

ЭКРАНОПЛАН

Область техники

5 Изобретение относится к экранопланам, а именно, к экранопланам аэродинамической компоновки «составное крыло».

Предшествующий уровень техники

Из уровня техники известны экранопланы аэродинамической компоновки «составное крыло».

10 Так, в описании изобретения РФ №2286268 (авторы Сергеев В.Г., Жуков В.Г., Новиков А.В.), МПК В60V 1/08, дата публикации 20.04.2005г., [1], представлен экраноплан, содержащий составное крыло, образованное центропланом и пристыкованными к нему
15 консолями, концевые шайбы, установленные в концевых сечениях центроплана, силовую установку и хвостовое оперение, центроплан оснащён механизацией, механизация задней кромки центроплана выполнена с, по меньшей мере, одной осью вращения, удлинение составного крыла составляет $\lambda=l^2/(S_{\text{ЦП}}+2S_{\text{К}})\geq 2,5$, удлинение
20 центроплана $0,5\leq\lambda_{\text{ЦП}}=l_{\text{ЦП}}^2/S_{\text{ЦП}}\leq 0,9$.

Особенностью изобретения [1] является выполнение экраноплана с относительной площадью консолей $0,3\leq 2S_{\text{К}}/S_{\text{ЦП}}\leq 0,6$, со статическим моментом горизонтального оперения и консолей $0,25\leq A=(L_{\text{ГО}}S_{\text{ГО}}+2L_{\text{К}}S_{\text{К}})/B_{\text{АЦП}}S_{\text{ЦП}}\leq 0,45$ и статическим моментом
25 консолей $0,06\leq A_{\text{К}}=2L_{\text{К}}S_{\text{К}}/B_{\text{АЦП}}S_{\text{ЦП}}\leq 0,11$, где:

$l=l_{\text{ЦП}}+2l_{\text{К}}$, $l_{\text{ЦП}}$, $l_{\text{К}}$ - размах соответственно составного крыла экраноплана, центроплана и консоли;

$S_{\text{ЦП}}$, $S_{\text{К}}$, $S_{\text{ГО}}$ - площадь при виде в плане соответственно центроплана, консоли и горизонтального оперения;

$L_{ГО}$, L_K - плечи горизонтального оперения и консолей, равные проекции на продольную ось экраноплана расстояния от центра масс экраноплана до 0,25 средней аэродинамической хорды соответственно горизонтального оперения и консолей;

5 $B_{АЦП}$ - средняя аэродинамическая хорда центроплана.

Исследования показали, что в данном диапазоне величин статического момента консолей A_K и экраноплана $A=A_K+A_{ГО}$ обеспечивается необходимое условие статической и апериодической устойчивости по критерию Р.Д. Иродова в быстром движении, касаясь взаимного положения аэродинамического фокуса по углу тангажа $X_{f\vartheta}=dM_z/dC_y$ ($h=const$) и по относительной высоте $X_{fh}=dM_z/dC_y$ ($\vartheta=const$): $X_{fh}<X_{f\vartheta}$, т.е. аэродинамический фокус по высоте расположен ближе к носку крыла, чем аэродинамический фокус по углу тангажа. Однако, при указанном в изобретении

10 диапозоне величин продольного статического момента консолей A_K и горизонтального оперения $A_{ГО}=A-A_K$, являющегося определяющим для колебательной устойчивости, может не обеспечиваться колебательная устойчивость экраноплана, что является недостатком изобретения [1].

20 Кроме того, в докладе «Некоторые особенности аэрогидромеханики экранопланов типа «В», авторы Вараков Ю.Г., Макиенко А.М., Сергеев В.Г., прочитанного 04.04.2017г. на Семинаре по аэромеханике ЦАГИ – ИТПМ СО РАН – СПбПУ-НИИМ М, [2], показано, что в месте соединения консолей с центропланом

25 возникает срыв потока вследствие увеличения истинного угла атаки при истечении воздуха из зоны повышенного давления под центропланом, причём угол тангажа, при котором происходит срыв потока, будет уменьшаться по мере приближения к экрану и при поддуве под крыло струями воздушного движителя вследствие

повышения статической составляющей полного давления под центропланом. В изобретении [1] средств затягивания срыва потока в месте соединения консолей с центропланом не предусмотрено. Это также является недостатком изобретения [1].

5 В описании полезной модели РФ №136773 (авторы Анцев Г.В., Блохин В.Н., Нечаев А.В., Платонов С.В., Прохоров В.М.), МПК В60V 1/08, дата публикации 20.01.2014 г., [3], представлен экраноплан, содержащий составное крыло, образованное центропланом и пристыкованными к нему консолями, концевые
10 шайбы, установленные в концевых сечениях центроплана, силовую установку и хвостовое оперение, центроплан оснащён механизацией, механизация задней кромки центроплана выполнена с, по меньшей мере, одной осью вращения, консоли оснащены средством затягивания срыва потока.

15 Особенностью экраноплана по изобретению [3] является выполнение консолей с наплывом в месте соединения консолей с центропланом, и выполнение средства затягивания срыва потока в виде геометрической крутки по всему размаху наплыва и консоли, с отрицательным углом установки примыкающего к центроплану
20 наплыва, и постепенным увеличением по всему размаху угла установки наплыва и консолей, до положительных величин углов установки в концевых сечениях консоли. Это усложняет конструкцию консолей и наплыва, что является недостатком экраноплана, представленного в описании полезной модели [3].

25 В описании изобретения РФ №2532658 (авторы Аладьин В.В., Аладьина М.В.), МПК В64С 35/00, В60V 1/08, дата публикации 27.02.2014г., [4], представлен экраноплан, содержащий составное крыло, образованное центропланом и пристыкованными к нему консолями, концевые шайбы, установленные в концевых сечениях

центроплана, силовую установку и хвостовое оперение, центроплан оснащён механизацией, механизация задней кромки центроплана выполнена с, по меньшей мере, одной осью вращения, консоли оснащены средством затягивания срыва потока, выполненного в виде предкрылков. Особенностью изобретения [4] является выполнение экраноплана с составным крылом, содержащим центроплан, присоединённые к нему консоли, к которым также присоединены консоли, причём передняя кромка центроплана, внутренних и внешних консолей расположена ступенчато, а между центропланом и консолями установлены концевые шайбы или поплавки. Предкрылки установлены на всех консолях по всему размаху и предназначены, согласно описанию изобретения [4], для увеличения коэффициента подъёмной силы. Однако, каждая из четырёх «ступенек» по передней кромке составного крыла порождает сход вихрей, увеличивающих индуктивное сопротивление на каждой из консолей, что приводит к снижению аэродинамического качества составного крыла по сравнению с составным крылом только с 2-мя «ступеньками», как, например, в изобретения [1]. Таким образом, сложность «каскадного» составного крыла является недостатком изобретения [4].

В описании изобретения РФ №2222477 (авторы Панатов Г.С., Лавро Н.А., Забалуев И.М. Воронцов В.П.), МПК В64С 35/00, дата публикации 27.01.2004 г., [5], представлен гидросамолёт, крыло которого образовано центропланом и примыкающими к нему консолями, консоли оснащены средством затягивания срыва потока, выполненным в виде предкрылков с профилированной щелью (в описании изобретения [5] названы «надкрылками 8»). Особенностью крыла [5] является выполнение центроплана с большой стреловидностью передней кромке (более 70 градусов), и

размещение предкрылков со стороны законцовки консоли на 0,6-0,7 размаха консоли. Такое расположение предкрылков затягивает срыв потока на больших углах атаки, обеспечивая прирост коэффициента подъёмной силы и увеличение критического угла атаки. Это 5 подтверждается в практике самолётостроения и отражено, например, в книге «Проектирование лёгких пассажирских самолётов», автор А.Н. Арепьев, Москва. Издательство МАИ, 2006 г., стр. 302-307, рис.9.9.10, [6]. Согласно приведённому на рис.9.9.10 книги [6] графику прирост подъёмной силы при выпуске 10 предкрылка возникает при относительном размахе предкрылка более 0,4, что соответствует диапазону, указанному в изобретении [5]. В то же время, при наличии предкрылка («надкрылка 8»), как показано на визуализации обтекания приведённой на фиг.8 изобретении [5], зона срыва потока смещается к месту примыкания 15 консоли к центроплану. Очевидно, что при приближении к экрану это приведёт к срыву потока при меньших углах атаки, что является недостатком крыла гидросамолёта, представленного в изобретении [5].

Экраноплан, представленный в описании изобретения [1], 20 принят в качестве наиболее близкого аналога заявляемого экраноплана.

Раскрытие изобретения

Решаемой технической задачей является повышение устойчивости при увеличении аэродинамического качества 25 экраноплана.

Технический результат состоит в повышении безопасности за счёт обеспечения статической, апериодической и колебательной устойчивости экраноплана.

Технический результат состоит также в уменьшении индуктивного сопротивления экраноплана путём затягивания срыва потока на консолях составного крыла в области её примыкания к центроплану.

5 Сущность изобретения состоит в следующем.

Экраноплан, как и в наиболее близком аналоге [1], содержит составное крыло, образованное центропланом и пристыкованными к нему консолями, концевые шайбы, установленные в концевых сечениях центроплана, силовую установку и хвостовое оперение, 10 центроплан оснащён механизацией, механизация задней кромки центроплана выполнена с, по меньшей мере, одной осью вращения, удлинение составного крыла составляет $\lambda = l^2 / (S_{\text{ЦП}} + 2S_{\text{К}}) \geq 2,5$, удлинение центроплана $0,5 \leq \lambda_{\text{ЦП}} = l_{\text{ЦП}}^2 / S_{\text{ЦП}} \leq 0,9$, но в отличие от наиболее близкого аналога [1], консоли оснащены средством 15 затягивания срыва потока, которое установлено в месте соединения консоли с центропланом на расстоянии не более 0,4 размаха консоли от места стыка консоли с центропланом, относительная площадь консолей составляет $0,25 \leq 2S_{\text{К}} / S_{\text{ЦП}} \leq 0,4$, продольный статический момент хвостового оперения и консолей 20 $0,3 \leq A = (L_{\text{ГО}} S_{\text{ГО}} + 2L_{\text{К}} S_{\text{К}}) / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}} \leq 0,6$, при этом статический момент проекции хвостового оперения на горизонтальную плоскость составляет $0,25 \leq A_{\text{ГО}} = L_{\text{ГО}} S_{\text{ГО}} / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}} \leq 0,55$, где $l = l_{\text{ЦП}} + 2l_{\text{К}}$, $l_{\text{ЦП}}$, $l_{\text{К}}$ - размах соответственно составного крыла, центроплана и консоли; $S_{\text{ЦП}}$, $S_{\text{К}}$, $S_{\text{ГО}}$ - площадь при виде в плане соответственно 25 центроплана, консоли и проекции хвостового оперения на горизонтальную плоскость; $L_{\text{ГО}}$, $L_{\text{К}}$ - плечи проекции хвостового оперения и консолей на горизонтальную плоскость, равные проекциям на продольную ось экраноплана расстояний от центра масс экраноплана до 0,25 средней аэродинамической хорды

соответственно проекции хвостового оперения и консолей на горизонтальную плоскость, $V_{АЦП}$ - средняя аэродинамическая хорда центроплана.

Экраноплан характеризуется тем, что средство затягивания срыва потока выполнено в виде участка консоли с аэродинамической круткой, с углом установки консоли, уменьшающимся по мере приближения к центроплану.

Экраноплан характеризуется тем, что средство затягивания срыва потока выполнено в виде предкрылка.

Экраноплан характеризуется тем, что средство затягивания срыва потока выполнено в виде предкрылка, установленного на участке консоли с аэродинамической круткой, с уменьшающимся углом установки профиля консоли по мере приближения к центроплану.

Экраноплан характеризуется тем, что механизация задней кромки центроплана выполнена в виде двухзвенного закрылка, каждое из звеньев закрылка выполнено с возможностью отклонения как вниз, так и вверх, а кинематическая связь энергопривода с закрылком содержит упругий элемент.

Экраноплан характеризуется тем, что контур нижней поверхности продольного сечения закрылка центроплана выполнен в виде дуги с радиусом, равным 0,5-4,5 хорды центроплана, и центром дуги, расположенным над верхней поверхностью центроплана.

Экраноплан характеризуется тем, что механизация передней кромки центроплана выполнена в виде щитков, установленных вдоль размаха центроплана.

Экраноплан характеризуется тем, что воздушный движитель силовой установки установлен перед центропланом с возможностью

изменения угла наклона создаваемой воздушным двигателем струи, механизация передней кромки центроплана выполнена в виде канала в носовой части со створками для перекрытия входа и выхода канала, причём в любом продольном сечении кромки канала на 5 верхней поверхности расположены ближе к носу центроплана, чем соответствующие кромки канала на нижней поверхности, а каждая створка содержит привод её перемещения.

Экраноплан характеризуется тем, что центроплан выполнен с обратной стреловидностью по задней кромке и с отрицательным 10 углом поперечного «V», концевые шайбы выполнены в виде поплавков, а консоли выполнены с наплывом, соединённым с центропланом, при этом угол поперечного «V» наплыва больше угла поперечного «V» консолей.

Краткое описание фигур чертежами.

15 В последующем изобретение поясняется подробным описанием выполнения экраноплана со ссылками на прилагаемые чертежи, в которых:

Изобретение поясняется чертежами.

На фиг.1 представлен вид в плане экраноплана при 20 выполнении средства затягивания срыва потока в виде геометрической крутки на правой консоли и предкрылка на левой консоли.

На фиг.2 показан экраноплан при виде сбоку.

На фиг.3 показан вид А на фиг.1.

25 На фиг.4 показано средство затягивания срыва потока, выполненного в виде геометрической крутки консоли, при виде Б на фиг.1.

На фиг.5 показан разрез В-В на фиг.1 при выполнении средства затягивания срыва потока в виде предкрылка.

На фиг.6 показан разрез Г-Г на фиг.1 при выполнении механизации передней и задней кромок центроплана в виде щитков.

На фиг.7 показан разрез Д-Д на фиг.1 при выполнении закрывка центроплана двухзвенным.

5 На фиг.8 показан разрез Е-Е на фиг.1 при выполнении контура нижней поверхности закрывка центроплана в виде дуги.

На фиг.9 показан разрез Ж-Ж на фиг.1 при выполнении механизации передней кромки центроплана в виде канала со створками перекрытия входа и выхода канала.

10 На фиг.10 показан экраноплан в предпочтительном варианте выполнения при виде в плане.

На фиг.11 показан экраноплан в предпочтительном варианте выполнения при виде спереди.

На фиг.12 показана визуализация потока в месте сопряжения
15 консоли с центропланом над неподвижным экраном в аэродинамической трубе.

На фиг.13 приведён пример зависимости $C_y(\vartheta, h=\text{const})$, иллюстрирующий влияние срыва потока в области сопряжения консоли с центропланом в зоне действия экранного эффекта.

20 На фиг.14 показана визуализация потока на неподвижном экране при продувке модели с поддувом в аэродинамической трубе.

Лучшие варианты осуществления изобретений

Экраноплан, согласно изобретению, устроен следующим образом.

25 Экраноплан содержит составное крыло, образованное центропланом 1 и пристыкованными к нему консолями 2, концевые шайбы 3, установленные в концевых сечениях центроплана 1, силовую установку и хвостовое оперение, которое может выполняться V-образным, с вертикальным оперением 4

(однокилевым или двухкилевым), и горизонтальным оперением 5, установленном на киле вертикального оперения 4 (фиг.1, 2, 3).

Удлинение составного крыла составляет $\lambda = l^2 / (S_{\text{ЦП}} + 2S_{\text{К}}) \geq 2,5$, удлинение центроплана 1 находится в пределах $0,5 \leq \lambda_{\text{ЦП}} = l_{\text{ЦП}}^2 / S_{\text{ЦП}} \leq 0,9$, относительная площадь консолей 2 составляет $0,25 \leq 2S_{\text{К}} / S_{\text{ЦП}} \leq 0,4$, величина продольного статического момента проекции хвостового оперения на горизонтальную плоскость $A_{\text{ГО}} = L_{\text{ГО}} S_{\text{ГО}} / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}}$ и консолей 2 $A_{\text{К}} = 2L_{\text{К}} S_{\text{К}} / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}}$ находится в пределах $0,3 \leq A = (L_{\text{ГО}} S_{\text{ГО}} + 2L_{\text{К}} S_{\text{К}}) / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}} \leq 0,6$, при этом продольный статический момент проекции хвостового оперения на горизонтальную плоскость, например, горизонтального оперения $A_{\text{ГО}}$, составляет $0,25 \leq A_{\text{ГО}} = L_{\text{ГО}} S_{\text{ГО}} / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}} \leq 0,55$, где $l = l_{\text{ЦП}} + 2l_{\text{К}}$, $l_{\text{ЦП}}$, $l_{\text{К}}$ - размах соответственно составного крыла, центроплана 1 и консоли 2; $S_{\text{ЦП}}$, $S_{\text{К}}$, $S_{\text{ГО}}$ - площадь при виде в плане соответственно центроплана 1, консоли 2 и хвостового оперения; $L_{\text{ГО}}$, $L_{\text{К}}$ - плечи проекции хвостового оперения (например, горизонтального оперения 5) и консолей 2 на горизонтальную плоскость, равные проекциям на продольную ось экраноплана расстояний от центра масс экраноплана до 0,25 средней аэродинамической хорды соответственно проекции хвостового оперения (например, горизонтального оперения 5) и консолей 2 на горизонтальную плоскость; $B_{\text{АЦП}}$ - средняя аэродинамическая хорда центроплана 1, (фиг.1).

Консоли 2 оснащены средством затягивания срыва потока, установленном в месте соединения консоли 2 с центропланом 1 на расстоянии $l_{\text{ЗСП}}$ не превышающем 0,4 размаха $l_{\text{К}}$ консоли 2 от места стыка консоли 2 с центропланом 1: $l_{\text{ЗСП}} / l_{\text{К}} \leq 0,4$. При выполнении консоли 2 с наплывом 6 размах $l_{\text{К}}$ и площадь консоли $S_{\text{К}}$ 2 включает размах и площадь наплыва 6. Консоли 2 могут также оснащаться

механизацией задней кромки и элеронами, например, зависающими элеронами (на фиг. не обозначены).

Средство затягивания срыва потока может выполняться в виде участка консоли 2 с аэродинамической и/или геометрической
5 круткой, с углом установки консоли 2 φ_k , уменьшающимся по мере приближения к центроплану 1 (фиг.4). Средство затягивания срыва потока может выполняться также в виде предкрылка 7 с размахом $l_{пр}$, не превышающем 0,4 размаха консоли 2: $l_{пр}/l_k \leq 0,4$ (фиг.1, 5). Предкрылок 7 может оснащаться приводом его перемещения (на
10 фиг. не показано), или выполняться стационарным, постоянно выдвинутым. Средство затягивания срыва потока также может выполняться в виде участка консоли 2 с аэродинамической и/или геометрической круткой, с углом установки консоли 2 φ_k , уменьшающимся по мере приближения к центроплану 1, и
15 предкрылка 7 (на фиг. не показано). Наплыв 6 может выполняться с аэродинамической или геометрической круткой, а консоль 2 – с предкрылком 7.

Центроплан 1 может оснащаться механизацией задней и передней кромок. Механизация задней кромки центроплана 1 может
20 выполняться в виде щитка 8 (фиг.6) или закрылка 9 с, по меньшей мере, одной осью вращения 10, расположенной вдоль размаха центроплана 1 (фиг.1, 7). В предпочтительном варианте механизация задней кромки центроплана 1 выполнена в виде безщелевого (простого) двухзвенного закрылка 9, первое 11 и
25 второе 12 звенья закрылка 9 выполнены с возможностью отклонения вверх и вниз (фиг.7). Кинематическая связь энергопривода 13 с щитком 8 или закрылком 9 содержит упругий элемент, выполненный, например, в виде амортизатора 14. Контур 15 нижней поверхности продольного сечения закрылка 9 центроплана 1

выполнен в виде дуги с относительным радиусом, равным $R/B_{\text{ЦП}}=0,5-4,5$ хорды центроплана $B_{\text{ЦП}}$, и центром дуги, расположенным над верхним контуром продольного сечения закрылка 9 центроплана 1 (фиг.8).

5 Механизация передней кромки центроплана 1 может выполняться в виде щитков 16, установленных вдоль размаха центроплана 1 и оснащённых энергоприводом 17 их отклонения (фиг.6). При выполнении силовой установки экраноплана с воздушным двигателем, например, воздушным винтом 18,
10 установленным перед центропланом 1 с возможностью изменения угла наклона $\varphi_{\text{ВВ}}$ струи, создаваемой воздушным двигателем, механизация передней кромки может выполняться в виде канала 19 в носовой части центроплана 1, вход 20 и выход 21 оснащён створками 22, 23 для перекрытия канала 19, причём в любом
15 продольном сечении кромки канала 19 на верхней поверхности расположены ближе к носку центроплана 1, чем на нижней поверхности центроплана 1, а каждая из створок 22 и 23 оснащена приводами соответственно 24 и 25 для их перемещения (фиг.9).

В предпочтительном варианте экраноплана центроплан 1
20 выполнен с обратной стреловидностью ($\chi_{\text{ЗКЦП}} < 0$) по задней кромке и с отрицательным углом поперечного «V» ($\psi_{\text{ЦП}} < 0$), концевые шайбы 3 выполнены в виде поплавков, а консоли 2 выполнены с наплывом 6, соединённым с центропланом 1, при этом угол поперечного «V» наплыва 6 $\psi_{\text{НАПК}}$ не меньше угла поперечного «V» консолей 2 $\psi_{\text{К}}$:
25 $\psi_{\text{НАПК}} \geq \psi_{\text{К}}$, а средство затягивания срыва потока выполнено в виде геометрической и/или аэродинамической крутки наплыва 6 и предкрылка 7 на консоли 2 с размахом $l_{\text{ЗСП}}/l_{\text{К}} \leq 0,4$ (фиг.10, 11). Силовая установка содержит двигатели 26 с воздушными винтами 18, установленные перед центропланом 1 на поворотном пилоне 27,

обеспечивающей наклон воздушной струи, а центроплан 1 выполнен с механизацией передней кромки в виде канала 19 с оснащёнными энергоприводом 24 и 25 створками 22 и 23 на входе 20 и выходе 21 канала 19. Механизация задней кромки центроплана 1 выполнена в

5 виде двухзвенного безщелевого (простого) закрылка 9 и подфюзеляжного щитка 8, отклоняемые энергоприводом 13, содержащим упругий элемент 14. Звенья 11 и 12 закрылка 9 могут отклоняться вверх и вниз, при этом щитки 8 оснащены собственным энергоприводом. Нижний контур 15 профиля закрылка 9 выполнен в

10 виде дуги с относительным радиусом $R/B_{\text{ЦП}}=3,0$ и центром дуги над верхним контуром профиля закрылка 9. Удлинение центроплана 1 составляет $\lambda_{\text{ЦП}}=l_{\text{ЦП}}^2/S_{\text{ЦП}}\approx 0,8$, относительная площадь консолей $2S_K/S_{\text{ЦП}}=0,30-0,35$, продольный статический момент горизонтального оперения 5 составляет $A_{\text{ГО}}=L_{\text{ГО}}S_{\text{ГО}}/B_{\text{АЦП}}S_{\text{ЦП}}\approx 0,45$,

15 горизонтального оперения и консолей $A=A_{\text{ГО}}+A_K\approx 0,5$.

Экраноплан функционирует следующим образом.

Перед взлётом экраноплан переводят во взлётную конфигурацию (сплошные линии на фиг.6 и 7), а именно, щитки 8 отклонены вниз, первое звено 11 закрылка 9 центроплана 1

20 отклонено энергоприводом 13 вниз, второе звено 12 отклонено относительно первого звена 11 вверх, механизация передней кромки центроплана отклонена во взлётное положение.

В случае выполнения экраноплана с поддувом воздушный движитель, например, воздушный винт 18, переводится в

25 положение, обеспечивающее наклон струи вниз на угол $\phi_{\text{ВВ}}$. При оснащении передней кромки центроплана 1 механизацией в виде канала 19 створки 22 и 23 приводом 24 и 25 отклонены для открытия входа 20 и выхода 21 канала 19 (фиг.9).

Для затягивания срыва потока на консолях 2 (в том числе с наплывом 6) при взлёте, особенно при использовании поддува, средство предотвращения срыва потока, выполненное в виде предкрылка 7, переводится в рабочее положение.

5 После разбега и взлёта экраноплан переводится в крейсерскую конфигурацию, а именно, щиток 8 и закрылок 9 поворачивается приводом 13 в неотклонённое (исходное) положение, воздушный двигатель, выполненный, например, в виде воздушного винта 18, поворачиваются с уменьшением угла $\phi_{вв}$, механизация передней
10 кромки центроплана 1 в виде щитка 16 поднимается (штрих-пунктирные линии на фиг.6, 7, 9). Вход 20 и выход 21 канала 19 закрываются створками 22 и 23. Экраноплан совершает крейсерский экранный полёт.

Экспериментальные исследования в аэродинамической трубе
15 показали, что из области повышенного давления под центропланом 1 вытекает воздух, увеличивающий истинный угол атаки консолей 2 в месте их примыкания к центроплану 1. Увеличение истинного угла атаки, как показано на фиг.12 визуализации потока модели над неподвижным экраном в аэродинамической трубе, приводит к срыву
20 потока (ворсинки разворачиваются под большим углом к направлению потока). Это приводит, как показано на графике $C_y(\vartheta, h=\text{const})$ на фиг.13, к уменьшению производной коэффициента подъёмной силы C_y по углу тангажа. Поддув увеличивает статическую составляющую полного давления под центропланом 1,
25 что приводит, как показано на фиг.14, к увеличению угла отклонения ворсинок на неподвижном экране к направлению потока по мере приближения к экрану при испытании модели в аэродинамической трубе. В результате увеличивается истинный угол атаки и развивается отрывное течение при меньших, чем без

поддува, углах тангажа, что приводит к уменьшению подъёмной силы экраноплана на взлёте и посадке.

Для предотвращения раннего срыва потока консоль 2 экраноплана в месте примыкания к центроплану (в том числе при выполнении консоли 2 с наплывом 6) оснащается средством затягивания срыва потока. При выполнении средства затягивания срыва потока в виде геометрической крутки истинные углы атаки уменьшаются благодаря отрицательной геометрической крутке при относительном размахе, не превышающем 0,4 размаха консоли 2: $l_{зсп}/l_k \leq 0,4$. Выполнение средства затягивания срыва потока в виде предкрылка 7 на консоли 2 обеспечивает затягивание срыва потока благодаря выдуву струи воздуха из щели предкрылка 7 на верхнюю поверхность консоли 2. В результате обеспечивается безотрывное обтекание области примыкания консоли 2 к центроплану 1 (в том числе при выполнении консоли 2 с наплывом 6) при больших углах тангажа. Это уменьшает индуктивное сопротивление и увеличивает аэродинамическое качество, а также увеличивает диапазон углов тангажа (и, следовательно, коэффициента подъёмной силы и скорости полёта) крейсерского режима экранного полёта.

Диапазон высоты над экраном и углов тангажа при крейсерском режиме движения определяется условиями динамической, статической и апериодической устойчивости. Необходимым условием апериодической устойчивости является нахождения аэродинамического фокуса по высоте $X_{fh} = dM_z/dC_y$ ($\vartheta = \text{const}$) впереди аэродинамического фокуса по тангажу $X_{fa} = dM_z/dC_y$ ($h = \text{const}$), а необходимым условием статической и динамической устойчивости является нахождение аэродинамического фокуса по тангажу X_{fa} сзади центра масс $X_{цм}$ экраноплана: $X_{fh} < X_{fa}$; $X_{цм} < X_{fa}$.

Известно, что для получения хороших характеристик устойчивости и управляемости аэродинамический фокус по высоте должен располагаться в центре масс или вблизи от него, а разность фокусов должен быть большим: $X_{цм} \approx X_{fh} < X_{fa}$.

- 5 Выполнение удлинение экраноплана $\lambda > 2,5$ обеспечивает достаточное аэродинамическое качество при полётах на высоты, превышающие действие экранного эффекта. Выполнение продольного статического момента проекции хвостового оперения (например, горизонтального оперения 5) и консолей 2 в диапазоне
- 10 $0,3 \leq A = (L_{го} S_{го} + 2 L_k S_k) / B_{апп} S_{пп} \leq 0,6$ обеспечивает выполнение собственной статической и апериодической устойчивости экраноплана. Выполнение аэродинамического профиля центроплана 1 с S-образной средней линией, например, за счёт выполнения
- 15 нижнего контура 15 закрылка 9 в виде дуги с относительным радиусом $0,5 \leq R/B_{пп} \leq 4,5$ и центром дуги, расположенным над верхним контуром профиля закрылка 9, обеспечивает расширение диапазона углов тангажа и высот, в котором выполняется необходимое условие апериодической устойчивости по критерию Р.Д. Иродова в быстром движении. Выполнение первого 11 и
- 20 второго 12 звеньев закрылка 9 с возможностью отклонения вниз и вверх позволяет регулировать параметры S-образности средней линии профиля. Это позволяет регулировать положение аэродинамического фокуса по высоте в целях выполнения необходимого условия апериодической устойчивости по критерию
- 25 Р.Д. Иродова и совмещения положения аэродинамического фокуса по высоте X_{fh} с центром масс $X_{цм}$ экраноплана $|X_{fh} - X_{цм}| \leq 0,02$, что упрощает пилотирование и повышает безопасность экраноплана.

Колебательная устойчивость обеспечивается за счёт выполнения продольного статического момента горизонтального

оперения 5 в диапазоне $0,25 \leq A_{ГО} \leq 0,55$ благодаря увеличению демпфирующего момента $dm_z/d\omega_z$ в неустановившемся криволинейном (в том числе колебательном) движении, пропорционального величине $(S_{ГО}/S_{ЦП}) \times (L_{ГО}/B_{АЦП})^2$. В результате
5 повышается безопасность за счёт обеспечения статической апериодической и колебательной устойчивости экраноплана.

Таким образом, представленная в описании совокупность признаков обеспечивает повышении безопасности за счёт обеспечения статической, апериодической и колебательной
10 устойчивости экраноплана при уменьшении индуктивного сопротивления путём затягивания срыва потока на консолях составного крыла в области её примыкания к центроплану и, следовательно, повышения аэродинамического качества расширение области углов тангажа и высоты.

15 Промышленная применимость

Степень раскрытия устройства экраноплана достаточна для реализации изобретения при проектировании и создании экраноплана в специализированных организациях с достижением
заявленного технического результата. Изобретение соответствует
20 условию патентоспособности «промышленная применимость».

**Перечень позиций и обозначений к фигурам изобретения
«Экраноплан»**

- 1 – центроплан;
- 5 2- консоль;
- 3 - концевая шайба
- 4 - вертикальное оперение;
- 5 - горизонтальное оперение;
- 6 - наплыв консоли 2;
- 10 7 – предкрылок консоли 2;
- 8 – щиток центроплана 1;
- 9 - закрылок центроплана 1;
- 10 - ось вращения механизации задней кромки центроплана 1;
- 11 - первое звено закрылка 9;
- 15 12 - второе звено закрылка 9;
- 13 – энергопривод щитка 8 и/или закрылка 9;
- 14 – амортизатор энергопривода 13 щитка 8 и/или закрылка 9;
- 15 - контур нижней поверхности продольного сечения закрылка 9;
- 16 - щиток механизации передней кромки центроплана 1;
- 20 17 – энергопривод щитка 16 передней кромки центроплана 1;
- 18 - воздушный винт;
- 19 - канал механизации передней кромки центроплана 1;
- 20 - вход в канал 19;
- 21 - выход из канала 19;
- 25 22 – створка на входе 20 в канал 19;
- 23 - створка на выходе 21 из канала 19;
- 24 – привод перемещения створки 22 канала 19;
- 25 – привод перемещения створки 23 канала 19;
- 26 – двигатель с воздушным винтом 18;

- 27 – поворотный пилон с двигателями 26 с воздушными винтами 18.
 $\lambda = l^2 / (S_{\text{ЦП}} + 2S_K)$ - удлинение составного крыла;
 $\lambda_{\text{ЦП}} = l_{\text{ЦП}}^2 / S_{\text{ЦП}}$ - удлинение центроплана 1;
 $2S_K / S_{\text{ЦП}}$ - относительная площадь консолей 2;
- 5 $A_{\text{ГО}} = L_{\text{ГО}} S_{\text{ГО}} / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}}$ - продольный статический момент хвостового оперения;
 $A_K = 2L_K S_K / B_{\text{АЦП}} S_{\text{ЦП}}$ - продольный статический момент консолей 2;
 $l = l_{\text{ЦП}} + 2l_K$ - размах составного крыла;
 $l_{\text{ЦП}}$ – размах центроплана 1;
- 10 l_K - размах консоли 2;
 $S_{\text{ЦП}}$ - площадь центроплана 1 при виде в плане;
 S_K - площадь консоли 2 при виде в плане;
 $S_{\text{ГО}}$ - площадь проекции хвостового оперения и горизонтального оперения 5 при виде в плане;
- 15 $L_{\text{ГО}}$ - плечо проекции хвостового оперения и горизонтального оперения 5, равное проекции на продольную ось экраноплана расстояния от центра масс экраноплана до 0,25 средней аэродинамической хорды хвостового оперения и горизонтального оперения 5;
- 20 L_K - плечо консолей 2, равное проекции на продольную ось экраноплана расстояния от центра масс экраноплана до 0,25 средней аэродинамической хорды консолей 2;
 $B_{\text{АЦП}} (B_{\text{ЦП}})$ - средняя аэродинамическая хорда (хорда) центроплана 1;
 $l_{\text{ЗСП}}$ – размах средства затягивания срыва потока, установленного в
- 25 месте соединения консоли 2 с центропланом 1;
 $l_{\text{ПР}}$ – размах средства затягивания срыва потока, выполненного в виде предкрылка консоли 2;
 R - радиус дуги нижнего контура продольного сечения закрылка 8;
 φ_K – угол установки консоли 2 или наплыва 6;

- $\varphi_{\text{ВВ}}$ - угол наклона струи, создаваемой воздушным двигателем;
- $\chi_{\text{ЗКЦП}}$ - стреловидность по задней кромке центроплана 1;
- $\psi_{\text{ЦП}}$ - угол поперечного «V» центроплана 1;
- $\psi_{\text{НАП}}$ - угол поперечного «V» наплыва 6 консоли 2;
- 5 $\psi_{\text{К}}$ - угол поперечного «V» консолей 2.