

В.П. Горский

**Аэродинамические
исследования по оперению
самолета**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
В11

В11 **В.П. Горский**
Аэродинамические исследования по оперению самолета / В.П. Горский – М.:
Книга по Требованию, 2018. – 115 с.

ISBN 978-5-458-32114-3

ISBN 978-5-458-32114-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2018

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2018

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

Исследование влияния фюзеляжа на горизонтальное оперение самолета.

В. П. Горский.

При производстве аэродинамического расчета самолета крайне важно знать, как части самолета, расположенные впереди горизонтального оперения, влияют на оперение, т.е. видоизменяют аэродинамические характеристики оперения.

При расчетах продольной устойчивости самолетов кривые моментов оперения должны быть как-то исправлены на влияние фюзеляжа, крыльев, шасси и других деталей, с учетом обдувки их винтом и без обдувки т.е. в случае планирования. При решении этой задачи конструктор сталкивается со многими затруднениями, так как существующие опытные данные не полны и в некоторых случаях весьма разноречивы. Отсюда вытекает необходимость провести систематические и полные экспериментальные исследования по влиянию частей самолета на оперение. Задача эта очень большая и решить суммарно все вопросы не представляется возможным;—необходимо ее расчленить. Одним из основных этапов этой работы является выяснение влияния фюзеляжа на горизонтальное оперение для случая планирования. План этой работы был разработан ЭАО ЦАГИ по указаниям проф. А. Н. Журавченко и приведен в исполнение группой по испытаниям самолетов под непосредственным руководством и наблюдением автора. В первую часть опытов вошла работа по выяснению влияния корпуса фюзеляжа (трех различных форм) на горизонтальное оперение с относительным размахом $\lambda = 3$.

Вторую часть опытов составляла работа по выяснению влияния одной из форм фюзеляжа (четырёхгранного фюзеляжа) на горизонтальное оперение одного и того же профиля и площади, но различных удлинений ($\lambda = 3$ и $\lambda = 4$), а также выяснение величины влияния на оперение деталей самолета (придатков фюзеляжа), расположенных впереди оперения.

План работы.

1. Первая часть опытов.

1. Аэродинамические характеристики (фиг. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8):

- а) горизонтального оперения № 1 ($\lambda = 3$),
- б) трехгранного фюзеляжа,
- в) овального фюзеляжа,
- г) четырехгранного фюзеляжа.

2. Влияние формы корпуса фюзеляжа на горизонтальное оперение (фиг. 9, 10, 11 и 12):

- а) влияние угла установки оперения относительно фюзеляжа,
- б) влияние щели между оперением и фюзеляжем.

3. Исследование скоростного спектра за фюзеляжем (фиг. 13, 14, 15, 16, 17 и 18).

4. Исследование спектра обтекания фюзеляжа потоком воздуха (фиг. 19, 20, 21 и 22).

5. Определение поправок (фиг. 23, 24, 25, 26, 27 и 28):

- а) на торможение скорости фюзеляжем
- б) на скос потока от фюзеляжа.

6) Влияние оперения на фюзеляж (фиг. 29).

II. Вторая часть опытов.

1. Аэродинамические характеристики (фиг. 30, 31, 32, 33 и 34):

- а) горизонтального оперения № 2 ($\lambda = 4$),
- б) четырехгранного фюзеляжа с придатками.

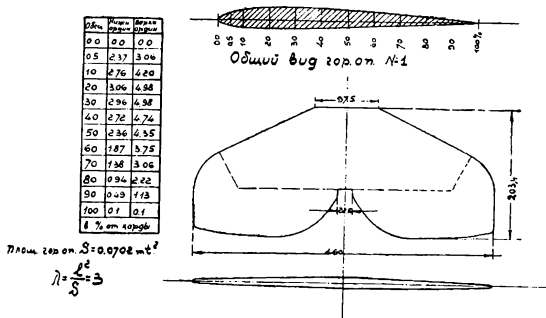
2. Влияние четырехгранного фюзеляжа без придатков и с придатками на горизонтальное оперение с относительными размахами $\lambda = 3$ и $\lambda = 4$ (фиг. 35 и 36).

III. Общие выводы.

Первая часть опытов.

1. Аэродинамические характеристики оперения № 1 и фюзеляжей.

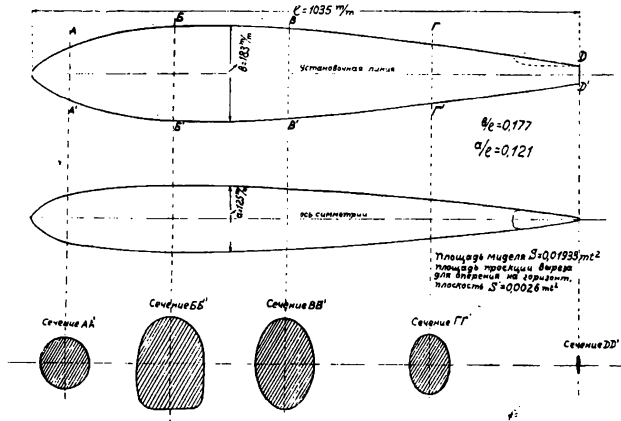
Для целей исследования была взята модель горизонтального оперения одного из самолетов несимметричного профиля, имевшая в плане очертание в виде ласточкиного хвоста. Максимальный размах



Фиг. 1. Профиль горизонтального оперения № 1.

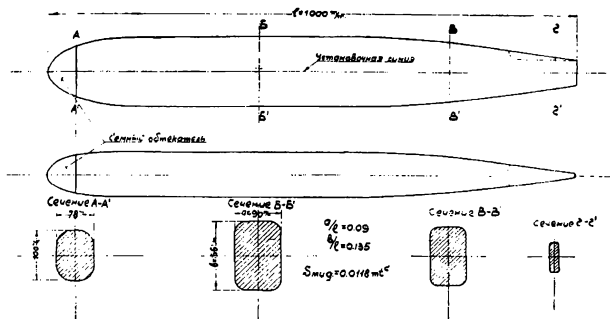
460 мм, относительный размах $\lambda = \frac{l^2}{S} = 3$, площадь оперения $S = 0,0702 \text{ м}^2$ (фиг. 1).

Фюзеляжи были взяты трех видов, — овальный, хорошо обтекаемой формы, четырехгранный, с закругленными ребрами и фюзеляж по внешней форме с резкими и угловатыми очертаниями, называемый в дальнейшем трехгранным фюзеляжем.



Фиг. 2. Общий вид овального фюзеляжа.

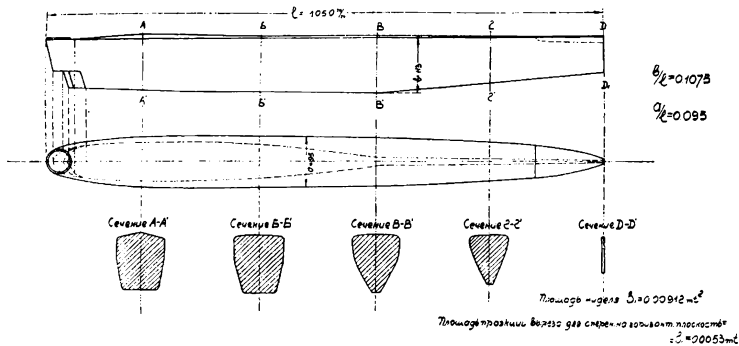
Трехгранный и овальный фюзеляжи были выбраны из числа фюзеляжей, осуществленных в конструкциях самолетов. Четырехгранный фюзеляж был специально изготовлен с тем, чтобы пополнить число различных форм корпуса фюзеляжа; по внешней форме он близок к фюзеляжам, употребляющимся на практике.



Фиг. 3. Общий вид четырехгранного фюзеляжа.

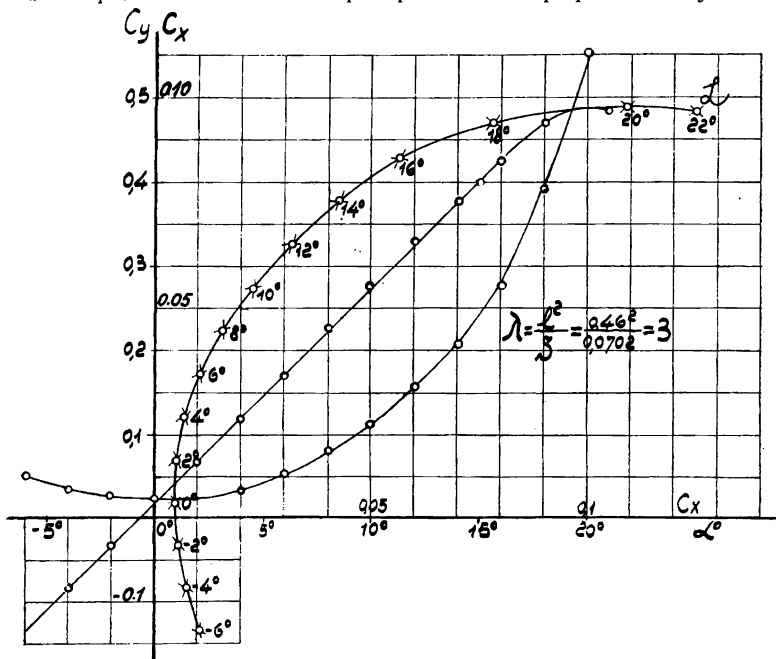
Длина овального фюзеляжа $l = 1,035 \text{ м}$, четырехгранного $l = 1 \text{ м}$ и трехгранного $l = 1,05 \text{ м}$. Площадь миделя овального фюзеляжа равна $0,01935 \text{ м}^2$, четырехгранного — $0,0118 \text{ м}^2$ и трехгранного — $0,00912 \text{ м}^2$;

таким образом, площадь миделя четырехгранного фюзеляжа составляет 61% , а трехгранного — 47% площади миделя овального фюзеляжа; общий вид фюзеляжей изображен на фиг. 2, 3 и 4.



Фиг. 4. Общий вид модели трехгранного фюзеляжа.

Оперение № 1 и три фюзеляжа были испытаны отдельно на C_y и C_x в аэродинамической лаборатории имени проф. Н. Е. Жуковского



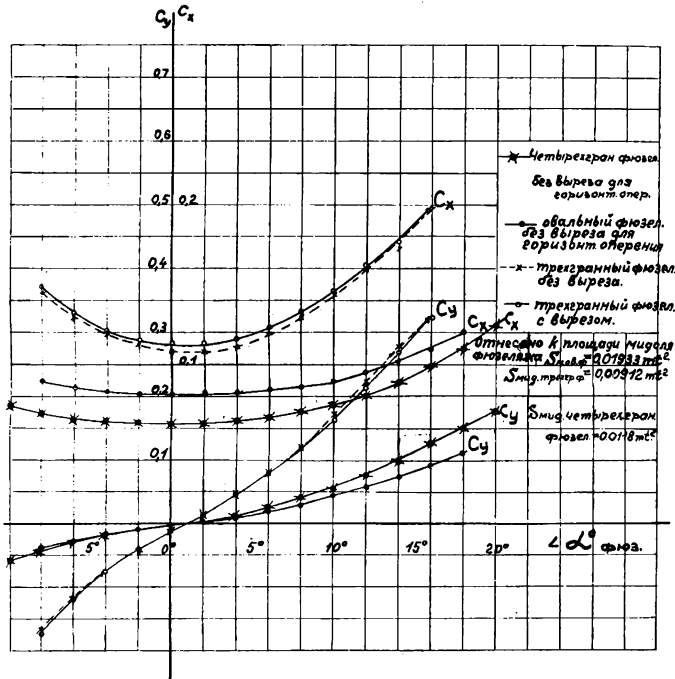
Фиг. 5. Диаграмма испытания на C_y и C_x горизонтального оперения № 1 (без присутствия фюзеляжа).

в трубе № 3 (НКІ; $D=1,5$ м) на аэродинамических весах трубы НКІ при средней скорости потока воздуха $v=33$ м/сек.; влияние установки

учитывалось путем тарировки, обычным способом. Поправка на индукцию трубы не вводилась, так как она ничтожна. Результаты испытаний оперения № 1 изображены на фиг. 5.

Испытание оперения показало: $C_{y\max} = 0,485$ при $\alpha = +20^\circ$; $C_{x\min} = 0,005$ при $\alpha = +1^\circ$; $C_y/C_{x\max}$ при $\alpha = +4^\circ$ равно 17,6.

На фиг. 6 даны результаты испытания на C_y и C_x овального, четырехгранного и трехгранного фюзеляжей по углам атаки α с отношением коэффициентов к площадям миделей фюзеляжей. Для того, чтобы оценить влияние выреза на конце фюзеляжа для горизонтального оперения, трехгранный фюзеляж был испытан с вырезом и без выреза.

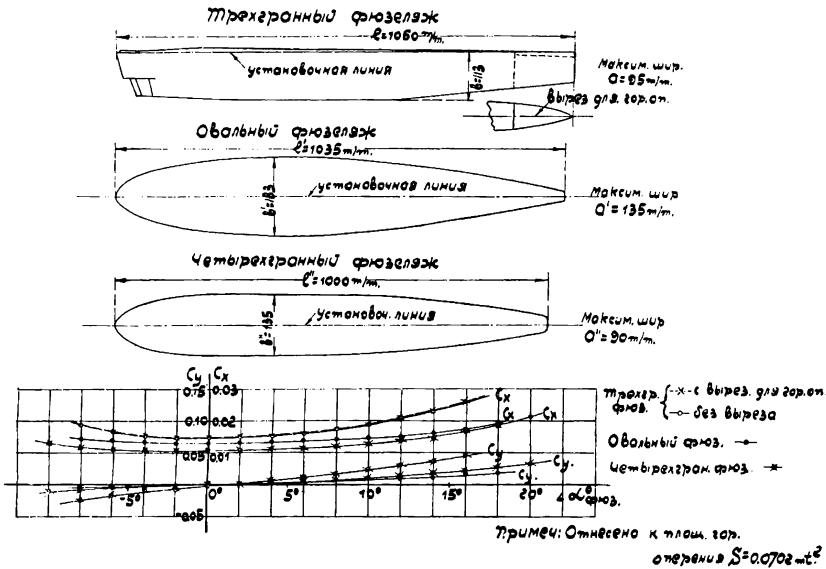


Фиг. 6. Сравнительная диаграмма испытания на C_y и C_x моделей четырехгранного, овального и трехгранного фюзеляжей.

На фиг. 7 даны те же испытания, но с отношением коэффициентов к площади оперения $S = 0,0702 \text{ м}^2$; необходимость указанного выяснится в дальнейшем изложении. Фиг. 8 дает испытание трехгранного фюзеляжа с вырезом для оперения и без выреза при $\alpha = 0^\circ$ при различных скоростях потока: от 8,5 до 33 м/сек. Как видно из диаграммы вырез для оперения весьма мало влияет на изменение коэффициента C_x и почти совершенно не влияет на C_y .

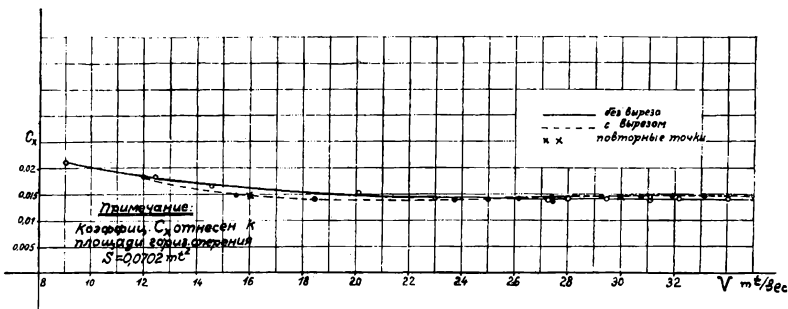
Рассматривая аэродинамические свойства фюзеляжей, мы видим, что: четырехгранный фюзеляж дает наименьшее лобовое сопротивление за счет малого миделя; овальный фюзеляж, при одной и той же почти

длине с трехгранным фюзеляжем, имея вдвое больший мидель, дает значительно меньший коэффициент лобового сопротивления. Трехгран-



Фиг. 7. Диаграмма испытания фюзеляжей на C_y и C_x по α .

ный фюзеляж является более несущим: его коэф. подъемной силы идет значительно круче, чем у овального и четырехгранного фюзеляжей.



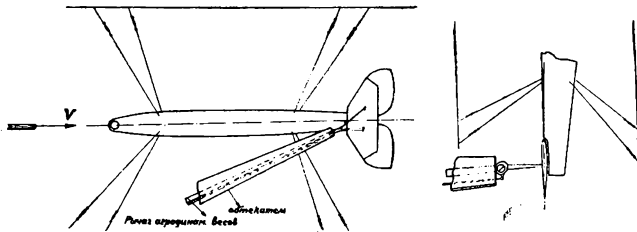
Фиг. 8. Диаграмма испытания трехгранного фюзеляжа при $\alpha=0^\circ$ при различных скоростях потока, с вырезом и без выреза для стабилизатора.

I. Влияние формы корпуса фюзеляжа на горизонтальное оперение.

Горизонтальное оперение № 1 было испытано на C_y и C_x по углам атаки на аэродинамических весах трубы НКІ в присутствии овального, четырехгранного и трехгранного фюзеляжей, как указано на схеме фиг. 9. Фюзеляж подвешивался 8-ью проволоками, растяги-

вался для жесткого закрепления под определенным углом атаки и устанавливался так, чтобы оперение помещалось в соответствующем вырезе для оперения на фюзеляже. Между фюзеляжем и оперением была щель; это обстоятельство позволяло измерять силы, действующие на оперение, совершенно независимо от фюзеляжа. Для того, чтобы крепления проволок к фюзеляжу возможно менее нарушали обтекание фюзеляжа, в него ввинчивались весьма малые плоские проушины, за которые и крепились проволоки; диаметр проволок $d = 0,5$ мм; тендера располагались вблизи стенок трубы.

Испытание было проведено для случая комбинации оперения с четырехгранным и трехгранным фюзеляжами при трех углах атаки: $\alpha = 0^\circ$, $+6^\circ$ и $+14^\circ$; при этом в каждом из этих положений углы установок горизонтального оперения φ относительно фюзеляжа менялись в пределах $\angle \varphi = 0^\circ$ до $+2^\circ$.



Фиг. 9. Схема установки испытания на C_x и C_y горизонтального оперения в присутствии фюзеляжа.

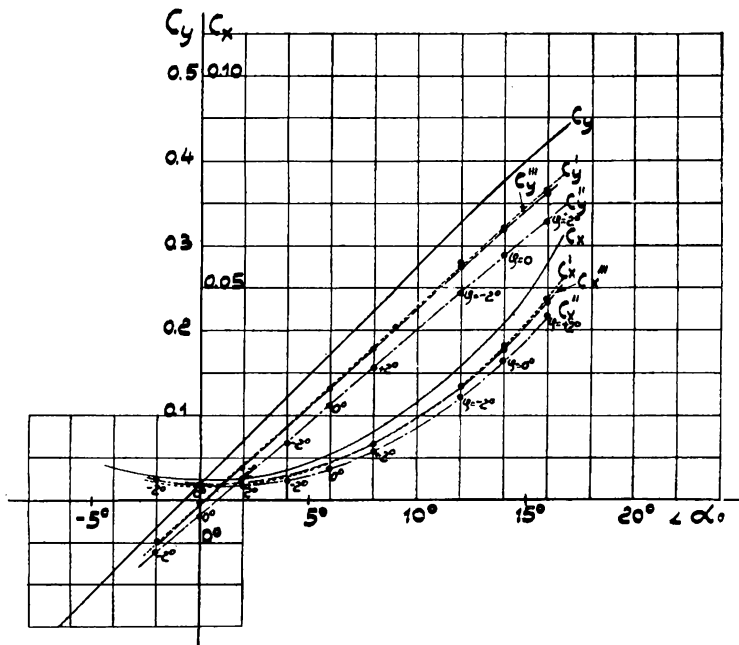
В случае комбинации того же оперения с овальным фюзеляжем испытание было проведено при углах атаки фюзеляжа $\alpha = 0^\circ$ и $+14^\circ$ с изменением углов оперения в тех же пределах.

Углы атаки фюзеляжа α относительно потока, а также углы φ горизонтального оперения относительно фюзеляжа брались от установочной линии: у трехгранного фюзеляжа от верхней кромки (верхнего лонжерона) и у овального и четырехгранного фюзеляжей — от средней линии (фиг. 7). Во всех случаях испытания оперений углы рулей глубины $\angle \delta = 0^\circ$. Коэффициенты C_y и C_x отнесены к скорости потока в трубе $v \cong 33$ м/сек. и площади оперения $S_{\text{оп.}} = 0,0702$ м².

Результаты испытаний изображены на фиг. 10.

Величины коэффициентов C_y и C_x оперения при одних и тех же углах атаки в присутствии фюзеляжа значительно понизились; при этом, в случае трехгранного фюзеляжа, это понижение выразилось в большей степени, чем для случаев с другими фюзеляжами; кривые C_y и C_x сместились на некоторый угол и изменили наклон. Кривые C_y и C_x горизонтального оперения № 1 в присутствии четырехгранного и овального фюзеляжей почти в точности совпадают и, таким образом, практически влияние этих фюзеляжей, взятых в данных масштабах, на оперение одинаково. На указанных диаграммах кривые C_y и C_x построены по углам атаки оперения с потоком в бесконечности.

Весьма характерно, что все опытные точки, независимо от углов установки горизонтального оперения относительно фюзеляжа, нигде не выпали и почти не дали разброса; указанное обстоятельство весьма убедительно показывает, что изменения угла установки горизонтального оперения относительно фюзеляжа в небольших пределах (от -2° до $+2^\circ$), как это бывает на практике, нисколько не меняют картину влияния фюзеляжа на оперение.



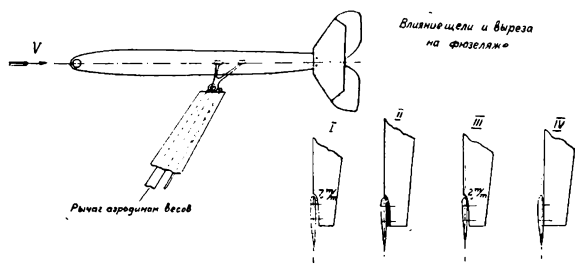
Фиг. 10. Диаграмма испытания горизонтального оперения № 1 ($\lambda = 3$) на C_y и C_x по α без фюзеляжа (трех различных форм).

- C_y и C_x без присутствия фюзеляжа.
- - - C_y' и C_x' в присутствии овального фюзеляжа.
- · - C_y'' и C_x'' то же трехгранного.
- · · C_y''' и C_x''' то же четырехгранного.

В дальнейших испытаниях была сделана попытка разобраться более детально, чем обуславливается влияние фюзеляжа и из каких факторов оно состоит; с целью выделения основных из них, были поставлены некоторые вспомогательные опыты.

Можно было предполагать, что одним из несущественных факторов, участвующих в интерференции фюзеляжа на оперение, является влияние выреза на фюзеляже и величины щели между фюзеляжем и горизонтальным оперением. Для выяснения этого вопроса были поставлены следующие опыты.

На хвостовой части трехгранного фюзеляжа укреплялось оперение тремя штифтами ($d=1,5$ мм). Фюзеляж вместе с оперением испытывался на C_y и C_x по углам атаки α от -6° до $+14^\circ$. Установка указана на схеме фиг. 11.



Фиг. 11. Схема установки испытания фюзеляжа с горизонтальным оперением при различных положениях горизонтального оперения на фюзеляже.

Чтобы выявить полностью картину влияния щели, испытание проведено при одном и том же угле установки оперения относительно фюзеляжа $\varphi=0^\circ$; величина щели и положение оперения по высоте менялись, а именно: были взяты 4 случая:

1) хорда оперения совпадает с направлением верхней кромки фюзеляжа; щель между нижней поверхностью оперения и фюзеляжем в передней части выреза равна 7 мм;

2) то же, что и в первом случае, но щель закрыта пластином;

3) хорда оперения параллельна верхней кромке фюзеляжа и ниже ее на 5 мм; щель в передней части выреза равна 2 мм;

4) вырез на фюзеляже закрыт. Хорда оперения параллельна верхней кромке фюзеляжа и выше на 6 мм. Щели между нижней поверхностью оперения и фюзеляжем нет.

Результаты испытания изображены на фиг. 12.

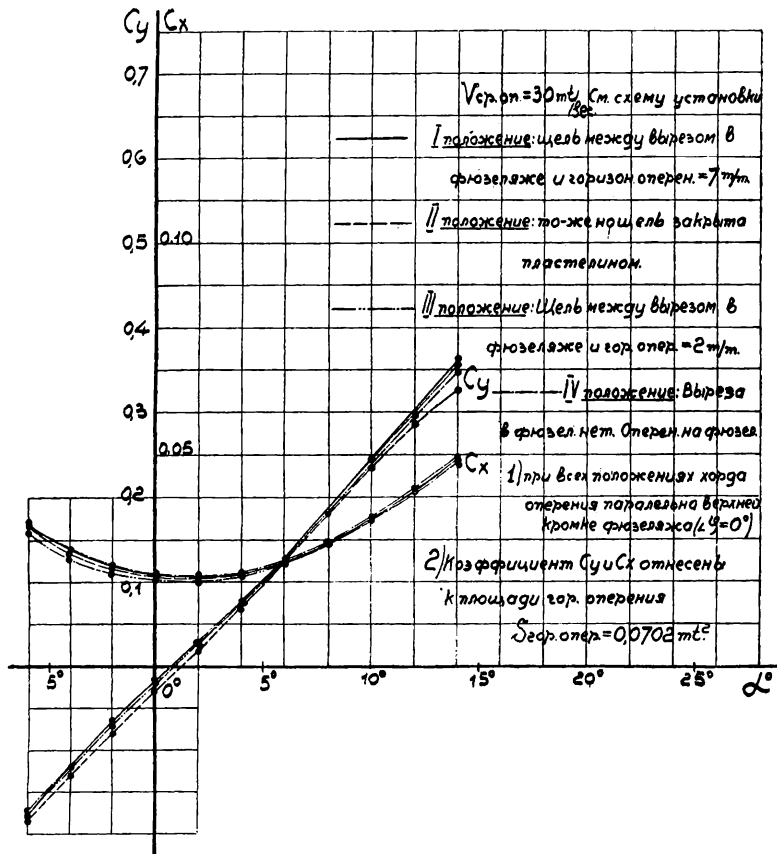
Кривые C_y и C_x расположились весьма близко друг к другу, почти не выходя из пределов погрешностей опыта, исключая кривой C_y , которая при опыте со щелью, закрытой пластином, прошла на всех углах атаки несколько ниже прочих; сделать, однако, с уверенностью заключение о какой-либо закономерности влияния щели весьма затруднительно.

С достаточной для практики точностью можно сказать, что величина щели между оперением и фюзеляжем, а также отсутствие щели не влияют на аэродинамические характеристики оперения и фюзеляжа и, таким образом, влиянием щели или зазора между оперением и фюзеляжем в общей интерференции фюзеляжа на оперение можно пренебречь.

Одним из основных факторов интерференции, несомненно, является торможение фюзеляжем скорости потока. При испытании оперения

в присутствии фюзеляжа средняя часть оперения находится в потоке воздуха с меньшими скоростями.

Указанное явление подтверждается опытом, проведенным в ЭАО ЦАГИ с моделью самолета ¹⁾, а также опытами иностранных аэродинамических лабораторий.



Фиг. 12. Сводная диаграмма испытания на C_y и C_x модели трехгранного фюзеляжа с горизонтальным оперением № 1, с различными положениями оперения на фюзеляже.

Чтобы ясно представить картину торможения фюзеляжем скорости потока и иметь возможность реально учесть величину этого торможения,—необходимо изучить скоростной спектр потока за фюзеляжем; к этой работе и было приступлено.

¹⁾ А. Л. Леймер. Влияние работы винта на нагрузку стабилизатора в полете Техника Возд. Флота, № 1, 1927 г.