = \frac{T_{ож}}{P} \quad (25)$$

«Количество исполнителей, задействованных в проведении научно-исследовательской работы, принимаем равным $P = 3$ человека.»[4]

«Полученные результаты представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Определение трудоемкости и суммарной длительности

№ этапов.	№ работ.	Трудоёмкость выполнения работ, дней.			Численность работников.				Длительность выполнения работ и этапов с учётом численности работников, дней.
		T _{мин}	T _{max}	T _{ож}	Науч. руководители проекта	Старшие преподаватели других кафедр	Студент	Итого	
1	1	4	5	6	6	7	8	21	11
	2	3	8	5	1		1	2	3
	3	9	14	11	1		1	2	6
Итого				22					20
2	4	9	14	11	1		1	2	3
	5	3	8	5	1		1	2	3
	6	9	14	11		1	1	2	6
Итого				27					12
3	7	11	16	13	1		1	2	7
	8	3	8	5	1		1	2	3
	9	3	8	5	1		1	2	3
	10	3	8	5	1		1	2	3
	11	3	8	5	1		1	2	3
	12	11	16	13		1	1	2	7
Итого				46					26
4	13	13	18	15	1		1	2	8
	14	9	14	11		1	1	2	6
	15	9	14	11		1	1	2	6
	16	11	16	13	1		1	2	7
	17	9	14	11			1	1	11
Итого				61					38
Всего				156					96» [4]

«В результате проведения данной научно-исследовательской работы ожидаемая трудоёмкость всех работ составляет 96 человека-дней, а длительность цикла выполнения всей работы с учётом вовлечённых в неё лиц составляет 96 дней.

Прежде чем перейти к созданию сетевого графика, необходимо составить список событий и проводимых мероприятий (таблица 26).» [4]

Таблица 26 – Список событий и проводимых мероприятий НИР

№ события.	Наименование работ и событий.	Шифр работ.	Продолжительность работ, дни.
0.	Решение о выполнении научно-исследовательской работы.		
1.	Оформления задания НИР.	1-2	1
2.	Глубокий анализ задач. Поиск источников информации.	3-4	7
3.	Анализ автомобильных генераторов.	5-6	7
4.	Изучение технических характеристик и конструкции стенда.	7-8	5
5.	Разработка мер безопасности при исследованиях на стенде	9-10	4
6.	Выполнение тягово-динамического расчёта автомобиля	11-12	5
7.	Определение внешней характеристики	13-14	2
8.	Определение скоростной регулировочной характеристики	13-14	2
9.	Определение токоскоростной характеристики	14-15	2
10.	Расчёт экономической эффективности НИР	15-16	4
11.	Оформление полученных характеристик	16-17	2
12.	Оформление заключения мер безопасности проекта	17-18	3
13.	Оформление заключения экономической эффективности НИР	18-19	2
14.	Оформление пояснительной записки к дипломному проекту.	18-19	12

5.3 Определение ранних и поздних сроков свершения события и оптимизация сетевого графика

«Расчёт ранних сроков свершения события производим по формуле 2:

$$T_{pi+1} = T_{pi} + D_{i-(i+1)} \quad (26)$$

$$T_{p1} = T_{p0} + D_{0-1} = 0 + 2 = 2$$

$$T_{p2} = T_{p1} + D_{0-2} = 0 + 5 = 5$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p3}^1 = T_{p1} + D_{1-3} = 2 + 0 = 2 \\ T_{p3}^2 = T_{p2} + D_{2-3} = 5 + 5 = 10 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 10$$

$$T_{p4} = T_{p3} + D_{3-4} = 10 + 2 = 12$$

$$T_{p5} = T_{p4} + D_{4-5} = 12 + 5 = 17$$

$$T_{p6} = T_{p4} + D_{4-6} = 12 + 6 = 18$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p7}^1 = T_{p5} + D_{5-7} = 17 + 2 = 19 \\ T_{p7}^2 = T_{p6} + D_{6-7} = 18 + 0 = 18 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 19$$

$$T_{p8} = T_{p7} + D_{7-8} = 19 + 2 = 21$$

$$T_{p9} = T_{p8} + D_{8-9} = 21 + 2 = 23$$

$$T_{p10} = T_{p8} + D_{8-10} = 21 + 2 = 23$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p11}^1 = T_{p9} + D_{9-11} = 23 + 0 = 23 \\ T_{p11}^2 = T_{p10} + D_{10-11} = 23 + 6 = 29 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 29$$

$$T_{p12} = T_{p11} + D_{11-12} = 29 + 7 = 36$$

$$T_{p13} = T_{p12} + D_{12-13} = 36 + 5 = 41$$

$$T_{p14} = T_{p12} + D_{12-14} = 36 + 5 = 41$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p15}^1 = T_{p13} + D_{13-15} = 41 + 6 = 47 \\ T_{p15}^2 = T_{p14} + D_{14-15} = 41 + 0 = 41 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 47$$

$$T_{p16} = T_{p15} + D_{15-16} = 47 + 10 = 57 \gg [4]$$

«Расчёт поздних сроков свершения события производим по формуле 2.1:

$$T_{ni+1} = T_{ni} - D_{i-(i-1)} \quad (27)$$

$$T_{n15} = T_{n16} - D_{16-15} = 57 - 10 = 47$$

$$T_{n14} = T_{n15} - D_{15-14} = 47 - 0 = 47$$

$$T_{n13} = T_{n15} - D_{15-13} = 47 - 6 = 41$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{n12}' = T_{n14} - D_{14-12} = 47 - 5 = 42 \\ T_{n12}'' = T_{n13} - D_{13-12} = 41 - 5 = 36 \end{array} \right\} \min \Rightarrow 36$$

$$T_{n11} = T_{n12} - D_{12-11} = 36 - 7 = 29$$

$$T_{n10} = T_{n11} - D_{11-10} = 29 - 6 = 23$$

$$T_{n9} = T_{n11} - D_{11-9} = 29 - 0 = 29$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{n8}' = T_{n10} - D_{10-8} = 23 - 2 = 21 \\ T_{n8}'' = T_{n9} - D_{9-8} = 29 - 0 = 29 \end{array} \right\} \min \Rightarrow 21$$

$$T_{n7} = T_{n8} - D_{8-7} = 21 - 2 = 19$$

$$T_{n6} = T_{n7} - D_{7-6} = 19 - 0 = 19$$

$$T_{n5} = T_{n7} - D_{7-6} = 19 - 2 = 17$$

$$\left. \begin{array}{l} T'_{n4} = T_{n6} - D_{6-4} = 19 - 6 = 13 \\ T''_{n4} = T_{n5} - D_{5-4} = 17 - 5 = 12 \end{array} \right\} \min \Rightarrow 12$$

$$T_{n3} = T_{n4} - D_{4-3} = 12 - 2 = 10$$

$$T_{n2} = T_{n3} - D_{3-2} = 10 - 5 = 5$$

$$T_{n1} = T_{n2} - D_{2-0} = 5 - 0 = 5$$

$$\left. \begin{array}{l} T'_{n0} = T_{n2} - D_{2-0} = 5 - 5 = 0 \\ T''_{n0} = T_{n1} - D_{1-0} = 5 - 2 = 3 \end{array} \right\} \min \Rightarrow 0 \gg [4]$$

«Определяем резервы событий по формуле 2.2:

$$R_i = T_{ni} - T_{pi} \quad (28)$$

Длительность путей:

$$T_1 = 57 - \text{критический (max).}$$

$$T_2 = 0 - 1 - 3 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9 - 11 - 12 - 14 - 15 - 16 =$$

$$= 2 + 0 + 2 + 6 + 0 + 2 + 2 + 0 + 7 + 5 + 0 + 10 = 36 - \text{не напряжённый.} \gg$$

[12]

$$T_{onm} = \frac{57 + 36}{2} = 46,5$$

Расчёт этапов оптимизации представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Этапы оптимизации

«Путь.	Длительность	I этап.		II этап.		III этап.		IV этап.		V этап.		VI этап.	
		Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.
T ₁	5		5										
	7	-4	3	-2	51	-1,5	49,5	-0,5	49	-1	48	-1,5	46,5
T ₂	3	+4	4	+2	42	+1,5	43,5	+0,5	44	+1	45	+1,5	46,5» [4]
	6		0										

«I этап: с 0-2 на 0-1 => 4 дня.

II этап: с 2-3 на 0-1 => 2 дня.

III этап: с 4-5 на 4-6 => 1,5 дня.

IV этап: с 5-7 на 4-6 => 0,5 дня.

V этап: с 10-11 на 8-9 => 1 день.

VI этап: с 12-13 на 12-14 => 1,5 дня.

Строим новый оптимальный график с новым временем (рисунок 19)» [4]

Сетевой график

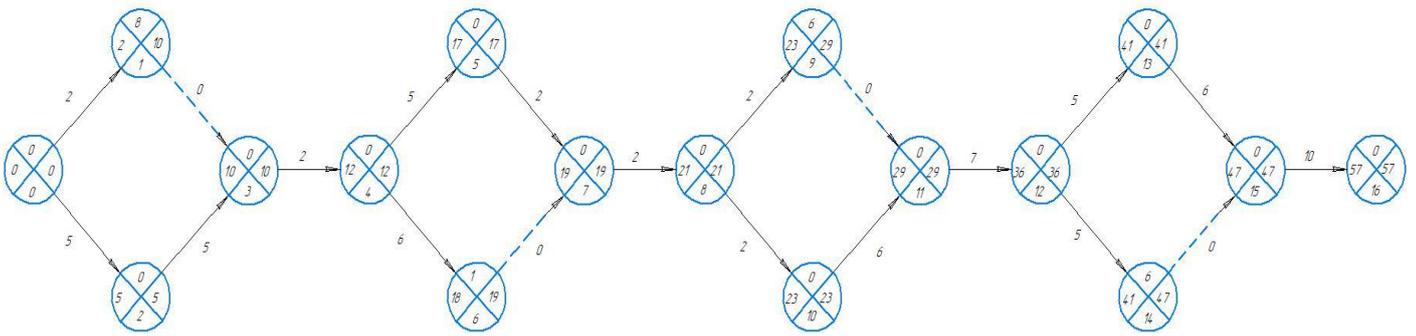


Рисунок 19 – Сетевой график

Также строим оптимизированный сетевой график (рисунок 20):

Сетевой график (оптимизированный)

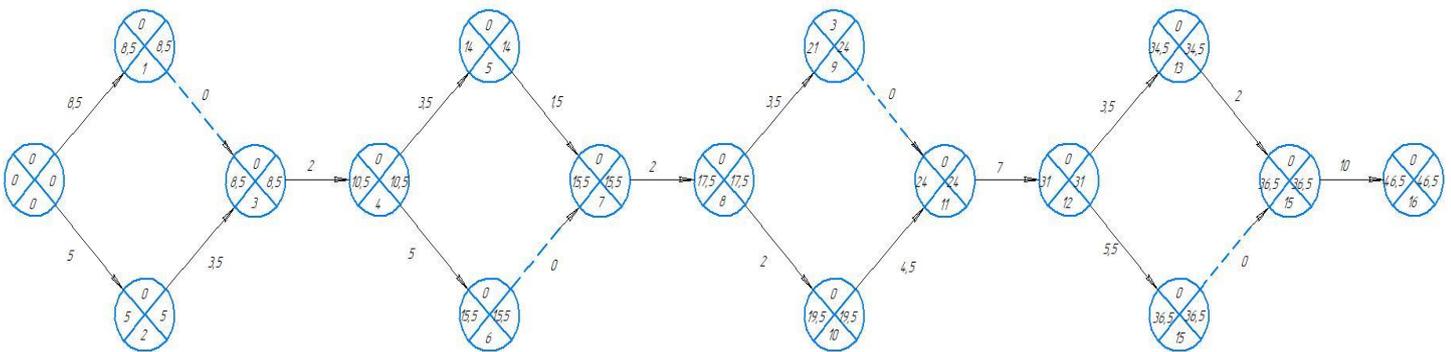


Рисунок 20 – Оптимизированный сетевой график

5.4 Определение суммарных затрат на проведение НИР

Список руководителей по каждой теме НИР определяется регламентом, в котором также рассматриваются заработные платы руководителей(таблица 28).

Таблица 28 - Регламент и расчёт заработной платы

«Наименование должностей.	Численность (чел.).	Средняя ставка (руб.).	Количество отработанных часов.	Сумма заработной платы (руб.).» [4]
Руководитель проекта	1	310	46,5	14415
Преподаватели других кафедр	1	310	46,5	14415
Студент	1	65	80	5200
Итого	3	620	173	34030

«Определим сумму заработной платы для каждого исполнителя дипломного проекта по формуле 3:»[4]

$$Z_{пл} = C_c \times D_{ф} \quad (29)$$

«Где $D_{ф}$ – фактически отработанное количество часов.

Затраты на проведение НИР в нашем случае состоят из текущих затрат на проведение исследований.

Основные текущие затраты на проведение НИР определим по формуле 3.1:»[4]

$$C_{НИР} = Z_{пл} + P_{зпл} + M + P_{э} + P_{ф}, \text{ руб.} \quad (30)$$

«Где $Z_{пл}$ – затраты на заработную плату принимаем согласно»[4]

(таблице 12), руб.;

« $N_{\text{зпл}}$ – отчисления на социальное страхование, принимаем как (30,2% к заработной плате);

$P_э$ – стоимость потребляемой электроэнергии, руб.»[4]

Расчёт суммарных затрат представлен в таблице 29.

Таблица 29 – Определение суммарных затрат на НИР

Показатели	Единица измерения	Значение показателей	Источник информации
Тариф платы за электроэнергию	$C_э, \text{руб./кВт}$	4,57	Компания поставщик
Коэффициент отчисления на социальные нужды	K_c	0,302	Нормативные документы
Установленная мощность электрического прибора	$M_y, \text{кВт.}$	12	Паспорт агрегата
Коэффициент использования токоприёмников по мощности	K_m	0,88	Паспорт агрегата
КПД электродвигателя	КПД(η)	0,71	Паспорт агрегата» [4]

Затраты на проведения исследований:

«Затраты на электроэнергию определим по формуле 4:»[4]

$$Z_э = [M_y \times K_m \times T_m \times n / (\eta \times 60)] \times C_э, \text{руб.} \quad (31)$$

:

«Где n – число экспериментов ($n = 3$);

M_y – установленная мощность, кВт ($M_y = 12$ кВт);

K_M – коэффициент использования токоприёмников по мощности ($K_M = 0,88$);

T_M – машинное время на один эксперимент ($T_M = 2$ ч.);

η – КПД электродвигателя ($\eta = 0,71$);

$C_э$ – цена за один киловатт электроэнергии ($C_э = 4,57$ р.).

Затраты на электроэнергию равны:»[5]

$$Z_э = [(12 \times 0,88 \times 2 \times 3)/(0,71 \times 60)] \times 4,57 = 6,79 \text{ руб.}$$

Анализ и выводы по разделу

Общая смета затрат на выполнение данной научно-исследовательской работы представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Общая смета затрат на выполнение НИР

Наименование затрат	Сумма, р.	Процент к общему итогу.
Затраты на заработную плату.	34030	76,89
Отчисления на социальное страхование.	10217	23,08
Затраты на электроэнергию.	6,79	0,3
Итого:	44253,79	100

В заключении хотелось упомянуть особую важность экономики в автомобилестроении. Ежегодно огромное количество автопроизводителей стремится уменьшить затраты на создание продукта, увеличив или оставив на прежнем уровне показатели надёжности готовых продуктов. В данном экономическом разделе приводится исчерпывающая информация о затратах на проведение данной научно-исследовательской работы, созданы сетевые графики с оптимизацией временных показателей, определены затраты на электроэнергию и платы работникам и персоналу.

Заключение

В ходе выполнения данного дипломного проекта, мы убедились в важности электрооборудования в системе автомобиля. Познакомились с автомобильными генераторами переменного тока, их использованием, изучили возможные неисправности, которые могут возникнуть с генератором в процессе штатной эксплуатации автомобиля. Был проведён тщательный анализ стендов для испытаний автомобильных генераторов, а с помощью стенда, находящимся на кафедре ТГУ, были осуществлены научно-исследовательские работы по определению основных характеристик автомобильных генераторов переменного тока. Получены внешняя, токоскоростная и скоростная регулировочная характеристики, которые наглядно продемонстрированы на графиках и научно обоснованы исходя из требований и задач генератора переменного тока.

В разделе «Безопасность и экологичность объекта» проведён анализ полученных профессиональных рисков, разработаны методики для уменьшения или полного исключения факторов профессионального риска. На рабочем месте проанализированы риски возникновения очагов возгорания, созданы методы для борьбы с пожаром и минимизацию рисков получения травм при работе на стенде.

В экономическом разделе приводится исчерпывающая информация о затратах на проведение данной научно-исследовательской работы, создаются сетевые графики с оптимизацией временных показателей, показаны затраты на электроэнергию и платы работникам и персоналу.

В результате написания НИР были построены графики снятых характеристик для данного автомобильного генератора переменного тока, благодаря которым, можно делать вывод о пригодности генератора к тем или иным сферам применения, исходя из требований и задач устанавливаемых заказчиком.

Список используемых источников

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. Т.1 / В.И. Анурьев. – Под ред. И.Н. Жестковой. – М. : Машиностроение, 2006. – 928 с.
2. Горина, Л.Н. Методические указания к дипломному проектированию / Л.Н. Горина. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2003. - 17с.
3. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –51 с.
4. Капрова, В.Г. «Методические указания по технико экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений / В.Г. Капрова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. - 52 с.
5. Лаптев Автомобильная энциклопедия / Лаптев, Т.И. и. - М.: Минск: Харвест, 2008. - 784 с
6. «Основы конструкции автомобиля», Иванов А. М., Солнцев А. Н., Гаевский В. В. и др. Учебник для ВУЗов. — М.: ООО «За рулём», 2005
Рассел, Джесси Автомобильная шина / Джесси Рассел. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 116 с.
7. Проектирование автомобиля : учеб. пособие / Е.У. Исаев [и др.]. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 260 с.
8. Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомо-биля: учеб. пособие / Н.С. Соломатин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 143 с.
9. Самолдин, А.А. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Г. В. Бектобеков, Н. Н. Борисова, В. И. Коротков и др. - Под общ. ред. О. Н. Русака – Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. – 541 с.

10. Сафронов, В.В. Служба охраны труда на предприятии и в учреждении / В.В. Сафронов. – Орел : Издательский Дом «Фолиант», 1996. – 58 с.
11. Теория автомобиля [Текст] : метод. указания по циклу лаб. и практ. работ для студентов специальности 190201(150100) "Автомобиле- и тракторостроение" / авт.-сост. Л. А. Черепанов, М. В. Прокофьев. - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2006. - 38 с. : ил. - 3-00
12. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля / Л.А. Черепанов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2016. – 60 с.
13. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Горячая линия-Телеком, 2006. – 440с.
14. Barton, V. My car. New York:- HarperFestival, - 2003. – 195 p.
15. Bosch, R. Bosch Automotive Handbook / R. Bosch. - 8/e. - Wiley Publishing Company, Hoboken, New Jersey, 2004. – 122 p.
16. Henry, R. R. Belt-Driven Starter-Generator for Future 42-Volt Systems / R. R. Henry, B. Lequesne, S. Chen, J. Ronning, Y. Xue. - SAE Int. Congr. Detroit, SAE Paper 2001-01-0728, Mars 2001. – 140 p.
17. J.M. Miller, A.R. Gale, P.J. McCleer, F. Leonardi, J.H. Lang. Starter-Alternator for Hybrid Electric Vehicle: Comparison of Induction and Variable Reluctance Machines and Drives, IEEE Industry Applications Conference, vol.1, Oct. 1998, - 513 p.
18. Narayan, S. Design and analysis of an automotive single plate clutch / S. Narayan, I. Grujic, N. Stojanovic, K.M. Usman, A. Shitu, F. O. Mahroogi. - Published by University of Kragujevac, Faculty of Engineering, 2018. – 26 p.
19. Phillips, C.L. Adaptive technique by motor engines of a direct current / C.L. Phillips. - John Wiley & Sons, New York, 1972. – 56 p.
20. Sparke, P. The century of cars design. London:- Beazley, - 2002. – 256p.

Приложение А
Тяговый расчет

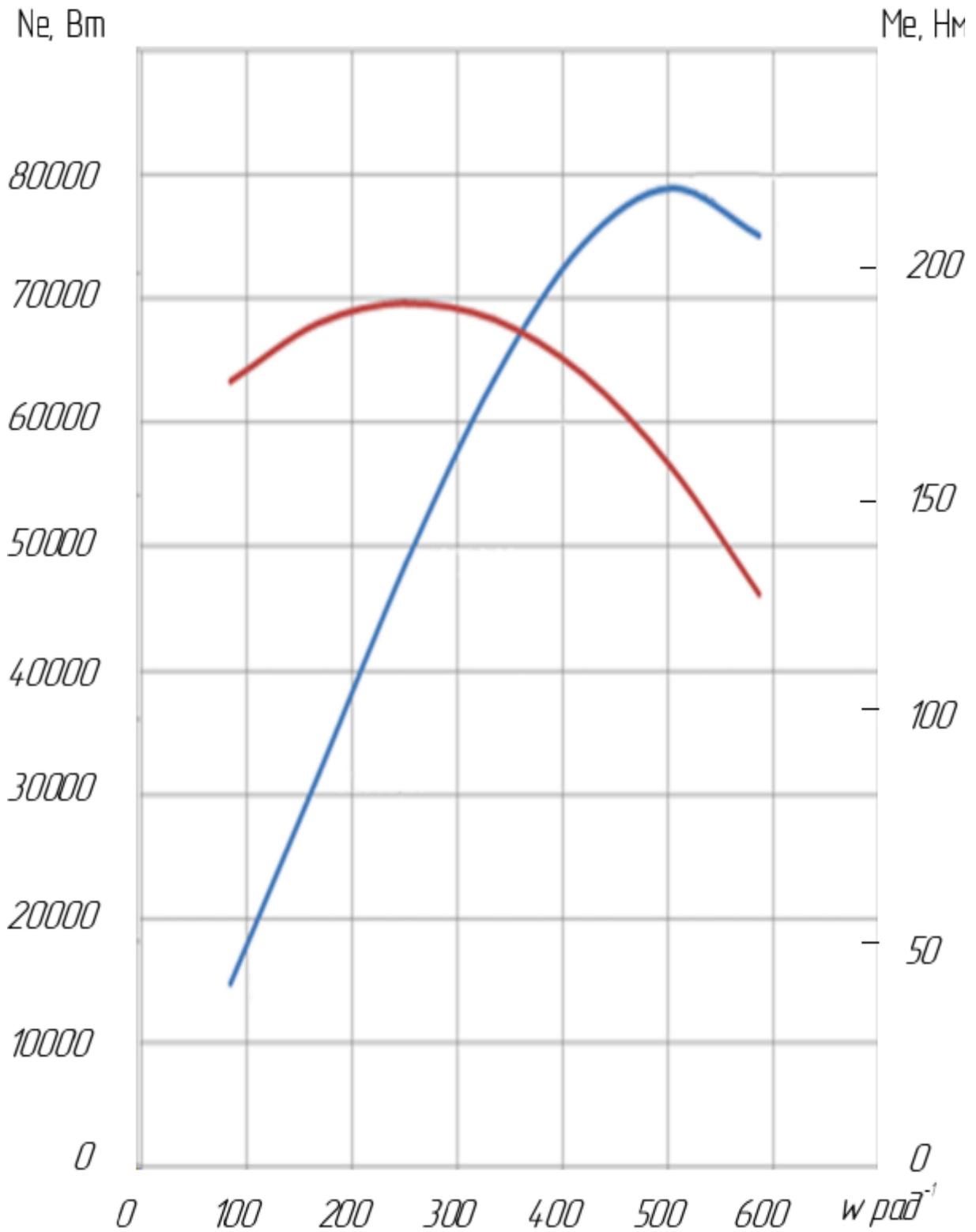


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

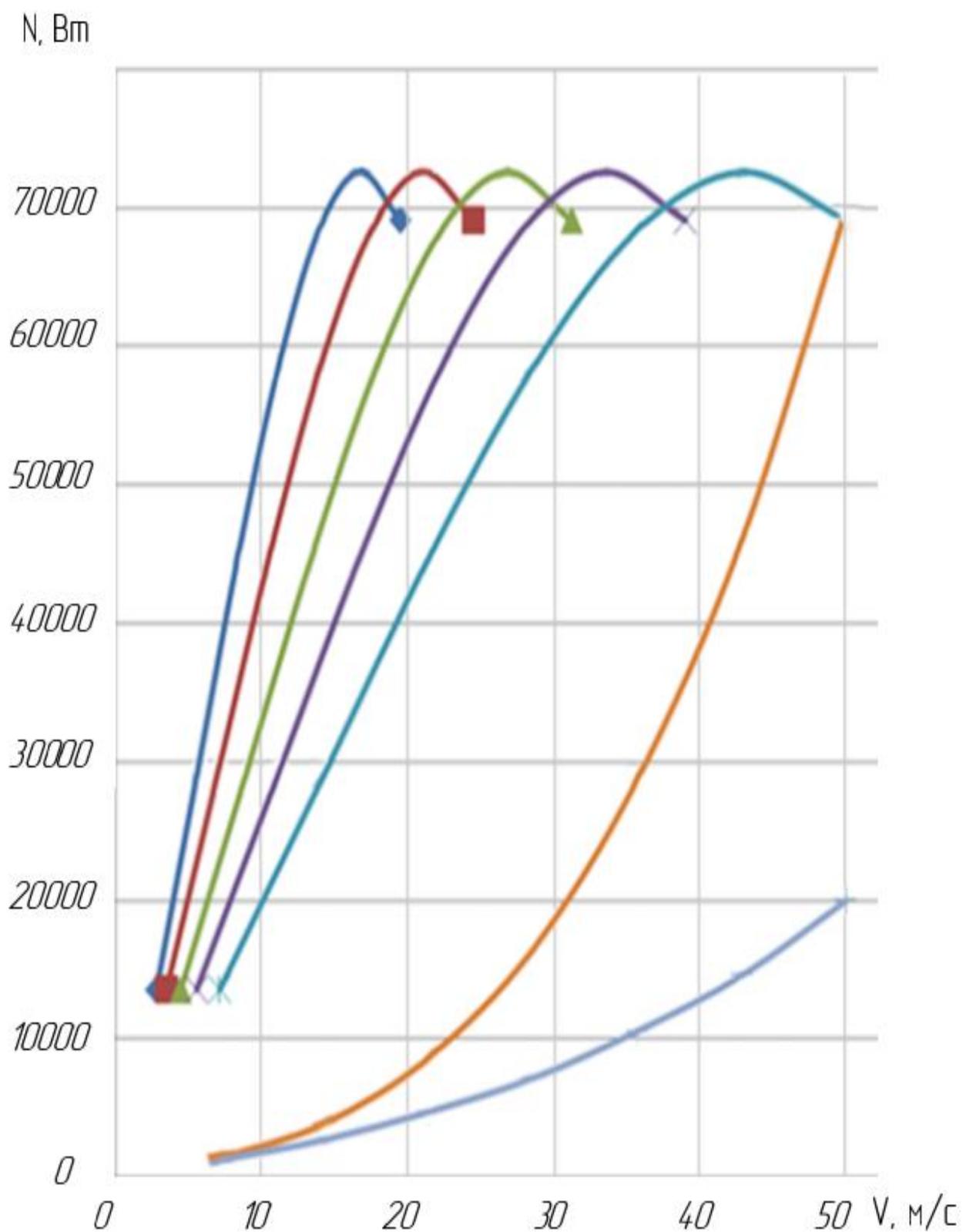


Рисунок А.2 – Мощностной баланс

Продолжение Приложения А

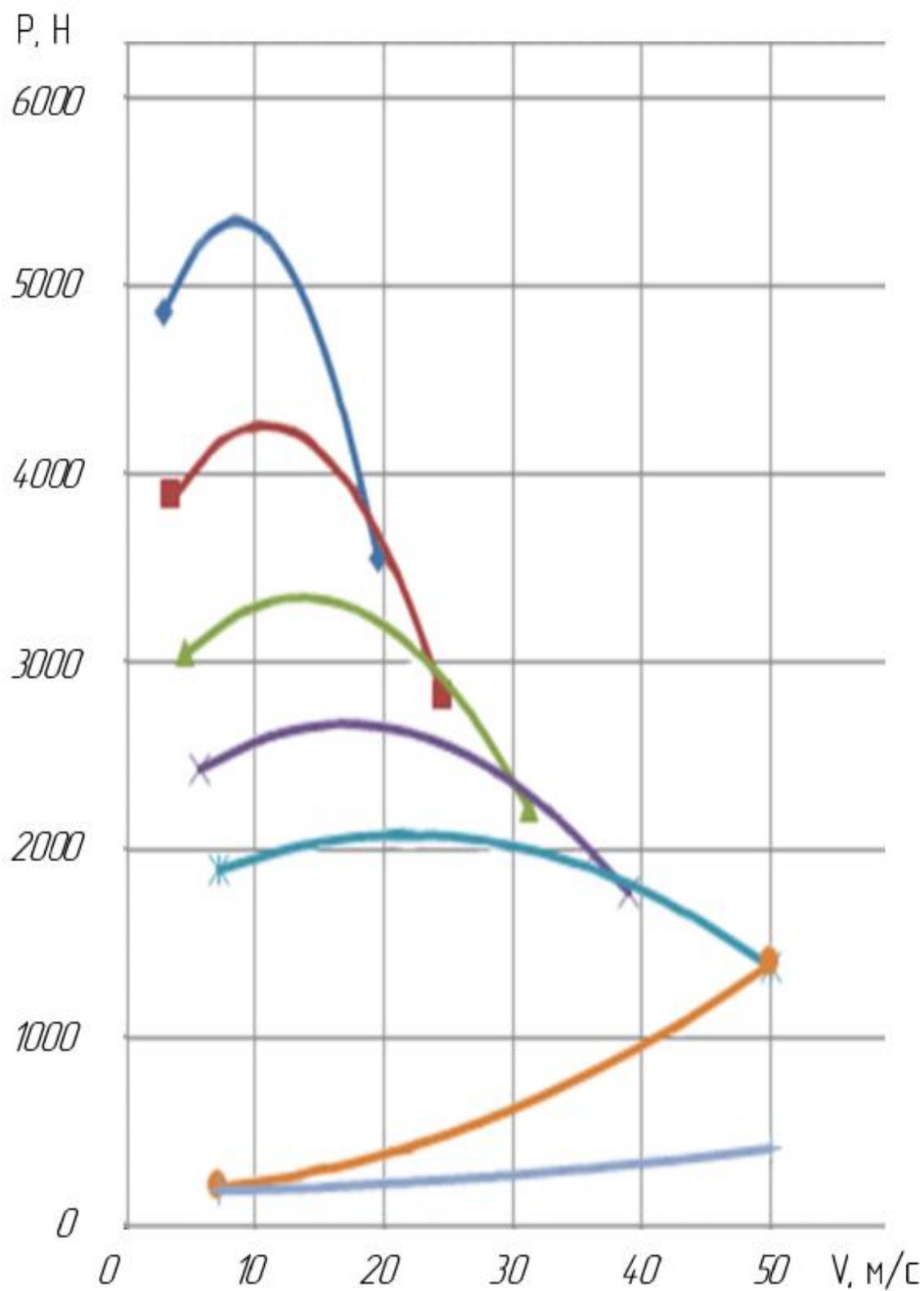


Рисунок А.3 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

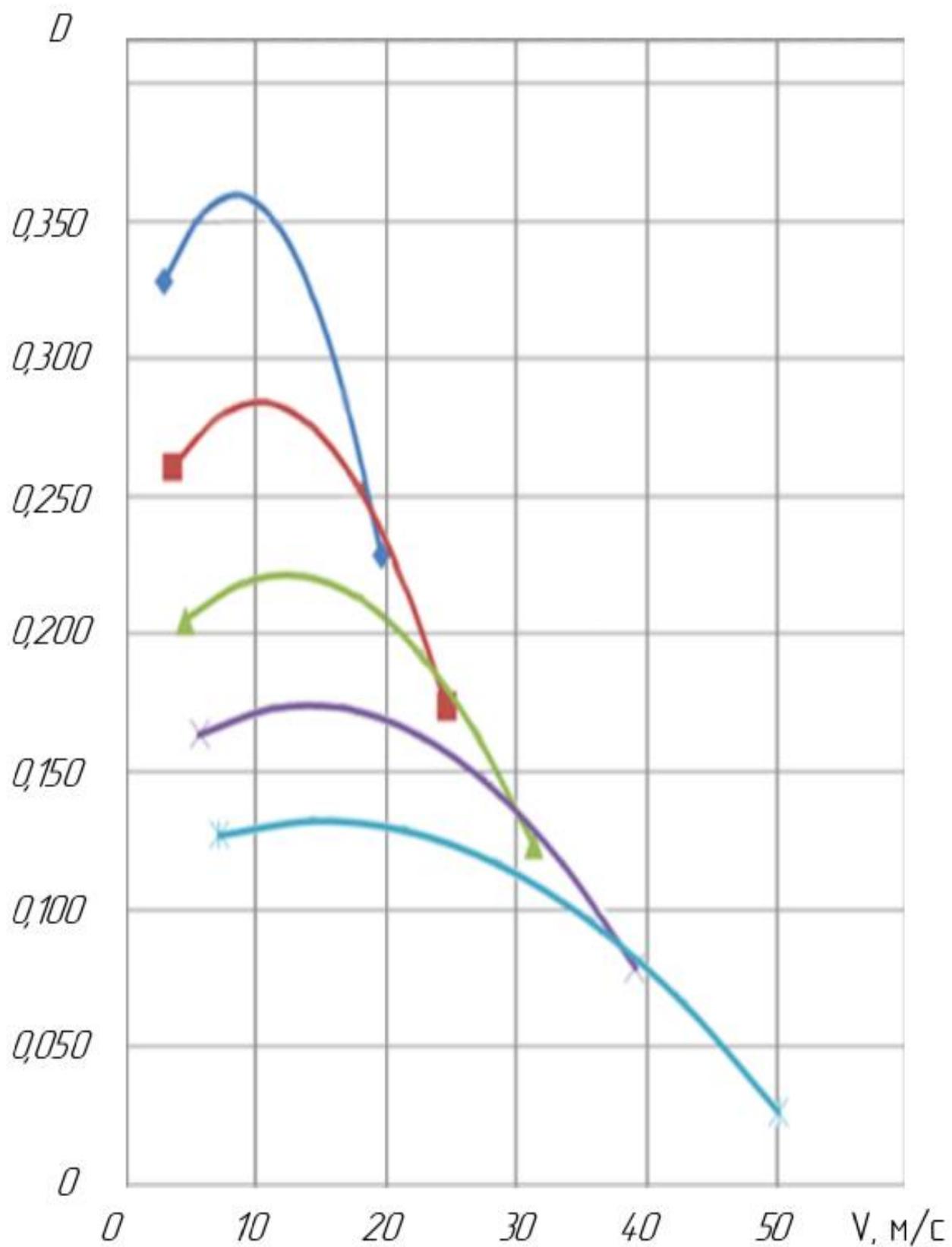


Рисунок А.4 – Динамическая характеристика

Продолжение Приложения А

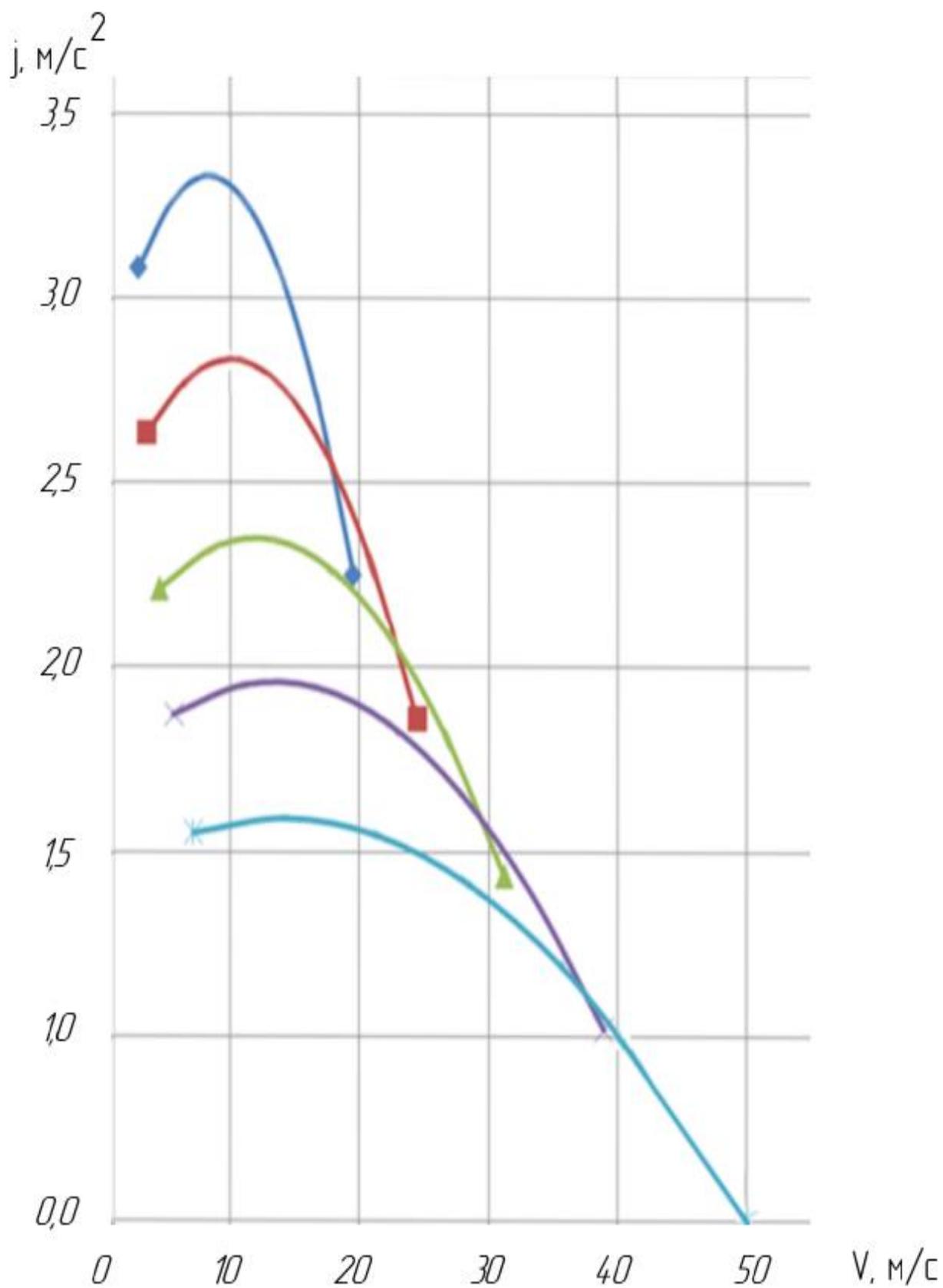


Рисунок А.5 – Ускорение автомобиля

Продолжение Приложения А

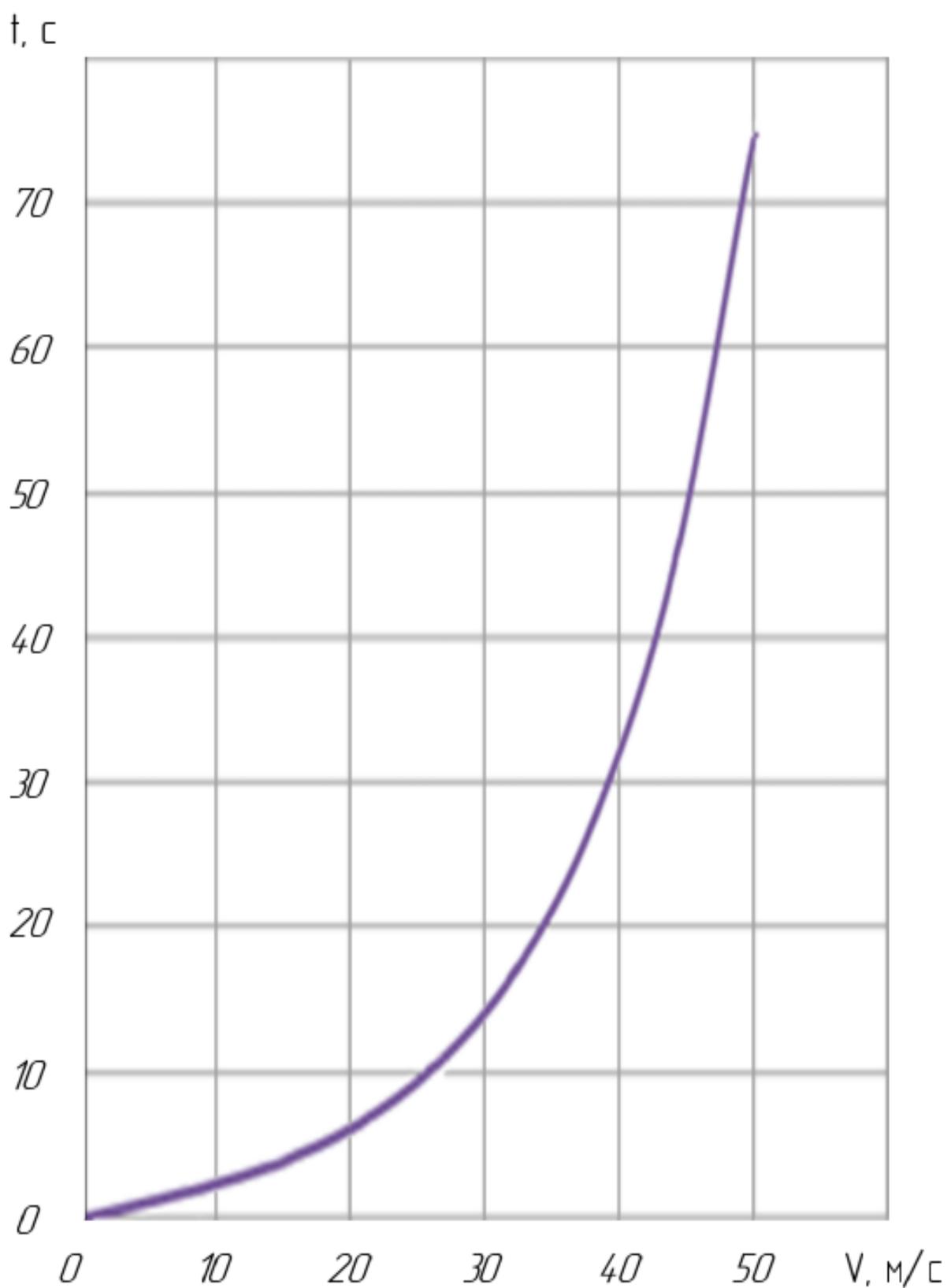


Рисунок А.6 – Время разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

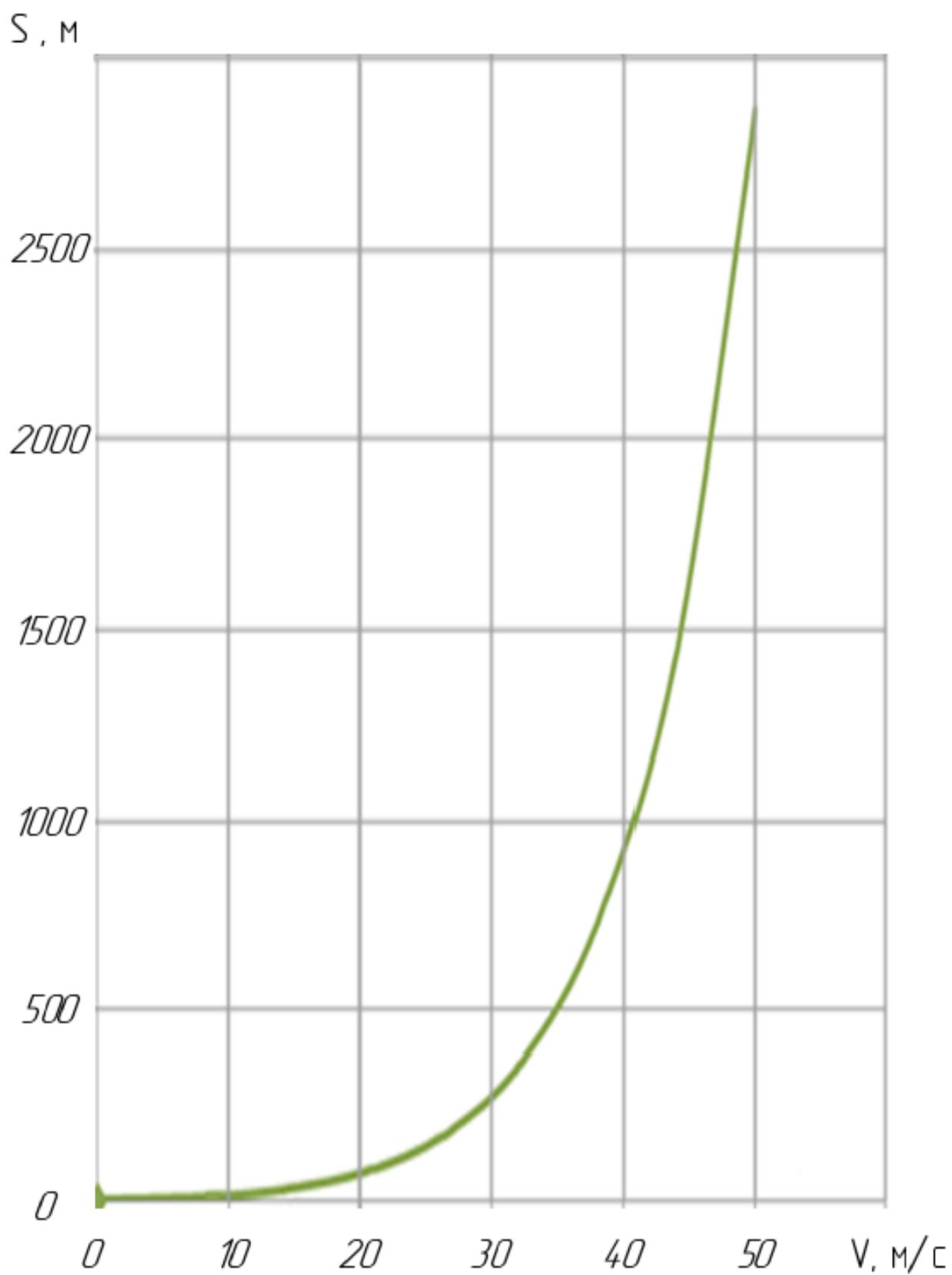


Рисунок А.7 – Путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

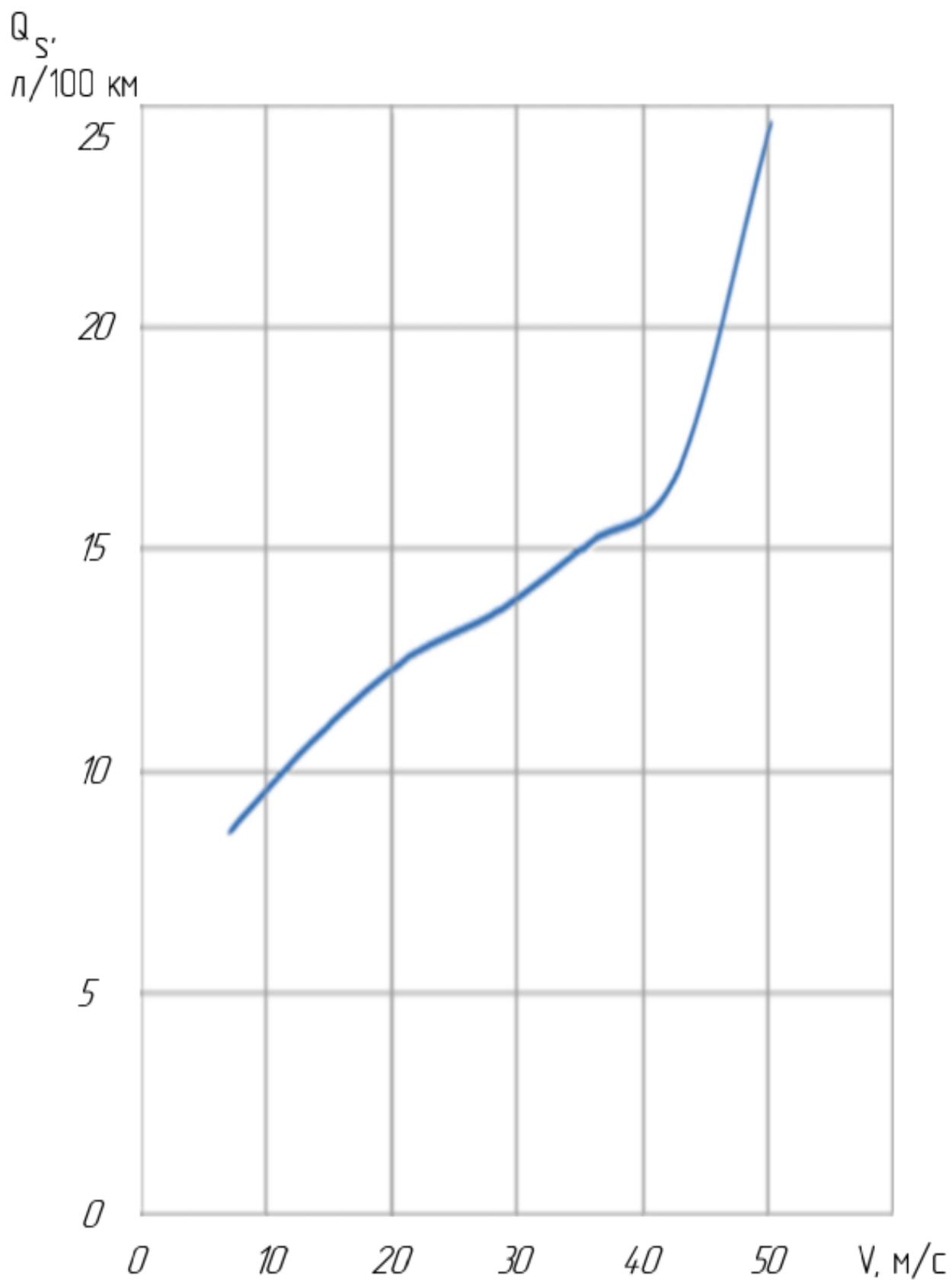


Рисунок А.8 – Топливо - экономическая характеристика

