

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра « Электроэнергетика и электротехника »

Курсовая работа

По дисциплине: «Вспомогательное электрическое и электронное
оборудование автомобилей»

На тему: «Стеклоочиститель для автомобиля LADA Vesta»

КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ

Выполнил: студент гр. 2161108

Семенов В.В.

Проверил: доцент

Насибуллин Р.Т.

Набережные Челны

2019 г.

Содержание

Введение.....	3
1. Система стеклоочистки LADA Vesta.....	4
2.Очистка ветрового и заднего стекол.	5
3.Системы стеклоочистителей ветрового стекла.....	5
4.Механический привод стеклоочистителя.....	7
5. Переключатель стеклоочистителей.....	8
6.Щетки стеклоочистителей.	11
7. Резиновые элементы.	12
8. Датчик дождя.....	13
9. Датчик загрязнения.....	14
10. Двигатели для стеклоочистителей	17
11.Выбор электропривода стеклоочистителя.	18
12. Тяговый расчет электродвигателя стеклоочистителя Lada Vesta. ...	18
13.Расчёт электродвигателя стеклоочистителя.....	20
14. Рабочие характеристики двигателя.....	33
15. Механический расчет вала	34
Список использованной литературы.	39

					<i>КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Семенов В.В			СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЬ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ LADA Vesta		
Провер.		Насибцуплин Р.Т					
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.							
					Лит.	Лист	Листов
						2	39
					НЧИ КФУ зр. 2161108		

Введение.

Автомобильная система стеклоочистки - это необходимое средство повышения безопасности автомобиля.

Сегодня производители автомобилей постепенно начинают использовать автоматическую систему стеклоочистки в стандартной комплектации автомобилей среднего класса, а разработчики таких систем управления предлагают автолюбителям несколько их типов, в том числе и предназначенные для самостоятельной установки.

Автоматическая система стеклоочистки состоит из датчиков дождя и загрязнения.

Датчик дождя может осуществлять управление всеми режимами стеклоочистителя, а именно: первая скорость, вторая скорость, автоматический выбор длительности паузы, омыватель.

Время реагирования, равное 10 миллисекундам, обеспечивает немедленное срабатывание дворников в том случае, если брызги, от встречной машины, попавшие на лобовое стекло совершенно «ослепляют» водителя. С датчиком дождя вероятность попасть в аварийную ситуацию многократно снижается.

Он же обеспечивает безопасность водителя, потому как уменьшает количество его движений в процессе управления автомобилем при плохих погодных условиях (снег, дождь, грязь).

Водитель может находиться под воздействием различных отвлекающих обстоятельств – плотного движения, плохих погодных условий, и плохих дорожных условий и усталости. Автоматическая система дает возможность водителю чувствовать себя более спокойно. Поездка при плохих погодных условиях больше не будет проблемой.

					<i>KP 1.13.03.02.19.14.00.00 ПЗ</i>	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Система стеклоочистки LADA Vesta.

Автомобиль LADA Vesta является одним из самых популярных российских авто, который изготовлен на уровне, максимально приближенном к лучшим зарубежным образцам. И как в любом автомобиле, на LADA Vesta безопасность водителя напрямую зависит чистоты стекол. Поверхность стекла очищает система стеклоочистки, и именно от его работоспособности зависит, будет ли стекло чистым и в какой степени.

Чтобы щетки стеклоочистителей плавно двигались по стеклу, на поводок должно передаваться достаточное усилие. Это достигается за счет электромотора, соединенного с редуктором, который обладает наличием червячного механизма. Поскольку в системе есть редуктор, можно уменьшить частоту оборотов вала и повысить величину усилия, передаваемого трапеции. Трапеция синхронизирует движения обоих щеток.

Основные компоненты системы стеклоочистки LADA Vesta (Рис. 1) :

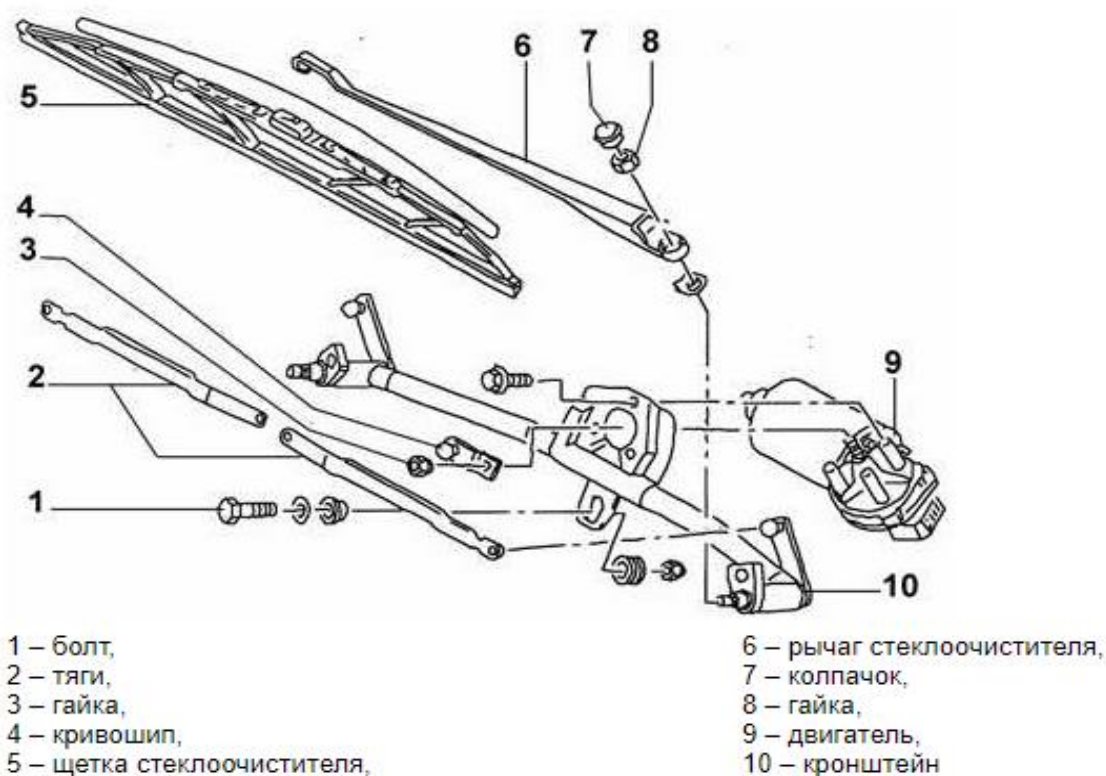


Рис. 1

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Трапеция стеклоочистителя - один из важнейших компонентов стеклоочистительного механизма автомобиля LADA Vesta, переводящий вращательные движения вала электродвигателя в движение дворников.

Принцип действия привода стеклоочистителя LADA Vesta состоит в следующем: палец приводится в движение моторчиком и заставляет двигаться трапецию. Затем происходит соединение валов с редуктором при помощи тяг посредством колебательных движений. Как результат, щетки очистителя двигаются со стороны в сторону, а поверхность стекла очищается.

2.Очистка ветрового и заднего стекол.

Для соблюдения законодательных норм по обеспечению приемлемой дальности видимости в любое время суток необходимо иметь системы по очистке ветрового и заднего стекол и фар автомобиля. Такие системы подразделяются на:

1. системы стеклоочистителей ветрового стекла;
2. системы стеклоочистителей заднего стекла;
3. системы стеклоочистителей фар;
4. системы стеклоомывателей фар;
5. сочетание систем стеклоочистителей – стеклоомывателей.

3.Системы стеклоочистителей ветрового стекла.

Варианты привода щёток в настоящее время практически традиционны для каждого вида транспорта, но сложились они не случайно. Два основных требования - при парковке минимально мешать обзору и обеспечивать максимальное покрытие очистки - приводят на транспорте к традиционному нижнему приводу с парковкой направо и вниз (для левого расположения руля), а на тракторах и спец. технике - к верхнему приводу, так как там важнее обзор через нижнюю часть стекла рабочей зоны агрегата. На автобусах обычна схема с двумя параллелограммными нижними приводами с парковкой к центру, обеспечивающая практически полную очистку лобового остекления.

					<i>КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ</i>	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

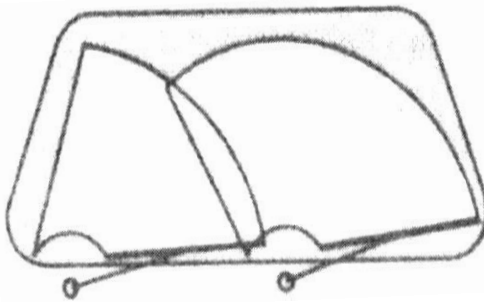


Рисунок 2 – Система типа тандем

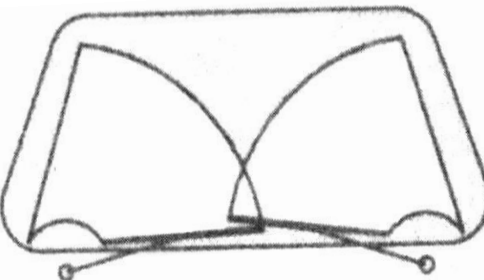


Рисунок 3 – Встречная система

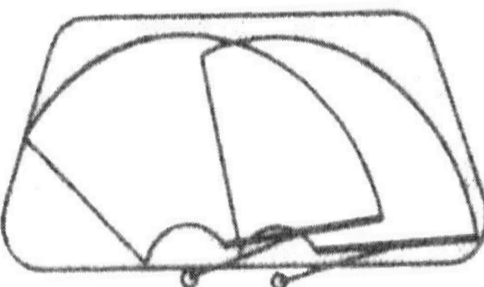


Рисунок 4 – Система типа тандем с аэродинамическими характеристиками

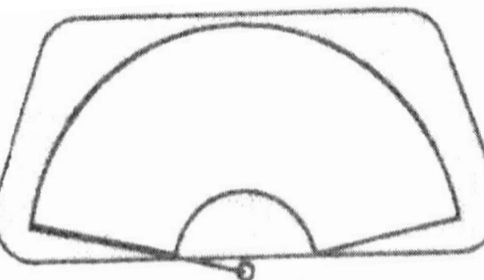


Рисунок 5 – Однорычажная неуправляемая система

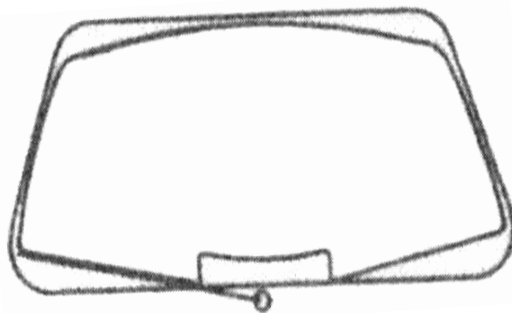


Рисунок 6 – Однорычажная управляемая система

Требования:

- удаление воды, грязи и снега;
- работа при низких (-30°C) и высоких температурах ($+80^{\circ}\text{C}$) ;
- коррозионная стойкость против воздействия щелочей, солей и кислот;
- длительная эксплуатация (легковые автомобили - $1,5 \cdot 10^6$ циклов работы стеклоочистителя, грузовые автомобили - $3 \cdot 10^6$ циклов);
- испытание на отказ в работе.

4.Механический привод стеклоочистителя.

Привод стеклоочистителей обеспечивает возвратно-поступательное движение щеток (щеточки) по стеклу. Самым распространенным является электрический привод стеклоочистителей. Типовой электрический привод включает: электродвигатель, червячный редуктор, трапецию и поводки.

В приводе может применяться один (объединенный привод щеток индивидуальный привод щетки) или два (индивидуальный привод щеток) электродвигателя. Червячный редуктор увеличивает усилие от электродвигателя в несколько десятков раз. Трапеция представляет собой систему рычагов, преобразующих вращательное движение редуктора в возвратно-поступательное движение поводков. К поводкам крепятся щетки.

Различают несколько типов крепления щетки к поводку, обусловленных интересами разных производителей: крючок (*самый распространенный*), боковой штырь, кнопка, булавка, боковое крепление, боковой зажим, штыковой замок и др.

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Существуют два принципа работы механизма стеклоочистителя.

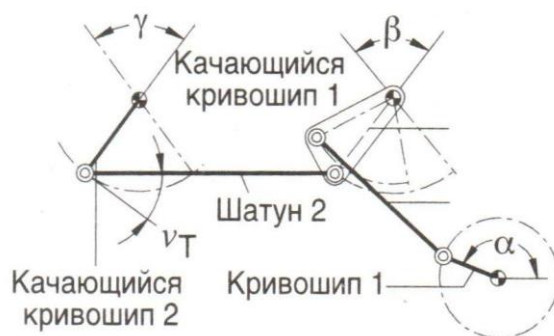


Рисунок 7 - Последовательно соединенный



Рисунок 8 - Параллельно соединенный

α – угол поворота кривошипа;

β, γ – угол поворота щетки;

ν_T – угол поворота между звеньями привода.

Второй шаг по оптимизации рабочего механизма стеклоочистителя это выбор рабочего положения кромки стеклоочистителя относительно поверхности стекла.

5. Переключатель стеклоочистителей.

I - нейтральное положение. Очистители и омыватели стекол выключены.

Положение фиксированное.

II - включен прерывистый режим или режим «Авто» (в вариантном исполнении) работы очистителя ветрового стекла. Положение фиксированное.

III - включена малая скорость очистителя ветрового стекла. Положение фиксированное.

IV - включена большая скорость очистителя ветрового стекла. Положение фиксированное.

В вариантном исполнении большая скорость очистителя включится только при заведенном двигателе, иначе щётки стеклоочистителя выйдут из парковочного положения для удобства замены щёток.

V - на себя, включен омыватель ветрового стекла.



Рис. 9. Кольца управления на рычаге переключателя
1 - Кольцо управления наружным освещением.
2 - Кольцо управления противотуманными огнями.



Рис. 10. Рычаг переключателя стеклоочистителей



Рис. 11. Рычаг правого подрулевого переключателя

Стеклоочистители ветрового стекла включаются при включенном зажигании.

1-Кольцо регулировки длительности паузы прерывистого режима.

2-Кнопка управления маршрутным компьютером.

Для управления регулировкой длительности паузы прерывистого режима используйте кольцо регулировки длительности паузы прерывистого режима, которое имеет четыре фиксированных положения.

В режиме «Авто» (в варианном исполнении) для управления чувствительностью датчика включения стеклоочистителя используется кольцо регулировки длительности паузы прерывистого режима, которое имеет четыре фиксированных положения.

Для просмотра параметров маршрутного компьютера используйте нефиксируемые кнопки 2 листинга вверх или вниз:

- перебор функций маршрутного компьютера - стрелка вверх (положение нефиксированное);

- перебор функций маршрутного компьютера - стрелка вниз (положение нефиксированное).

6.Щетки стеклоочистителей.

Непосредственная очистка стекла от влаги и грязи производится с помощью щеток. Различают два типа щеток: каркасные, бескаркасные и зимние щетки.

Каркасную щетку объединяет жесткий каркас, состоящий из шарнирно соединенных коромысел, и резиновую ленту специального профиля. Каркас обеспечивает равномерную передачу давления на стекло от поводка. Лента с каркасом соединяется с помощью зажимов. Рис. 12.



Рис. 12.

Бескаркасная щетка представляет собой изогнутый пружинный стальной элемент, размещенный внутри резиновой ленты – щетки. Высокое качество очистки стекла в зимнее время обеспечивает бескаркасная щетка с подогревом, подключаемая посредством провода к прикуривателю автомобиля. Альтернативой данному решению является подогрев места установки каркасной щетки на стекле, предотвращающий замерзание и обледенение резиновой ленты. Рис. 13.



Рис. 13.

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

На каркасной и бескаркасной щетки может устанавливаться спойлер, компенсирующий парусность щетки и увеличивающий прижимное усилие к стеклу.

Специальные зимние дворники широкого распространения у нас не получили, причем по разным причинам: и встречаются в продаже не так часто, и цена у них, мягко говоря, особая. Ну а чем хуже них обычные, «всесезонные» щетки? Отличие одно, и оно в самом деле важное – в наличии чехла, который закрывает от обмерзания каркас и верхнюю часть резиновых ресничек. Рис. 14.



Рис.14

7. Резиновые элементы.

Резиновый элемент нагружается разделенными скобами кронштейна и поддерживается пружинными пластинами.



Рис. 15.

Его сдвоенная микрокромка нажимается на ветровое стекло и в точке контакта имеет ширину всего 0,01-0,015 мм. Характеристики резины должны быть выбраны таким образом, чтобы очищающая кромка стеклоочистителя могла стирать грязь или пыль с полной поверхности зоны очистки ветрового стекла под углом примерно равным 45°.

8. Датчик дождя.

Автоматическое регулирование работы стеклоочистителя производится с помощью датчика дождя. Он устанавливается с внутренней стороны ветрового стекла рядом с зеркалом заднего вида. Конструктивно датчик объединен с датчиком освещенности (находятся в одном корпусе).

Датчик дождя состоит из светодиода, фотодиода и оптического элемента. Свет от светодиода отражается от поверхности стекла, фокусируется оптическим элементом и воспринимается фотодиодом. При этом количества света, попадающего на фотодиод, изменяется в зависимости от количества воды на стекле. Изменяется и выходной сигнал фотодиода, который обрабатывается электронным блоком управления стеклоочистителя. Блок управления, в свою очередь, устанавливает определенный режим электродвигателя.

Таким образом, чем больше воды или грязи на ветровом стекле, тем интенсивнее работают щетки стеклоочистителя. Если с водой автоматика справляется успешно, то очистка грязи создает проблемы. Датчик дождя при этом отключается, а управление щетками производится вручную. Благо, что в конструкции предусмотрено принудительное отключение датчика дождя, изначально предусмотренное для помывки машины.

					<i>КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ</i>	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

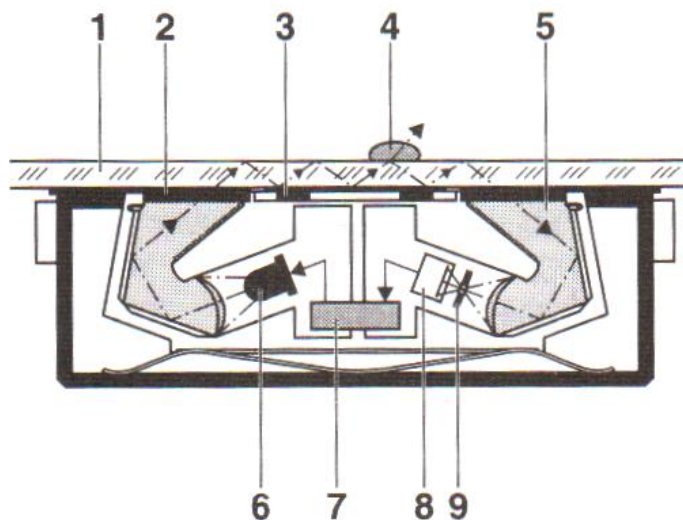
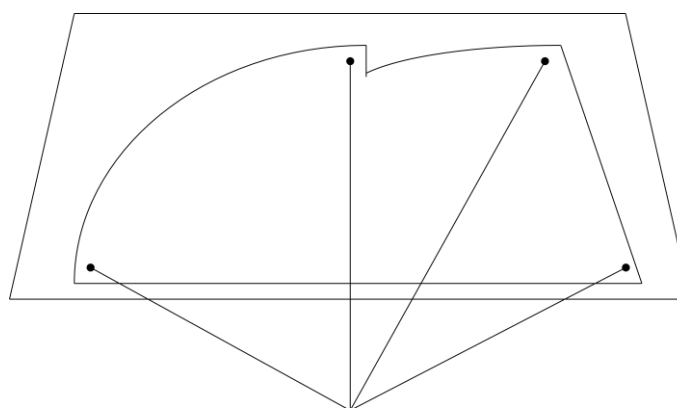


Рис. 16. - Датчик дождя

- 1 – ветровое стекло;
- 2 – оптическая связь;
- 3 – обогреватель;
- 4 – капли дождя;
- 5 – световод;
- 6 – светодиод;
- 7 – электронное устройство;
- 8 – фотодиод;
- 9 – экран.

9. Датчик загрязнения

С помощью такого датчика измеряется уровень загрязнения лобового стекла и фар для включения автоматической системы очистки линзы.



Датчики

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ

Лист

14

Рис. 17. - Расположение датчиков загрязнения в зоне очистки стекла

Фотоэлектрический датчик экранирования отраженного света состоит из светодиода т.е источника света и фототранзистор т.е приемником света. Светодиод расположен на внутренней линзы в пределах очищаемой поверхности но не на пути основного светового луча. Если линза чистаяили покрыта каплями дождя, луч, испускаемый светодиодом, проход через рассеиватель без помех. Только незначительная часть отражается назад - к фототранзистору. Если он сталкивается с частичками грязи внешней поверхности линзы, то отражается обратно к приемнику с интенсивностью, прямо пропорциональной степени загрязнения; очиститель включается при достижении определенного уровня загрязнения.

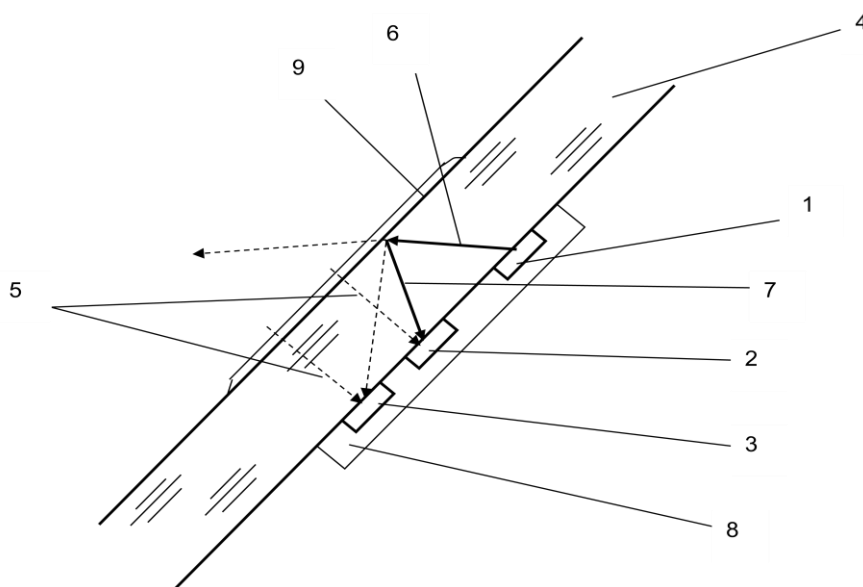


Рис. 18 - Принцип работы датчика загрязнения стекла

- 1 – излучатель;
- 2,3 – фотоприемники;
- 4 – стекло;
- 5 – естественный световой поток;
- 6 – световой поток излучателя;
- 7 – отраженный световой поток;
- 8 – датчик;
- 9 – грязь.

Устройство позволяет в автоматическом режиме определять появление грязи, снега и воды на стекле во время движения автомобиля и по мере необходимости включать стеклоочистители, омыватель, вентилятор или обогрев стекла.

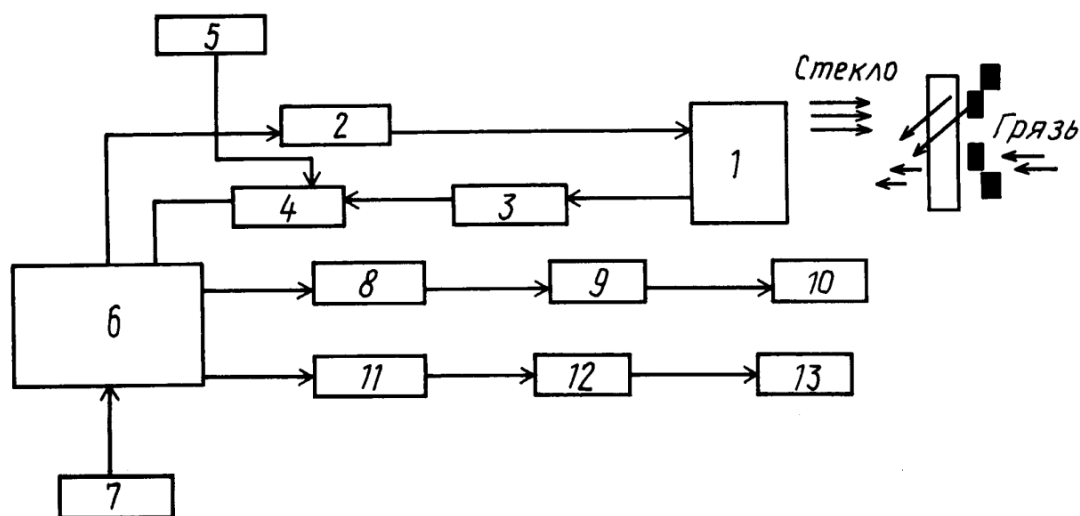


Рис. 19. - Схема работы устройства

Сигнал от переключателя режимов работы 7 поступает на второй вход схемы управления 6, которая отправляет сигнал на генератор 2, который по поступлении этого сигнала посылает последовательность импульсов, идущую на датчик 1, датчик 1 излучает через внутреннюю поверхность стекла наружу световые импульсы, которые свободно распространяются наружу, если внешняя поверхность стекла чистая, или частично отражаются обратно, если на стекле есть грязь.

Этот отражающий свет регистрируется датчиком 1, после этого электрический сигнал от датчика, соответствующий зарегистрированному суммарному световому сигналу, поступает на анализатор 3, который выделяет из сигнала только ту переменную полезную составляющую, которая соответствует сигналу от светодиода, частично отраженного как от внутренней и внешней поверхности ветрового стекла, так и от грязи на ветровом стекле. После этого выделенная анализатором 3 полезная часть сигнала поступает на схему сравнения 4, которая сравнивает уровень поступающего от анализатора сигнала с пороговым уровнем, устанавливаемым в схеме сравнения регулятором уровня 5.

При превышении величины сигнала загрязнения ветрового стекла величины порога срабатывания, установленного регулятором 5, схема сравнения вырабатывает сигнал загрязнения стекла, который поступает на схему управления 6, после чего схема управления в зависимости от включенного переключателем 7 режима работы или подает сигнал на усилитель 8, который включает реле 9, которое приводит в действие мотор 10,двигающий автомобильные дворники, или схема управления 6 одновременно с сигналом на включение мотора 10 вырабатывает сигнал, который с помощью усилителя 11 и реле 12 включает также и мотор омывателя ветрового стекла 13. Моторы 12 и 13 работают до тех пор, пока стекло не очистится, после чего сигнал от датчика загрязнения стекла падает до первоначального уровня, после чего схема управления 5 вырабатывает сигнал на остановку моторов 12 и 13.

10. Двигатели для стеклоочистителей

В качестве двигателей для стеклоочистителей используются электродвигатели постоянного тока с постоянными магнитами. В системах очистки ветрового стекла используется механизм червячной передачи.

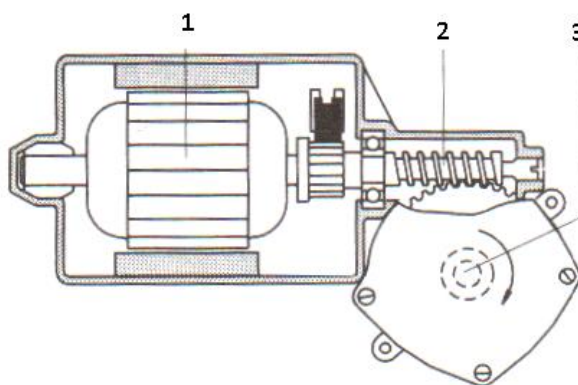


Рис. 20. – электродвигатель стеклоочистителя с червячной передачей

- 1 – электродвигатель постоянного тока с постоянными магнитами;
- 2 – червячный механизм;
- 3 – вал.

Законодательные требования по применению двигателей для стеклоочистителей допускают эксплуатационную частоту вращения для первой

очистки, равную $n_{в1} = 45 \text{ мин}^{-1}$ и $n_{в2} = 65 \text{ мин}^{-1}$ для второй очистки. Минимальная частота вращения, по крайней мере, должна составлять $n_a = 5 \text{ мин}^{-1}$.

11. Выбор электропривода стеклоочистителя.

Электродвигателей с постоянными магнитами. В электродвигателях с возбуждением от постоянных магнитов изменение частоты вращения якоря достигается установкой дополнительной щётки и организацией прерывистого режима работы.

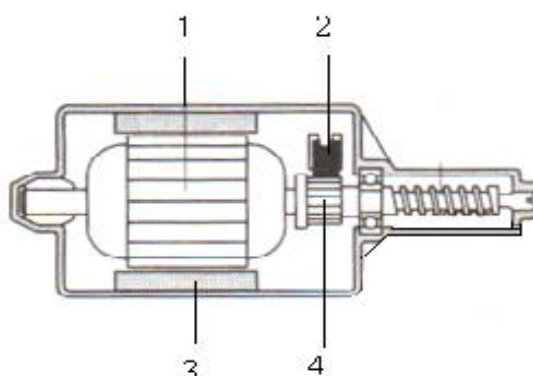


Рис. 21. - Электродвигатель с постоянными магнитами

- 1 – ротор;
- 2 – щетки;
- 3 – магнит;
- 4 – коллектор.

12. Тяговый расчет электродвигателя стеклоочистителя Lada Vesta.

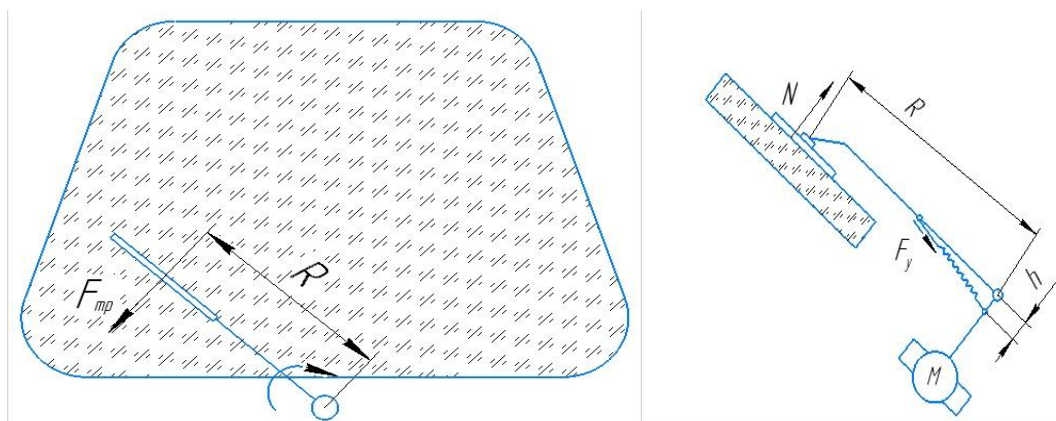


Рисунок 22.- Расчетная схема

$$\sum M = F_y \cdot h - N \cdot R$$

Сила реакции опоры:

$$N_1 = \frac{F_y \cdot h}{R} = 80 \cdot \frac{0.03}{0.65} = 3.69 \text{ Н}$$

$$N_2 = \frac{F_y \cdot h}{R} = 80 \cdot \frac{0.03}{0.55} = 4.36 \text{ Н}$$

Сила трения резины об стекло, где $f_{pc} = 0,8$ коэффициент трения резины об стекло:

$$F_{тр1} = f_{pc} \cdot N = 0.8 \cdot 3.69 = 2.95 \text{ Н}$$

$$F_{тр2} = f_{pc} \cdot N = 0.8 \cdot 4.36 = 3.49 \text{ Н}$$

Момент силы:

$$M_{с1} = F_{тр} \cdot R = 2.95 \cdot 0.65 = 1.92 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{с2} = F_{тр} \cdot R = 3.49 \cdot 0.55 = 1.92 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Циклическая частота вращения, где $n=65$ об/мин:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 3.14 \cdot \frac{65}{30} = 6.8 \text{ с}^{-1}$$

Требуемая мощность на один дворник:

$$P_1 = M_{с} \cdot \omega = 1.92 \cdot 6.8 = 13.07 \text{ Вт}$$

$$P_2 = M_{с} \cdot \omega = 1.92 \cdot 6.8 = 13.07 \text{ Вт}$$

Общая требуемая мощность на оба дворника:

$$P_1 + P_2 = 13.07 + 13.07 = 26.14 \text{ Вт.}$$

Передаточное число в червячном механизме стеклоочистителя:

$$u_p = 45$$

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определение передаточного числа мотор-редуктора:

$$u_p = \frac{n_{\text{вх}}}{n_{\text{вых}}}$$

Определяем частоту вращения двигателя:

$$n_{\text{вх}} = u_p \cdot n_{\text{вых}} = 45 \cdot 65 = 2925 \text{ об/мин.}$$

В связи с перечисленными ранее актуальными тенденциями нам надо рассчитать электродвигатель, который бы отвечал всем требованиям. Для расчета выберем электродвигатель автомобиля со следующими техническими характеристиками:

Таблица 1. Характеристики электродвигателя

Мощность, Вт	30
Частота вращения, Мин ⁻¹	3000
Ток, А	3
Напряжение, В	12

13.Расчёт электродвигателя стеклоочистителя.

2.1.Электромагнитный расчёт

Основные размеры электродвигателя.

2.1.1. Расчётная мощность:

$$P_a = \frac{1 + 2\eta}{3\eta} P_n = \frac{1 + 2 \cdot 0,5}{3 \cdot 0,5} \cdot 30 = 40 \text{ Вт}$$

$\eta = 0.5$ - коэффициент полезного действия.

Для электродвигателей стеклоочистителей η берётся в пределах $0,5 \div 0,6$, для данного электродвигателя принимаем $\eta = 0,5\%$

2.1.2. Ток и ЭДС якоря при нагрузке машины

$$I_a = \frac{P_n}{\eta \cdot U} = \frac{30}{0,5 \cdot 12} = 5 \text{ А}$$

$$E = \frac{1+2\eta}{3} \cdot U = \frac{1+2 \cdot 0,5}{3} \cdot 12 = 8 \text{ В}$$

2.1.3. Машинная постоянная

$$C = \frac{6 \cdot 10^4}{\alpha \cdot B\delta \cdot A_2} = \frac{6 \cdot 10^4}{0,65 \cdot 0,28 \cdot 53} = 6220,2$$

α - коэффициент полюсного перекрытия, принимаем $\alpha=0,65$, так как он берётся в пределах от $0,6 \div 0,7$

$B\delta$ - индукция в воздушном зазоре под полюсом при нагрузке $B\delta=0,28$
Тл Из зависимости:

$$B\delta = f\left(\frac{P2}{n}\right) = f\left(6 \cdot 10^{-3}\right)$$

A_2 - линейная нагрузка якоря из зависимости

$$A_2 = f\left(\frac{P2}{n}\right) \Rightarrow A_2 = 53 \text{ А/см}$$

2.1.4. Внутренний диаметр полюсов и расчётная длина пакета якоря

$$D_{\text{ая}} = 3 \sqrt{\frac{C \cdot Pa}{\varepsilon \cdot n}} = 3 \sqrt{\frac{6220,2 \cdot 40}{0,5 \cdot 3000}} = 5,308 \text{ см}$$

ξ - коэффициент пропорциональности, для данного двигателя $\xi=0,5$

$$la = \xi \cdot D_{\text{ая}} = 0,5 \cdot 5,308 = 2,654 \text{ см}$$

Для данного электродвигателя выбираем воздушный зазор $\delta=0,05$ см
исходя из того, что для электродвигателей стеклоочистителей $\delta=0,03 \div 0,05$

Диаметр якоря

$$D_{a2} = D_{a1} - 2\delta = 5,308 - 2 \cdot 0,05 = 5,2 \text{ см}$$

2.1.5. Полюсной шаг

$$\tau_2 = \frac{\pi \cdot Da2}{2p} = \frac{3,14 \cdot 5,2}{2} = 8 \text{ см}$$

Расчётная полюсная дуга

$$b_0 = \alpha \cdot \tau_2 = 0,65 \cdot 8 = 5,2 \text{ см}$$

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Расчётная полюсная дуга у электродвигателей стеклоочистителей на 2-3% меньше длины действительной полюсной дуги

$$b=(1,02\div 1,03)b_0$$

$$b=1,02b_0=1,02\cdot 5,2=5,3 \text{ см}$$

2.1.6. Окружная скорость вращения якоря:

$$v_2=\frac{\pi \cdot Da_2 \cdot n}{60} \cdot 10^{-2}=\frac{3,14 \cdot 5,2 \cdot 3000}{60} \cdot 10^{-2}=8,16 \text{ об/мин}$$

2.1.7. Частота перемагничивания стали якоря:

$$F_2=\frac{p \cdot n}{60}=\frac{1 \cdot 3000}{60}=50 \text{ Гц}$$

Обмотка якоря.

2.1.8. Полезное магнитное поле полюса в воздушном зазоре при нагрузке двигателя

$$\Phi \delta = B \delta \cdot S \delta = 0,28 \cdot 16,2 = 4,54 \text{ Вб},$$

где $S \delta$ - полезная площадь воздушного зазора

$$S \delta = \frac{\pi (D_{1m} + Da_2)}{4} \cdot \alpha \cdot l_{cp} \delta = \frac{3,14 \cdot (6,6 + 5,2)}{4} \cdot 0,65 \cdot 2,87 = 17,3 \text{ см}^2$$

$$l_{cp} \delta = \frac{l_a + l_m}{2} = \frac{2,65 + 3,1}{2} = 2,87$$

Здесь:

l_m - осевая длина магнита

$$l_m = l_a + (0,4 \div 0,5) = 2,65 + 0,45 = 3,1 \text{ см}$$

D_{1m} - внутренний диаметр магнита

$$D_{1m} = Da_2 + 2a = 5,2 + 2 \cdot 1 = 7,2 \text{ см},$$

здесь: a – толщина магнита, её выбираем из предела

$$a = 0,7 \div 1 \text{ см}; \delta = 1 \text{ см}$$

2.1.9. Число проводников обмотки якоря:

$$N = \frac{60 \cdot a \cdot E \cdot 10^4}{p \cdot n \cdot \Phi \delta} = \frac{60 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 10^4}{1 \cdot 3000 \cdot 3,93} = 407$$

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

принимаем N чётное число $N = 410$

2.1.10. Число пазов

$$Z_a = 2 \cdot Da2 = 2 \cdot 5,2 = 10,4$$

Принимаем $Z_a = 10$

2.1.11. Число коллекторных пластин:

$$K = Z_a = 10$$

2.1.12. Число витков в секции обмотки якоря:

$$\omega_{c2} = \frac{N}{2 \cdot K} = \frac{410}{20} = 20,5$$

Принимаем $\omega_{c2} = 21$

2.1.13. Число проводников в пазу:

$$N_z = \frac{N}{Z_a} = \frac{410}{10} = 41$$

2.1.14. Шаги обмотки якоря по секциям и коллектору. Выбираем простую петлевую обмотку для данного электродвигателя:

$$a) y_1 = \frac{K}{2p} \pm \varepsilon = \frac{10}{2} \pm 0 = 5$$

$y_1 = 5$ - первый частичный шаг обмотки по якорю

$$б) y_2 = y_1 - 1 = 5 - 1 = 4; y_2 = 4$$

в) $y = 1$, где y – результирующий шаг обмотки по якорю

$y_k = 1$, где y_k - шаг обмотки по коллектору

2.1.15. Окончательная величина линейной нагрузки якоря

$$A_2 = \frac{N \cdot I_a}{2 \cdot \pi \cdot Da} = \frac{410 \cdot 3}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,3} = 37 \text{ А/см}$$

$$37 \pm 5\% = 39 \text{ А/см}$$

Принимаем значение $A_2 = 39 \text{ А/см}$

Размеры зубцов, пазов и проводов обмотки якоря.

2.1.16. Предварительный выбор плотности тока в обмотке якоря.

По ГОСТ 3940-94 для электродвигателей стеклоочистителей

Для данного двигателя принимаем

					<i>KP 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$j_a = 6 \text{ A/мм}^2$$

2.1.17. Сечение и диаметр провода обмотки якоря:

$$g = \frac{I_a}{2j_a} = \frac{3}{2 \cdot 6} = 0,25 \text{ мм}^2$$

2.1.18. По ГОСТ 7262-94 выбираем сечение и диаметр проводников.

Выбираем провод ПЭВ-2 – круглый изолированный с высокопрочной эмалью, двухслойный, класс изоляции А.

$$d_{из} = 0,58 \text{ мм} \quad d = 0,55 \text{ мм} \quad g = 0,25 \text{ мм}^2$$

2.1.19. Площадь паза, занятая проводниками

$$S_{пр} = N_z \frac{\pi \cdot d_{из}^2}{4} = 54 \frac{3,14 \cdot 0,58^2}{4} = 0,142 \text{ см}^2$$

2.1.20. Коэффициент заполнения паза для электродвигателей стеклоочистителей $k'_3 = 0,25 - 0,26$

Для данного двигателя принимаем $k'_3 = 0,26$

2.1.21. Размеры паза и зубцов якоря.

Для электродвигателя мощностью $P = 30 \text{ Вт}$ используют паз трапециидальной формы, для каждого:

а) ширина прорези паза

$$b_n = 0,25 \text{ см} \text{ выбираем в зависимости от } d_{из} = 0,58 \text{ мм}$$

б) высота прорези паза по техническим соображениям:

$$a_n = 0,3 \text{ см}$$

в) зубцовое деление

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_a}{Z_a} = \frac{3,14 \cdot 5,2}{10} = 1,6 \text{ см}$$

г) сечение зубца

$$Z_2 = \frac{B\delta \cdot t_1}{B_z \max \cdot K_c} = \frac{0,28 \cdot 1,6}{1,2 \cdot 0,95} = 0,39 \text{ см}$$

$K_c = 0,95$ - коэффициент заполнения пакета якоря;

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$B_z \max = 1,2$ Тл - максимальная индукция в зубце.

д) Высота паза

$$h_n = 0,2 \cdot Da = 0,2 \cdot 5,2 = 1,04 \text{ см}$$

е) Диаметр якоря в верхнем сечении паза

$$Da' = Da - 2a_n = 5,2 - 2 \cdot 0,3 = 4,6 \text{ см}$$

ж) Диаметр железа якоря в среднем сечении паза

$$Dooc = Da - 2a_n - h_n = 5,2 - 2 \cdot 0,3 - 1 = 3,6 \text{ см}$$

з) Диаметр железа якоря в нижнем сечении паза

$$Dz = Da - 2h_n - 2a_n = 5,2 - 2 \cdot 1 - 2 \cdot 0,3 = 2,0 \text{ см}$$

Радиусы сопряжений находятся методом подбора

$$r_1 = 0,3 \text{ см}; r_2 = 0,5 \text{ см}$$

Диаметры якоря, на которых находятся центры окружностей сопряжений

$$D_1 = 4,2 \text{ см}; D_2 = 2,7 \text{ см}$$

2.1.22. Размеры паза по сечениям

$$Z1 = t_1 - b_n = 1,6 - 0,25 = 1,3 \text{ см} - \text{в верхнем сечении};$$

$$Z2 = t_{cpmin} = 0,5 \text{ см} - \text{в среднем сечении};$$

$$Z3 = \frac{\pi \cdot Dz}{Za} = \frac{3,14 \cdot 2,0}{10} = 0,64 \text{ см} - \text{размер в нижнем сечении.}$$

2.1.23. Средние размеры паза по сечениям

$$Z_{cp1-2} = \frac{Z1 + Z2}{2} = \frac{1,3 + 0,5}{2} = 0,9 \text{ см}$$

$$Z_{cp2-3} = \frac{Z2 + Z3}{2} = \frac{0,5 + 0,64}{2} = 0,57 \text{ см}$$

2.1.24. Площадь паза

$$\begin{aligned} S_n &= \frac{\pi r_1^2 + \pi r_2^2}{2} + \left(\frac{\pi D_1}{Za} - Z2 \cdot 2r_1 \right) \cdot r_1 + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\pi D_1}{Za} - Z2 \right) + 2r_2 \right] \cdot \left(\frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2} \right) \\ &= \frac{\pi \cdot 0,3^2 + \pi \cdot 0,5^2}{2} + \frac{\pi \cdot 4,2}{10} - 0,5 \cdot 2 \cdot 0,3 + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\pi \cdot 4,2}{10} - 0,5 \right) + 2 \cdot 0,5 \right] \cdot \left(\frac{4,2}{2} - \frac{2,7}{2} \right) \\ &= 0,53 + 1,01 + 0,6 = 2,13 \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Коллектор и щётки.

2.1.25. Предварительная величина диаметра коллектора

$$D_k = (0,4 \div 0,5) D_a = 0,5 \cdot 5,2 = 2,6 \text{ см}$$

Для данного электродвигателя мощностью $P=30$ Вт делают свёрнутый коллектор.

2.1.26. Ширина коллекторных пластин (предварительное коллекторное деление)

$$t_k = \frac{\pi D_k}{K} = \frac{3,14 \cdot 2,6}{10} = 0,816$$

Принимаем ширину коллекторных пластин

$$B_{из} = t_k - B_{из} = 0,816 - 0,03 = 0,78 \text{ см}$$

$B_{из}$ - ширина межколлекторной изоляции, для данного электродвигателя принимаем $B_{из} = 0,03$ см

2.1.27. Окружная скорость коллектора:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n}{60} \cdot 10^{-2} = \frac{3,14 \cdot 2,6 \cdot 3000}{60} \cdot 10^{-2} = 4 \text{ м/с}$$

2.1.28. Сорт щёток выбираем по ГОСТ 2332-94 для данного электродвигателя М 1 – меднографитовые.

Ширина щёток.

$b_{щ} = 0,8$ см, длина $a_{щ} = 1$ см

по ГОСТу 12232-91

2.1.29. Площадь сечения щётки

$$S_{щ} = a_{щ} \cdot b_{щ} = 1 \cdot 0,8 = 0,8 \text{ см}^2$$

2.1.30. Окончательная плотность тока под щётками

$$j_{щ} = \frac{I_a}{S_{щ} \cdot p} = \frac{3}{0,8 \cdot 1} = 3,75 \text{ А/см}^2$$

2.1.31. Длина коллектора

$$l_k = (1,5 \div 2) \cdot a_{щ} = 1,6 \cdot 1 = 1,6 \text{ см}$$

2.1.32. Проверка коммутации

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$B_k = B_{ш} + \left[I_k + \left(\frac{\kappa}{2p} - y_1 \right) - \frac{a}{p} \right] \cdot t_k' = 1,6 + \left[1 + \left(\frac{10}{2} - 5 \right) - 1 \right] \cdot 1,68 = 1,6 \text{ см}$$

$$I_k = \frac{\kappa}{z} = \frac{10}{10} = 1$$

$$t_k' = t_k \cdot \frac{Da}{D_k} = 0,816 \cdot \frac{5,2}{2,6} = 1,63 \text{ см}$$

условие благоприятной коммутации

$$B_k \leq 0,8 \text{ (}\tau - b_0\text{)}$$

$$B_k \leq 0,8 \text{ (7-4,55)}$$

$$B_k \leq 2; B_k < 2; 1,6 < 2$$

Расчёт магнитной системы двигателя.

2.1.33. Сечение корпуса

$$S_{кор} = \frac{\Phi \delta}{2 B_{k \max}} = \frac{3,9}{2 \cdot 1,3} = 1,5 \text{ см}^2$$

$B_{k \max} = 1,2 \div 1,3$ Тл для данного электродвигателя принимаем $B_{k \max} = 1,3$ Тл

2.1.34. Длина корпуса электродвигателя

$$l_{кор} = la + lk + m = 2,6 + 1,6 + 5 = 9,2 \text{ см}$$

m – размер, выбираемый из конструктивных и технологических соображений и включающий в себя вылет лобовых частей якоря, место под подшипники, расстояние от якоря до коллектора, определяемое типом обмотки.

$$m = 3 \div 5 \text{ см в данном случае } m = 5 \text{ см}$$

2.1.35. Толщина корпуса электродвигателя

$$b_{кор} = \frac{S_{кор}}{l_{кор}} = \frac{1,53}{9,2} = 0,17 \text{ см}$$

Расчёт магнитной цепи электродвигателя.

2.1.36. Индукция в зубцах якоря по сечениям

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$B_{Z1-2} = \frac{B\delta \cdot t1}{Kc \cdot Z_{cp1-2}} = \frac{0,28 \cdot 1,6}{0,95 \cdot 0,9} = 0,52 \text{ Тл}$$

$$B_{Z2} = \frac{B\delta \cdot t1}{Kc \cdot Z2} = \frac{0,28 \cdot 1,6}{0,95 \cdot 0,39} = 1,02 \text{ Тл}$$

$$B_{Z2-3} = \frac{B\delta \cdot t1}{Kc \cdot Z_{cp2-3}} = \frac{0,28 \cdot 1,6}{0,95 \cdot 0,6} = 0,78 \text{ Тл}$$

2.1.37. Длины магнитных силовых линий в зубце по участкам:

$$\alpha_{1-2} = Da - D1 = 5,4 - 4,2 = 1,2 \text{ см}$$

$$\alpha_2 = D1 - D2 = 4,2 - 2,7 = 1,5 \text{ см}$$

$$\alpha_{2-3} = D2 - D3 = 2,7 - 2,64 = 0,03 \text{ см}$$

2.1.38. Рабочий поток в воздушном зазоре

$$\Phi\delta = B\delta \cdot S\delta \cdot 10^{-4} = 0,28 \cdot 16,2 \cdot 10^{-4} = 4,53 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

2.1.39. Индукция в теле якоря

$$Ba = \frac{\Phi\delta}{2Kc \cdot ha \cdot la \cdot 10^{-4}} = \frac{Ku \cdot B\delta}{2Kc \cdot ha \cdot la \cdot 10^{-4}} = K_5 \cdot B\delta = 2,29 \cdot 0,28 \cdot 10^{-4} = 0,64 \text{ Тл}$$

$$K_5 = \frac{Ku}{2Kcm \cdot Sa \cdot ha} = \frac{16,2}{2 \cdot 0,95 \cdot 2,7 \cdot 1,3} = 2,43$$

$$ha = \frac{Da - 2hn}{2} = \frac{5,2 - 2 \cdot 1}{2} = 1,7 \text{ см}$$

2.1.40. Длина магнитной силовой линии в корпусе

$$\alpha_{кор} = \frac{\pi D_{сркор}}{2} = \frac{3,14 \cdot 7}{2} = 10,9 \text{ см}$$

$$D_{сркор} = D1м + b_{кор} = 7,2 + 0,2 = 7,4 \text{ см}$$

2.1.41. Площадь стыка магнит-корпус

$$S_{ст} = \frac{\pi D1м}{2} \cdot l_m \cdot \alpha = \frac{3,14 \cdot 7,2}{2} \cdot 3,1 \cdot 0,65 = 22,7 \text{ см}^2$$

2.1.42. Намагничивающая сила, необходимая для проведения полезного потока через стык магнит-корпус

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$F_{cm} = 1,6 \cdot B_{cm} \cdot \delta_{cm} \cdot 10^4 = 1,6 \cdot 0,223 \cdot 0,05 \cdot 10^4 = 178 \text{ А}$$

$$\delta_{cm} = 0,05 \text{ мм}$$

2.1.43. Коэффициент воздушного зазора

$$K_{\delta} = \frac{t_1 + 10\delta}{Z_1 + 10\delta} = \frac{1,6 + 0,05 \cdot 10}{1,3 + 10 \cdot 0,05} = 1,23$$

2.1.44. Намагничивающая сила, необходимая для проведения магнитного потока через воздушный зазор.

$$F_{\delta} = 1,6 B_{\delta} \cdot K_{\delta} \cdot \delta \cdot 10^4 = 1,6 \cdot 0,28 \cdot 1,23 \cdot 0,05 \cdot 10^4 = 268 \text{ А}$$

2.1.45. Напряжённость на первом участке зубца определяется по таблице напряжённости электролитической стали Э-11 при

$$B_{Z1-2} = 0,52 \text{ Тл}$$

$$H_{1-2} = 1,54 \text{ А/см}$$

2.1.46. Намагничивающая сила, необходимая для проведения тока по первому участку зубца

$$F_{Z1-2} = \alpha_{1-2} \cdot H_{1-2} = 1,2 \cdot 1,54 = 1,84 \text{ А}$$

2.1.47. Напряжённость на втором участке зубца определяется, по таблице намагничивания стали Э-11

$$\text{при } B_{Z2} = 1 \text{ Тл} \gg H_2 = 3,7 \text{ А/см}$$

2.1.48. Намагничивающая сила, необходимая для проведения потока по второму участку

$$F_{Z2} = \alpha_2 \cdot H_2 = 1,2 \cdot 3,7 = 4,4 \text{ А}$$

2.1.49. Напряжённость на прежнем участке зубца по таблице намагничивания стали Э-11

$$\text{при } B_{Z2-3} = 0,75 \text{ Тл}$$

$$H_{2-3} = 2,2 \text{ А/см}$$

2.1.50. Намагничивающая сила по третьему участку

$$F_{2-3} = \alpha_{2-3} \cdot H_{2-3} = 0,6 \cdot 2,2 = 1,32 \text{ А}$$

2.1.51. Намагничивающая сила по зубцу

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$F_z = \Sigma \cdot (F_{1-2} + F_2 + F_{2-3}) = 1,8 + 4,4 + 1,3 = 7,5 \text{ A}$$

2.1.52. Напряжённость поля в теле якоря по таблице

$$B_a = 0,64 \text{ Тл}; H_a = 1,52 \text{ A/см}$$

2.1.53. Намагничивающая сила, необходимая для проведения полезного потока по якорю

$$F_a = \Sigma \cdot (F_z + F_{m.я.}) = 7,5 + 3,2 = 10,7 \text{ A}$$

$$F_{т.я.} = H_a \cdot \alpha_{cp} = 2 \cdot 1,6 = 3,2 \text{ A}$$

2.1.55. Намагничивающая сила, необходимая для проведения потока по якорю и зазору

$$F_a + \delta = \Sigma (F_a + F_{\delta}) = 10,7 + 268 = 278,7 \text{ A}$$

2.1.56. Проводимость цепи якорь - воздушный зазор

$$G_{a+\delta} = \frac{\Phi \delta}{F_a + \delta} = \frac{4,5 \cdot 10^{-5}}{278,7} = 16 \cdot 10^{-8} \text{ Вб/А}$$

2.1.57. Суммарная проводимость при расчёте схемы замещения, обе проводимости соединены параллельно

$$G_{a+\delta} + G_{s\delta} = 16 \cdot 10^{-8} + 6,3 \cdot 10^{-8} = 22,3 \cdot 10^{-8} \text{ Вб/А}$$

2.1.58. Поток в корпусе электродвигателя

$$\Phi_{кор} = (G_{a+\delta} + G_{s\delta}) \cdot F_{a+\delta} = 22,3 \cdot 10^{-8} \cdot 278,7 = 0,62 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

2.1.59. Напряжённость корпуса по таблице намагничивания для стали Э-11

$$B_{кор} = 1,3 \text{ Тл}; H_{кор} = 8,2 \text{ A/см}$$

2.1.60. Намагничивающая сила, необходимая для проведения потока в корпусе электродвигателя

$$F_{кор} = \alpha_{кор} \cdot H_{кор} = 11 \cdot 8,2 = 90,2 \text{ A}$$

2.1.61. Индукция в стыке магнит-корпус

$$B_{ст} = \frac{\Phi_{кор}}{S_{ст}} = \frac{0,62 \cdot 10^{-4}}{22,7} = 0,273 \text{ Тл}$$

2.1.62. Суммарная намагничивающая сила корпуса и стыка

$$F_{кор} + F_{ст} = 90,2 + 178 = 268,4 \text{ A}$$

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1.63. Намагничивающая сила, которую должен обеспечить магнит

$$H_u = \frac{F_M}{2a \cdot 10} = \frac{555}{2 \cdot 1 \cdot 10} = 27,7 \text{ А/см}$$

2.1.64. Поток, отдаваемый магнитом во внешнюю цепь

$$\Phi_M = \Phi_{\text{кор}} + \Phi_{s1} = 0,62 \cdot 10^{-4} + 0,76 \cdot 10^{-4} = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

2.1.65. Поток рассеяния

$$\Phi_{s1} = G_{s1} \cdot F_M = 1,37 \cdot 10^{-8} \cdot 555 = 0,76 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

2.1.66. Индукция магнита

$$B_M = \frac{\Phi_M}{S_M} = \frac{1,38 \cdot 10^{-4}}{17,7} = 7,84 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

2.2.1. Вес стали сердечника якоря

$$G_{ca} = \frac{\pi}{4} (2ha)^2 \cdot la \cdot j_c \cdot K_c \cdot 10^{-3} = \frac{\pi}{4} \cdot (2 \cdot 1,7)^2 \cdot 2,6 \cdot 7,8 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3} = 0,09 \text{ кг}$$

j_c - удельный вес стали;

K_c - коэффициент заполнения пакета сталью.

2.2.2. Вес коллектора

$$G_K = \frac{\pi}{4} j_K \cdot l_K \cdot D_K^2 \cdot 10^{-3} = \frac{\pi}{4} \cdot 8,5 \cdot 1,6 \cdot 6,7 \cdot 0,001 = 0,07 \text{ кг}$$

2.2.3. Вес стали зубцов якоря

$$G_{za} = j_c \cdot Z_{cp} \cdot la \cdot hn \cdot K_c \cdot 10^{-3} = 7,8 \cdot 0,65 \cdot 2,6 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,001 = 0,0125 \text{ кг}$$

$$Z_{cp} = \frac{Z_{1-2} + Z_2 + Z_{2-3}}{3} = \frac{0,9 + 0,5 + 0,6}{3} = 0,66$$

2.2.4. Вес якоря

$$G_a = G_{ca} + G_K + G_{za} + G_{ma} = 0,09 + 0,07 + 0,0125 + 0,103 = 0,275 \text{ кг}$$

$$G_{ma} = j_m \cdot S_{np} \cdot Z \cdot l_{cp} = 8,5 \cdot 0,142 \cdot 10 \cdot 8,6 = 0,103 \text{ кг}$$

2.2.5. Удельные потери в стали:

$$P_a = 2\varepsilon \left(\frac{f}{100} \right) + 2\rho \left(\frac{f}{100} \right)^2 = 2 \cdot 4,5 \cdot \frac{50}{100} + 2,5 \cdot 5,1 \cdot \frac{50^2}{100^2} = 7,69 \text{ Вт/кг}$$

$$f = \frac{p \cdot n}{60} = \frac{1 \cdot 3000}{60} = 50 \text{ Гц}$$

f - частота перемагничивания

$\varepsilon=4,5$; $\rho=5,1$ - для стали Э-11

$$P_z = 1,5\varepsilon \left(\frac{f}{100} \right) + 3 \left(\frac{f}{100} \right)^2 = 1,5 \cdot 4,5 \frac{50}{100} + 3 \cdot 5,1 \cdot \frac{50^2}{100} = 7,2 \text{ Вт/кг}$$

2.2.6. Потери на гистерезис и вихревые токи в стали зубцов якоря

$$P_{cz} = P_z \left(\frac{B_{z2}}{10000} \right)^2 \cdot G_{za} = 7,2 \cdot 0,0125 = 0,09 \text{ Вт/кг}$$

2.2.7. Полные магнитные потери на гистерезис и вихревые токи

$$P_c = P_{ca} + P_{cz} = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ Вт/кг}$$

2.2.8. Механические потери трения щёток о коллектор

$$P_{\text{тр.щ.}} = 9,81 \mu \cdot \rho_{\text{щ}} \cdot v_k = 9,81 \cdot 0,25 \cdot 0,25 \cdot 4 = 2,45 \text{ Вт/кг}$$

v_k - окружная скорость коллектора

$\mu=0,25$ - коэффициент трения

$\rho_{\text{щ}}=0,25 \text{ кг/см}^2$ - удельное давление щёток

2.2.9. Механические потери на трение в подшипниках

$$P_{\text{тр.п.}} = K_{\text{т}} \cdot G_a \cdot n \cdot 10^{-3} = 0,27 \cdot 3000 \cdot 10^{-3} = 1,59 \text{ Вт}$$

2.2.1.0. Механические потери на трение якоря о воздух

$$P_{\text{тр.в.}} = 2 \cdot Da^2 \cdot n^3 \cdot la \cdot 10^{-14} = 2 \cdot 5,2^2 \cdot 3000^3 \cdot 2,654 \cdot 10^{-14} = 0,038 \text{ Вт}$$

2.2.1.1. Суммарные механические потери

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{тр.щ.}} + P_{\text{тр.п.}} + P_{\text{тр.в.}} = 2,45 + 1,59 + 0,038 = 4,078 \text{ Вт}$$

2.2.1.2. Потери в меди обмотки якоря

$$P_{\text{м.а.}} = I_a^2 \cdot \tau_{\text{агор}} = 9 \cdot 0,856 = 7,7 \text{ Вт}$$

2.2.1.3. Переходные потери в щёточном контакте:

$$P_{\text{щ}} = I_a \cdot \Delta U_{\text{щ}} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ Вт}$$

2.2.1.4. Полные потери в машине при нагрузке

$$\sum P = \varepsilon g(P_{\text{м.а}} + P_{\text{с}} + P_{\text{ш}} + P_{\text{мех}}) = 1,12 \cdot (7,7 + 0,16 + 2,45 + 4,078) = 14,58 \text{ Вт}$$

- коэффициент, учитывающий добавочные потери

2.2.1.5. Полезная мощность электродвигателя

$$P_2 = U \cdot I_a - \sum P = 12 \cdot 3 - 14,58 = 21,42 \text{ Вт}$$

2.2.1.6. КПД при номинальной нагрузке

$$\eta = \frac{U \cdot I_a - \sum P}{U \cdot I_a} = \frac{21,42}{36} = 0,61$$

$$\eta = 61\%$$

14. Рабочие характеристики двигателя

Таблица №1. Рабочие характеристики двигателя.

		0,5	0,8	1	1,25	1,5
Ток, А		0,5	0,8	1	1,25	1,5
Эдс, В		80	50	40	32	26,66667
н, Об/мин	0	3000	1875	1500	1200	1000
Потери, Вт		0,01	0,0054	0,00276	0,0016	0,006
Потери, Вт		0,547	0,856	1,336	1,926	2,575
Потери, Вт		0,56	0,7	0,875	1,05	1,3
Сумма потерь, Вт		1,117	1,5614	2,21376	2,9776	3,881
P1	0	6	9,6	12	15	18
P2	0	4,883	8,0386	9,78624	12,0224	14,119
Момент, Н*м	0	1,557677	4,102901	6,243621	9,587864	13,51188
Кпд, %	0	80,1646	82,3565	77,1653	70,5456	63,2115

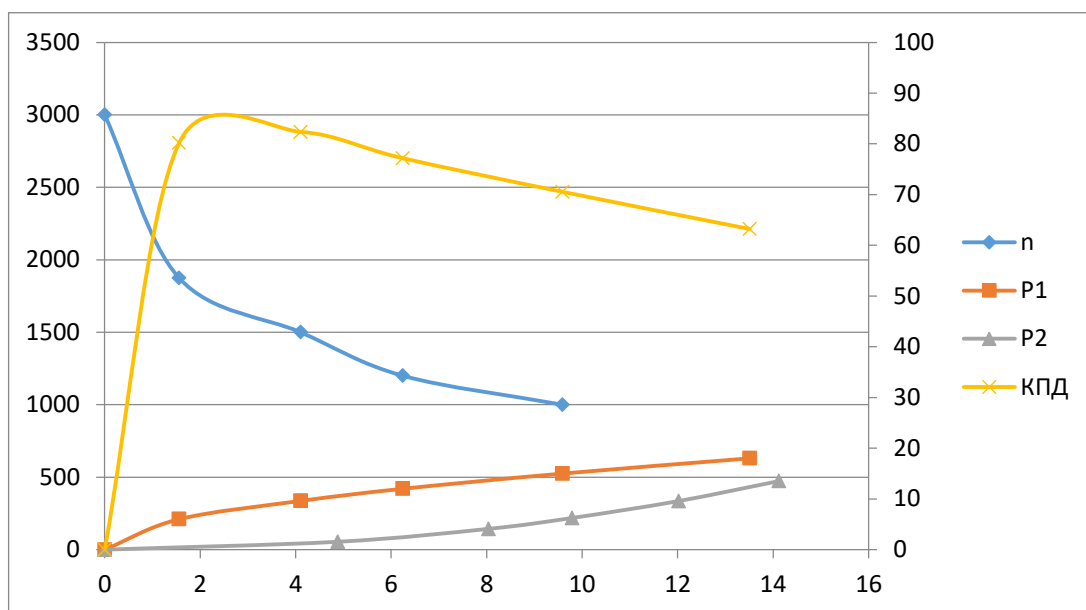


Рисунок 22 – Рабочие характеристики двигателя.

15. Механический расчет вала

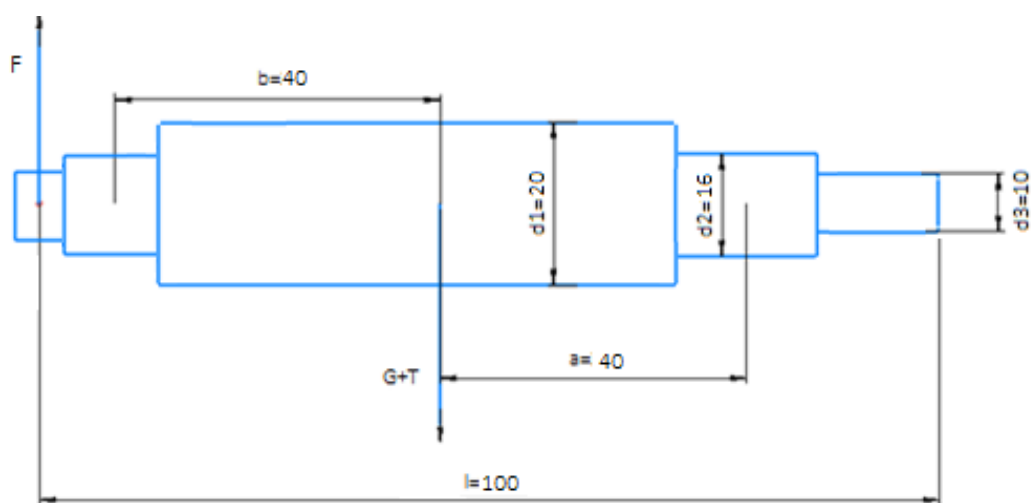


Рисунок 23 – Конструкция и основные размеры вала для механического расчета.

Принимая, что якорь машины постоянного тока представляет собой сплошной цилиндр с плотностью 6500 кг/м^3 , его массу можно определить как:

$$M_p = 6500 \cdot D^2 \cdot l = 6500 \cdot 0.02^2 \cdot 0.13 = 0.338 \text{ кг}$$

Момент инерции участка вала:

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = ((3.14 \cdot 2 \cdot 10^{-2})^4)/64 = 0.785 \cdot 10^{-8} \text{ мм}^4$$

Приближённое значение силы тяжести:

$$G_p = 9.81 \cdot M_p = 3.31578 \text{ Н}$$

Прогиб вала под действием силы тяжести:

$$f_G = \frac{G_p}{3 \cdot l^2 \cdot E} (a^2 \cdot S_b + b^2 \cdot S_a)$$

$$f_G = \frac{3.31578}{3 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 10^2 \cdot 10^{-4}} \cdot (4^2 \cdot 9228.6 + 4^2 \cdot 9228.6) = 0.103114 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

где $E = 2,06 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ – модуль упругости материала вала (для стали).

$$S_b = \frac{a^3 - x^3}{J} = \frac{(40 \cdot 10^{-3})^3}{0.785 \cdot 10^{-8}} = 9228.6 \text{ м}$$

$$S_a = \frac{b^3 - y^3}{J} = \frac{(40 \cdot 10^{-3})^3}{0.785 \cdot 10^{-8}} = 9228.6 \text{ м}$$

$$S_0 = \frac{a^2 - x^2}{J} = \frac{(40 \cdot 10^{-2})^2}{0.785 \cdot 10^{-8}} = 20382.1 \text{ м}$$

Номинальный вращающий момент:

$$M_{НОМ} = 9.55 \cdot \frac{P_2}{n} = 9.55 \cdot \frac{15}{3000} = 0.0476 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Реакция передачи:

$$P_{\Pi} = \frac{k_{\Pi}}{r} \cdot M_{НОМ} = \frac{0.3}{70} \cdot 1000 \cdot 0.0476 = 0.205 \text{ Н}$$

где $k_n = 0.3$ коэффициент при передаче упругой кулачковой муфтой.

Прогиб вала посередине сердечника ротора от реакции передачи составит:

$$f_{\Pi} = \frac{P_{\Pi}}{3 \cdot E \cdot l^2} \cdot ((1,5 \cdot l \cdot S_0 - S_b) \cdot a + b \cdot S_a)$$

$$f_{\Pi} = \frac{0.205}{3 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 10^2} \cdot ((1,5 \cdot 10^2 \cdot 10^{-2} \cdot 20382.1 - 9228.6) \cdot 4 \cdot 10^{-2} + 4^2 \cdot 10^{-2} \cdot 9228.6) = 0.0005228 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Начальный эксцентриситет ротора составит:

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$e_0 = 0,1 \cdot \delta + f_G + f_{\Pi} = 0,1 \text{ м}$$

Начальная сила одностороннего магнитного притяжения:

$$P_M = 0.15 \cdot D \cdot l \cdot \frac{e_0}{\delta} = 0,15 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 0.1 = 30 \text{ Н}$$

Прогиб вала под действием начальной силы магнитного притяжения:

$$f_T = f_G \cdot \frac{P_M}{G_p} = 0.103114 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{30}{3.31578} = 0.9329 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Установившийся прогиб вала под действием начальной силы магнитного притяжения:

$$f_M = \frac{f_T}{1 - \frac{f_T}{e_0}} = \frac{0.9329 \cdot 10^{-7}}{1 - \frac{0.9329 \cdot 10^{-7}}{0.1}} = 0.9329 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Результирующий прогиб вала под действием начальной силы магнитного притяжения, реакции передачи и магнитного притяжения:

$$f = f_G + f_{\Pi} + f_M = 0.103114 \cdot 10^{-7} + 0.0005228 \cdot 10^{-7} + 0.9329 \cdot 10^{-7} \\ = 1.041242 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Результирующий прогиб вала не должен превышать 10% воздушного зазора.

$$x = \frac{f}{\delta} \cdot 100\% = \frac{1.041242 \cdot 10^{-7}}{1} \cdot 100\% = 1.041242 \cdot 10^{-5}\%$$

В расчете на прочность принимаем коэффициент перегрузки $\kappa=2$

Напряжение на свободном конце вала в сечении A по формуле :

$$M_{\text{и}} = k \cdot P_{\Pi} \cdot \left(1 - \frac{y_i}{l}\right) + (P_2 + T) \cdot \frac{\alpha \cdot y_i}{l}$$

$$M_{\text{и}A} = 2 \cdot 0.205 \cdot 1^3 \cdot 10^{-2} = 0.0041 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент сопротивления при изгибе в сечении A :

$$W = 0.1 \cdot d^3$$

$$W_A = 0,1 \cdot 1^3 \cdot 10^{-6} = 0.1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напряжение изгиба в сечении A :

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{1}{W} \sqrt{M_{\text{и}}^2 + (\kappa \cdot \alpha \cdot M_{\text{ном}})^2}$$

$$\sigma_{\text{пр.А}} = \frac{\sqrt{0.0041 + (2 \cdot 0.6 \cdot 0.0476)^2}}{0.1 \cdot 10^{-6}} = 0.678 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Напряжение на свободном конце вала в сечении *В* по формуле :

$$M_{\text{иВ}} = 2 \cdot 0.205 \cdot 2^3 \cdot 10^{-2} = 0.328 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент сопротивления при изгибе в сечении *В* :

$$W = 0.1 \cdot d^3$$

$$W_{\text{В}} = 0.1 \cdot 1.6^3 \cdot 10^{-6} = 0.410 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напряжение изгиба в сечении *А* :

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{1}{W} \sqrt{M_{\text{и}}^2 + (\kappa \cdot \alpha \cdot M_{\text{ном}})^2}$$

$$\sigma_{\text{пр.В}} = \frac{\sqrt{0.328 + (2 \cdot 0.6 \cdot 0.0476)^2}}{0.410 \cdot 10^{-6}} = 0.00014048 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Напряжение на свободном конце вала в сечении *С* по формуле :

$$M_{\text{иС}} = 2 \cdot 0.205 \cdot 8^3 \cdot 10^{-2} = 2.099 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент сопротивления при изгибе в сечении *С* :

$$W = 0.1 \cdot d^3$$

$$W_{\text{С}} = 0.1 \cdot 2^3 \cdot 10^{-6} = 0.8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напряжение изгиба в сечении *С* :

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{1}{W} \sqrt{M_{\text{и}}^2 + (\kappa \cdot \alpha \cdot M_{\text{ном}})^2}$$

$$\sigma_{\text{пр.С}} = \frac{\sqrt{1.4063 + (2 \cdot 0.6 \cdot 0.0476)^2}}{0.8 \cdot 10^{-6}} = 10.0812 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Из сопоставления полученных данных следует, что наиболее нагруженным является сечение *С*, для которого:

$$\sigma_{\text{пр}} = 10.0812 \cdot 10^5 < 0,7 \cdot 3600 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Таким образом, вал удовлетворяет всем требованиям механических расчетов.

					КР 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение.

Основной задачей данного курсового проекта является расчет электродвигателя стеклоочистителя для автомобиля LADA Vesta.

В данном проекте приведены магнитоэлектрический. Характеристики электродвигателя соответствуют рассчитанным, и отвечают требованиям предъявляемой для корректной работы автоматической системы стеклоочистки.

					<i>KP 1.13.03.02.19.13.00.00 ПЗ</i>	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованной литературы.

1. Автомобильный справочник Bosh, первое издание, - Москва: «За рулем», 1999, 991 с.
2. Новейшие автомобильные электронные системы. Д. А. Соснин, В. Ф Яковлев – М.: СОЛОН-Пресс, 2005, 240 с.
3. Электрооборудование автомобилей, Акимов С. В., Чижков Ю.П., - Москва: ЗАО «КЖИ «За рулем» , 95 с.
4. Электрооборудование автомобилей. Ютт В.Е. М.: Транспорт, 2000, 320 с.
5. Конструкция стеклоочистителя Lada Vesta
<http://www.avtoazbuka.net/lada-vesta/stekloochistitel-vesta-vesta-v-sbore-detail>
6. Информация о электродвигателе стеклоочистителя <https://at-detal.ru/catalog/stekloochistka/motoreduktory/?item=18529>