

Инженер-майор АРОНИН Г. С.

## РАБОТА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВИНТА

*В книге рассмотрены вопросы работы автоматических винтов  
ВИШ и правила пользования ими в полете.  
Книга предназначается в качестве учебного пособия для летно-  
технического состава ВВС Красной Армии.*

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО НАРОДНОГО КОМИССАРИАТА ОБОРОНЫ  
МОСКВА — 1945

### СОДЕРЖАНИЕ

#### Глава I. Назначение и принцип действия автоматического винта

1. .... Требования к подбору винта
2. .... Влияние винта на работу мотора
3. .... Работа лопастей винта в полете
4. .... Работа лопастей винта при полете на полном газе
5. .... Недостатки ВФШ
6. .... Что такое ВИШ
7. .... Что такое автоматический ВИП
8. .... Как влияет применение ВИШ на летные данные самолета
9. .... Основные типы ВИШ
10. .... Что входит в установку автоматического ВИШ на самолете
11. .... Как устроен и работает РПО
12. .... Как задаются равновесные обороты
13. .... Для чего нужны упоры больших и малых оборотов на РПО
14. .... Как изменяется установочный угол винта при изменении режима полета
15. .... Изменение шага винта рычагом газа
16. .... Для чего нужен рычаг винта
17. .... Что такое объединенное управление газом и винтом
18. .... Работа винта на самом малом шаге

#### Глава II Как пользоваться автоматическим ВИШ

1. .... Остановка мотора
2. .... Запуск мотора
3. .... Проба мотора и винта
4. .... Взлет
5. .... Причины раскрутки ВИШ при взлете
6. .... Набор высоты
7. .... Горизонтальный полет с максимальной скоростью
8. .... Крейсерский режим
9. .... Определение наивыгоднейших оборотов для уменьшения расхода горючего
10. .... Полет с поврежденной маслосистемой винта
11. .... Полет с одним остановленным мотором
12. .... Пикирование
13. .... Воздушный бой
14. .... Посадка, самолета

# ГЛАВА I

## НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВИНТА

Большинство современных самолетов снабжается автоматическими винтами изменяемого в полете шага (ВИШ). Применение ВИШ стало необходимым в связи с появлением высотных моторов и ростом максимальной скорости самолетов.

Еще несколько лет назад на всех самолетах устанавливались воздушные винты, лопасти которых были неподвижно закреплены (зафиксированы) во втулке. Такие винты называются винтами фиксированного шага, или сокращенно ВФШ. Хотя было известно, что ВФШ является выгодным только на одном каком-то режиме полета, для которого он подобран при конструировании самолета, а на остальных режимах работает хуже, однако с этим недостатком ВФШ мирились, поскольку самолеты, эксплуатировавшиеся в то время, не имели такой большой разницы в режимах полета, как современные самолеты, а простота конструкции и эксплуатации ВФШ и малый вес являлись его несомненными достоинствами.

Но для современного скоростного истребителя или бомбардировщика ВФШ не может быть применен, так как если подобрать винт для режима максимальной скорости, то взлет с таким винтом будет очень трудным или даже невозможным.

Для того чтобы лучше представить себе недостатки ВФШ и преимущества ВИШ, необходимо рассмотреть работу воздушного винта при полете самолета, а также установить, каким требованиям должен, удовлетворять хорошо работающий винт.

### 1. Требования к подбору винта

Назначение воздушного винта заключается в создании тяги за счет работы авиационного мотора.

Правильно подобранный винт должен обеспечивать наиболее эффективное (с наименьшими потерями) использование мощности мотора, или, иными словами, винт должен обладать высоким коэффициентом полезного действия (к. п. д.). Максимальный к. п. д. лучших современных винтов доходит до 0,87—0,88, т. е. в полезную мощность винта преобразуется 87—88% мощности мотора, затраченной на вращение винта.

Если винт подбирается для режима полного таза ( $V_{\max}$  взлет, набор высоты), то, кроме высокого к. п. д., винт должен удовлетворять еще одному требованию, а именно — обеспечить получение номинальных (или взлетных) оборотов мотора, что необходимо для снятия полной мощности мотора.

### 2. Влияние винта на работу мотора

Известно, что мощность мотора регулируется дроссельной заслонкой, управляемой при помощи рычага газа. Однако мощность мотора зависит не только от степени открытия дросселя карбюратора, но и от того, какое сопротивление вращению оказывает потребитель мощности на валу мотора, т. е. винт. Если винт «тяжелый», т. е. оказывает очень большое сопротивление вращению, то, несмотря на дачу полного газа, мотор не разовьет номинальных оборотов и, следовательно, не удастся получить номинальную мощность. Иначе говоря, можно изменять обороты и мощность не только дросселированием мотора, но и изменением внешней нагрузки на вал, т. е. облегчением и утяжелением винта.

Кривая, характеризующая изменение мощности мотора (при полном открытии дросселя) в зависимости от изменения числа оборотов, полученного за счет облегчения и утяжеления винта, называется внешней характеристикой мотора.

У высотного мотора, снабженного приводным центробежным нагнетателем, на высотах расчетной и выше расчетной утяжеление винта вызывает значительное падение мощности, в то время как на уровне земли происходит незначительное снижение мощности. Причина этого заключается в следующем: на высотах, близких к расчетной, дроссель нагнетателя открыт полностью, и снижение числа оборотов мотора вызывает снижение давления наддува, так как при этом замедляется вращение крыльчатки. У того же мотора на высотах, меньших расчетной, уменьшение мощности по внешней характеристике происходит значительно слабее, так как при снижении числа оборотов наддув сохраняется за счет большего открытия дросселя нагнетателя специальным автоматическим регулятором наддува (РПД).

Сказанное можно подтвердить примером. На рис. 1 и 2 даны внешние характеристики мотора у земли и на расчетной высоте. Если утяжелением винта при работе на полном газе снизить обороты с 2 600 до 2 200 в минуту, то у земли мощность мотора уменьшится на 60 л. с. (рис. 1), а на расчетной высоте — на 205 л. с. (рис. 2). Следует, однако, отметить, что при дросселировании мотора мощность падает значительно сильнее, чем при утяжелении винта. Если у того же мотора снизить обороты с 2 600 до 2 200 в минуту за счет дросселирования (не утяжеляя и не облегчая винта), то мощность упадет на 40%, т. е. более чем на 400 л. с.

Следовательно, обороты мотора не дают точного представления о мощности мотора: при оборотах 2 200 в минуту мотор развивает с легким винтом около 620 л. с, а с тяжелым — 965 л. с. (у земли). Снижение оборотов мотора (при работе на полном газе) утяжелением винта не только приводит к падению мощности по внешней характеристике, но также может вызвать появление детонации мотора, которая приводит к перегреву, значительным перегрузкам и даже разрушению деталей мотора.

В случае возникновения детонации мотора в полете (признаки: перегрев, тряска, хлопки черного дыма из выхлопных патрубков) летчик обязан облегчить винт и сбавить газ.

Чем больше задросселирован мотор, тем меньше опасность возникновения детонации.

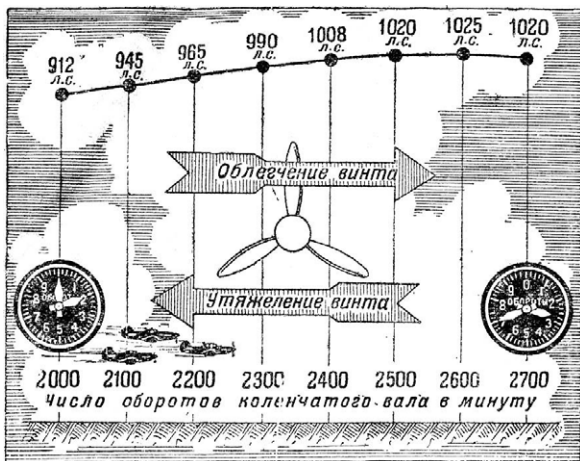


Рис. 1. Изменение мощности мотора ВК-105 у земли (полный газ) при изменении оборотов мотора облегчением и утяжелением винта.

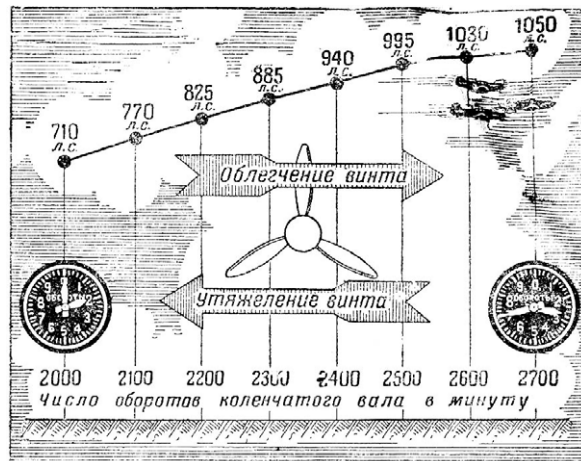


Рис. 2. Изменение мощности мотора ВК-105 на высоте 4 000 м (полный газ) при изменении оборотов мотора облегчением и утяжелением винта.

### 3. Работа лопастей винта в полете

Подобно тому как у крыла лобовое сопротивление и качество зависят от угла атаки, так и у винта сопротивление вращению («тяжесть») и коэффициент полезного действия зависят от углов атаки лопастей. Углом атаки лопасти (в каком-либо сечении) называется угол между хордой сечения и направлением его движения относительно воздуха.

Углы атаки у различных сечений лопасти неодинаковы. Углом атаки лопасти принято условно считать угол атаки сечения, отстоящего на 1/4 радиуса винта от конца лопасти. Угол наклона этого сечения, т. е. угол, образованный хордой сечения и плоскостью вращения винта, называется установочным углом лопасти.

На рис. 3 изображены названные углы. Обратите внимание: угол атаки лопасти в полете значительно меньше установочного угла, так как винт не только вращается, но и продвигается вместе с самолетом вперед, вследствие чего каждое сечение лопасти движется не по кругу, а по спиральной траектории.

Угол атаки лопасти зависит от наклона этой спирали и от установочного угла лопасти.

Увеличение скорости полета при неизменных оборотах приводит к «растягиванию» спирали и уменьшению угла атаки лопасти (рис. 4). То же получится, если при неизменной скорости полета уменьшать число оборотов винта.

Если спираль сильно растянута (например при пикировании или при полете с убраннным газом), то угол атаки лопасти может стать даже отрицательным.

Зависимость угла атаки лопасти от установочного угла очень простая: увеличение установочного угла вызывает возрастание угла атаки.

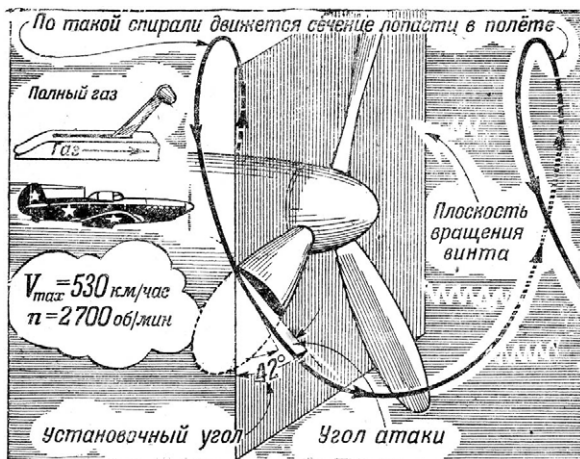


Рис. 3. Работа винта в горизонтальном полете.

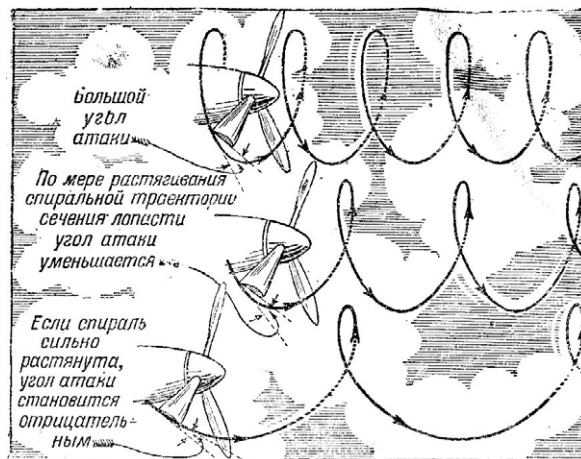


Рис. 4. Уменьшение угла атаки лопасти за счет увеличения скорости полета (или уменьшения числа оборотов мотора) при неизменном установочном угле.

### 4. Работа лопастей винта при полете на полном газе

На рис. 3 показан самолет с винтом, подобранным для режима максимальной скорости на расчетной высоте. Это значит, что диаметр и ширина лопастей винта выбраны таких размеров, что при некотором установочном угле (в данном случае 42°) на этом режиме полета обеспечивается наилучший угол атаки лопасти как с точки зрения «тяжести» винта (на полном газе получаются номинальные обороты), так и в отношении выгодности его работы (винт работает с максимальным к. п. д.).

Известно, что при работе мотора на полном газе скорость самолета может быть как меньше максимальной (взлет, набор высоты, вираж, полет двухмоторного самолета на одном моторе и т.п.), так и больше максимальной (полет со снижением, пикирование). Как в этом случае работает винт, подобранный для режима  $V_{max}$  на расчетной высоте?

Если сохранить на всех режимах неизменный установочный угол  $42^\circ$ , т. е. применить ВФШ, то при наборе высоты и особенно при взлете углы атаки лопастей значительно больше, чем в горизонтальном полете (рис. 5 и 6 слева). Это приводит к двум неприятным последствиям:

1) понижается к. п. д. винта (подобно тому, как уменьшается качество крыла при увеличении угла атаки сверх наиболее выгодного);

2) снижаются обороты мотора, так как винт становится тяжелее, что, в свою очередь, приводит к уменьшению мощности мотора (см. рис. 1 и 2).

В результате полезная мощность винта (произведение мощности мотора на к. п. д. винта) при взлете или наборе высоты сильно уменьшается по сравнению с мощностью, получаемой при горизонтальном полете.

Если полет производится на высотах, меньших расчетной, то происходит дополнительное снижение оборотов из-за увеличения сопротивления вращению лопастей вследствие большей плотности воздуха.

Иначе говоря, винт, подобранный для расчетной высоты, на высотах, меньших расчетной, является тяжелым.

На высотах, больших расчетной, такой винт тоже тяжел, так как мощность мотора падает настолько сильно, что ее не хватает для вращения винта с прежними оборотами даже в менее плотной атмосфере. Особенно невыгоден ВФШ на взлете, так как при этом режиме полета к. п. д. винта весьма низок (угол атаки лопасти значительно больше критического) и, кроме того, очень велико сопротивление вращению (большой угол атаки и большая плотность воздуха).

Во всех разобранных случаях можно уменьшением установочного угла лопастей не допустить снижения оборотов мотора.

При соответствующем подборе установочных углов можно на всех скоростях и высотах полета получить номинальные обороты, т. е. снять полную мощность с мотора (рис. 5 и 6 справа).

Одновременно с сохранением мощности мотора уменьшение установочного угла приводит к повышению к. п. д. винта (по сравнению с к. п. д. винта фиксированного шага), хотя все же к. п. д. получается несколько меньшим, чем в горизонтальном полете. Для получения максимального к. п. д. (наиболее выгодного угла атаки) на пониженных скоростях полета с полным газом часто требуется сильнее облегчать винт, чем это необходимо для сохранения номинальных оборотов. Однако в большинстве случаев нельзя этого делать, так как обороты будут выше номинальных, что опасно для мотора. Только в тех случаях, когда разрешается кратковременная работа мотора на повышенных оборотах, можно применить такой «форсаж по оборотам» для повышения к. п. д. винта при взлете, наборе высоты, боевом развороте, вираже и т. п. Так как такие повышенные обороты чаще всего используются при взлете с ограниченных площадок, то их обычно называют взлетными оборотами.

Мы разобрали случай полета на полном газе при скоростях, меньших максимальной скорости горизонтального полета.

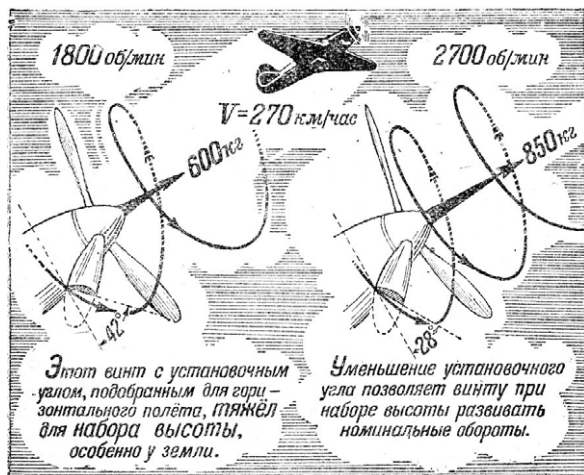


Рис. 5. Работа винта при наборе высоты (полный газ).

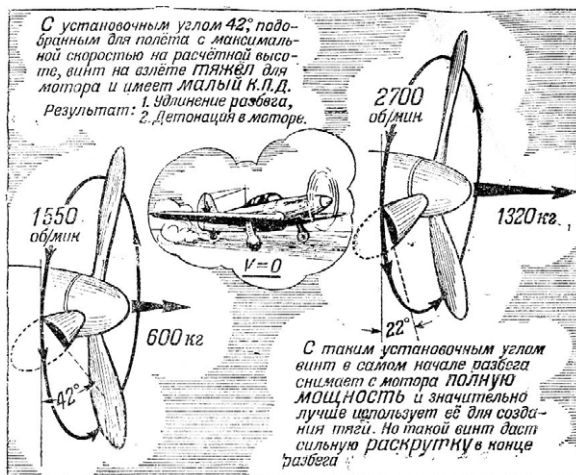


Рис. 6. Работа винта в начале разбега (полный газ).

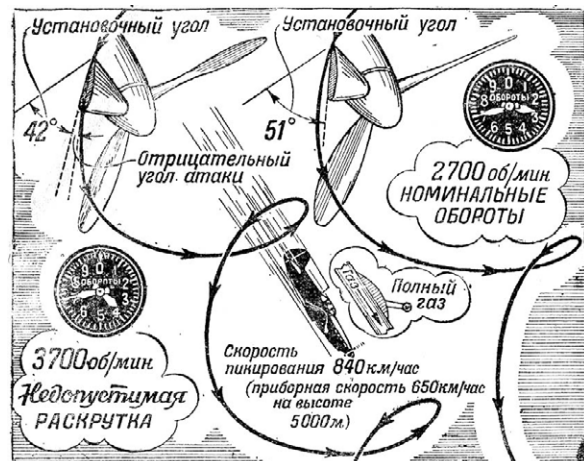


Рис. 7. Работа винта с различными установочными углами при пикировании.

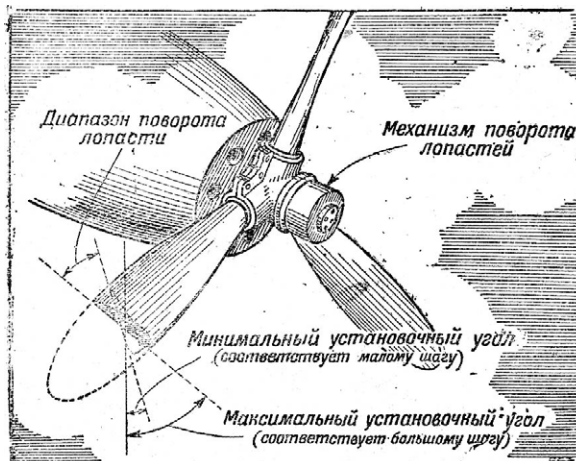


Рис. 8. Винт изменяемого в полете шага.

Если на самолете с винтом фиксированного шага с режима максимальной скорости горизонтального полета перейти на снижение или пикирование, не сбавляя газа, то в результате скорость полета станет больше максимальной и углы атаки лопастей уменьшатся, что приведет к уменьшению к. п. д. винта, а главное — к раскрутке, т. е. недопустимому возрастанию оборотов, опасному для мотора (рис. 7, слева). При больших скоростях пикирования раскрутка получается даже без газа — винт работает с сильно отрицательными углами атаки подобно ветрянке. Устранить раскрутку можно увеличением установочного угла. Для любой скорости пикирования можно подобрать такой установочный угол, чтобы обороты мотора были равны номинальным даже при пикировании с полным газом; при этом повысится и к. п. д. винта. Следует отметить, что для получения наибольшего к. п. д. нужно было бы утяжелить винт еще сильнее, чем это необходимо для сохранения номинальных оборотов, так как более сильное утяжеление позволяет получить наиболее выгодный угол атаки лопастей и уменьшить потери мощности, возникающие при движении концов лопастей со скоростями, близкими к скорости звука, что имеет место у современных самолетов. Но так как при утяжелении винта уменьшается мощность ротора, то значительного увеличения тяги при пикировании за счет снижения оборотов ниже номинальных получить не удается.

## 5. Недостатки ВФШ

Таким образом мы установили, что винты фиксированного шага имеют следующие крупные недостатки:

- 1) обладают малым к. п. д. и тяжелы на скоростях, меньших максимальной скорости, для которой они подобраны;
- 2) тяжелы на высотах, больших и меньших расчетной;
- 3) дают раскрутку при снижении с полным газом и при пикировании.

За исключением раскрутки при пикировании, которая может произойти и при задресселированном моторе, все разобранные выше недостатки свойственны ВФШ в различных случаях полета с полным газом. Выходит, что ВФШ выгоден лишь на том режиме, для которого он подобран (например на скорости  $V_{max}$ ) а для других режимов полета с полным газом (взлет, набор высоты, боевые фигуры) этот винт невыгоден. Для получения на этих режимах полной мощности мотора и более высокого к. п. д. винта необходимо каждому режиму полета подбирать винт с другим установочным углом. В основном требуется так подобрать установочный угол, чтобы получить номинальные обороты (а в некоторых случаях — взлетные). Этим обеспечивается снятие полной мощности с мотора и одновременно улучшается к. п. д. винта, так как углы атаки лопастей становятся более выгодными, чем у ВФШ.

Обратимся еще раз к примеру работы винта одного и того же самолета на различных режимах полета с полным газом (рис. 3, 5, 6 и 7).

Мы видим, что для горизонтального полета на расчетной высоте нужен установочный угол винта  $42^\circ$ , для набора высоты у земли —  $28^\circ$ , в начале разбега —  $22^\circ$ , а при пикировании для устранения раскрутки нужен установочный угол  $51^\circ$ . При таких установочных углах на всех указанных режимах мотор сохраняет одно и то же (номинальное) число оборотов — 2 700 в минуту и, следовательно, развивает номинальную мощность.

На других режимах потребуются другие установочные углы: в конце разбега необходим установочный угол между  $22$  и  $28^\circ$ , в горизонтальном полете на потолке угол меньше  $42^\circ$  и т. д.

## 6. Что такое ВИШ

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что для самолета необходим винт, у которого лопасти можно поворачивать в полете, изменяя их установочный угол. Такой винт называется винтом изменяемого в полете шага, или сокращенно ВИШ (рис. 8). Для примера, разобранный на рис. 3 — 7, ВИШ должен иметь диапазон поворота лопастей не менее  $51^\circ - 2^\circ = 29^\circ$ .

Наибольший диапазон поворота лопастей имеют винты, устанавливаемые на самолетах истребительного типа: ВИШ-105В (самолет Ла-5) имеет диапазон  $30^\circ$ , ВИШ-61П (Як-1, ЛАГ-3) —  $35^\circ$ , Кертисс (Киттихаук, Аэрокобра) —  $30^\circ$ .

Менее скоростные самолеты имеют винты с меньшим диапазоном поворота лопастей: у винта АВ-5Л-158, установленного на самолете Ил-2, лопасти могут поворачиваться в диапазоне  $20^\circ$  (от  $19$  до  $39^\circ$ ).

Из каких соображений исходят при выборе диапазона поворота лопастей?

Малый шаг (минимальный установочный угол) выбирают таким, чтобы в начале разбега (или при пробе мотора) при взлетном наддуве мотор развивал номинальные или взлетные обороты (для ВК-105ПФ — 2 700 об/мин, для АМ-38Ф — 2 350 об/мин, для АШ-82ФН — 2 500 об/мин). Большой шаг (максимальный установочный угол) должен быть такой величины, чтобы не происходило раскрутки при пикировании с полным газом на любой скорости, допустимой для данного типа самолета. Обычно большой шаг берут с некоторым запасом.

На многих двухмоторных и многомоторных самолетах применяются «флюгерные» винты, лопасти которых могут устанавливаться в полете под углом до  $90^\circ$  для остановки винта и уменьшения его сопротивления в случае отказа мотора в полете.

## 7. Что такое автоматический ВИШ

Первые конструкции винтов изменяемого шага были таковы, что поворот лопастей в полете производил летчик, в кабине которого располагался штурвал или рукоятка (при механическом управлении), либо переключатель (если лопасти винта поворачивались электромотором). В настоящее время такие винты почти совершенно не применяются вследствие их неудобства, так как летчику приходится все время следить за оборотами и изменять установочный угол лопастей при перемене режима полета, не допуская снижения или повышения оборотов. Особенно неудобны такие винты в воздушном бою, когда все внимание летчика уделено ведению боя.

На современных самолетах устанавливаются, как правило, автоматические винты, которые самостоятельно, независимо от летчика, изменяют установочный угол лопастей и сохраняют на всех режимах полета постоянное число оборотов (рис. 9).

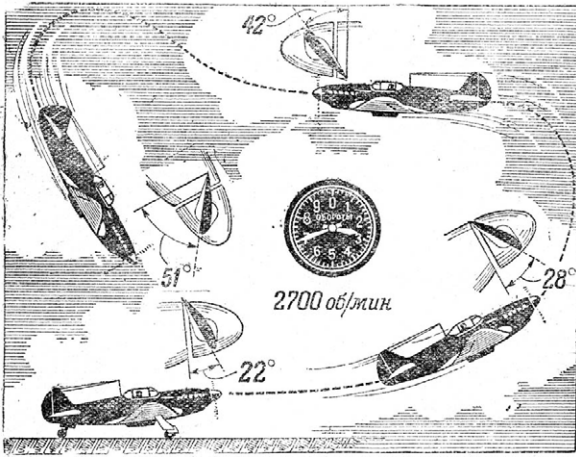


Рис. 9. Сохранение постоянных оборотов автоматическим винтом на различных режимах полета с полным газом.

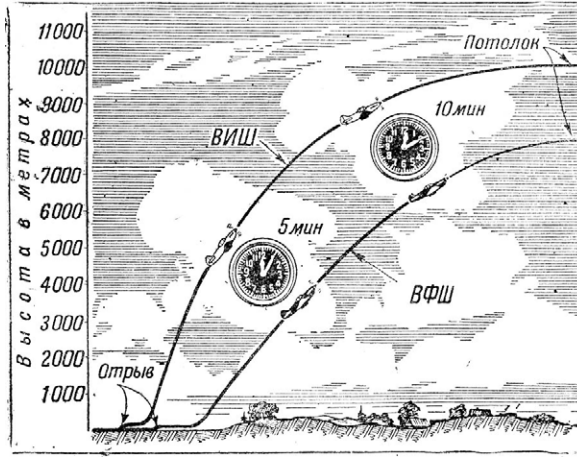


Рис. 10. Влияние винта на взлет, набор высоты и величину потолка.

### 8. Как влияет применение ВИШ на летные данные самолета

Так как автоматический ВИШ позволяет снять полную мощность с мотора в имеет более высокий к. п. д., то развиваемая им полезная мощность выше, чем у ВФШ, особенно на режимах взлета и набора высоты. В сочетании с устранением раскрутки это дает возможность улучшить летно-тактические данные самолета в случае применения ВИШ вместо ВФШ (рис. 10), а именно:

- 1) уменьшить длину разбега и выдерживания самолета при взлете, что позволяет осуществить взлет современных самолетов, имеющих большую нагрузку на квадратный метр крыла, с аэродромов нормального размера;
- 2) улучшить скороподъемность самолета;
- 3) увеличить угол и предельную скорость пикирования и выполнять пикирование с газом;
- 4) увеличить потолок самолета;
- 5) повысить максимальную скорость полета на высотах ниже и выше расчетной высоты;
- 6) улучшить вертикальную и горизонтальную маневренность самолета.

### 9. Основные типы ВИШ

Винты изменяемого в полете шага весьма разнообразны по конструкции механизма поворота лопастей. Чаще всего применяются винты электромеханические, лопасти которых поворачиваются специальным электромоторчиком, и гидравлические, у которых для поворота лопастей используется давление жидкости. На самолетах отечественных конструкций наибольшее распространение получили гидроинерционные (или гидроцентробежные) ВИШ. У этих винтов поворот лопастей в одну сторону осуществляется давлением масла (до 20—25 ат), а в другую — центробежными силами самих лопастей или специальных противовесов.

Гидроинерционные винты делятся на две группы:

1. Винты прямой схемы (ВИШ-22, ВИШ-105, АВ-1 и др.), лопасти которых уменьшают свой установочный угол под действием давления масла, а на большой шаг поворачиваются центробежными силами противовесов, установленных на лопастях у их основания.
2. Винты обратной схемы (ВИШ-61, АВ-5), у которых уменьшение установочного угла лопастей происходит под действием центробежных сил самих лопастей, а давление масла используется для увеличения шага. Эти винты, так же как электромеханические и гидравлические, не имеют противовесов на лопастях.

### 10. Что входит в установку автоматического ВИШ на самолете (рис. 11)

Для осуществления автоматического управления поворотом лопастей винт изменяемого в полете шага снабжается специальным регулятором постоянных оборотов (РПО), который устанавливается чаще всего на моторе, а на некоторых конструкциях — во втулке самого винта (например у американского винта Аэропроп).

Для гидравлических и гидроинерционных винтов отечественной конструкции применяется обычно регулятор постоянных оборотов Р-7 или его модификации.

Назначение регулятора постоянных оборотов заключается в поддержании постоянства оборотов мотора, и если по какой-либо причине обороты мотора снизились, регулятор начинает облегчать винт, что приводит к восстановлению первоначальных оборотов. Такое явление произойдет, например, при переводе самолета из режима горизонтального полета в режим набора высоты.

Если же перевести самолет из горизонтального полета в пикирование, обороты винта начнут возрастать. В этом случае РПО будет затягивать винт и опять восстановит первоначальные обороты.

Если РПО и механизм самого винта исправны, то восстановление оборотов происходит в течение 1—3 секунд.

Число оборотов, которое поддерживает РПО, устанавливается заранее (задается) летчиком при помощи специального штурвала или рычага, который мы будем в дальнейшем называть рычагом винта. Такого рычага не было на самолетах с ВФШ, и обороты винта у них зависели только от режима полета и положения рычага газа.

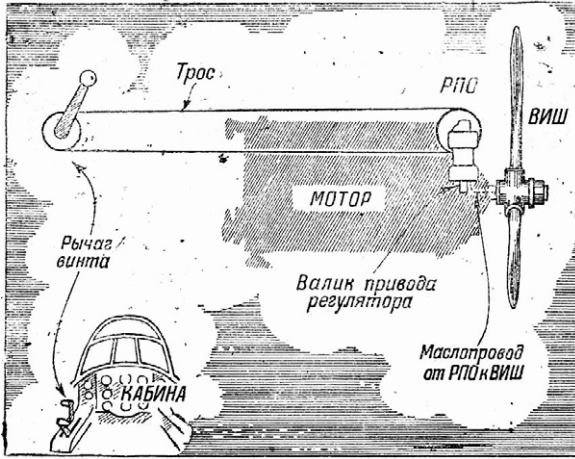


Рис. 11. Принципиальная схема установки автоматического винта на самолете.

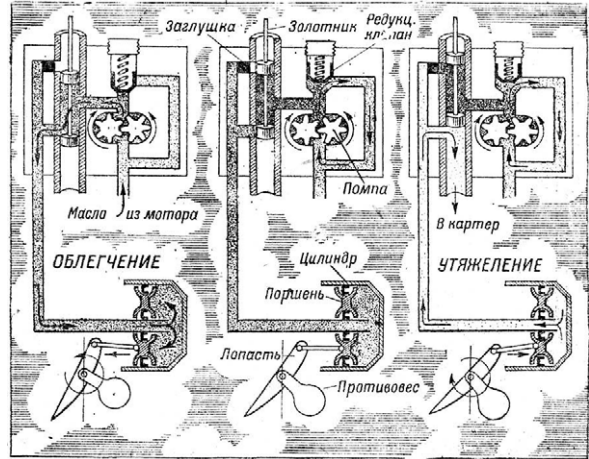


Рис. 12. Работа гидросистемы винта прямой схемы.

### 11. Как устроен и работает РПО

Для примера возьмём регулятор гидроинерционного винта Р-7. Цилиндр винта и регулятор Р-7 соединяются при помощи масляного канала, по которому масло либо подается насосом регулятора (шестеренчатой помпой) в цилиндр винта, либо из цилиндра винта через регулятор сливается в картер мотора (рис. 12 и 13). Шестеренчатый насос регулятора забирает масло из магистрали мотора и, повышая его давление до  $20 \text{ кг/см}^2$ , посылает в регулятор. Большую часть времени насос работает вхолостую, прогоняя масло через редукционный клапан, пружина которого отрегулирована на  $20 \text{ кг/см}^2$ .

Управление потоком масла (из насоса к цилиндру винта или из цилиндра винта в картер) производится золотником регулятора.

На рис. 12 показано действие золотника Р-7 при винте прямой схемы, а на рис. 13 — при винте обратной схемы. Из рисунков ясно, что когда золотник опущен - винт облегчается (шаг уменьшается), а когда золотник поднят — шаг винта увеличивается. При нейтральном положении золотника шаг винта остается неизменным.

Как же осуществляется управление золотником?

Можно, например, поднимать и опускать золотник вручную из кабины. Но это загрузит летчика в полете (винт будет неавтоматическим). Для автоматического управления передвижением золотника в соответствии с изменением оборотов используется центробежный регулятор, который приводится во вращение от вала мотора и реагирует на всякое изменение оборотов: при понижении оборотов он опускает золотник, при повышении оборотов — поднимает его (рис. 14). Принцип работы центробежного регулятора состоит в том, что при изменении оборотов нарушается равновесие между силой пружины, стремящейся всегда опустить золотник, и центробежными силами грузиков регулятора, стремящимися поднять золотник. При некотором числе оборотов сила пружины и центробежные силы грузиков регулятора уравниваются, и золотник займет нейтральное положение. Это и будут те обороты, которые РПО автоматически поддерживает постоянными. Всякое отклонение от этих равновесных оборотов вызывает перемещение золотника, а следовательно, изменение шага винта, которое приведет к восстановлению равновесных оборотов.

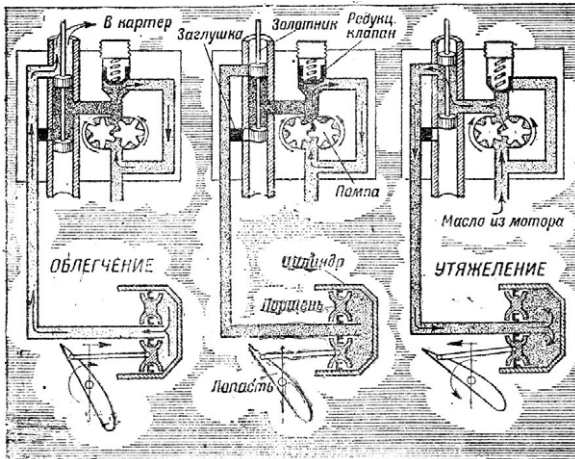


Рис. 13. Работа гидросистемы винта обратной схемы.

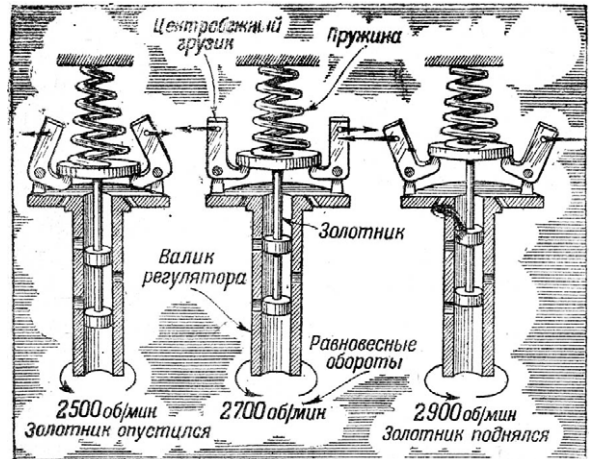


Рис. 14. Схема действия центробежного регулятора РПО.

### 12. Как задаются равновесные обороты

Равновесные обороты могут быть по желанию летчика увеличены или уменьшены. Для этого в кабине имеется рычаг винта, связанный с механизмом управления регулятором.

Схема управления регулятором из кабины летчика приведена на рис. 15. Регулировка равновесных оборотов состоит в изменении силы пружины центробежного регулятора. При движении рычага винта назад (на себя) верхний конец пружины поднимается, и она делается слабее. Этим самым летчик «настраивает» РПО на меньшие обороты, или,



как говорят, задает меньшие обороты. Если это сделать в полете, то в первый момент грузики переселят пружину и золотник поднимется. Значит, винт начнет утяжеляться, и обороты будут падать. Уменьшение оборотов прекратится в тот момент, когда центробежные силы грузиков понизятся настолько, что пружина вернет золотник в нейтральное положение. Счетчик оборотов покажет новые, меньшие, равновесные обороты, которые с этого момента будут поддерживаться регулятором. Движение рычага винта вперед (от себя) приводит к усилению пружины регулятора и увеличению оборотов вследствие облегчения винта\*.

\* — Исключением является самолет Ил-4, где для увеличения оборотов летчик вращает штурвалы винтов назад (на себя).

### 13. Для чего нужны упоры больших и малых оборотов на РПО

Каждому положению рычага винта соответствуют определенные обороты: если подобрать в горизонтальном полете рычагом винта 1 900 об/мин, то эти же обороты будут и при наборе высоты, и при вираже, и при снижении. Можно даже отметить на панели или борту кабины против этого положения рычага «1 900 об/мин», а также отметить и другие обороты: 1 700, 2 100, 2 300, 2 700. На ролике РПО обязательно должен быть установлен упор больших оборотов, который останавливает движение рычага винта вперед в положении, соответствующем взлетному или номинальному числу оборотов (для ВК-105 — 2 700 об/мин, для АМ-38Ф — 2 350 об/мин, для АШ-82ФН — 2 500 об/мин и т. д.). Если упора больших оборотов нет, то подавать рычаг винта вперед до отказа нельзя, так как пружина регулятора может сжаться настолько сильно, что золотник совсем не будет подниматься и винт останется на начальном шаге. Это вызовет раскрутку винта в полете.

При наличии правильно установленного упора больших оборотов летчик может смело давать рычаг винта вперед до отказа перед взлетом или в воздушном бою, не боясь раскрутки.

Если на самолете установлен винт обратной схемы, то необходимо на ролике РПО установить еще один ограничитель — упор малых оборотов. Дело в том, что если затяжелить винт обратной схемы до очень малых оборотов, то центробежных сил лопастей может не хватить для облегчения винта, и при обратном движении рычага винта вперед обороты не будут увеличиваться. Для установки упора малых оборотов нужно при среднем положении рычага газа, сбавить обороты рычагом винта и, получив нужные обороты, установить на ролике РПО упор. Этот упор должен обеспечить получение минимальных крейсерских оборотов согласно инструкции по расчету дальности и продолжительности полета. Если винт работает по прямой схеме, то упор малых оборотов, как правило, не устанавливается. Дело в том, что винт прямой схемы полагается перед остановкой мотора переводить на большой шаг. Для этого нужно рычаг винта полностью взять на себя, и тогда зубчатая рейка регулятора принудительно поднимет золотник и удержит его в верхнем положении (см. рис. 15). При винте прямой схемы упор малых оборотов применяют в случае объединенного управления газом и винтом (см. ниже).

### 14. Как изменяется установочный угол винта при изменении режима полета

Очень часто утверждают, что рычаг винта служит для регулирования шага винта. Это не совсем точно. Рычаг шага служит для настройки РПО на то или иное число оборотов. Конечно, при перемещении рычага винта вперед (от себя) винт облегчается. Но ведь можно облегчить винт и ручкой управления самолетом. Если взять в полете ручку на себя, скорость полета уменьшится, что вызовет в первый момент падение оборотов винта, но падение оборотов вызовет в свою очередь вступление в работу РПО, который уменьшит шаг винта и тем самым восстановит прежние обороты. Точно так же, отдавая ручку от себя, мы вызываем возрастание скорости полет и в результате этого — увеличение шага винта. Таким образом, можно в полете изменить шаг винта от самого малого до самого большого, не изменяя положения рычага винта, а действуя только ручкой управления самолетом. Это показано на рис. 9.

### 15. Изменение шага винта рычагом газа

Шаг автоматического винта изменяется в полете также и при изменении положения рычага газа. Например, при дросселировании мотора шаг винта уменьшается, так как РПО, поддерживая заданные равновесные обороты, облегчает соответствующим образом винт (рис. 16). Наоборот, увеличение газа вызывает автоматическое увеличение шага винта, необходимое для сохранения равновесных оборотов. Очень часто называют упор больших оборотов упором малого шага. Это неправильно, так как при переднем положении рычага винта (на упоре больших оборотов) шаг может быть, как мы видели, и самый малый (в начале разбега) и самый большой (при пикировании). Точно так же неправильно называют иногда упор малых оборотов упором большого шага.

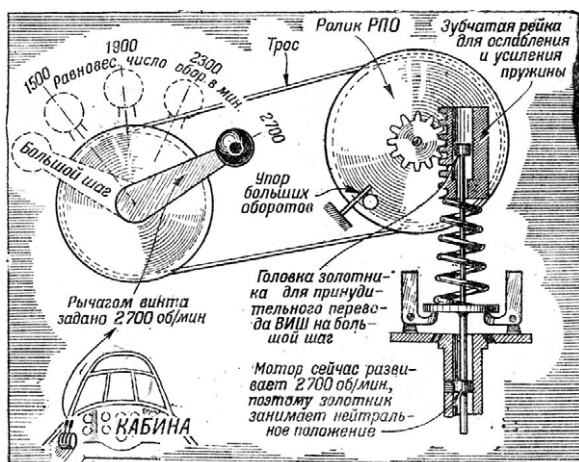


Рис. 15. Схема управления винтом из кабины летчика.

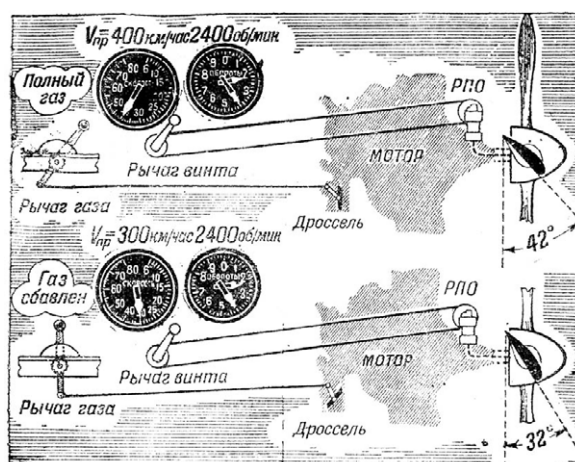


Рис. 16. Изменение шага автоматического винта, вызванное дросселированием мотора.



## 16. Для чего нужен рычаг винта

Для режимов полета с полным газом (максимальная скорость, набор высоты, взлет и т. д.) выгодно задавать номинальные обороты, так как, поддерживая эти обороты, мотор отдает винту полную номинальную мощность. Но если регулятор настроен на номинальные обороты, то и после дросселирования мотора эти обороты сохраняются автоматическим винтом.

Возникает, вопрос: есть ли необходимость в сохранении номинальных оборотов, если полет производится не на полной мощности мотора? Оказывается, необходимости в этом нет. Больше того, это невыгодно в основном по двум причинам:

1) Мотор, работая на малой мощности с большими оборотами имеет большой удельный расход горючего, так как велики потери мощности на вращение крыльчатки нагнетателя и на трение в моторе.

2) Винт при этом имеет пониженный к. п. д., так как его лопасти работают с очень малым углом атаки. Вспомним, что углы атаки лопастей имеют наиболее выгодное значение при горизонтальном полете с номинальными оборотами на полной мощности, так как винт подбирается для режима максимальной скорости, а при дросселировании мотора углы атаки лопастей автоматически уменьшаются.

Таким образом, сохранение номинальных оборотов целесообразно лишь при работе мотора на полной мощности, а при дросселировании мотора оно невыгодно.

Поэтому при уменьшении газа летчик должен также уменьшать обороты рычагом винта, чтобы получить уменьшение расхода горючего на 1 л. с, поскольку уменьшаются потери на трение и на вращение крыльчатки нагнетателя мотора, а также увеличить к. п. д. винта, так как при уменьшении оборотов углы атаки лопастей увеличиваются и становятся более выгодными.

Когда летчик убирает газ, шаг винта уменьшается. Уменьшая обороты рычагом винта, летчик затяжеляет винт, увеличивая шаг. В результате может оказаться, что после одновременного уменьшения газа и оборотов установочный угол лопастей останется неизменным. Для этого придется уменьшить обороты винта приблизительно на столько же процентов, на сколько уменьшена скорость полета дросселированием мотора.

## 17. Что такое объединенное управление газом и винтом

На многих современных самолетах применяется объединенное управление газом и винтом, позволяющее летчику одновременно убирать газ и уменьшать обороты (рис. 17). Например, на самолете Як-9 рычаги газа и винта помещены рядом, так что летчик одним движением руки прибавляет или убавляет газ и обороты. На некоторых самолетах ролик РПО связан с рычагом газа, в при изменении газа изменяются и равновесные обороты винта.

В большинстве случаев при наличии объединенного управления у летчика имеется возможность и раздельного управления газом и винтом, что иногда может потребоваться.

Нужно отметить, что при одновременном перемещении: рычагов газа и винта установочный угол лопастей почти не изменяется. Поэтому не происходит «заброса оборотов», т. е. кратковременного увеличения оборотов сверх заданных, при резкой даче газа, наблюдающегося при раздельном управлении из-за того, что РПО не может сразу затяжелять винт соответственно увеличению мощности.

Сохранение приблизительно постоянного установочного угла при убирании газа в случае объединенного управления газом и винтом имеет место лишь до тех пор, пока золотник регулятора может перемещаться в обе стороны от нейтрального положения и сохранять заданные обороты.

Но если сильно поднять рейку регулятора (см. рис. 15), то золотник принудительно будет удерживаться в верхнем положении, и винт перейдет на большой шаг. Это произойдет, например, при полностью убранном газе на планировании. Поскольку необходимо, чтобы при планировании винт был на малом шаге (для облегчения ухода на второй круг), то в случае объединенного управления регулятор снабжают упором малых оборотов даже при винте прямой схемы. Если этого упора нет, то при полностью убранном газе не нужно полностью перемещать назад рычаг винта.

Объединенное управление значительно упрощает работу летчика, что особенно важно в воздушном бою, когда бывает необходимо одновременно изменять и газ и обороты. При этом устраняется опасность возникновения детонации.

## 18. Работа винта на самом малом шаге

До сих пор мы видели, что, автоматически увеличивая шаг при увеличении скорости или газа и уменьшая шаг при снижении скорости полета или сбавлении газа, ВИШ сохраняет на различных режимах полета и работы мотора неизменные обороты, и изменять обороты автоматического винта можно только при помощи рычага винта.

Однако могут возникнуть случаи, когда совершенно исправный автоматический ВИШ подобно ВФШ изменяет свои обороты при перемещении рычага газа или при изменении скорости полета. Это объясняется просто: при сильном изменении скорости или газа лопасти винта, автоматически поворачиваясь, исчерпывают диапазон углов своего поворота и доходят до максимального или до минимального установочного угла (см. рис. 9), а при дальнейшем изменении режима остаются в этом крайнем положении, и винт работает, как ВФШ.

На рис. 18 изображены случаи работы ВИШ на малом шаге при работе мотора на месте и при планировании самолета. В этих случаях при сбавлении газа мощности мотора нехватает для вращения винта с заданными оборотами даже на самом малом шаге.

Рассмотрим для примера работу мотора на месте.

Обычно для винта подбирают такой минимальный установочный угол, при котором мотор, работая на месте на полном газе, развивает взлетные обороты. Установим рычагом винта взлетные обороты и дадим полный газ. Тахометр покажет взлетные обороты. Теперь начнем убирать газ. Ясно, что при этом произойдет падение оборотов, так как РПО не сможет поддерживать заданные взлетные обороты вследствие того, что лопасти винта уже находятся на самом малом шаге и винту больше «некуда» облегчаться.

У некоторых самолетов минимальный установочный угол винта несколько велик, и мощности мотора даже на полном газе не хватает для вращения винта с заданными взлетными оборотами. Например, винт ВИШ-61П на самолете Як-1 при минимальном установочном угле  $23^\circ$  не позволяет получить на месте больше 2 350—2 400 об/мин, в то время как номинальные (и взлетные) обороты мотора составляют 2 700 в минуту. Поэтому, установив рычагом винта 2 700 об/мин, мы при пробе мотора получим на полном газе только 2 350 об/мин. При этом золотник РПО будет в таком положении, как показано на рис. 18 (вверху справа).

С таким винтом очень трудно обнаружить на земле неправильность установки упора больших оборотов. Если, например, упор поставлен на 2 800 об/мин, то при пробе мотора все равно можно получить только 2 350 об/мин.

Для правильной регулировки упора больших оборотов на земле можно на время регулировки уменьшить установочный угол малого шага на  $3-4^\circ$ , а потом снова установить малый шаг согласно формуляру винта

Изменение установочного угла малого шага осуществляется по-разному, в зависимости от типа ВИШ. У винтов ВИШ-105, ВИШ-107, АВ-5 и АВ-1 для этого необходимо, ослабив затяжные хомуты лопастей, повернуть все лопасти на нужное число градусов, а затем вновь затянуть хомуты. У винта ВИШ-61 для уменьшения малого шага необходимо снять цилиндр винта с поршнем и уменьшить толщину регулировочных колец между поршнем и поводковой муфтой.

При сильном дросселировании мотора обороты могут получиться меньше заданных не только при работе на месте, но и в полете.

Если рычагом винта отрегулировать РПО в полете на взлетные обороты, а затем начать постепенно убирать газ, легко заметить, что первое время обороты будут сохраняться постоянными. Это будет происходить потому, что РПО облегчает винт, не давая оборотам падать. При этом чем больше убран газ, тем меньше шаг винта. Но, продолжая убирать газ, можно заметить, что наступает момент, когда обороты начинают падать. Это произойдет тогда, когда лопасти дойдут до малого шага и облегчение винта прекратится. При дальнейшем убирании газа падение оборотов будет продолжаться.

С убраным газом самолет будет, конечно, лететь не горизонтально, а со снижением. При этом обороты винта будут меньше заданных, но больше, чем при работе на месте. Изменяя угол планирования, можно увеличить или уменьшить обороты, так как винт работает на самом малом шаге и ведет себя, как ВФШ.

В обоих рассмотренных случаях РПО и сам винт совершенно исправны, но в практике эксплуатации не исключены случаи снижения оборотов, а также раскрутки из-за различных неисправностей и неправильной эксплуатации, что будет рассмотрено несколько ниже.

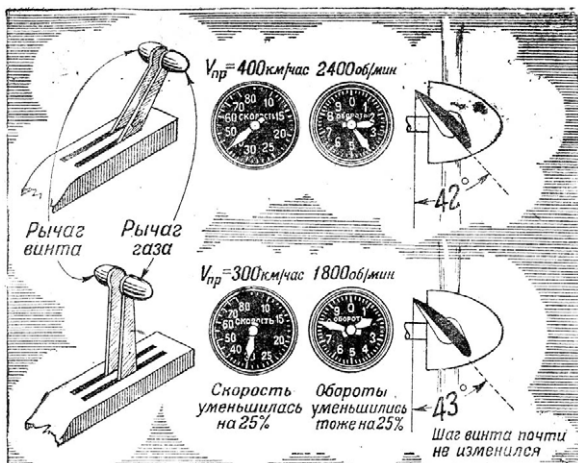


Рис. 17. Объединенное управление газом и винтом.

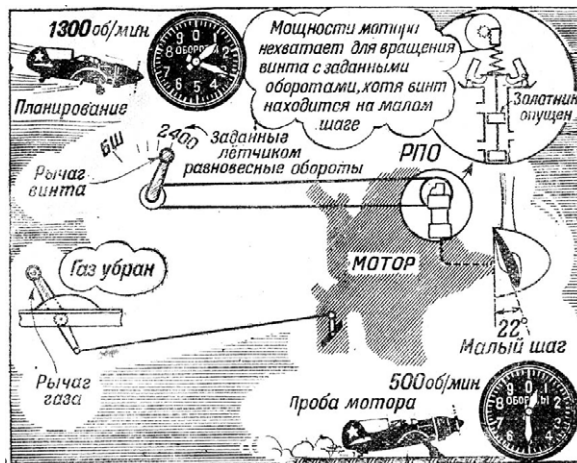


Рис. 18. Падение оборотов автоматического винта при сильном уменьшении газа.

## ГЛАВА II

### КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ АВТОМАТИЧЕСКИМ ВИШ

Уметь пользоваться автоматическим ВИШ — это значит:

- 1) соблюдать определенные правила эксплуатации ВИШ и регулятора, обеспечивающие нормальную работу РПО и винта в полете;
- 2) знать и использовать наиболее выгодные обороты мотора на различных режимах полета;
- 3) уметь продолжать полет при отказе регулятора или механизма винта.

При подборе оборотов винта в полете нужно руководствоваться следующим:

- 1) при работе мотора на номинальном или взлетном режимах главной задачей является получение максимальной тяги винта, а при полете на задросселированном моторе — получение экономии горючего;
- 2) чрезмерное затяжение винта при большом наддуве может вызвать появление детонации мотора, которую можно обнаружить по тряске мотора, хлопкам черного дыма из патрубков, повышению температуры воды или головок цилиндров.

Исправный автоматический винт в полете должен поддерживать заданные обороты на всех режимах, а при движении рычага винта изменять обороты по желанию летчика.

Обеспечить нормальную работу ВИШ в полете можно только правильной эксплуатацией его техническим и летным составом на земле и в воздухе.

## 1. Остановка мотора

Винты всех систем перед остановкой следует перевести на малый шаг — это облегчит последующий запуск мотора. Винты прямой схемы нужно останавливать на большом шаге, что необходимо для удаления масла из цилиндра, так как оно в зимнее время может в нем застыть.

В летнее время, а также и зимой при разжижении масла бензином винты прямой схемы можно останавливать на малом шаге. Для перевода лопастей на малый шаг нужно перевести рычаг винта в крайнее переднее положение и на несколько секунд рычагом газа увеличить обороты до 1 500 — 1 600 в минуту. Если самолет возвратился с полета, винт находится на малом шаге, и этого делать не потребуется.

Для перевода винта на большой шаг нужно взять на себя рычаг винта и рычагом газа увеличить обороты. Положение рычага винта и лопастей при остановке на малом шаге показано на рис. 18.

## 2. Запуск мотора

При запуске мотора рычаг винта находится в том же положении, что и при остановке. Винты прямой схемы переводятся с большого шага на малый в начальной стадии прогрева мотора. Для этого рычаг винта устанавливают в крайнее переднее положение. Основной прогрев мотора производится при малом шаге винта,

## 3. Проба мотора и винта

Проба мотора производится на малом шаге винта. Если при пробе на взлетном режиме мотор недодает оборотов, нужно проверить правильность установки упора больших оборотов на ролике регулятора Р-7. Если установка правильна, то недодача оборотов вызывается неисправностью мотора, которую следует отыскать и устранить.

Ни в коем случае нельзя недодачу оборотов, вызванную дефектом мотора, компенсировать уменьшением минимального установочного угла винта, так как при этом хотя обороты мотора и возрастут, но мощность его будет по-прежнему сниженной.

Подобное увеличение оборотов можно рекомендовать только для повышения к. п. д. винта и улучшения взлетных характеристик самолета в тех случаях, когда мотор может работать на самолете, недодавая мощность, и нет возможности устранить эту недодачу (например при работе мотора на пониженном наддуве вследствие отсутствия высокооктанового топлива).

Следует учесть, что при низких температурах окружающего воздуха его плотность повышается, и сопротивление вращению винта, возрастает. В результате этого зимой может получиться небольшая недодача оборотов при пробе мотора.

Нежелательно, чтобы винт имел слишком малый минимальный установочный угол, так как такой винт при пробе на полном газе несколько затягивается регулятором для сохранения заданных (взлетных или номинальных) оборотов, и поэтому можно не обнаружить недодачу мощности мотором: винт немного облегчится и сохранит заданные обороты. Кроме того, с таким винтом невозможно в большинстве случаев продолжать полет в случае самопроизвольного перехода лопастей на малый шаг.

Проверка винта заключается в затяжении и облегчении его рычагом винта; мотор должен при этом изменять обороты

Нельзя опробовать винт на полном газе, так как это может вызвать детонацию мотора; необходимо на малом шаге установить рычагом газа обороты мотора на 300—400 меньше номинальных, а затем рычагом винта затянуть винт на 200—400 об/мин и снова облегчить его. Зимой это нужно повторить 2—3 раза, чтобы заполнить цилиндр винта горячим маслом.

Иногда при опробовании винта выявляется такая неисправность: после затяжения винта мотор при даче рычага винта вперед не развивает прежних оборотов, т. е. не возвращается на малый шаг. До обнаружения и устранения причины этой неисправности самолет в полет выпускать нельзя, так как может произойти падение оборотов в полете. Если винт обратной схемы, причиной невозвращения лопастей на малый шаг может послужить чрезмерное затяжение винта при отсутствии или неправильной установке упора малых оборотов на ролике РПО.

## 4. Взлет

Для обеспечения короткого и быстрого взлета используется взлетный режим. Для этого нужно переместить в крайнее переднее положение рычаг винта и рычаг газа, используя также форсаж. Повышение оборотов за счет облегчения винта дает, как правило, больший эффект, чем увеличение наддува, так как при увеличении оборотов уменьшаются и становятся более выгодными углы атаки лопастей, в результате чего повышается к. п. д. винта. Взлетным (форсированным) режимом разрешается пользоваться только несколько минут; после взлета необходимо выключить форсаж и снизить обороты до номинальных.

Взлет с оборотами ниже номинальных можно производить лишь при наличии большого взлетного поля.

## 5. Причины раскрутки ВИШ при взлете

Раскрутка винта при взлете может произойти иногда даже в том случае, когда при опробовании винта на стоянке самолета никаких ненормальностей не было обнаружено. Причиной подобной раскрутки может послужить неправильная установка упора больших оборотов на ролике РПО (рис. 19). Если есть сомнение в правильности установки упора, необходимо перед взлетом выполнить следующее: установить рычагом винта максимальные обороты, а рычагом газа полный газ; затем рычагом винта сбавить обороты на 20—30 в минуту. При таком положении рычага винта можно смело производить взлет, так как регулятор вступил в действие. После выполнения взлета необходимо проверить правильность установки упора по счетчику оборотов, переместив для этого рычаг винта в крайнее переднее положение. Если обороты получатся выше взлетных, нужно рычагом винта подобрать взлетные обороты и заметить положение рычага, для того чтобы после полета установить в данном положении упор больших оборотов на ролике регулятора.

Если в зимнее время самолет долго находится на старте в ожидании разрешения взлета, масло в цилиндре винта, может застыть. Поэтому при длительной работе мотора на земле необходимо периодически затягивать и облегчать винт рычагом винта.

Взлет с застывшим маслом в цилиндре винта вызовет раскрутку винта.

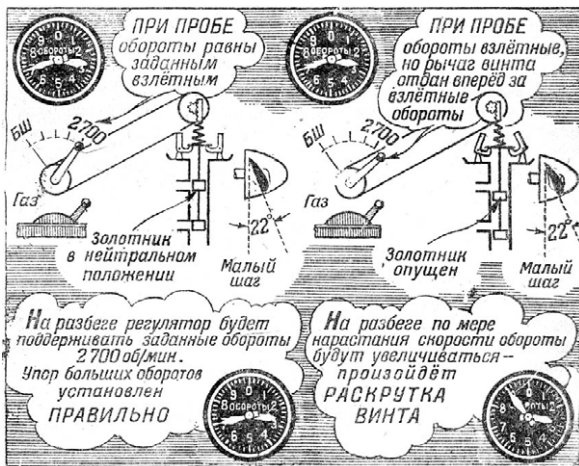


Рис. 19. Раскрутка винта на взлете из-за неправильного положения упора больших оборотов.



Рис. 20. Повышение максимальной скорости на высотах, меньше расчетной, за счет понижения числа оборотов рычагом винта.

## 6. Набор высоты

Для получения наибольшей скороподъемности нужно установить рычагом винта номинальные обороты и дать полный газ. В исключительных случаях можно воспользоваться форсажем по оборотам и наддуву.

Иногда для понижения температуры масла приходится, снижать обороты рычагом винта, но это вызывает уменьшение вертикальной скорости.

## 7. Горизонтальный полет с максимальной скоростью

Для получения максимальной скорости полета необходима наибольшая тяга винта. Если винт правильно подобран к самолету и мотору, то для режима максимальной скорости на расчетной высоте необходимо рычагом винта установить номинальные обороты и дать полный газ. При этом мотор разовьет номинальную мощность, а винт будет работать с максимальным к. п. д.

На других высотах такого удачного совпадения не получится: при номинальных оборотах получается наибольшая мощность мотора, но не наилучший к. п. д., поэтому номинальные обороты не всегда являются наивыгоднейшими.

Для высот, больших расчетной, необходимо сохранять номинальные обороты, так как снижение оборотов вызывает большое падение мощности (см. рис. 2), которое не окупается возможным увеличением к. п. д.

Сложнее обстоит дело на высотах ниже расчетной; здесь небольшое затяжеление винта почти не отражается на мощности. Например, мотор ВК-105 при затяжелении винта с 2 700 об/мин до 2 500 об/мин не уменьшает своей мощности (см. рис. 1). Поэтому в данном случае решающее значение имеет к.п.д. винта: если он повысится; при затяжелении, то возрастет и тяга винта. К. п. д. может повыситься на несколько процентов по следующим причинам:

1. При одинаковых (номинальных) оборотах мотора углы атаки лопастей винта на малой высоте меньше, чем на расчетной высоте. При затяжелении винта углы атаки увеличиваются и становятся более выгодными.

2. Если скорость концов лопастей близка к скорости звука, их сопротивление резко увеличивается, что снижает к. п. д. винта.

При снижении оборотов скорость концов лопастей и дополнительные потери мощности на концах лопастей уменьшаются\*.

\* — Правда, на высоте влияние этого фактора сильнее, чем у земли, но там большую роль играет изменение мощности мотора при изменении оборотов

На некоторых самолетах целесообразно затягивать винт на малых высотах на 150—300 об/мин (рис. 20). Правда, при этом большого прироста  $V_{max}$  не получится. В лучшем случае можно получить 4—5 км/час. Зато есть другие соображения, довольно важные: при затяжелении винта понижается температура масла и уменьшается расход горючего.

Например, ВК-105 на полном газе у земли расходует топлива при 2 500 об/мин на 12—13 кг/час меньше, чем при 2 700 об/мин. Снижение оборотов мотора с 2 700 до 2 400 в минуту при полете самолета Як-1 на высоте 700 м вызывает уменьшение температуры масла на 7° и температуры воды на 4°. При этом  $V_{max}$  увеличивается на 5 км/час.

Разгон самолета до максимальной скорости необходимо производить при номинальных оборотах. Пониженные обороты устанавливаются летчиком после того, как самолет приобретет максимальную скорость. Если наилучшие обороты летчику неизвестны, следует несколько затягивать винт, наблюдая за указателем скорости. Подобранные наилучшие обороты, необходимо запомнить их или даже записать, чтобы не определять снова при очередном полете.

Затягивая винт, не следует забывать о возможности детонации, принимая во внимание, что не все моторы позволяют снижать обороты при номинальном наддуве.

Нужно иметь в виду, что снижение оборотов для повышения  $V_{max}$  имеет смысл лишь при длительном полете на этом режиме. Если же режим  $V_{max}$  применяется как элемент воздушного боя, надо все время держать номинальные обороты, которые необходимы для выполнения других элементов воздушного боя.

## 8. Крейсерский режим

Когда на самолетах устанавливались винты фиксированного шага, переход с набора высоты или с режима максимальной скорости на крейсерский режим осуществлялся довольно просто: летчик сбавлял газ и получал желаемую крейсерскую скорость.

Если точно так же поступить при автоматическом ВИШ, получится чрезмерный расход горючего, так как обороты мотора будут слишком высокими (рис. 21), что вызовет снижение к. п. д. мотора и винта.

В целях экономии горючего при переходе от режима полного газа к крейсерскому режиму необходимо поступить следующим образом:

- 1) сбавить газ;
- 2) установить рычагом винта наивыгоднейшие обороты;
- 3) довести рычагом газа скорость самолета до заданной.

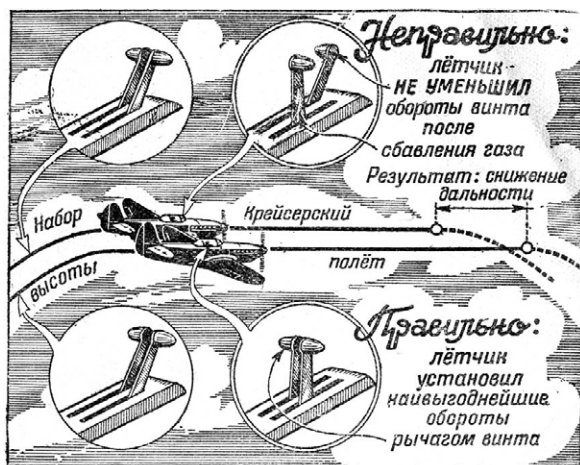


Рис. 21. Увеличение дальности полета применением наивыгоднейших оборотов.

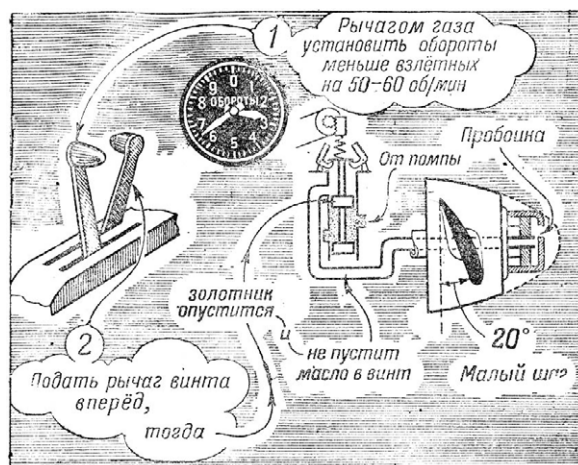


Рис. 22. Полет с поврежденной маслосистемой ВИШ обратной схемы (АВ-5, ВИШ-61).

Сбавление газа до получения наивыгоднейших оборотов производится для предупреждения детонации, которая может возникнуть при затяжении винта на полном газе.

При переходе с крейсерской скорости на максимальную нужно во избежание детонации заранее или одновременно с рычагом газа подать вперед рычаг винта.

Зимой при длительном полете на одном и том же режиме может застыть масло в цилиндре винта. Для предупреждения этого необходимо через каждые 15—25 минут перевести 2—3 раза рычаг винта вперед и назад (только не на полной мощности!).

## 9. Определение наивыгоднейших оборотов для уменьшения расхода горючего

Каждой скорости на каждой высоте соответствуют свои наивыгоднейшие обороты, обеспечивающие наибольшую дальность и продолжительность полета на этом режиме. Чем меньше скорость горизонтального полета, тем меньше и наивыгоднейшие обороты. Эти обороты указаны в инструкциях по расчету дальности полета каждого типа самолета.

Если по каким-либо причинам неизвестны наивыгоднейшие обороты, можно определить их (приблизительно) следующим образом: разделить число оборотов, при котором получается на данной высоте максимальная скорость, на величину этой максимальной скорости и умножить полученное частное на желаемую скорость; это и будут приблизительно наивыгоднейшие обороты для данной скорости.

Пример. Максимальная скорость самолета 400 км/час по прибору получается при оборотах 2 400 в минуту. Определить наивыгоднейшие обороты для скоростей 300 км/час и 275 км/час по прибору.

- 1)  $2\ 400 / 400 = 6$
- 2)  $6 \times 300 = 1\ 800$  об/мин
- 3)  $6 \times 275 = 1\ 650$  об/мин

Особенно важно использовать наивыгоднейшие обороты при длительном полете на малых скоростях, применяемых для увеличения дальности и продолжительности полета.

Очень важно также не забывать о рычаге винта при переходе с набора высоты или с режима максимальной скорости на крейсерский полет. Если на самолете установлено объединенное управление газом и винтом, работа летчика упрощается и при одновременном уменьшении газа и оборотов наивыгоднейшие обороты получаются автоматически (см. рис. 17). Однако и в этом случае полезно знать наивыгоднейшие обороты для различных скоростей, чтобы в случае необходимости внести соответствующие коррективы, так как при объединенном управлении получаются лишь приблизительно наивыгоднейшие обороты.

## 10. Полет с поврежденной маслосистемой винта

При эксплуатации самолета в воздухе не исключена возможность повреждения цилиндра винта (например в воздушном бою) или падения давления масла в винте из-за неисправности маслосистемы или редукционного клапана РПО, а также в результате поломки привода РПО.

В этих случаях произойдет самопроизвольный переход лопастей: при обратной схеме — на малый шаг, а при прямой схеме — на большой, что вызовет раскрутку винта обратной схемы или резкое снижение («посадку») оборотов при винте прямой схемы.

Рассмотрим, как нужно действовать летчику в подобных случаях.

При винте обратной схемы (рис. 22)

Заметив раскрутку винта в горизонтальном полете, необходимо попытаться сначала уменьшить обороты рычагом винта. Если обороты не снижаются, — значит, придется продолжать полет на самом малом шаге. Так как винт превратился из ВИШ в ВФШ, необходимо устранить раскрутку уменьшением газа, снизив обороты до взлетных или номинальных. Возможно, что причиной самопроизвольного облегчения винта является повреждение (пулевая пробойна и т. п.) цилиндра или маслопровода винта, поэтому следует принять меры, чтобы не допустить выбрасывания масла через пробойну. Для этого необходимо опустить золотник Р-7 в крайнее нижнее положение, и тогда масло перестанет поступать во втулку винта (см. рис. 13). Сделать это нетрудно: нужно подать рычаг винта вперед до упора, а рычагом газа поддерживать обороты несколько меньше взлетных (на 50—60 об/мин). Тогда пружина регулятора преодолет действие центробежных грузиков и опустит золотник.

Несмотря на большие обороты, винт будет развивать очень небольшую тягу, так как мотор сильно задрессирован, а к. п. д. винта низок вследствие того, что лопасти его имеют малый угол атаки, значительно отличающийся от наиболее выгодного. Самолет начнет снижаться и терять скорость. Для сохранения горизонтального полета необходимо постепенно выбирать на себя ручку управления, одновременно прибавляя газ для поддержания оборотов мотора. После достижения минимальной безопасной скорости горизонтального полета следует прекратить увеличение угла атаки самолета (выбирание ручки), чтобы не сорваться в штопор. Если самолет на этой скорости все же не летит по горизонту, придется лететь со снижением, выдерживая минимальную безопасную скорость по прибору.

По мере снижения самолета обороты будут уменьшаться, потому что будет возрастать сопротивление винта вращению: во-первых, вследствие постепенного уменьшения истинной скорости полета, что приведет к увеличению угла атаки лопастей, а во-вторых, из-за большей плотности воздуха.

Поэтому по мере снижения самолета можно будет постепенно прибавлять газ, тем самым уменьшая угол снижения.

Для достаточно малых высот не исключена возможность перехода на горизонтальный полет, тем более, что, кроме увеличения мощности, отдаваемой винту мотором, по мере снижения самолета имеет место также увеличение к. п. д. винта вследствие возрастания угла атаки лопастей.

При винте прямой схемы (рис. 23)

Если в полете произошло резкое падение оборотов из-за перехода ВИШ на большой шаг, нужно проверить, не детонирует ли мотор. Если обнаружится детонация, нужно уменьшить газ до ее исчезновения и продолжать горизонтальный полет.

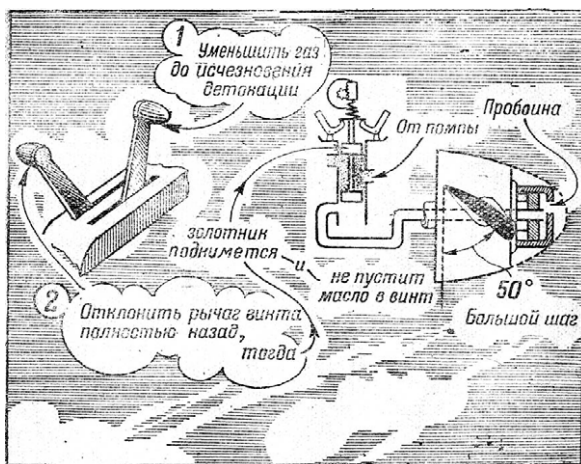


Рис. 23. Полет с поврежденной маслосистемой ВИШ прямой схемы (ВИШ-21, ВИШ-22, ВИШ-23, ВИШ-105).

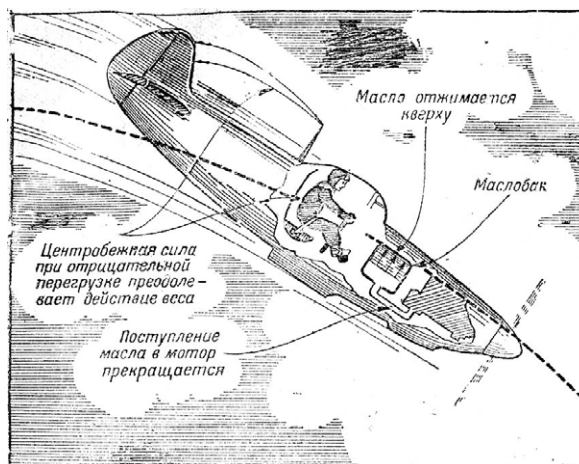


Рис. 24. Нарушение работы системы маслопитания при вводе самолета в пикирование с отрицательной перегрузкой.

Для устранения течи масла следует рычаг винта взять полностью на себя, при этом золотник Р-7 поднимется вверх и перекроет доступ масла в цилиндр винта. Переходить на меньшие высоты при полете на большом шаге невыгодно, так как в этом случае придется лететь с меньшей истинной скоростью, что приведет к увеличению углов атаки лопастей и ухудшению к. п. д. винта. Кроме того, уменьшаются обороты мотора и может возникнуть детонация.

Для облегчения выполнения полета с винтом, лопасти которого перешли на малый или на большой шаг, рекомендуется сбросить с самолета весь лишний груз. При посадке с винтом, установленным на самый малый или самый большой шаг, следует производить расчет на посадку «с недомазом», исправляя его подтягиванием на моторе, потому что уход на второй круг весьма опасен. При даче полного газа у самолета с легким винтом возникает опасность чрезмерной раскрутки винта. При уходе на второй круг с тяжелым винтом тяга будет недостаточна из-за низкого к. п. д. и недодачи оборотов; кроме того, не исключено и появление детонации. Понятно, что если причиной самопроизвольного перехода винта на малый или большой шаг явилось не повреждение регулятора или маслосистемы винта, а недостаток масла или какое-либо повреждение маслосистемы мотора, вызвавшее падение давления масла, то продолжать полет на этом моторе можно лишь в течение самого короткого времени. Если позволяет обстановка, мотор лучше немедленно выключить во избежание заклинивания коленчатого вала. Во многих случаях при течи масла из поврежденного маслопровода или цилиндра раскрутки или снижении оборотов происходит лишь тогда, когда масло почти полностью выброшено из маслосистемы. Поэтому во всех случаях самопроизвольного облегчения или затяжеления винта нужно считаться с возможностью выхода мотора из строя через несколько минут.

## 11. Полет с одним остановленным мотором

Если в полете пришлось выключить один из двух (или четырех) моторов самолета, необходимо, пока вращается винт, перевести его на большой шаг, так как на большом шаге винт оказывает значительно меньшее сопротивление полету. Перевод винта на большой шаг может оказаться невозможным, если на Р-7 имеется упор малых оборотов, который не позволяет поднять золотник в крайнее верхнее положение. Если остановка мотора связана с повреждением маслосистемы мотора или с израсходованием масла, то винт обратной схемы не удастся затяжелить даже при отсутствии упора малых оборотов. Поэтому для многомоторных самолетов более желательно применение винтов прямой схемы. Если на самолете установлены «флюгерные» винты, нужно перевести винт выключенного мотора во флюгерное положение. В этом случае прекратится вращение винта, и лобовое сопротивление его станет минимальным. У работающих моторов необходимо установить номинальные обороты.

## 12. Пикирование

Важнейшее требование к винтам изменяемого шага — недопущение раскрутки при пикировании с газом и без газа. Так как скорость самолета при пикировании быстро увеличивается, ВИШ для сохранения оборотов должен непрерывно затягиваться со скоростью поворота лопастей до  $2^\circ$  в секунду. Согласно данным, приводимым в описаниях, у большинства винтов лопасти могут поворачиваться значительно быстрее. Однако приводимые в описаниях цифры получаются при крайних отклонениях золотника РПО. В тех же случаях, когда регулятор работает в полете и обороты незначительно отличаются от равновесных, золотник лишь немного открывает масляные каналы, вследствие чего протекание масла, а следовательно, и поворот лопастей замедляются. Кроме того, при пикировании могут возникнуть и другие причины замедленного поворота лопастей, в результате чего может произойти раскрутка винта. Рассмотрим наиболее распространенные причины раскрутки винтов и способы ее предупреждения:

1. Застывание масла в цилиндре винта зимой после длительного полета на постоянном режиме. Для предупреждения раскрутки перед пикированием нужно 2—3 раза затяжелить и облегчить винт.

2. Винт обратной схемы дает раскрутку при вводе в пикирование с большой отрицательной перегрузкой (рис. 24). При этом масло, находящееся в баке, прижимается центробежной силой кверху и перестает поступать в мотор, а оно необходимо для затяжения винта (обратная схема). Несколько секунд РПО питается маслом, отбирая его у соседних деталей (например, выкачивает из коленчатого вала), но к концу ввода поступление масла в РПО почти совсем прекращается, винт перестает затягиваться и происходит раскрутка винта.

В данном случае раскрутка сопровождается «масляным голоданием» подшипников коленчатого вала, что нередко приводит к разрушению вкладышей и заклиниванию вала.

Для предупреждения раскрутки:

а) истребители следует вводить в пикирование только с разворота или с переворота через крыло — тогда не возникает отрицательных перегрузок;

б) при вводе бомбардировщика в пикирование с горизонтального полета не отдавать чересчур резко штурвал;

в) перед вводом в пикирование установить рычагом винта обороты на 300—400 в минуту меньше номинальных: если раскрутка и возникнет, все же обороты не выйдут из допустимых пределов;

г) если, несмотря на это, все же винт обратной схемы имеет раскрутку при пикировании, необходимо после полета показать механику (технику), обслуживающему самолет, проверить редукционный клапан регулятора Р-7: возможно, лопнула пружина и вместо 20 кг/см<sup>2</sup> давление масла значительно ниже; следует также проверить вручную легкость поворота лопастей (вдвоем, втроем).

3. Иногда винт раскручивается при вводе в пикирование с полностью убранном газом. Дело в том, что при полностью убранном газе винт переходит на малый шаг (вспомним рис. 18), а при малых установочных углах сохранение оборотов, оказывается, труднее, чем при больших, хотя в обоих случаях РПО действует совершенно исправно. Чем это объясняется?

Во-первых, тем, что при этом почти все участки лопастей работают с отрицательными углами атаки. При этом на лопастях возникают аэродинамические моменты, препятствующие затяжению винта и замедляющие поворот лопастей (рис. 25 и 26).

Во-вторых, для сохранения постоянного числа оборотов винт с меньшим установочным углом требует более быстрого поворота лопастей, чем винт с большим установочным углом. При пикировании с убранном газом требуется быстрота затяжения винта на 25—50% большая, чем с полным газом, а если скорость при вводе погашена горкой, то даже на 100% и больше. Механизм ВИШ такого быстрого поворота лопастей может не обеспечить. Для предупреждения раскрутки следует:

1) не убирать полностью газ при вводе самолета в пикирование;

2) затягивать винт перед пикированием.

Могут встретиться и другие причины раскрутки автоматического винта при пикировании, не рассмотренные выше: заедание золотника Р-7, заедание подшипников лопастей, недостаточная мощность механизма затяжения у винтов прямой схемы (например у ВИШ-22Т — недостаточная толщина пружины декомпрессора), резкая дача газа при выходе из пикирования и т. п. Если при пикировании произошла раскрутка, нужно полностью убрать газ, вывести самолет из пикирования и погасить скорость горкой или боевым разворотом, после снижения оборотов плавно дать газ и продолжать полет. Если в полете наблюдалась раскрутка винта, после посадки самолета механик обязан проверить фильтр маслосборника (нет ли металлической стружки).

## 13. Воздушный бой

В воздушном бою винт должен обеспечить самолету наилучшие скоростные и маневренные данные.

Если винт самолета не склонен к возникновению раскрутки при пикировании, следует перед боем рычагом винта установить номинальные обороты и не менять их в продолжение всего боя. Если возможна раскрутка винта при пикировании (являющемся одним из элементов воздушного боя), летчик должен поступать так, как было указано выше.

Вираз

Наивыгоднейший вираз получается на полной мощности мотора. Обороты должны быть номинальные, а в случае необходимости — даже взлетные.



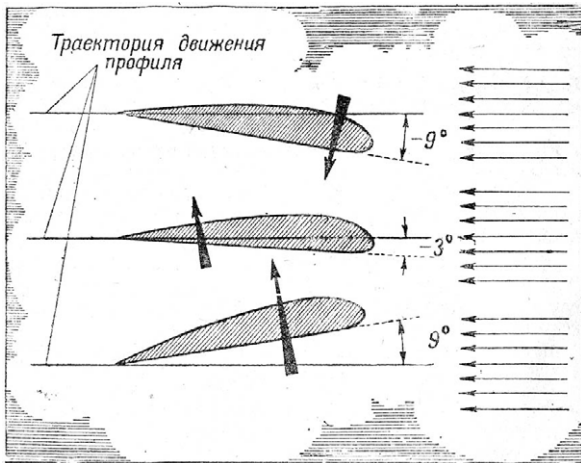


Рис. 25. Положение аэродинамической силы профиля при различных углах атаки.

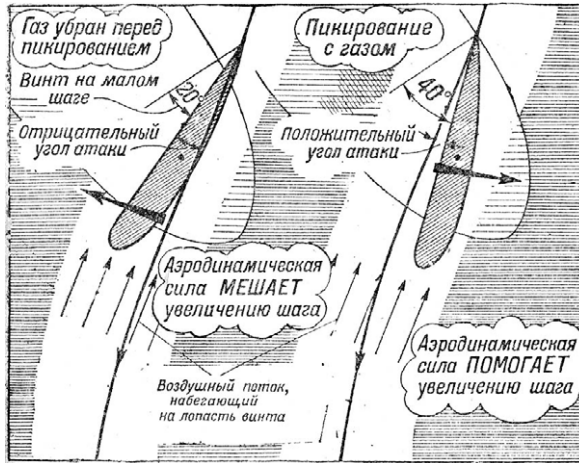


Рис. 26. Раскрутка автоматического ВИШ вследствие полной уборки газа перед пикированием.

#### Вертикальный маневр

Проще всего управлять винтом при наличии объединенного управления газом и винтом.

Иногда при резком наборе высоты (горка, боевой разворот и т. п.) наблюдается временное снижение оборотов («посадка» оборотов), что объясняется тем, что винт не успевает облегчиться в соответствии с уменьшением скорости полета.

Причиной замедленного поворота лопастей могут послужить аэродинамические моменты, действующие на лопасти. При пикировании эти моменты стремятся облегчить винт; при наборе высоты, когда лопасти работают с большими углами атаки, аэродинамические силы стремятся повернуть их на большой шаг (см. рис. 25).

Ведя бой на вертикальном маневре, летчик-истребитель непрерывно чередует пикирование с резким набором высоты (рис. 27).

Для достижения наибольшей скорости пикирования необходимо пикировать с полным газом, установив для повышения к. п. д. винта обороты ниже номинальных на 200 — 400 в минуту. Для уменьшения скорости пикирования нужно, наоборот, убрать газ и облегчить винт.

Переходя после выхода из пикирования на набор высоты, нужно обеспечить максимальную тягу винта. Для этого нужно одновременно с прибавлением газа установить номинальные или даже взлетные обороты. Это трудно сделать при штурвальном управлении винтом, но нужно сделать как можно быстрее, чтобы не проиграть в высоте на боевом развороте, иммельмане или горке.

При винте прямой схемы причиной «посадки» оборотов может послужить недостаточное давление масла, создаваемое помпой регулятора РГО. В этом случае на земле нужно проверить состояние пружины редукционного клапана.

Для уменьшения вероятности «посадки» оборотов при выполнении боевого разворота не следует давать полный газ до окончательного выхода из пикирования, чтобы не увеличивать чрезмерно шаг винта.

Для устранения «посадки» оборотов, возникшей в полете по каким-либо причинам, следует убрать газ на 1—2 секунды. При этом обороты сразу упадут, углы атаки лопастей станут отрицательными и аэродинамические моменты лопастей помогут облегчиться винту. После этого нужно снова дать газ и продолжать полет.



Рис. 27. Пользование рычагом винта при вертикальном маневре.

#### 14. Посадка самолета

Перед планированием на посадку необходимо перевести рычаг винта в крайнее переднее положение (установить взлетные обороты). Несомненно, при планировании обороты будут меньше заданных, но при даче полного газа (что может потребоваться при уходе на второй круг) мотор разовьет взлетные обороты.

При объединенном управлении можно рычаг винта в переднее положение не переводить, если на регуляторе имеется упор малых оборотов. При отсутствии упора при одновременной уборке рычагов таза и винта произойдет полное затяжеление винта, и при уходе на второй круг мотор разовьет полные обороты после дачи газа лишь через несколько секунд, необходимых для облегчения винта.