

Ю.Е. Кедрин

Зажигание в авиационных двигателях

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
Ю11

Ю11 **Ю.Е. Кедрин**
Зажигание в авиационных двигателях / Ю.Е. Кедрин – М.: Книга по Требова-
нию, 2021. – 111 с.

ISBN 978-5-458-38283-0

Пособие для техников воздушного флота.

ISBN 978-5-458-38283-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ГЛАВА I.

ВВЕДЕНИЕ.

§ 1. Электрическая искра.

К органам зажигания смеси в цилиндрах авиационных двигателей предъявляются следующие требования: 1) надежность работы, 2) постоянная готовность к работе, 3) легкий запуск двигателя, 4) малый вес и 5) простота конструкции.

Этим требованиям в значительной мере удовлетворяют электрические приборы зажигания высокого напряжения, исключительно и применяемые со времен братьев Райт до наших дней.

При громадных скоростях движущихся деталей двигателя, когда на весь процесс горения смеси в цилиндре отводится одна тысячная доля секунды, температура агента, воспламеняющего смесь, должна быть порядка 2000° . Такая температура может быть получена только от электрической искры.

Искра или искровой разряд должен образоваться в среде сжатой смеси в цилиндре. Но искра есть ни что иное, как электрический ток сквозь газ, являющийся в обычном своем состоянии почти непроводником.

По современным воззрениям электрический ток есть движение электронов (составных частей атомов тел) внутри проводника. Для возникновения тока необходимы: 1) причина (разность потенциалов, напряжение), заставляющая электроны начать движение; разность потенциалов создается генератором (динамомашин, индукционная катушка и пр.), и 2) замкнутая цепь, составленная из проводников. Под проводником обычно понимается металлический провод, но оказывается, что и любое тело, в частности газ, при некоторых условиях может сделаться хотя бы временно проводником.

Искрообразование в слое газа обуславливается теми же причинами, что и ток в проводниках второго класса (жидкостях). Как известно вода является плохим проводником, и только водные растворы солей, кислот и щелочей (электролиты) становятся телами, проводящими ток. Объяснение этого факта состоит в том, что в электролите происходит расщепление молекул на несущие электрические заряды атомы и целые группы атомов. Приложенное к электролиту напряжение извне заставляет эти заряженные частицы начать планомерное передвижение между электродами,

отчего частицы и получили название „ионы“ (по гречески „идущие“). Ионы являются носителями электронов; без ионов тока в жидкостях быть не может.

Искра, или электрический ток, сквозь слой газа тоже может проявиться только при условии наличия в нем ионов, т. е. заряженных электрически атомов и отдельных электронов. Такой газ называется ионизированным.

Газ в обычном своем состоянии обладает ничтожным числом ионов и отдельных электронов. Молекулы и ионы в газе совершают беспорядочное тепловое движение, беспрестанно меняя направление этого движения вследствие столкновений друг с другом. Но если в закрытый сосуд с газом введены два противоположно заряженных проводника-электрода (что и образует свечу, ввернутую в цилиндр), то нестройное движение ионов преобразовывается: положительные ионы притягиваются отрицательным электродом (катодом), а отрицательные ионы направляются к положительному электроду (аноду). Такое передвижение ионов и обуславливает электрический ток сквозь слой газа. Через короткий промежуток времени, после того как в газе возник ток, все ионы притянутся к электродам, и зазор между ними окажется лишенным ионов, т. е. не ионизированным. Ток прекратится. Кроме того при малом напряжении между электродами происходит лишь так называемый темный разряд, который, например в цилиндре со сжатой смесью, не будет в состоянии накаливать пространство в свече до требуемой температуры вспышки всей смеси. Для этой цели должен быть более сильный ток и, как необходимое условие его появления, большая ионизация смеси.

Ионизирующей причиной, или ионизатором смеси в цилиндре, служит высокое напряжение.

В этом случае электрические силы сообщают отдельным электронам газа громадные скорости движения между электродами. От ударов при встрече несущихся электронов с нейтральными атомами, последние расщепляются на ионы. Под влиянием тех же электрических сил вновь образовавшиеся ионы продолжают ударную ионизацию. Так как проводимость смеси благодаря ионизации увеличивается, то ток усиливается, электроды накаливаются настолько, что материал их начинает испаряться. Весь зазор между электродами дает яркий свет. С раскаленной поверхности катода происходит отрыв новых электронов, устремляющихся к аноду. Если напряжение приложено к электродам свечи лишь на мгновение, то описанный разряд быстро потухнет и будет воспринят нами как искра. Такую искру можно рассматривать как неуспешную развиться вольтову дугу.

Успех ударной ионизации газа в большой мере зависит от давления, под которым находится газ. В разреженном газе расстояния между атомами настолько значительны по сравнению с их собственными размерами, что ион пролетает путь значительной длины, прежде чем произойдет столкновение его с атомом. Электроны как наименьшие из частиц среди атомов (масса электрона в 1840 раз меньше массы атома водорода), в этом отноше-

нии находятся в еще более выгодных условиях. На своем свободном пути электрон успевает развить достаточную скорость, для того чтобы при ударе произвести расщепление нейтральной молекулы. С другой стороны в сжатом газе атомы уплотняются до того, что среднее значение длины их пути крайне ничтожно. Летящему электрону нехватает места на приобретение скорости для ударного действия, и газ остается мало ионизированным. Для ионизации сжатого газа необходимо увеличить разность потенциалов на электродах.

Опытами установлено, что для получения искры длиной в 1 мм при атмосферном давлении требуется разность потенциалов в 2000—3000 вольт. При повышении давления газа необходимо увеличение напряжения для образования искры той же длины. Та же зависимость существует и при изменении расстояния зазора между электродами. Чем зазор меньше, тем меньше потребная для искрообразования разность потенциалов. Но такая зависимость простирается лишь до известных пределов: например при очень малых зазорах начало разряда очень затруднено вследствие малого количества ионов в слое газа и требует сравнительно большого напряжения.

При существующих в цилиндрах авиационных двигателей давлениях в момент вспышки и при зазоре в свече в 0,4 мм достаточное для искрообразования напряжение составляет 12000—14000 вольт. Такое напряжение легко развивают магнето и индукционные катушки.

§ 2. Свечи.

Свеча состоит из трех основных частей: 1) центрального электрода Ц, 2) стального корпуса К и 3) изоляционной части И (фиг. 1). Центральный электрод, к которому присоединяется провод от борна распределителя магнето, представляет собой стержень из специального сплава, способного выдерживать высокие температуры. Стержень по всей длине тщательно изолирован от корпуса свечи.

Корпус представляет собой гайку с шестигранной головкой и цилиндрической навинтованной частью, навинчиваемой в гнездо стенки цилиндра. Корпус является вторым электродом свечи, соединенным с массой.

В стенке цилиндрической части корпуса укрепляется одним концом короткий проводник из никелевой стали, загнутый другим своим концом Э к центральному электроду. Зазор между электродами—боковым и центральным—не должен превышать 0,4 мм.

Изоляционная часть свечи состоит или из специального фарфора (свеча „Бош“), или из тонких слюдяных колец, насаживаемых на центральный стержень (свечи „К. Л. Г.“ и С. С. 5). Крепление изоляционной части и центрального стержня с корпусом осуществляется бронзовой или стальной гайкой Г с внешней нарезкой, навинчиваемой во внутреннюю нарезку головки корпуса.

При фарфоровой изоляции между нею и металлом корпуса укладываются уплотняющие кольца из азбеста в медной оправе.

Кольца обеспечивают газонепроницаемость свечей.

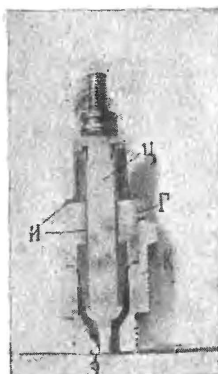
Для той же цели при слюдяной изоляции устраиваются кольцевые зазоры между металлом и слюдой.

Условия работы свечей чрезвычайно тяжелые: 1) высокое напряжение, обуславливающее искрообразование между электродами, стремится разрушить изоляцию; 2) искра, температура которой достигает 2500° , и последующее горение смеси окисляют электроды; 3) давление, развивающееся в цилиндре, угрожает целости внутренней части свечи.

Отсюда следуют и требования, которым должна удовлетворять свеча: высокие качества изоляции, тугоплавкость и неокисляемость электродов, равенство коэффициентов расширения от нагревания всех материалов свечи, газонепроницаемость, прочность, теплопроводность, возможность охлаждения свечи.



Свеча Бош.



Свеча К. Л. Г.



Свеча С. С. 5.

Фиг. 1.

Наиболее распространенным типом свечей являются свечи „К. Л. Г.“ (разрез на фиг. 1).

Свечи каждого типа отличаются друг от друга внешним диаметром нарезки и длиной резьбы корпуса. Наиболее часто встречающийся диаметр—18 мм, а длина резьбы—12 мм (двигатель типа „Либерти“ и двигатель „Испано-Сюиза“) и 15 мм (двигатель „BMW“).

Отказ от работы свечи может произойти по следующим причинам: 1) между электродами может осаждаться нагар, который замкнет оба электрода; искры проскакивать не будут; 2) такая же смесь нагара с маслом может покрыть стенки внутренней части свечи и создать проводимость между центральным стержнем и корпусом свечи, т. е. массой; между электродами искрообразования не получится; 3) с течением времени электроды обгорают,

зазор между ними увеличивается, отчего искра будет получаться в предохранителе, а не в свече.

Обгорают электроды свечи неодинаково: обгорает всегда больше тот электрод, который является положительным полюсом свечи. В 12-цилиндровом двигателе, работающем от магнето, вследствие перемены направления тока во вторичной цепи четырежды за один оборот ротора (см. § 26), у шести свечей одного ряда цилиндров (левого или правого) большему обгоранию подвержены центральные электроды, тогда как на шести свечах другого ряда — боковые электроды. Это касается свечей, обслуживаемых одним и тем же магнето.

При зажигании от батареи, т. е. при токе постоянного направления, разницы в обгорании электродов разных свечей, не наблюдается: у всех свечей обслуживаемых одной и той же катушкой, одинаково обгорают или центральные или боковые электроды. Большее обгорание положительного электрода свечи обусловливается теми же причинами, что и аналогичное явление в вольтовой дуге, каковою в зачаточной форме и является искра в свече.

Некоторые свечи имеют не один электрод, соединенный с мас-сой, а два, как русская свеча С. С. 5, а иногда и три, расположенные вокруг центрального.

В таком случае искрообразование происходит между центральным электродом и тем из боковых, где условия для ионизации более благоприятны. Обгорание электродов таких свечей, вообще говоря, меньше, так как искровой разряд образуется поочередно между центральным и каждым из боковых. Для уменьшения обгорания иногда боковые электроды несколько расплющиваются, чтобы искрообразование не происходило постоянно в одной точке. Многоэлектродные свечи, с другой стороны, подвергаются большей опасности покрыться нагаром, который создаст замкнутую цепь, и свеча искрить не будет. Охлаждение свечи, обеспечиваемое теплопроводностью материалов, должно гарантировать от накала электродов, влекущего за собой преждевременные вспышки смеси.

Нагар удаляется шкуркой № 0000. Разборная свеча предварительно разбирается. Регулировка зазора производится отгибанием бокового электрода, и величина зазора проверяется соответствующим шаблоном.

ГЛАВА II.

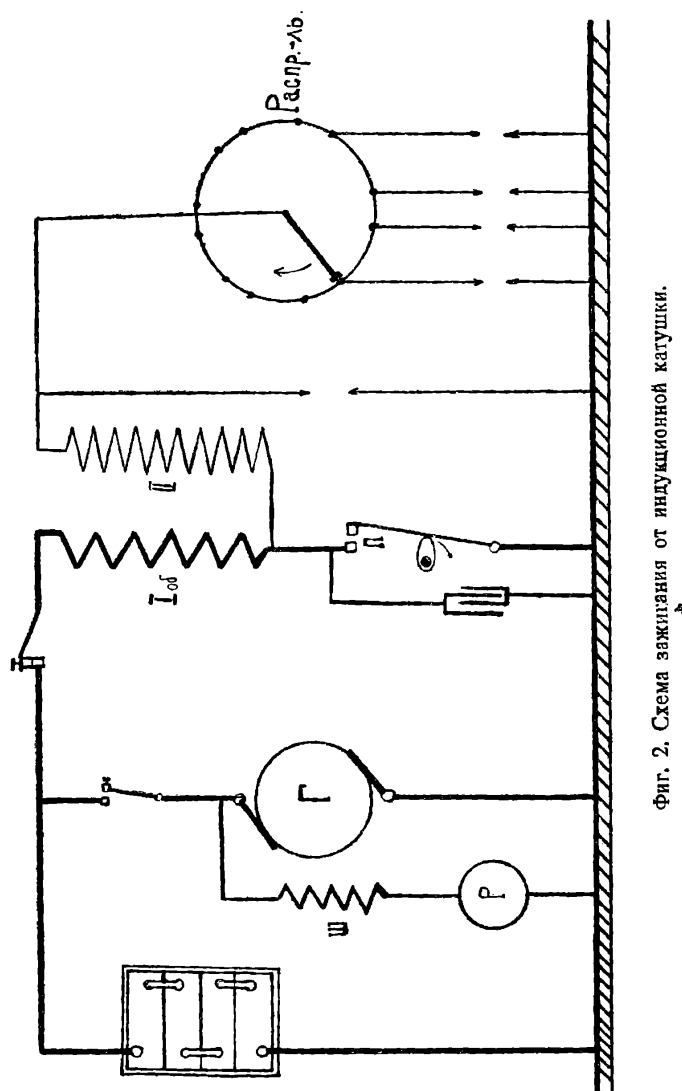
ЗАЖИГАНИЕ СИСТЕМЫ ДЕЛЬКО.

(Dayton Electrical Laboratories Company—двигатель типа „Либерти“ 400 HP.)

§ 3. Принцип системы Делько и составные части системы.

Сущность зажигания системы Делько заключается в том, что постоянный ток, доставляемый динамомашиной Г (фиг. 2), приводимой во вращение двигателем, течет по первичной обмотке

индукционной катушки; последовательно первичной обмотке включенный механический прерыватель Π в нужные моменты размыкает первичную цепь, вследствие чего во вторичной обмотке ка-



Фиг. 2. Схема зажигания от индукционной катушки.

тушки возбуждается высокое напряжение. Распределитель, включенный во вторичную цепь, заводит порядком искровых разрядов в свечах цилиндров согласно газораспределения двигателя.

Включенная параллельно динамомашине батарея аккумуляторов дает ток для зажигания при запуске и на малом числе оборотов двигателя, когда напряжение динамо еще не достигло достаточной величины.

В предупреждение чрезмерного повышения напряжения динамо-машины в цепь, последовательно обмотке возбуждения ее Ш, включается электромагнитный регулятор Р, удерживающий напряжение в известных пределах. В коробке регулятора помещается электромагнитное приспособление, называемое реле, для автоматического выключения и включения динамо в систему зажигания. При нормальном числе оборотов двигателя динамо кроме зажигания производит и зарядку батареи аккумуляторов.

Система зажигания Делько состоит из следующих приборов: 1) батареи аккумуляторов (6 элементов по 2 вольта=12 вольт); 2) динамомашины постоянного тока; 3) регулятора вольтажа с реле; 4) двух индукционно-распределительных коробок, из коих каждая содержит: а) механизм прерывателей, б) индукционную катушку и в) распределитель; 5) переключателя с амперметром, служащего для управления всей системой и для контроля; 6) пускового приспособления; 7) свечей, установленных по две на каждом цилиндре; 8) проводки.

Установка системы зажигания Делько на двигателях типа „Либерти“ вызвана величиной угла в 45° между двумя рядами V-образно расположенных 12 цилиндров двигателя. Такой угол исключает возможность установки 2 обычных магнето о 12 борнах каждое для обслуживания 24 свечей всех 12 цилиндров и требует для зажигания в общем случае 4 магнето с 6 борнами.

Вес всех приборов системы Делько примерно в $1\frac{1}{2}$ раза меньше веса 4 магнето с приводами к ним. Кроме того наличие аккумуляторной батареи позволяет легко использовать ее для целей самопуска двигателя, освещения и радио.

§ 4. Батарея аккумуляторов.

12-вольтовая аккумуляторная батарея состоит из 6 кислотных элементов. Батареи применяются русского и американского производства. Каждый элемент состоит из эбонитовой коробки Э (фиг. 3), горизонтальной перегородкой О разделенной на 2 части.

В нижней камере помещаются электродные свинцовые пластинки, залитые электролитом, состоящим из раствора серной кислоты в дистиллированной воде.

Нижняя камера сообщается с верхней отверстием в перегородке О и вентиляционной трубкой б. Наливное отверстие в центре крышки закрывается навинтованной пробкой, представляющей собой трубку (фиг. 3 и 4) с наружными отверстиями ii для выхода газов. Благодаря такому устройству пробки опрокидывание аккумулятора не влечет за собой выливания электролита из верхней камеры коробки при условии поддержания определенного уровня электролита над горизонтальной перегородкой О.

Батарея русского производства типа „6-АТ-III“ 12-вольтовая обладает емкостью в 20 ампер/часов (Ah)¹ при плотности электролита в 30° по Бомэ (удельный вес 1,265). Средняя сила разрядного тока 2 А; максимальная сила зарядного тока не должна превышать 2 А. Средний зарядный ток 1,5 А.

Первоначальную зарядку сухой батареи завод рекомендует производить следующим образом:

1) наполнить каждый элемент батареи 160 куб. см электролита плотности 10° Бомэ (уд. веса 1,075) и оставить стоять в течение 6 час.;

2) начать зарядку током в 1 А и вести ее в течение 4 час.; затем увеличить силу тока до 2 А и заряжать в течение 10 час.; после чего зарядку производить опять током в 1 А в течение 8 час.; доводя плотность электролита до 30° Бомэ, если нужно подливая или дистиллированной воды или кислоты плотностью в 40° (уд. веса 1,383);

3) дозарядить током в 0,5 А в течение 18 час.

Последующие зарядки производить током силой в 2 А, не допуская кипения электролита уменьшением тока до 0,5 А. Уровень электролита должен превышать горизонтальную перегородку на 10 мм.

Разряжать батарею не допускается ниже 10,5 вольт (1,7—1,8 вольт на каждый элемент).

Конец разрядки определяется быстрым падением напряжения каждого элемента до 1,7 вольт

Фиг. 3. Разрез элемента Эксайда.

и уменьшением плотности электролита до 15° Бомэ (уд. вес 1,116). Конец зарядки характеризуется обильным выделением через открытые пробки элементов, газов, постоянством плотности электролита и напряжения.

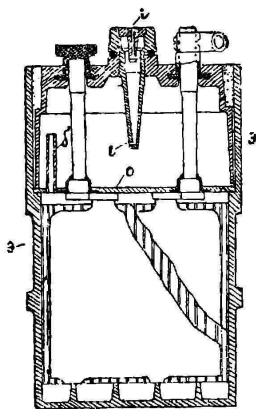
Клеммы положительных пластин (+) каждого элемента окрашены красной краской, клеммы отрицательных пластин (—) — синей.

Батареи „Эксайда“ (Exide) американского производства типа „6-АС-7“ 12-вольтовые обладают емкостью в 10 амп./час.² Удельный вес электролита при полной зарядке 1,300 или по Бомэ 33°. Каждый элемент имеет 4 отрицательных электродных пластины и 3 положительных, размером каждая 7,7 см × 7,7 см.

Заводами рекомендуется новые, сухие батареи не держать незаполненными и незаряженными более срока, указанного на специальном ярлыке, прилагаемом к батарее.

¹ См. примечание в конце параграфа.

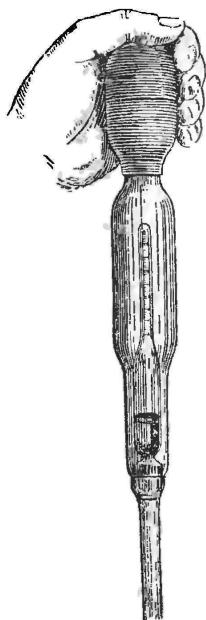
² См. примечание в конце параграфа.



Фиг. 4. Пробка элемента.

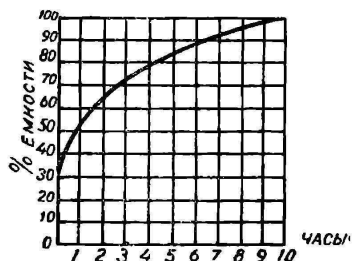
Для измерения плотности электролита удобно пользоваться прибором, изображенным на фиг. 5.

Прибор состоит из стеклянного баллона с ареометром внутри и резиновой груши. При засасывании электролита в стеклянный баллон ареометр всплывает; шкала ареометра бывает градуирована или на удельный вес, или на градусы Бомэ. Пробу электролита, взятую прибором, следует возвращать в ту банку, из которой она взята.



Фиг. 5. Шприц с ареометром.

В системе Делько плюс батареи соединяется проводом с зажимом с надписью „Pos. Bat“ (плюс батареи) переключателя (см. фиг. 34), минус батареи соединяется с массой, обычно с зажимом ground (масса) регулятора напряжения. Из общей схемы (фиг. 34) видно, что батарея включена в систему параллельно генератору.



Фиг. 6. Кривая использования емкости аккумулятора в зависимости от быстроты разряда.

Примечание. Указываемая заводом емкость батареи гарантируется только при соблюдении правил содержания аккумулятора и его работы. Так например уменьшение удельного веса электролита понижает емкость батарей, так же как и повышенной силы разрядный ток. График фиг. 6 показывает зависимость процента использованной емкости аккумулятора от длительности разрядки, т. е. от силы разрядного тока.

Все 100% емкости аккумулятор русского производства типа „6-АТ-III“ даст при силе разрядного тока в 2 А при 10-часовой разрядке, а американский при тех же 2 А в течение 5-часовой разрядки.

При работе аккумуляторов для запуска и зажигания двигателей сила разрядного тока всегда больше 2 А по крайней мере вдвое, отчего емкость батареи может быть использована при длительной разрядке всего на 70%, а то и меньше. Без сомнения это относится к совершенно новому аккумулятору, и расчет на емкость должен быть уменьшен в аккумуляторах, работающих в общих условиях аэродромной службы.

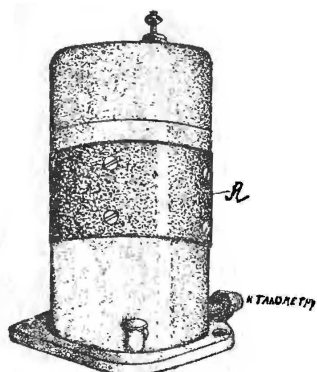
Кроме того зимой низкая температура электролита обуславливает недостаточное надежное перемешивание электролита во время реакции. Неоднородный в смысле плотности электролит уменьшает емкость аккумулятора. Все эти соображения необходимо иметь в виду при расчете длительности работы батареи для целей зажигания.

§ 5. Генератор.

Вверху картера между наклонными валиками газораспределения устанавливается шунтовый генератор (динамомашинка), развивающий рабочее напряжение в 14 вольт при силе тока 7—8 ампер.

Генератор цилиндрической формы (фиг. 7) состоит из ярма с электромагнитами, 2 алюминиевых отливок и якоря. К внутренней поверхности ярма крепятся сердечники 4 катушек, соединенных друг с другом последовательно, образующих обмотку возбуждения генератора.

Ярмо зажато между 2 алюминиевыми отливками, скрепленными между собой 4 длинными шпильками.



Фиг. 7. Общий вид генератора.
Я — ярмо.

Нижняя отливка имеет фланец для крепления генератора к картеру, масленку и боковое отверстие, в которое вставляется горизонтальный валик, сцепляющийся с червячной нарезкой вертикального вала якоря. К горизонтальному валику присоединяется гибкий вал, ведущий к счетчику оборотов двигателя (тахометру). Якорь вращается с полуторной, а горизонтальный валик — с половинной скоростью вращения коленчатого вала двигателя.

Сердечник якоря для уменьшения токов Фуко составлен из отдельных, изолированных друг от друга, зубчатых, штампованных пластин динамного железа. Пластины напрессованы на вал якоря, имеющий в нижней, хвостовой части фрезерованные канавки для соединения его с вертикальным передаточным валиком двигателя. Зубцы пластин образуют долевые пазы, в которых помещается обмотка якоря.

Обмотка якоря последовательного типа (волновая), шаблонная, состоит из 42 активных сторон, образующих 21 секцию и уложенных в пазы в 2 слоя (фиг. 8).

На фиг. 8 пунктирными линиями показаны части обмотки, расположенные на нижнем торце барабанного якоря, сплошные линии изображают соединения секций обмотки с пластинами коллектора, т. е. вид верхнего торца якоря.

Если обозначить шаг обмотки на нижнем торце через y_1 , а на верхнем торце через y_2 , то значения шагов можно получить из формулы расчета обмотки последовательного типа:

$$\text{полный шаг } y = y_1 + y_2 = \frac{S \pm 2}{p},$$

где S — число активных сторон обмотки, p — число пар полюсов.

Имеем:

$$y = \frac{S \pm 2}{p} = \frac{42 - 2}{2} = 20.$$