

## ДОПОЛНЕНИЯ.

### ДОПОЛНЕНИЕ 1: ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЁТА СПОСОБОМ «ДЕЛЬФИН»

Данная часть, скорее всего не входила в оригинальное издание книги и была добавлена редакцией при издании перевода.

В наши дни достижения планеристов в большей мере основывается на положениях и выводах теории оптимизации парящего маршрутного полёта. Поэтому с одной стороны, весьма актуальна задача совершенствования этой теории в комплексе с вопросами улучшения аэродинамики планеров, их приборного оборудования и развитием планерной метеорологии.

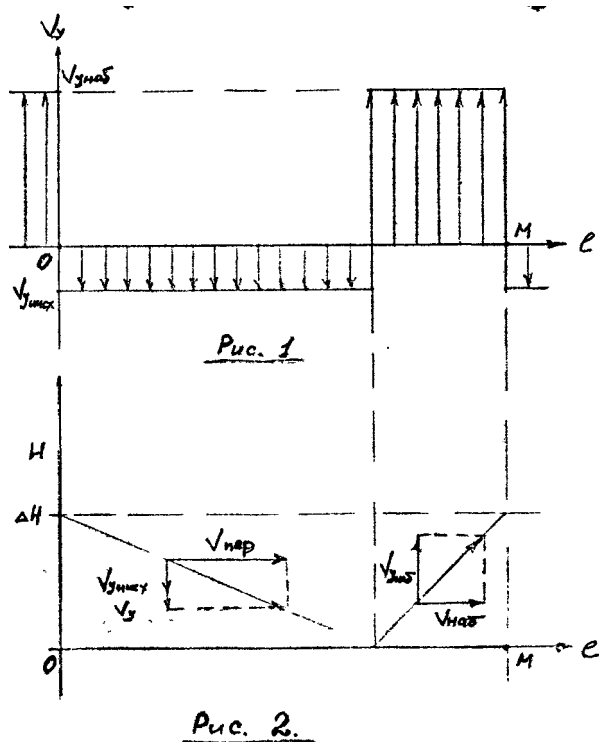
С другой стороны, столь же актуальным является требование, чтобы каждый знал и умел применять в полёте теорию оптимизации, без чего невозможен устойчивый спортивный рост и высокие результаты.

Эта статья предназначена прежде всего для молодых спортсменов и ставит целью показать взаимосвязь теории «классического полёта» (с набором высоты спиралями) и способа «Дельфин», а также раскрыть физический смысл величин, входящих в основное уравнение теории.

Способ полёта «Дельфин» освоен сравнительно недавно и обязан своим рождением росту лётных данных планеров. Современные ламинарные профили в сочетании с большими удлинениями крыла, высокой удельной нагрузкой и другими факторами обеспечивают малое собственное снижение планера на больших скоростях. Если оказывается, что восходящие потоки широкие и расположены достаточно часто вдоль линии пути, то после перехода от одного потока к другому потеря высоты мала и нет необходимости становиться в спираль. Высота восстанавливается путём пролёта зоны восходящего потока на некоторой небольшой скорости – например, на экономической.

Динамичный полёт планера с частым чередованием восходящих и нисходящих участков напоминает движение дельфина в воде, откуда и название способа. Наиболее подходящие условия для полёта «Дельфином» существуют под облачными грядками.

Приняв модель распределения вертикальных потоков вдоль линии пути планера, изображённую на рис. 1, рассчитаем среднюю скорость на отрезке ОМ при условии, что высота теряемая при полёте через нисходящий поток, равна высоте, набираемой планером при прямолинейном полёте через восходящий поток на скорости  $V_{наб}$ . Траектория полёта при этом показана на рис. 2.



Основные обозначения:

**L** - протяжённость нисходящего потока (длина перехода между восходящими потоками);

**D** - протяжённость восходящего потока;

**V<sub>Yнисх</sub>** - вертикальная скорость нисходящего потока;

**V<sub>Yвосх</sub>** - вертикальная скорость восходящего потока;

**V<sub>Y</sub>** – вертикальная скорость собственного снижения планера;

**V<sub>Yнаб</sub>=V<sub>Yвосх</sub>-V<sub>Y</sub>** - скороподъёмность планера в восходящем потоке;

**V<sub>пер</sub>** - скорость полёта в области нисходящего потока (скорость перехода);

**V<sub>наб</sub>** - скорость полёта в восходящем потоке;

**ΔH** - потеря высоты в нисходящем потоке, равная набору в восходящем;

**T<sub>пер</sub>** - время перехода (полёта через нисходящий поток);

**T<sub>наб</sub>** - время полёта через восходящий поток (набора высоты);

**V<sub>ср</sub>** - средняя скорость полёта.

Средняя скорость на отрезке определяется формулой:  $V_{ср} = \frac{L + D}{T_{пер} + T_{наб}}$  (1);

поскольку:  $L = V_{пер} \cdot T_{пер}$  (2);  $D = V_{наб} \cdot T_{наб}$  (3);

то получается  $V_{ср} = V_{пер} \frac{T_{пер}}{T_{пер} + T_{наб}} + V_{наб} \frac{T_{наб}}{T_{пер} + T_{наб}}$  (4);

введем обозначение:  $\bar{T}_{наб} = \frac{T_{наб}}{T_{пер} + T_{наб}}$  (5), где  $\bar{T}_{наб}$  - относительное время затраченное на набор высоты;

$\bar{T}_{пер} = \frac{T_{пер}}{T_{пер} + T_{наб}}$  (6), где  $\bar{T}_{пер}$  - относительное время, затраченное на переход

между восходящими потоками.

Тогда уравнение (4) принимает вид:  $V_{ср} = V_{пер} \cdot \bar{T}_{пер} + V_{наб} \cdot \bar{T}_{наб}$  (7).

Преобразуем формулы (5) и (6), используя следующие зависимости:

$T_{пер} = \frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y}$  (8);  $T_{наб} = \frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}$  (9);

получаем:

$\bar{T}_{наб} = \frac{\frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}}{\frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y} + \frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}} = \frac{V_{Yнисх} + V_Y}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y}$  (10);

$\bar{T}_{пер} = \frac{\frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y}}{\frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y} + \frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}} = \frac{V_{Yнаб}}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y}$  (11);

Окончательно, подставим формулы (10) и (11) в уравнение (7), получаем общее уравнение для определения средней скорости полёта планера:

$V_{ср} = V_{пер} \cdot \frac{V_{Yнаб}}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y} + V_{наб} \cdot \frac{V_{Yнисх} + V_Y}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y}$  (12);

Первое слагаемое правой части – суть отражение теории Мак-Креди, дающее среднюю скорость при «классическом» полёте со спиральными наборами. Второе же слагаемое определяет приращение средней скорости за счет того, что при наборе планер не кружится на месте, а летит по прямой (по маршруту) с поступательной скоростью **V<sub>наб</sub>**.

Таким образом, формула средней скорости «классического» полёта получается из уравнения (12) как частный случай при **V<sub>наб</sub>=0** (набор в спирали).

Представим уравнение (12) в следующем виде:  $V_{ср} = V'_{ср} + \Delta V_{ср}$  (13),

где **V'\_{ср}** – средняя скорость полёта со спиральными наборами в заданных метеоусловиях,

**ΔV<sub>ср</sub>** – приращение средней скорости при полёте способом «Дельфин» в тех же условиях.

Тогда можно написать: 
$$V'_{cp} = V_{пер} \cdot \frac{V_{Унаб}}{V_{Унаб} + V_{Унисх} + V_Y} \quad (14);$$

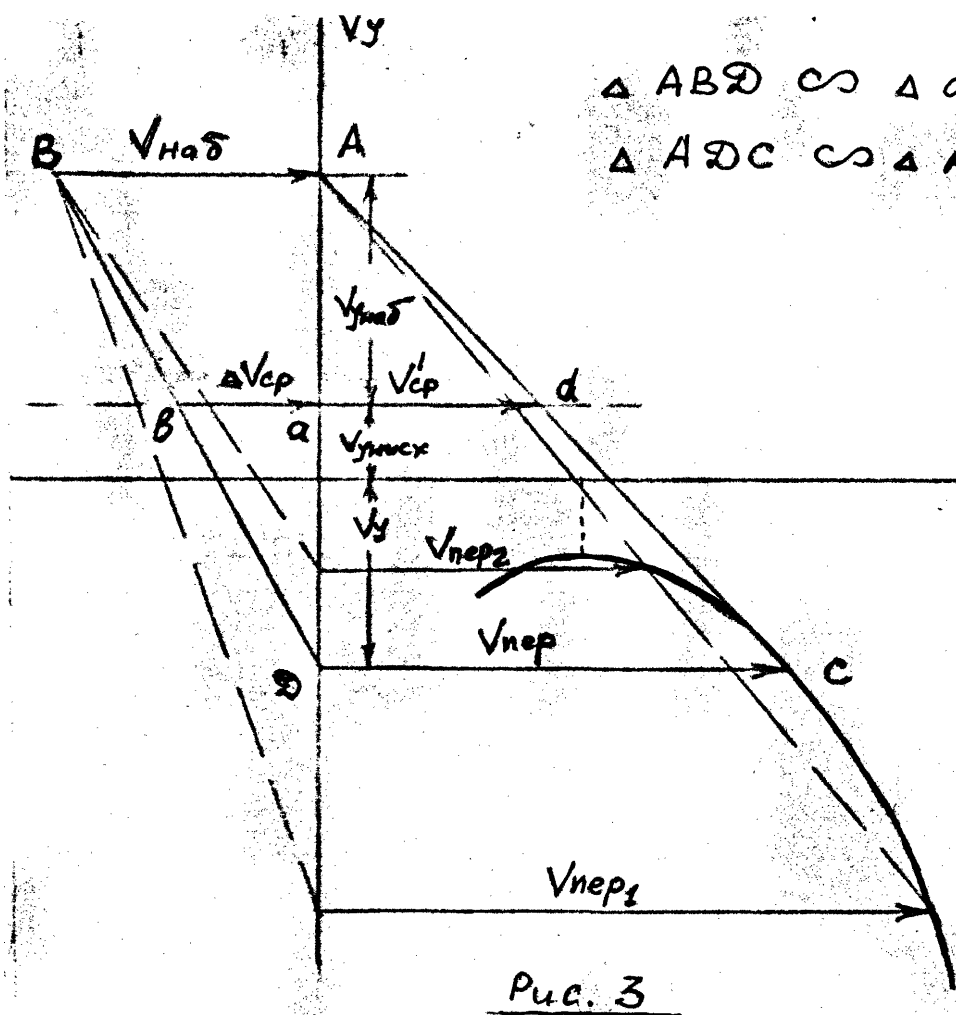
$$\Delta V_{cp} = V_{наб} \cdot \frac{V_{Унисх} + V_Y}{V_{Унаб} + V_{Унисх} + V_Y} \quad (15).$$

Каждое из уравнений (14) и (15) позволяет дать весьма наглядную интерпретацию в виде геометрического построения. Для этого перепишем (14) и (15) в виде пропорции:

$$\frac{V'_{cp}}{V_{Унаб}} = \frac{V_{пер}}{V_{Унаб} + V_{Унисх} + V_Y} \quad (16);$$

$$\frac{\Delta V_{cp}}{V_{Унисх} + V_Y} = \frac{V_{наб}}{V_{Унаб} + V_{Унисх} + V_Y} \quad (17).$$

Построения в системе координат скоростной поляры с использованием подобия векторных треугольников показаны на рис.3.



Сумма отрезков **ba** и **ad** даёт величину средней скорости при полёте способом «Дельфин».

Оптимальная скорость перехода определяется также, как и в классической теории – путём проведения касательной к поляре из точки с ординатой, равной сумме  $V_{Унаб} + V_{Унисх}$ .

Другими словами, кольцевой калькулятор на вариометре сохраняет свое значение и при полёте «Дельфином», при этом он устанавливается на полное значение скороподъёмности в восходящих потоках. Если такая установка ведёт к избытку высоты (полёт под очень мощной грядой), то выгодно повышать установку калькулятора (и соответственно – скорость) настолько, чтобы траектория стала в среднем горизонтальной. При этом оказывается, что уменьшение  $V'_{cp}$  за счёт неоптимальной скорости компенсируется увеличением  $\Delta V_{cp}$  (построение для  $V_{пер1}$  на рис.3).

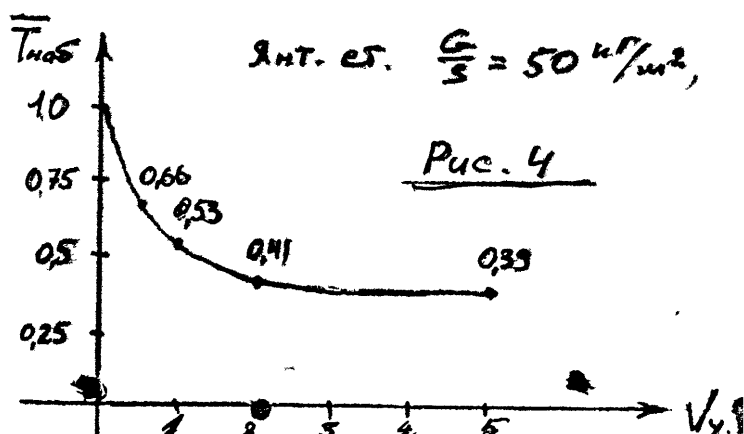
Однако если полёт с правильной установкой калькулятора ведёт к дефициту высоты (потери за переход больше, чем набор в восходящем потоке), то снижать установку калькулятора нельзя, так как уменьшение скорости ниже оптимальной снижает как  $V'_{cp}$  так и  $\Delta V_{cp}$  (построение для  $V_{пер2}$  на рис.3).

В этом случае оптимальным будет полёт «дельфином» с правильной установкой калькулятора, а накапливающийся дефицит высоты следует восполнять в наиболее сильных потоках спиралями.

Сравнивая формулы (13) и (7) можем написать:

$$\Delta V_{cp} = V_{наб} \cdot \bar{T}_{наб} \quad (18);$$

То есть, при чистом «Дельфине» приращение средней скорости пропорционально относительному времени набора, определяемому по формулам (5) или (11). Следует отметить, что выводы, сделанные нами из рассмотрения отдельного отрезка маршрута, можно распространить на весь полёт, если оперировать средними по маршруту значениями  $V_{Yнаб}$  и  $V_{Yнисх}$ .



На рис.4 приведена зависимость относительного времени набора при полёте планера Янтарь-Стандарт в потоках различной скороподъёмности. Величина скорости в восходящем потоке  $V_{наб}$  лежит обычно между экономической и минимальной. Принимая для Янтарь-Стандарт  $V_{наб}=V_{эк}=97$  км/час и используя график рис.4, по формуле (18) для  $V_{Yнаб}=2$  м/сек получаем:

$$\Delta V_{cp} = 97 \cdot 0.41 = 40 \text{ км/час}.$$

Если приходится сочетать полёт «Дельфином» и классический, то в формулу (18) вместо  $\bar{T}_{наб}$  надо подставить ту его часть, что затрачена на набор в прямолинейном полёте. Если в приведенном примере половина всей высоты набрана спиралями (считаем скороподъёмность везде постоянной), в расчёте берём половину  $\bar{T}_{наб}$ , найденному по графику, и  $\Delta V_{cp}=20$  км/час.

Из того же графика видно, что полёт «Дельфин» особенно полезен при слабых потоках (менее 1,5 м/сек), так как при этом растёт относительное время наборов. В частности, при  $V_{Yнаб}=0$   $\bar{T}_{наб} = 1$ , это значит что полёт без потери высоты возможен в восходящем потоке, компенсирующем минимально возможное снижение планера, т.е. на экономической скорости.

В этом случае выражение (16) теряет смысл, так как оно содержит в знаменателе величину  $V_{Yнаб}$ , равную нулю. Следовательно, теряет смысл и его графическая интерпретация (справа от вертикальной оси на рис.3). Физически это значит, что полёт на любой другой скорости, кроме экономической, связан с потерей высоты, восстановить которую невозможно.

А формула (17) и её графическая интерпретация (слева от вертикальной оси на рис.3). даёт при  $V_{Yнаб}=0$  значение

$$\Delta V_{cp} = V_{эк},$$

подтверждая тот факт, что полёт по маршруту возможен только на  $V_{эк}$  способом «Дельфин», если на планер воздействует восходящий поток равный его минимальному снижению.

#### ДОПОЛНЕНИЕ 2: ПЛАНЕР ASW-15.

На протяжении книги автор часто ссылается на планер ASW-15 (ASW-15), для получения более полной картины

мы решили включить небольшое описание этого планера в качестве дополнения.

Спортивный планер Стандартного Класса

Schleicher ASW-15



#### Характеристики

- Размах крыльев 15.0 м.
- Длина планера 6,48 м.
- Высота планера 1,45 м
- Площадь 10,68 кв.м.
- Удлинение 20,45
- Профиль крыла FX61-163 / FX60-126
- Вес пустого 205 кг
- Полезная нагрузка 113 кг.
- Водобалласт отсутствовал на момент начала выпуска.
- Общий вес 318 кг.
- Структура: фибергласс и бальса слоями.

#### Летные качества

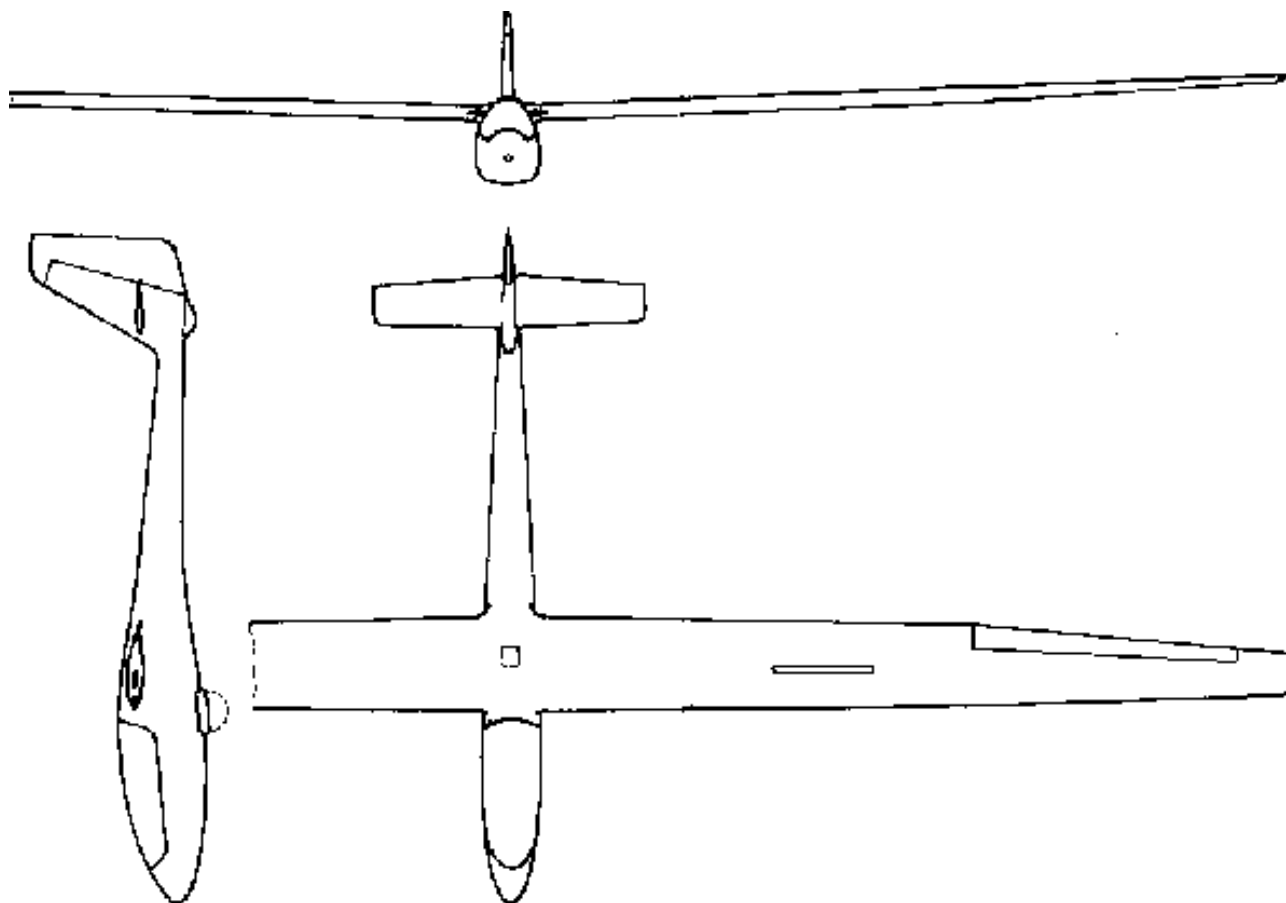
- Максимальное аэродинамическое качество 38
- Скорость МАК 89км/ч
- Минимальное снижение 0,58 м/с
- Минимальная скорость полета (эволютивная) 63 км/час
- Максимальная скорость 220 км/час.

#### Разное

- Страна производитель Германия
- Конструктор Gerhard Waibel
- Количество мест 1

ASW-15, который впервые взлетел в 1968 году, был первым планером Шляйхера (Schleicher) из композитов в стандартном классе. Без водобалласта, согласно правилам того времени для Стандартного Класса. Имел цельно поворотный горизонтальный хвост и металлические аэродинамические тормоза. После изменения правил Стандартного Класса, и разрешения водобалласта, были установлены водобалластные баки по 38 кг в каждое крыло, укреплен киль, удлинена кабина, увеличены рули и увеличена масса.

#### Три вида планера:



#### ЛИТЕРАТУРА.

Список литературы не восстанавливался, в виду бесполезности траты времени (причины: годы издания, скорее всего ни одно из приведенных изданий или статей не переводилось на русский язык), поэтому приводится так как он есть:

## Л И Т Е Р А Т У Р А.

### КНИГИ.

1. С.Е. Веллингтон: Метеорология для планериста. Франкфурт/М, 1967

2. В. Георгии: Лётная метеорология. Франкфурт/М, 1956

3. В. Георгии: Метеорологическая навигация для планеризма. Брауншвейг, 1969

4. Р. Скорер: Облака мира, Невтон Аббот, 1972

5. Х. Фортак: Метеорология, Берлин и Дамштадт, 1971

6. Ф. Вейнхольц: Основы теории современного полёта по маршруту на планере. Вохум, 1967

7. Ч. В. Калкреуч: Парение над Альпами, Штутгарт, 1972

8. В. Кассера: Полёт без мотора. Штутгарт, 1972

ПУБЛИКАЦИИ OSTIV (Organisation Scientifique et Technique du Vol à Voile, Aviodane, Schiphof Centrum, Amsterdam)

9. М. Каубенкофер: Механика полёта по спирали.

10. С.Е. Веллингтон: Прогнозирование для планеризма.

Публикация № 7

11. Н. П. Кветтнер: Облачные гряды 9

12. Р. Скорер: Анабатические ветры 9

13. К. Макш: Волновые течения над конвективными грядами 10

14. С.Е. Веллингтон: Расчёты подветренных волновых течений, содержащих роторы 10

15. Д. Коновалов: О стрессии термиков 11

16. Н. П. Кветтнер: Парение в термических волнах 11

17. В. Тетенхорд и В. К. Болл: Современные системы вариометров 12

18. И. Бестербсер: Достижения электроники - для планерного спорта 13

### ПУБЛИКАЦИИ В СПЕЦИАЛЬНЫХ ЖУРНАЛАХ ПО ПЛАНЕРИЗМУ.

Немецкий аэроклуб,

Аэрокурьер, изд. Нефанг, Гельзенкирхен

Авиаспорт, изд. для авиаспорсменов и воздушных пассажиров, Вохум.

- Аэрореву, национальная газета, Газель.
- Планеризм, Британская ассоциация планеризма, Лондон  
*Tailot & Francis, Basingstoke, Hants*
- 19.Г. Хут: Проблемы эффективности полёта на планере. Немецкий аэроклуб 3/63
- 20.Э. Томас: Влияние расчётного аэродинамического качества на эффективность полёта на планере. Аэрокурьер 12/1971
- 21.К. Маурзон, К. Зашер: Полётные измерения на 25 планерах. (немецкое исследовательское учреждение по воздушному и космическому движению). Аэрореву 10, 11, 12/1973
- 22.К. Бохли: Един новый компас для полётной навигации. Аэрореву 4/1973
- 23.Р. Комте: Параметры планирующих полётов. Аэрореву 11/1971
- 24.Грркинер: Упрощённый полёт по маршруту с неттовариометром и оптимизатором. Авиаспорт 3/1973
- 25.Р. Комте: К теории оптимизации прыжков. Аэрореву 1/1972
- 26.Р. Комте: "Каждый себе банкомет" Затяжной прыжок в практике. Аэрореву 2/1972
- 27.П. Антвайлер: К теории стиля "дельфин". Авиаспорт. 6/1972
- 28.Т. Брэдбурри: Погода на высоте 40 000 футов. Планеризм, 8, 9/1972
- 29.Г. Вайбель: Размышления о смысле и возможностях годеанго балласта в планерах стандартного класса. Аэрокурьер, 6/1973
- 30.К. Бурциаур: Ошибки показаний компасов. Аэрокурьер, 3/1975
- 31.К. Мокас: Возможности эффективности и их пределы для планеров различных классов. Аэрокурьер, 8/1974
- 32.К. Райхманн: Ошибки показаний в системе " кольцо Мак-Кре-ди - вариометр". Авиаспорт, 4/1973
- 33.К. Райхманн: Вынужденные посадки. Авиаспорт, 7/1973
- ВЕРТОВИНИ СМЕНОЗИЛИ О СОРЕВНОВАНИЕК ПО ПАРЯЩЕМ ПОЛЁТАМ
- 34.Г. Фредер: Правила соревнований по парящему полёту.
- 35.Г. Мордат: Полёт на малых высотах. 1969



36. А.Г. Мор: Системы электронных вариометров. 1969
37. Смит и Шредер: Факторы, влияющие на критические решения, 1969
38. Смит: Философия победы. 1969
39. А.Г. Мор: Системы вариометров. Часть 2, 1970
40. Смит: Философия победы. Часть 2, 1970
41. Коллектив авторов: Гудхарт, Мофат, Шредер, Смит: Как практически улучшить проведение соревнований. 1970
42. Г. Мофат: Задача стратегии, 1971
43. А.М. СМИТ: Решения о взлёте и посадке. 1971
44. Н. Байкт: Подготовка планера к соревнованиям. 1971
- ДРУГИЕ АВТОРАМИ.
45. Старые работы немецких исследовательских учреждений по планеризму. Рон-Розиттенское общество.
46. К. Финдемани: Ветровые волны в лётной метеорологии. Метеорологические статьи. F. U. Берлин 89/4, Берлин 1971
47. Л. Грене, Е. Кауэр: Некоторые критические наблюдения к теории Мак-Креди. Сообщение 8 Филиппа Фюга. Ахен, 1973
48. Е. Кауэр: Теория полёта Мак-Креди. Сообщение 9 Филиппа Фюга. Ахен, 1973
49. Е. Кауэр, Х.И. Кунгингер: Планеризм в стиле "дельфин". Сообщение 10 Филиппа Фюга. Ахен, 1973.
50. Н. Гербер: Ecoulement de l'air au voisinage immédiat du relief. Intern. Wiss. Kongress über Jet-stream und Wellenströmung. Politecnico di Torino, 1959